

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM *ESTRUTURAS E*
CONSTRUÇÃO CIVIL

PROCEDIMENTOS E RESULTADOS DE ENSAIOS DE
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE BLOCOS
CERÂMICOS ESTRUTURAIS E DE VEDAÇÃO

Adriana C. M. Baptista

São Carlos
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *EM ESTRUTURAS E*
CONSTRUÇÃO CIVIL

PROCEDIMENTOS E RESULTADOS DE ENSAIOS DE
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE BLOCOS
CERÂMICOS ESTRUTURAIS E DE VEDAÇÃO

Adriana C. M. Baptista

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Construção Civil
da Universidade Federal de São Carlos
para a obtenção do título de Mestre em
Estruturas e Construção Civil

Área de Concentração: Sistemas
Construtivos

Orientador: Guilherme A. Parsekian

São Carlos
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Baptista, Adriana

PROCEDIMENTOS E RESULTADOS DE ENSAIOS DE
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE BLOCOS CERÂMICOS
ESTRUTURAIS E DE VEDAÇÃO / Adriana Baptista. -- 2018.

147 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus
São Carlos, São Carlos

Orientador: Prof. Dr. Guilherme A. Parsekian

Banca examinadora: Profa. Dra. Fernanda Giannotti da Silva Ferreira, Dr.
Ailton Soares Freire

Bibliografia

1. bloco cerâmico. 2. índices de absorção de água. 3. ensaios de
caracterização. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III.
Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Ronildo Santos Prado – CRB/8 7325



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Adriana Cristina Morais Baptista, realizada em 26/04/2018:

Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian
UFSCar

Profa. Dra. Fernanda Giannotti da Silva Ferreira
UFSCar

Prof. Dr. Ailton Soares Freire
IFPI

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais, Alcídio Antão Baptista e Maria Helena Soares Morais Baptista, pelo apoio e confiança depositados em mim; exemplos e pilares da minha vida

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos ao Professor Guilherme Parsekian, pelo apoio e orientação vitais para que fosse executada esta dissertação.

À Aryane amiga e companheira de pesquisa, cujo o apoio foi indispensável.

Aos técnicos dos laboratórios onde foram realizados os ensaios, sempre prestativos, em especial José técnico do laboratório do LMC (Laboratório de Materiais e Componentes), cuja ajuda foi além do requisitada.

À ANICER pela doação dos blocos cerâmicos para a realização desta pesquisa.

Ao Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nivel Superior (CAPES), pelo suporte financeiro.

Aos meus pais, Alcídio Antão Baptista, Maria Helena e ao meu irmão Hernâni que apesar da distância estão sempre presentes, apresentado apoio em todas as fases da minha vida.

Ao Alexsandro amigo, psicólogo, cozinheiro, companheiro de todas as horas, cujo sem o apoio não sei se terminaria este mestrado.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram na realização desta dissertação e deixaram de ser mencionados.

Oi Cabo Verde
Bô qu'ê nha dor mas sublime
Oi Cabo Verde
Bô qu'ê nh'angustia nha paixao
Nha vida nascê
Dum desafio di bô clima ingrato
Vontade ferro pô na nha peito
Gosto pa luta pô na nhas braços
Bô qu'ê nha guerra nha doce amo

Estendê bôs braços
Bô toma' nha sangue
Bô rega' bô tchom
Bô flori

Pa' terra-longe
Bem caba' pa nôs
Bô cu mar céu e bôs fidjos
Num doce abraço di paz
Ai naquel dia di festa
'M qu'ê cola' sanjom na Picos
'M qu'ê batuco
Na rebera de Juliao

Vulcao na praia de Santa Maria
Vale di Paul na Boavista
Morna de nhô Eugénio
Na nhô San Nicolau

(Cesária Évora)

RESUMO

BAPTISTA, Adriana. **ATUALIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS E RESULTADOS DE ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS NACIO-NAIS**. 2018. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

No Brasil blocos cerâmicos são bastante utilizados em construções de alvenaria, e sua qualidade é garantida pela norma brasileira ABNT NBR 15270. Esta norma passou por um processo de revisão no ano de 2017 e esta pesquisa aproveitou este momento para avaliar alguns dos ensaios presentes norma brasileira, como os ensaios de determinação do índice de absorção de água, índice de absorção inicial e resistência à compressão, e realizar ensaios que não estão na norma, como os ensaios de densidade, durabilidade, resistência de aderência e eflorescência, com o intuito de contribuir validar a revisão realizada e contribuir para atualização futura. Os ensaios foram realizados em blocos doados por fabricantes provenientes dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte e do Pará. A pesquisa permitiu constatar que os ensaios de índices de absorção total realizados em água quente e fria apresentam resultados similares em blocos cerâmicos brasileiros. O ensaio de resistência a abrasão foi relacionado com o ensaio de resistência à compressão, onde blocos com maior resistência à abrasão apresentaram maiores resistências à compressão. No ensaio de aderência com e sem chapisco, os blocos sem chapisco apresentaram níveis de aderência insatisfatórios e os blocos com chapisco apresentaram bons níveis de aderência. Quanto aos ensaios de eflorescência foram avaliados o ensaio de Franco (2012) e o ensaio da norma americana ASTM C67, onde a metodologia mostrou-se mais adequada. Dos ensaios de densidade com e sem parafina, os resultados mostraram diferenças entre os valores obtidos com cada procedimento.

Palavras-chave: bloco cerâmico, índice de absorção de água, eflorescência, densidade, aderência de argamassa, abrasão, ensaio de secagem e molhagem

ABSTRACT

BAPTISTA, Adriana. **PROCEDIMENTOS E RESULTADOS DE ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS NACI-NAIS**. 2018. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

In Brazil ceramic blocks are widely used in masonry constructions and their quality is guaranteed by the Brazilian standard ABNT NBR 15270. This standard went through a revision process in the year 2017 and this research took advantage of this moment to evaluate some of the current Brazilian standard tests, such as water absorption index determination, initial absorption index and compressive strength tests, and to perform non-standard tests such as density, durability, adhesion strength and efflorescence tests in order to validate the code review and contribute for its future update. The tests were performed in blocks donated by manufacturers from the states of São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte and Pará. The research showed that the tests of total absorption indices carried out in hot and cold water present similar results in Brazilian ceramic blocks. The abrasion resistance test was related to the compressive strength test, where blocks with higher resistance to abrasion presented higher resistance to compression. In the test of adhesion with and without roughcast, the blocks without roughcast had poor adhesion levels and the blocks with roughcast showed acceptable adhesion levels. As for the efflorescence tests, the Franco test (2012) and the American standard ASTM C67 were evaluated, where the methodology of the American standard presented procedures was concluded more appropriate. From the density tests with and without paraffin, the values indicate that there a difference in each procedure result.

Key-words: ceramic blocks, water absorption indices, efflorescence, density, mortar adherence, abrasion, drying and wetting test

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Blocos com formatos de charuto.....	12
Figura 2- Perspectiva do forno Hoffman.....	12
Figura 3- Seção transversal do forno	13
Figura 4 – Edifício com extrema eflorescência	27
Figura 5- Paredes de blocos cerâmicos e de concreto com manifestação de eflorescência	27
Figura 6- Transporte de sais solúveis para a superfície do bloco.....	28
Figura 7- Resultados de Bezerra et al. (2012)	29
Figura 8- Resultados de Parsekian e Canato.....	29
Figura 9- A) Russian efflorescence test B) Astm C67	30
Figura 10- Comparação de resultados Russian efflorescence test e Astm C67	30
Figura 11- Relação entre absorção total e tempo de degradação de ciclos de secagem e molhagem	34
Figura 12- Relação entre resistência à flexão e tempo de degradação de ciclos de secagem e molhagem	34
Figura 13- Degradação observada pelo autor	35
Figura 14- Resistência a compressão de blocos de vedação.....	41
Figura 15- Relações encontradas por Kaushik et al (2007).....	42
Figura 16- A) Aderência Química B) Aderência Química C) Aderência Química D) Aderência Química e mecânica E) Aderência química e mecânica	43
Figura 17- Curva de tendência de Groot e Larbi (1999)	45
Figura 18- Resultados de Groot e Larbi (1999)	46
Figura 19- Resultados de Costa (2014) da resistência de aderência à tração em função da taxa de absorção de água inicial	47
Figura 20- Resultados de Kazmierczak et al (2007).....	48
Figura 21- Interface argamassa/chapisco e interface chapisco/bloco	48
Figura 22- Relação entre o diâmetro de poros e aderência	49
Figura 23- Fluxograma da pesquisa.....	50
Figura 24- A)Bloco estrutural de paredes vazadas B)Bloco de vedação vertical C)Bloco de vedação horizontal.....	52
Figura 25- A) Colocação dos blocos em estufa B) Colocação dos blocos em água fria C)Remoção de excesso de água com pano úmido D) Pesagem das amostras úmidas	54
Figura 26- A) Colocação dos blocos em estufa B) Colocação dos blocos em água quente C)Remoção de excesso de água com pano úmido D) Pesagem das amostras úmidas	54
Figura 27- A) Altura do bloco B) Largura do bloco C) Comprimento do Bloco.....	55
Figura 28- A) Pesagem na balança de precisão 1g B) Pesagem em balança hidrostática ...	55

Figura 29- Imersão dos blocos em fio de água por 60 segundos	56
Figura 30- A) Corte das amostras B) Amostras em estufa C) Preparação para o ensaio D) Final da montagem do ensaio	57
Figura 31- A) Supervisão das amostras B) Amostras no final do ensaio antes da secagem em estufa	57
Figura 32- A) Colocação das amostras em água B) Posicionamento das amostras	58
Figura 33- A) Pesagem dos corpos de prova B) Altura C) Largura D) Comprimento.....	59
Figura 34- A) Imersão dos blocos B) Secagem dos blocos com pano úmido C) pesagem D) Colocação em estufa	60
Figura 35- A) Máquina de ensaio B) Preparação para ensaio C) Amostra após ensaio	61
Figura 36- Corpos de prova	61
Figura 37- A) Pesagem da massa seca das amostras B) Imersão das amostras em água C) Pesagem em balança hidrostática	62
Figura 38- Ensaio em blocos inteiros	62
Figura 39- A) Banho de amostra em parafina B) Secagem da parafina	63
Figura 40- A) Pesagem em balança hidrostática B) Pesagem em balança de precisão 1g..	63
Figura 41- Preparação da massa cimentícia B) Nivelamento do bloco C) Blocos capeados	64
Figura 42- A) Colocação dos blocos na máquina para ensaio B) Realização de ensaio	64
Figura 43- A) Gabarito par verificar a espessura do revestimento B) Layout da aplicação C) Altura de lançamento da argamassa	66
Figura 44- A) Corte do revestimento B) Blocos recortados C) Cola para aplicação	66
Figura 45- A) Realização de ensaio de arracamento B) Amostra extraída pelo ensaio	67
Figura 46- Comparação entre os resultados médios de índice de absorção em água fria e água quente	70
Figura 47- Resultados de Coeficiente de Saturação dos blocos	71
Figura 48- Resultados do índice de absorção inicial	72
Figura 49- Relação entre absorção em água quente e resistência à abrasão	73
Figura 50- Relação entre absorção em água fria e resistência à abrasão.....	73
Figura 51- Relação entre absorção total em água fria e densidade de prismas sem parafina	74
Figura 52- Relação entre absorção total em água quente e densidade de prismas com parafina.....	75
Figura 53- Relação entre entre absorção total em água fria e densidade prismas sem parafina.....	76
Figura 54- Relação entre absorção total em água fria e densidade prismas com parafina...	76
Figura 55- Relação entre absorção em água quente e resistência à compressão	77
Figura 56- Relação entre absorção em água quente e resistência à compressão	78

Figura 57- Relação entre absorção em água fria e resistência à compressão	78
Figura 58- Relação entre a absorção em água fria e resistência à compressão	79
Figura 59- Relação entre absorção total água quente e resistência de aderência	80
Figura 60- Relação entre absorção total em água quente e resistência de aderência.....	80
Figura 61- Relação entre absorção total em água fria e resistencia de aderência	81
Figura 62- Relação entre absorção total em água fria e resistência de aderência	81
Figura 63- Relação entre resistência a abrasão e absorção inicial.....	82
Figura 64- Relação entre absorção inicial e densidade.....	83
Figura 65- Relação entre absorção inicial (com parafina)	83
Figura 66- Relação entre resistência a compressão e absorção de água inicial (blocos estruturais).....	84
Figura 67- Relação entre absorção de água inicial e resistência à compressão (blocos de vedação)	84
Figura 68- Relação entre absorção de água inicial e resistência de aderência (com chapisco)	85
Figura 69- Relação entre absorção inicial e resistência de aderência (sem chapisco)	86
Figura 70- A)Resultados do fabricante 10 B) Resultados do fabricante 6 C) Resultados do fabricante 2	88
Figura 71- A) Amostras fabricante 1 B)Amostras fabricante 2 C)Amostras fabricante 3 D) Amostras fabricante 4 E) Amostras fabricante 5 F) Amostras fabricante 6 G)Amostras fabricante 7 H) Amostras fabricante 8 I)Amostras fabricante 9 J)Amostras fabricante 10	89
Figura 72- Resistência a abrasão	92
Figura 73- Relação entre absorção de água total, resistência de abrasão e resistência a compressão na área bruta	94
Figura 74- Relação entre absorção de água total, resistência de abrasão e resistência a compressão na área líquida	94
Figura 75- Densidade prismas extraídos dos blocos	95
Figura 76- Densidade blocos inteiros X Densidade prismas extraídos dos blocos (sem parafina).....	97
Figura 77- Resistência a compressão na área bruta X Resistência à compressão na área líquida	100
Figura 78- Resistência de aderência com chapisco e sem chapisco.....	101
Figura 79- Áreas Líquidas.....	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores máximos do coeficiente de saturação da norma americana e da norma canadense	26
Tabela 2- Resultados dos ensaios de ciclo de umidade, para os blocos prensados e queimados, manual e mecanicamente.	32
Tabela 3- Resultados dos blocos de solo cimento	32
Tabela 4 Resultados dos blocos extrudados queimados há diferentes temperaturas	33
Tabela 5- Requisitos da norma ISO 13006	36
Tabela 7- Resultados de Kaushik et al (2007)	41
Tabela 8- Parametros avaliados	51
Tabela 9- Blocos utilizados na pesquisa	52
Tabela 10- Quantidade de amostras.....	53
Tabela 11- Resultados de Índice de absorção em água fria.....	68
Tabela 12- Resultados de Índice de absorção em água quente.....	69
Tabela 13- Análise Anova.....	70
Tabela 14- Resultados do índice de absorção inicial	71
Tabela 15- Resultados resistência a abrasão	90
Tabela 16- Resultados resistência a abrasão (continuação)	Erro! Indicador não definido.
Tabela 17- Resultados de resistência de aderência e absorção total.....	93
Tabela 18- Perda máxima de material norma ISO 13006	93
Tabela 19- Diferença entre os prismas com parafina e sem parafina.....	95
Tabela 20- Resultados densidade sem parafina	96
Tabela 21- Resultados densidade com parafina	96
Tabela 22- Análise Anova.....	96
Tabela 23- Volumes apresentados nos ensaios de densidade	98
Tabela 24- Resultados de resistência a compressão	100
Tabela 25- Análise Anova.....	102
Tabela 26- Análise Anova.....	103

1. Introdução	12
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Geral	15
1.1.2 Específicos.....	15
1.2 Justificativa	16
1.3 Descrição dos Capítulos.....	21
2. Revisão Bibliográfica.....	23
2.1 Absorção de Água.....	24
2.2 Eflorescência	27
2.3 Durabilidade.....	31
2.3.1. Ciclos de Molhagem e Secagem	32
2.3.2. Resistência à Abrasão Profunda.....	35
2.4. Densidade	38
2.5. Resistência à Compressão	40
2.6. Resistência de Aderência	42
3. Materiais e Programa Experimental.....	50
3.1 Programa Experimental	53
3.1.1 Ensaio de Absorção de Água em Água Quente e Fria.....	53
3.1.2 Ensaio de Absorção Inicial	54
3.1.3 Determinação de Área Líquida	56
3.1.4 Ensaio de Eflorescência	56
3.1.5 Ensaio de Durabilidade.....	58
3.1.6 Densidade	61
3.1.7 Ensaio de Resistência à Compressão	63
3.1.8 Ensaio de Resistência de Aderência à Tração	64
4. Apresentação e Análise de Resultados.....	68
4.1 Introdução.....	68
4.2 Absorção Total em Água Quente e Fria.....	68
4.3 Coeficiente de Saturação.....	70

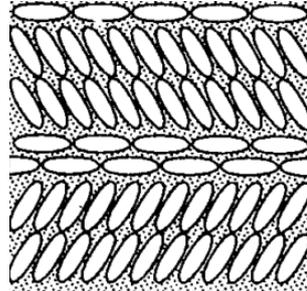
4.4	Absorção Inicial de Água.....	71
4.4.1	Absorção Total em Água Quente e Fria e Absorção Inicial X Eflorescência	72
4.4.2	Absorção Total em Água Quente e Fria X Resistência À Abrasão.....	72
4.4.3	Resultados de Absorção Total em Água Quente e Fria X Densidade Prismas Extraídos De Blocos.....	74
4.4.4	Absorção Total em Água Quente e Fria X Resistência à Compressão	77
4.4.5	Absorção Total Em Água Quente e Fria X Resistência de Aderência.....	79
4.4.6	Absorção Inicial X Resistência à Abrasão.....	82
4.4.7	Absorção Inicial X Densidade	82
4.4.8	Absorção Inicial X Resistência à Compressão.....	84
4.4.9	Absorção Inicial X Resistência de Aderência.....	85
4.5	Análise dos Dados de Absorção Total em Água Quente e Fria e Absorção Inicial	86
4.6	Eflorescência.....	88
4.6.1	De Acordo com Astm C67	88
4.6.2	De Acordo com Franco (2012).....	88
4.7	Análise Eflorescência	89
4.8	Resultados de Resistência à Abrasão	90
4.9	Análise Resistência à Abrasão.....	92
4.10	Densidade	95
4.11	Análise de Densidade	97
4.12	Resistência à Compressão	99
4.13	Análise De Resistência à Compressão	101
4.14	Aderência.....	101
4.15	Análise Resistência de Aderência.....	102
4.15.1	Determinação da Área Líquida	103
4.16	Análise de Área Líquida	104
5.	Conclusões.....	105
5.1	Observações e Sugestões Para Trabalhos Futuros	107
	Referências Bibliográficas	109
	Apêndice	114

1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje busca-se produtos de qualidade que permitam a longevidade e qualidade de uma construção. O consumidor tem requisitado produtos que garantam qualidade, manutenibilidade, conforto e durabilidade. Devido a essas exigências a indústria da construção civil precisa manter um elevado padrão de qualidade dos materiais empregados nas construções.

Blocos cerâmicos já são utilizados por pelo menos 12 000 anos, em vários cantos do mundo, segundo Parsekian et al. (2013). Os primeiros blocos cerâmicos eram feitos através da prensa de lama e barro em pequenos pedaços, com formatos parecidos com charutos e eram secos ao sol. Estes eram dispostos com lama de três maneiras diferentes, enfileirados na horizontal, com um padrão parecido com uma espinha de peixe ou com uma combinação dos dois, como na Figura 1.

Figura 1- Blocos com formatos de charuto



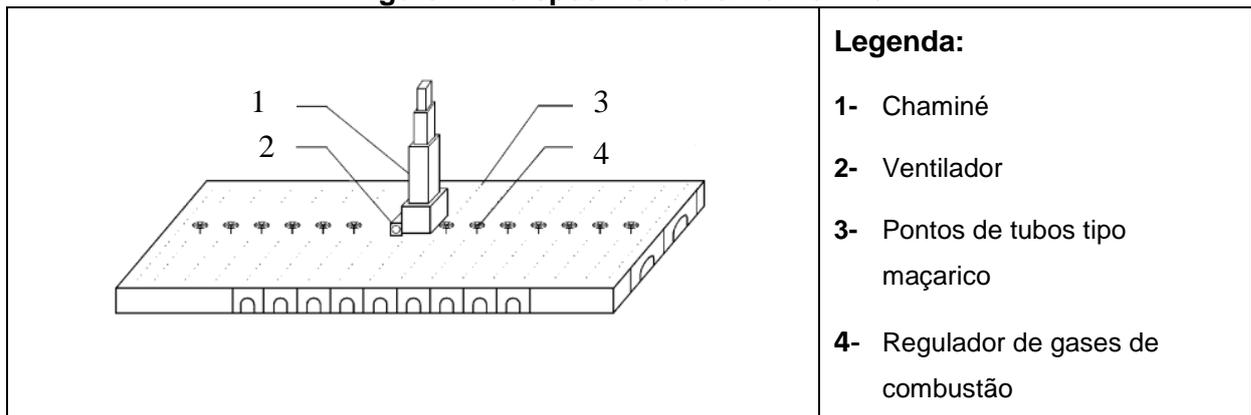
Fonte: Parsekian et al. (2013)

Ainda segundo Parsekian et al. (2013) por volta de 3 000 a.C. os blocos eram feitos a mão num molde com esterco bovino ou com incorporação de palha para aumento da rigidez. Naquela época já se tinha a noção que a queima de blocos aumentava significativamente a sua durabilidade e resistência. Para a cura, os blocos eram montados em pilhas, com camadas de madeira e com combustível, e cobertos na parte externa com uma camada de barro para controlar a perda de calor. Este tipo de queima produzia blocos com grandes variações de tamanho e qualidade. A qualidade foi mais tarde aperfeiçoada, pela queima de blocos empilhados no chão perfurado de um forno com combustível e queimados de forma mais controlada.

O mesmo autor especifica que mais tarde para a fabricação de tijolos cerâmicos, o barro era misturado com água para criar uma pasta homogênea, e depois a forma era dada por um molde. Apesar da primeira máquina de produção de blocos ter sido patenteada em 1619 a produção mecânica só se tornou popular em 1858 com a introdução do forno Ho-

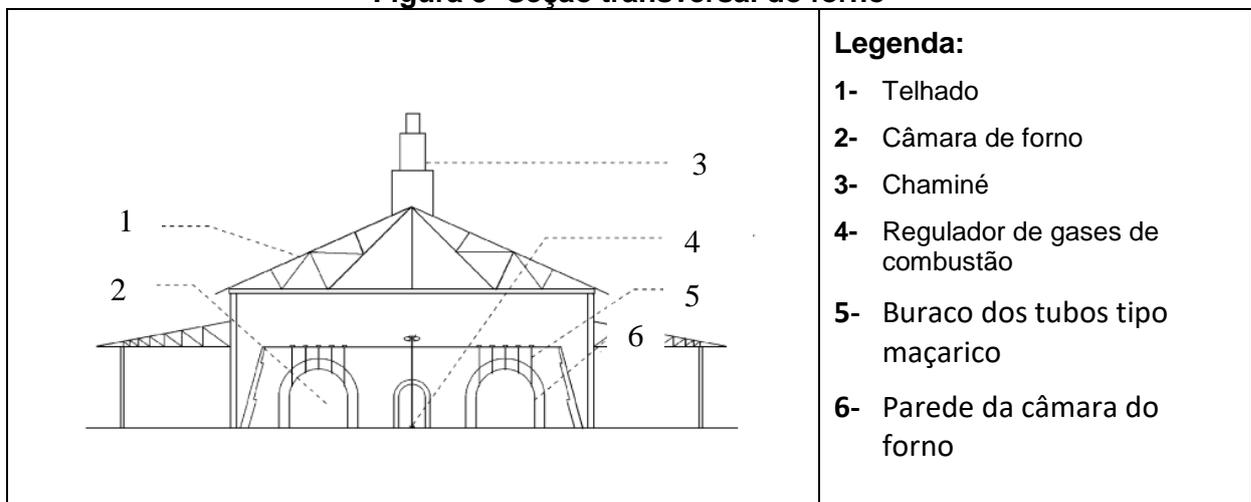
ffman, que permitia a queima de blocos de forma contínua. Gomes e Hossain (2003) explicam que o forno Hoffman possui formato retangular com medidas entre 120-160 m por 18 m. O forno é constituído por, um telhado interior arqueado que possui um revestimento que reflete a radiação infravermelha, paredes espessas e isolamento que minimizam a perda de calor e por uma chaminé normalmente de 23 metros de altura com um ventilador na sua base. O telhado possibilita a produção durante o ano, porem em estações mais chuvosas devido a alta umidade e baixa incidência de sol a produção diminui significativamente. A queima dos blocos é feita introduzindo gás natural na zona de combustão através de tubos tipo maçaricos deslocando de secção em secção, a medida que o fogo progride, os tijolos queimados são descarregados na parte traseira enquanto que os blocos a serem queimados são empilhados na zona de queima. O gás de combustão é transportado para a chaminé através de uma rede de canais logo abaixo do forno. O fogo é controlado ajustando a taxa de fluxo de gás e com a abertura e fechamento dos amortecedores, sem ajuda de nenhum controlador. As Figuras 2 e 3 representam ilustrações do forno.

Figura 2- Perspectiva do forno Hoffman



Fonte: Gomes e Hossain (2003)

Figura 3- Seção transversal do forno



Fonte: Gomes e Hossain (2003)

As melhorias nas qualidades dos materiais de alvenaria e avanços no sistema de produção contribuíram na altura para o aumento de construções de alvenaria, como um sistema mais competitivo que apresenta uma ótima relação entre custo e benefício, explica Parsekian et al. (2013).

O uso de blocos cerâmicos para alvenaria no Brasil é muito amplo. Segundo o portal da ANICER - Associação Nacional da Indústria Cerâmica (2011) existem 6903 empresas do setor de cerâmica vermelha no Brasil. Destaca-se que construções em alvenaria são comuns devido ao baixo custo do material, boas propriedades de resistência ao som e calor, facilidade de acesso ao material e mão de obra especializada. A sua qualidade depende da qualidade dos materiais utilizados na construção.

O Brasil é um país de grandes dimensões e isto acaba por levar a uma grande variação das características dos materiais, considerando as diferentes regiões nacionais, características das fábricas e destino de uso. Por essa razão torna-se importante conhecer características gerais dos blocos nacionais.

Atualmente no território brasileiro a norma responsável pela especificação e determinação de características que garantam a qualidade dos blocos cerâmicos é a norma ABNT NBR 15270. Esta passou por um processo de renovação durante a realização desta pesquisa. No início desta pesquisa, a última modificação da norma havia sido realizada no ano de 2005. Os ensaios realizados por esta pesquisa já presentes na norma ABNT NBR 15270:2005 são os ensaios de índice de absorção, índice de absorção inicial e resistência à compressão e determinação da área líquida. Como parte da pesquisa foram também realizados as novas propostas de metodologias de ensaio de eflorescência e densidade. Essas novas proposta de ensaios foram testados e comparados com outras metodologias de ensaio, para que fosse averiguada a sua eficácia, e acabaram incorporados na norma ABNT NBR 15 270:2017.

Além desses ensaios a proposta desta pesquisa foi de avaliar outros métodos de ensaio que estão presentes na literatura como forma de contribuir em avaliações que garantam a qualidade dos blocos cerâmicos de vedação e estruturais. Os ensaios avaliados que não estão na norma ABNT NBR 15270 foram os ensaios de aderência de revestimento e ensaios de durabilidade, divididos em ensaios de resistência a abrasão e de secagem e molhagem. Destes ensaios é importante referir que os ensaios de durabilidade foram adaptados de normas não específicas para componentes de alvenaria. Os ensaios de resistência à abrasão foram realizados de acordo com a norma ABNT NBR 13818: Placas cerâmicas para revestimento- Especificação e métodos de ensaios e os ensaios de ciclos de secagem e molhagem foram realizados de acordo com a norma NBR 13554/96: Solo-cimento - Ensaio de durabilidade por molhagem e secagem. O ensaio de resistência de aderência foi realiza-

do de acordo com os procedimentos da norma ABNT NBR 13528: Revestimento de paredes de argamassa – Determinação da resistência de aderência a tração.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

Esta pesquisa aborda a avaliação de procedimentos para ensaios presentes na norma brasileira ABNT NBR 15270, como os ensaios de índice de absorção total, absorção inicial, resistência à compressão e área líquida. Igualmente se pretende realizar ensaios que não estão presentes na norma como os ensaios de eflorescência, densidade e durabilidade, de forma a contribuir para futuras atualizações da norma. Ainda para avaliar a variação desses parâmetros de qualidade, tais ensaios foram realizados em blocos estruturais e de vedação, produzidos por diferentes fabricantes provenientes dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte e do Pará. Dentro desses objetivos principais podem-se detalhar os seguintes objetivos específicos quanto as propriedades analisadas.

1.1.2 ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Comparar o uso de água fervente e água fria no ensaio de absorção dos blocos. Obter com estes ensaios o coeficiente de saturação e também avaliar o índice de absorção inicial. Relacionar estes parâmetros com a densidade, eflorescência, aderência de argamassa, durabilidade e resistência à compressão.

- Avaliar a influência do uso de parafina no ensaio de densidade aparente do material de blocos cerâmicos.

- Comparar os ensaios de eflorescência ASTM C67 e Franco (2012) e avaliar qual o método mais adequado.

- Comparar a resistência de aderência de uma argamassa industrializada, através de ensaios de arrancamento, quando aplicadas em blocos cerâmicos, considerando ou não a execução de chapisco.

- Comparar, através de ensaios, a durabilidade de blocos cerâmicos com índice de absorção distintos e avaliar a funcionalidade dos métodos de resistência a abrasão e de ciclos de secagem e molhagem.

- Comparar, através do ensaio de resistência a compressão, a resistência de blocos cerâmicos com índice de distintos de absorção.

- Comparar, a determinação da área líquida através do ensaio sugerido pela norma ABNT NBR 15270 e a medida geométrica dos blocos cerâmicos.

1.2 JUSTIFICATIVA

No Brasil, a necessidade de atender a um mercado da construção civil crescente e usuários cada vez mais exigentes, tem despertado o interesse para a criação de meios que garantam qualidade, conforto, manutenibilidade e durabilidade de edificações ao longo da sua vida útil. (ANTUNES, GISELLE R, 2010)

Paredes de alvenaria são utilizadas em todos os tipos de edifícios em várias partes do mundo, isto se deve devido ao baixo preço do material, boas propriedades de resistência ao som e calor, facilidades de acesso ao material e mão de obra especializada apontam Kaushik et al. (2007).

Por outro lado, verifica-se que os usuários dessas edificações estão com um nível de exigência cada vez maior. Aspectos qualitativos e quantitativos estão sendo amplamente considerados ao se propor e, posteriormente, ao se ocupar o objeto arquitetônico. Edifícios que não cumprem satisfatoriamente os objetivos que são propostos podem ter seu uso e operação comprometidos, sofrendo baixa taxa de ocupação devido aos problemas construtivos existentes. (LOSSO; VIVEIROS, 2004)

Sendo assim é importante ter em conta fatores como programação de manutenção, estimativa de custos ao longo da vida útil. No Brasil, a norma ABNT NBR 15575, é o principal documento normativo voltado ao desempenho de edificações habitacionais, que tem como objetivo estabelecer uma avaliação de tecnologias e sistemas construtivos habitacionais, com base em requisitos e critérios de desempenho expressos em normas técnicas brasileiras vigentes, explica Possani e Demoliner (2013)

A combinação dos elementos é que determinam o comportamento da alvenaria estrutural, porém a sua performance depende das propriedades dos materiais constituintes e da sua interação como um conjunto, explica a The Brick Industry Association (1992).

A qualidade da alvenaria depende dos materiais a serem utilizados. Melhorá-la está intimamente ligada, com a busca de materiais que permitam ao conjunto um desempenho superior. (MENDES, 1998)

O uso de blocos cerâmicos para alvenaria no Brasil é muito amplo. Segundo a ANICER - Associação Nacional da Indústria Cerâmica (2011) existem aproximadamente 6903 empresas do setor de cerâmica vermelha no Brasil, utilizando 9.000.000 de toneladas de argila para produção de blocos por mês. A indústria cerâmica aqui no Brasil tem procurado aumentar a qualidade dos seus materiais, tornando os seus produtos mais duráveis, levando desta forma produtos mais confiáveis para o mercado, diz Pedroti (2007).

Os materiais para alvenaria possuem grandes variações regionais e por isso cada região deve procurar estudar e conhecer os seus, recomenda Mendes (1998). Entende-se assim a importância de controlar as propriedades dos materiais que são utilizados na construção. Dias (1998) ainda explica que a padronização nos processos de produção, e o apuro de normas técnicas são elementos decisivos na competição comercial internacional e na própria organização industrial.

“O estabelecimento da normalização como uma linguagem comum para a sociedade é um processo complexo e envolve aspectos como, a fixação de condições para cálculos ou projetos, para o emprego de materiais e produtos industriais, para a segurança na execução ou uso de obras equipamentos ou instalações; condições básicas para aceitação ou recebimento de matérias primas, produtos semiacabados ou acabados; método de ensaio; padronização e uniformização de características de elementos de construção, aparelhos, produtos industriais, desenhos e projetos; terminologia, classificação e convenções gráficas para grandezas e sistemas.” (DIAS, 1998)

“Normalização é o processo de formular e aplicar normas para acesso sistemático a uma atividade específica, para benefício e com a cooperação de todos os interessados, em particular para a promoção de uma economia ótima, levando em consideração as exigências de condições funcionais da segurança.” (Santos, 1982)

O processo de normalização é baseado nos resultados alcançados pela ciência, técnica e experiência e auxilia na determinação de bases para o desenvolvimento do presente, do futuro, e deve acompanhar o progresso.

A normalização no Brasil é realizada pelo Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – SINMETRO, este sistema foi criado no ano de 1973, com o objetivo de formular e executar a política nacional de metrologia e normalização industrial e certificação de qualidade de produtos industriais aponta Santos (1982). Ainda segundo este autor, dentre as organizações que fazem parte do SINMETRO (Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) está a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) que é responsável pela área de normalização.

O site da ABNT (2014) define normalização como o processo de formulação e aplicação de regras para a solução ou prevenção de problemas, com a cooperação de todos os interessados, e, em particular, para a promoção da economia global. A tecnologia é usada como instrumento para se estabelecer essas regras, assegurando a qualidade do produto final.

Esse mesmo órgão especifica que norma é um documento que fornece regras, diretrizes ou características mínimas para atividades ou para seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto.

Atualmente no território brasileiro a norma responsável pela determinação de características que garantam a qualidade dos blocos cerâmicos é a norma ABNT NBR 15270. A versão de 2005 dessa norma estava dividida em três partes:

- ABNT NBR 15270-1 - Componentes cerâmicos - Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação- Terminologia;
- ABNT NBR 15270-2- Componentes cerâmicos - Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural- terminologia e requisitos;
- ABNT NBR 15270-3- Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio.

As partes 1 e 2 da norma ABNT NBR 15270 definiam os termos e fixam requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis no recebimento de blocos cerâmicos estruturais e de vedação a serem utilizados em obras de alvenaria estrutural e de vedação, com ou sem revestimento. A parte 1 da norma era específica para blocos de vedação e a parte 2 era específica para blocos estruturais. A parte 3 desta norma estabelecia métodos para a execução dos ensaios dos blocos cerâmicos estruturais e de vedação, através destes métodos de ensaio torna-se possível prever o comportamento dos blocos cerâmicos.

Com o processo de reformulação no ano de 2017, as parte 1 e 2 da norma ABNT NBR 15270:2005 foi unificada e atualizada em uma parte 1. A parte 3 da ABNT NBR 15270:2005 que descrever os ensaios a serem realizados , passou a ser a parte 2 com a atualização da norma. Sendo assim a atual norma ABNT NBR 15270: 2017 esta dividida em:

- ABNT NBR 15270-1- Componentes cerâmicos- Blocos e tijolos para alvenaria- Parte1: Requisitos;
- ABNT NBR 15270-2- Componentes cerâmicos- Blocos e tijolos para alvenaria- Parte 2: Métodos de ensaio.

Desta forma a parte 1 da norma ABNT NBR 15270:2017 passa a definir os termos e fixam requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis no recebimento de blocos cerâmicos estruturais e de vedação. A parte 2 passa a especificar metodologias de ensaios tanto para blocos estruturais como para blocos de vedação. A norma aproveita esta modificação para sugerir novas metodologias de ensaio.

Sendo assim este trabalho está inserido nesse contexto de reformulação da norma para avaliar alguns dos ensaios já presentes na norma e avaliar novos métodos de ensaio que podem contribuir para uma melhor avaliação dos blocos cerâmicos.

Os ensaios realizados por esta pesquisa presentes na norma ABNT NBR 15 270 foram os ensaios de índice de absorção, índice de absorção inicial, resistência à compres-

são, densidade e eflorescência. Sendo que os ensaios de densidade e eflorescência foram adicionados na nova versão da norma ABNT NBR 15270.

A norma ABNT NBR 15 270 tanto a versão de 2005 como a versão de 2017 compreende que o ensaio de índice de absorção total pode ser realizado tanto em água fria como em água fervente, em que o ensaio realizado em água fervente é considerado uma versão acelerada do ensaio em água fria. Na bibliografia estrangeira estes dois ensaios são considerados diferentes. Straube et al. (2010) e Safiuddin et al. (2011) explicam esta diferença definindo a absorção em água fervente como uma estimativa dos poros abertos disponíveis para armazenar água e a absorção em água fria é definida como uma aproximação da umidade do elemento depois de um evento de molhagem. Os resultados encontrados nestes dois ensaios são utilizados pela norma americana ASTM C67 para o cálculo do coeficiente de saturação. Esse coeficiente é utilizado para prever a durabilidade de blocos cerâmicos em climas frios. Desta forma este trabalho pretende realizar o ensaio de índice de absorção total seguindo os procedimentos da norma ABNT NBR 15270 tanto em água quente como em água fria e comparar os resultados encontrados para entender e analisar se estes apresentam diferentes resultados. Aproveitando os resultados dos ensaios de índice de absorção total em água fria e água fervente o coeficiente de saturação será calculado para se entender se os blocos brasileiros possuem a capacidade de resistir a climas mais frios. Além disso, por essa ser uma característica de grande importância para materiais porosos, como indicam Hall e Hoff (2002) esta característica será relacionada com a resistência de aderência, resistência a compressão, densidade, eflorescência e durabilidade.

O índice de absorção inicial pela norma ABNT NBR 15270 é indicado como um ensaio que deve ser utilizado para se avaliar aderência do bloco. Atualmente é possível encontrar trabalhos quem mencionam que este conceito deve ser revisado e melhor entendido. A norma brasileira indica este ensaio, pois este ligado ao conceito explicado por Rosello (1977), Kaushik et al (2007), Lawrence e Cao (1988) de que a aderência ocorre quando parte da água presente na argamassa penetra os poros do bloco cerâmico transportando componentes da argamassa e possibilitando a ancoragem mecânica. Groot e Larbi (1999) explicam que a aderência esta associada ao índice de absorção inicial (IRA) onde é possível determinar um valor ideal. Uma grande perda de água ou uma perda de água muito lenta da argamassa pode causar condições de hidratação desfavoráveis da argamassa e da interface e uma perda de água muito lenta da argamassa. O valor ótimo para a aderência estaria entre estas absorções máximas e mínimas. Nesse mesmo trabalho, Groot e Larbi (1999) concluem que está relação entre o IRA e aderência não é tão direta e que estes dois são relacionados grosseiramente. Costa (2014) também conclui que, a absorção de água e aderência não são relacionadas. Desta forma através destes conceitos encontrados tanto na literatura internacional e nacional, será avaliada a aderência de blocos diferentes blocos cerâmicos

com a intenção de se avaliar a influencia de absorção de água na aderência. Além de avaliar esta relação será também avaliada a relação do índice de absorção inicial com a resistência a compressão, densidade, eflorescência e durabilidade.

Trabalhos de Kazmierczak et al. (2007), Paes (2004) e Carasek e Djanikian (1997) indicam que bases diferentes apresentam níveis de aderência diferentes. Kazmierczak et al. (2007) indicam que isto pode acontecer devido a grande variedade de propriedades entre bases diferentes e uma forma de se melhorar o processo de aderência de argamassa na base é indicado a aplicação de chapisco. Assim esta pesquisa propõe avaliar a diferença de aderência entre blocos cerâmicos com e sem aplicação de chapisco.

Aproveitando também que o ensaio de índice de absorção inicial requer que seja determinada a área líquida será feita uma comparação entre formas diferentes de calculo. A norma ABNT NBR 15270 define a área líquida como a área de seção de assentamento, delimitada pelas arestas do bloco, com desconto das áreas dos furos. A partir desta definição a área líquida do bloco será calculada através da determinação da área bruta (comprimento x largura) descontando a área total dos furos, esta forma de cálculo será comparada com a forma de cálculo indicado pela norma ABNT NBR 15270.

A resistência a compressão da alvenaria é um fator que depende grandemente da resistência a compressão do bloco explicam Prado (1995) e The Brick Industry Association (1992). E esta é uma das características mais importantes da alvenaria estrutural explicam Mendes (1998), Kaushik et al (2007), Rizzatti *et al.* (2011). Desta forma este trabalho pretende avaliar esta característica dos blocos brasileiros.

A densidade é associada ao isolamento sonoro por Losso e Viveiros (2004), Duarte e Viveiros (2005) e com a condutividade térmica por García Ten *et al.* (2010), Alonso-Santurde *et al.* (2011), Dondi et al. (2004). Atualmente existe uma proposta de atualização da norma ABNT NBR 15270 onde há uma sugestão de realizar o ensaio de densidade com e sem parafina. Estas são características que garantem o conforto do ocupante. A partir deste ponto levantado a pesquisa pretende avaliar metodologias diferentes de ensaio com e sem parafina e entender se existe uma diferença de resultados entre estes dois ensaios.

A eflorescência é um problema estético, mas que pode vir causar problemas na estrutura se não for tratada devidamente indica Bezerra et al. (2012) e Menezes et al.(2006). A National Concrete Masonry Association (2003) indica que para que haja manifestação de eflorescência é necessário que haja presença de sais solúveis e umidade para o transporte destes sais. Este fenômeno que normalmente ocorre após a conclusão da obra pode vir a ser um problema para o ocupante da residência, pode e deve ser evitado pelos responsáveis do projeto. Paz et al. (2016) explica que uma forma de evitar este problema é a utilização de materiais de qualidade. A qualidade dos materiais pode ser garantida através da realização de ensaios. Para determinação de potencial de eflorescência têm-se dois métodos

propostos, a proposta de ensaio elaborada por Franco (2012) e o ensaio da norma americana ASTM C67. O ensaio da norma americana ASTM C67 já foi testado por Bezerra et al. (2012), Chin et al. (2010) e Parsekian e Canato (2016) e foram obtidos bons resultados. Comparando o ensaio de Franco (2012) e o ensaio da norma ASTM C67, percebe-se que a proposta de Franco (2012) aparenta ser uma simplificação do ensaio da norma americana ASTM C67. Assim este trabalho propõe comparar os resultados destes dois ensaios e entender as suas diferenças.

A durabilidade definida segundo a norma ABNT NBR 6118 como a capacidade de uma estrutura resistir às influências ambientais previstas na execução do projeto, está diretamente ligada ao conceito de vida útil afirma Possani e Demoliner (2013). O ensaio de ciclos de secagem e molhagem é ensaio utilizado por Pedroti (2007), Xavier et al. (2016) com o intuito de avaliar o comportamento de blocos cerâmicos quando expostos as mudanças sazonais de variação de umidade. Assim este trabalho pretende avaliar este ensaio e entender se este pode ser um ensaio que avalie a durabilidade do material quando exposto ao ambiente.

O ensaio de abrasão profunda que também foi classificado como um ensaio de durabilidade nesta pesquisa. Esse ensaio avalia o desgaste decorrente do contato entre uma partícula e um material sólido explica Vite-Torres *et al.* (2014). Construções com blocos cerâmicos aparentes podem precisar de intervenções de manutenção e isto pode danificar a sua aparência. A proposta de se avaliar este ensaio é entender a capacidade de blocos cerâmicos resistirem a forças de abrasão que podem ocorrer durante ações de limpeza.

1.3 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos.

O capítulo 1 descreve as justificativas, objetivos do trabalho.

O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, sobre cada um dos parâmetros analisados nesta pesquisa. É analisado como estes parâmetros podem influenciar na qualidade de blocos cerâmicos estruturais e de vedação e se esses devem ser introduzidos na norma brasileira ABNT NBR 15 270.

O capítulo 3 apresenta a metodologia aplicada na pesquisa, onde são descritos os ensaios realizados. Os materiais utilizados nesta pesquisa também são descritos, onde são demonstrados os tipos de blocos ensaiados, a quantidade de fabricantes e o total de amostras para cada ensaio.

O capítulo 4 apresenta os resultados encontrados de cada um dos ensaios, e das relações estabelecidas entre eles.

No capítulo 5 é realizada a análise teórica tendo em conta a revisão bibliográfica. Esta análise tem por objetivo compreender e justificar o comportamento demonstrado pelos blocos cerâmicos estruturais e de vedação em cada um dos ensaios.

O capítulo 6 inclui as conclusões, recomendações e sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O setor da alvenaria estrutural tem realizado esforços para desenvolver um design racional da alvenaria como uma forma eficaz de alcançar um maior nível competitivo e melhor custo benefício, aponta Parsekian et al. (2013). Apesar de teorias estruturais existirem desde o século XIX, regras de projeto racional foram incorporadas em códigos somente 100 anos mais tarde, após pesquisas consideráveis sobre a alvenaria. As primeiras pesquisas se concentravam na capacidade de resistência à compressão da alvenaria. Após a segunda guerra mundial houve um boom da construção e o aço e concreto foram os materiais mais utilizados na construção civil. A alvenaria estrutural não era muito utilizada, pois nesta época os códigos de construção dedicados a ela continuavam com as mesmas informações que apresentavam na virada do século. Além disso, as paredes grossas contribuíam para o aumento do custo da alvenaria, sendo assim esta passou a ser usada principalmente como revestimento, decoração e construção de edifícios menores. Na metade do ano de 1950 estudos realizados na Suíça chegam a um conjunto de conclusões que contribuíram para o desenvolvimento da alvenaria. Estudos realizados por Haller (1959) apud Parsekian et al. (2013) chegaram nas seguintes conclusões:

Blocos:

- não deveriam sofrer fissuras durante a sua manufatura;
- não deveriam apresentar muitos furos;
- não deveriam sofrer muitas variações nas suas dimensões;
- deveriam apresentar baixas absorções.
- Os blocos deveriam ser assentados por mão de obra especializada, e o responsável pelo projeto deveria detalhar as paredes, cantos, intersecções, aberturas e inspecionar obras de grande porte.

Argamassas:

- deveriam ser compostas de cimento e cal porque argamassas de puro cimento são muito sensíveis aos efeitos da absorção de água do bloco.

Desde então foram criadas as normas suíças, e a partir de 1960 vários países começaram a produzir suas próprias normas. Apesar do trabalho realizado por Haller (1959) apud Parsekian et al. (2013) ser antigo, as conclusões apresentadas por ele continuam váli-

das nos dias de hoje. Haller (1959) apud Parsekian et al. (2013) referencia a importância das características geométricas dos blocos cerâmicos, que podem ser encontradas como uma das características a serem testadas na norma brasileira ABNT NBR 15270.

O desenvolvimento e atualização de normas continuam sendo praticados nos dias de hoje e estas contribuem para que se mantenha a qualidade das construções. É essencial o conhecimento de normas internacionais e nacionais, para a garantia de construções seguras, duradouras e de qualidade.

As construções de alvenaria são constituídas por blocos, argamassa, graute, armadura e outros materiais. As normas existem para orientar a produção e uso destes materiais de construção.

Os blocos de alvenaria mais comuns no mercado são blocos cerâmicos e blocos de concreto. Uma forma de se garantir o bom desempenho da alvenaria é entender as suas propriedades. A norma brasileira ABNT NBR 15270 apresenta um conjunto de especificações que devem ser atendidas para que o bloco tenha um bom desempenho.

A seguir serão tratadas algumas destas especificações apresentadas pela norma brasileira e algumas propriedades que não estão na norma brasileira, mas que foram consideradas importantes na determinação da qualidade de blocos cerâmicos nesta pesquisa.

2.1 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Hall (1977) apresenta uma explicação teórica para o processo de absorção de água do bloco, ele explica que este processo acontece a partir do momento de contato do bloco com uma fonte de água. A água é absorvida pelo sólido poroso pela ação de forças capilares e então a água é distribuída no interior do bloco. Durante este processo o ar que ocupa os poros do bloco é parcialmente substituído pela água absorvida, e no fim um equilíbrio é estabelecido entre a perda por evaporação e a absorção.

Hall e Hoff (2002), em seu livro sobre as dinâmicas do movimento da água em materiais de construção e estruturas apontam dois aspectos das características de absorção de água de materiais de construção porosos que tem valor significativo, a porosidade e a permeabilidade, que caracterizam a movimentação de água nos materiais.

Os poros de blocos cerâmicos podem ser classificados como abertos e fechados. Os poros abertos podem ser divididos em: permeáveis, muito finos e poros “fim de linha”. Os poros fechados são isolados e não podem ser preenchidos com água. Os poros finos são tão pequenos que não conseguem ser preenchidos facilmente, segundo Safiuddin et al. (2011). Ainda como complemento deste conceito de absorção de água, Rego (2008) explica que o volume de água absorvido, desde que haja tempo suficiente, é praticamente igual ao volume de poros abertos do corpo.

Kaushik et al. (2007) explicam que a capacidade de absorção de água total do bloco é dado pelo índice de absorção total. A absorção de umidade pela ação capilar nos blocos produz um efeito de sucção que retira água da argamassa, esta característica é definida como o índice de absorção inicial.

A influência da absorção de água em parâmetros como a eflorescência, aderência de argamassa no bloco, durabilidade e resistência à compressão será tratado nos tópicos 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6. Observando a quantidade de parâmetros influenciados pela umidade, a absorção torna-se um fator de extrema importância na avaliação de blocos cerâmicos.

Segundo a norma brasileira ABNT NBR 15270 o ensaio de absorção de água pode ser feito tanto em água fervente quanto em água fria, alterando-se apenas o tempo de imersão. Porém, entende-se que os dois métodos não são equivalentes. No Canadá e Estados Unidos, por exemplo, ambos os testes são realizados para caracterizar blocos cerâmicos e um não substitui o outro. Como Straube et al. (2010) explicam, o valor de absorção em água fervente é entendido como uma estimativa do espaço de poros abertos disponíveis para armazenar água. Já o valor de absorção em água fria é uma aproximação da possível umidade depois de um evento de molhagem severo.

Segundo Safiuddin et al. (2011) explica no seu estudo sobre a eficácia das técnicas de saturação para a medição de absorção de água no concreto, que em termos de microestrutura, os dois ensaios podem ser diferenciados de acordo com a quantidade de poros que a água consegue preencher em cada um dos ensaios e a quantidade de ar que conseguem expulsar do material poroso. Os ensaios que ele apresenta estão na norma americana ASTM C642. No ensaio de água fria, a água não consegue penetrar facilmente em poros estreitos, retirar os vazios de ar residuais aprisionados na matriz cimentícia e nem preencher os poros fechados, enquanto que o ensaio em água fervente, a alta temperatura pode forçar o ar e outros vazios de ar residuais presente nestes poros a sair deles. Estes conceitos tratados por ele podem ser levados em conta para o ensaio de absorção em blocos cerâmicos, pois a metodologia de ensaio de absorção em água quente e água fria na norma brasileira ABNT NBR 15270 é semelhante à metodologia que ele trata no seu texto. O estudo de Safiuddin et al. (2011) consistiu na comparação de diferentes técnicas de saturação presentes na norma americana ASTM, para determinar o método mais eficaz para determinar a absorção do concreto. O autor comparou o ensaio de absorção em água quente, absorção em água fria e saturação por vácuo. O autor conclui que para o caso do concreto a absorção por água fria não é tão eficiente. A absorção em água quente apresenta melhores resultados quando comparado com a absorção em água fria retirar os vazios de ar residual do concreto.

Através dos resultados obtidos nos ensaios de absorção total em água quente e água fria este trabalho também calcular o coeficiente de saturação. Koroth et al. (1998) definem o coeficiente de saturação como a razão entre a quantidade de água absorvida pelos poros em 24 horas pela quantidade de água quente absorvida pelos poros em 5 horas. Straube et al.(2010) apontam que este coeficiente de saturação é uma medição da quantidade de espaço de poros abertos disponíveis para acomodar uma expansão pelo frio e é utilizado para prever a durabilidade do material. Os autores apresentam um resumo onde apresentam critérios da norma canadense CSA e da norma americana ASTM. Pela Tabela 1 elaborada pelo autor é possível observar que o coeficiente máximo permitido pela norma canadense é de 0,78 e que o máximo permitido pela norma americana é de 0,80. Para determinar se um bloco é durável, ele precisa estar dentro dos critérios estabelecidos para absorção total em água fria ou de coeficiente de saturação, não é necessário que este apresente conformidade nos dois critérios.

Tabela 1- Valores máximos do coeficiente de saturação da norma americana e da norma canadense

	Resistência á Compressão		Máx. Abs. Água Fervente 5 H	Máx. Coeficiente de Saturação	Máx. Abs. Água Fria por 24 H
	MPa	psi			
CSA Bloco Individual	17,2	-----	17,0	0,78	8,0
Média de 5 blocos	20,7	-----	-----	-----	-----
ASTM Bloco Individual	17,2	2500	20,0	0.80	8,0
Média de 5 blocos	20,7	3000	17,0	0,78	-----

Fonte: Straube et al.(2010)

Neste trabalho será calculado este índice e comparar os resultados com as indicações da norma americana, pretende-se apurar se os blocos brasileiros possuem características que os tornariam resistentes a climas mais frios.

Através destes pontos levantados nos parágrafos acima é possível se observar que a absorção de água pode ser relacionada com algumas características presentes em blocos cerâmicos. Desse modo esta pesquisa pretende realizar os ensaios de absorção total e inicial comparar os seus resultados com os obtidos por ensaios de outros parâmetros.

2.2 EFLORESCÊNCIA

Considerado um problema estético, a eflorescência é definida, como um depósito de sais solúveis, normalmente de cor branca que aparece na superfície de construções de alvenaria (National Concrete Masonry Association); (Verduch e Solana, 2000); (Quarcioni et al, 2003); (Sousa e Oliveira, 2012); (Menezes et al, 2006). Bezerra et al (2012) explicam que apesar deste ser um problema estético, a estrutura pode vir a ser afetada caso esta manifestação patológica não seja tratada e atinja a armadura da estrutura, causando uma degradação contínua da estrutura. As figuras 4 e 5 ilustram manifestações de eflorescência em edifícios e paredes de alvenaria.

Figura 4 – Edifício com extrema eflorescência



Fonte: Acervo pessoal

Figura 5- Paredes de blocos cerâmicos e de concreto com manifestação de eflorescência



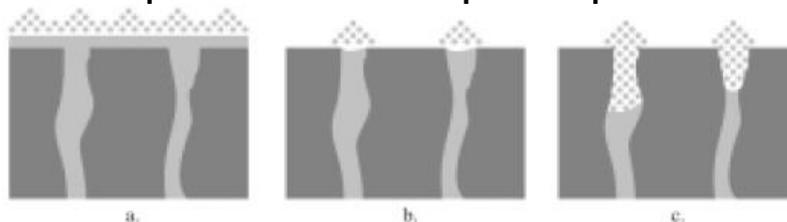
Fonte: Souzafilho (2016)

Quando há cristalização na parte interna do material, nos poros ou na rede capilar, pode ser que esta afete a durabilidade e resistência das peças, segundo Menezes et al (2006). Este fenômeno é pouco conhecido e que é preciso entendê-lo para que se possa compreender de fato os danos que este pode causar em materiais porosos. (PEL et al., 2004)

Segundo a National Concrete Masonry Association (2003), a eflorescência é causada por um conjunto de circunstâncias. Normalmente é preciso que haja presença de sais solúveis, umidade para o transporte dos sais, e evaporação ou pressão hidrostática para a mo-

vimentação desta solução salina. A Figura 6 exemplifica estes processos. Buerger et al. (2005) explica que este fenômeno normalmente acontece depois do final da obra, deixando dúvida em quem deve ser atribuída a responsabilidade da sua manutenção.

Figura 6- Transporte de sais solúveis para a superfície do bloco



Fonte: Verduch e Solana (2000)

Para evitar a ocorrência deste tipo de manifestação patológica é necessária a utilização de materiais de qualidade, a prevenção deve ser feita ainda na fase de projeto, ressalta Da Paz (2016). Quarcioni et al (2003) no seu estudo sobre eflorescência em argamassas explica que é importante a realização de ensaios em laboratório, estes podem servir como ferramentas para prever a formação de eflorescência. Estas ideias expostas por Quarcioni et al (2003) também podem ser aplicadas em ensaios de laboratório aplicados para blocos cerâmicos.

Assim, entende-se que na hora de escolha de materiais de construção o projetista deve escolher materiais de qualidade, para que seja garantida a durabilidade da construção evitar manutenções pelo usuário que poderiam ser prevenidas no momento da escolha de materiais. No caso de manifestações patológicas como a eflorescência é possível determinar o seu potencial em blocos cerâmicos através de ensaios em laboratório.

Isberner (1985) aponta que existem vários ensaios que podem ser efetuados e que permitem demonstrar as características físicas e químicas necessárias para a ocorrência de eflorescência. Esta pode ocorrer nos elementos isolados, ou quando a argamassa e o bloco estão em contato.

Para prever o aparecimento e analisar a eflorescência dos componentes de alvenaria, Sanders e Brosnan (2010) explicam que os ensaios de eflorescência podem ser considerados empíricos ou analíticos. Os ensaios empíricos são aqueles que normalmente envolvem na sua metodologia a saturação da unidade de alvenaria durante um período, seguido de uma fase de secagem, para então ser avaliada visualmente quanto à manifestação de eflorescência. Os ensaios analíticos são mais detalhados e permitem identificar a composição dos depósitos de eflorescência presente no composto cerâmico, fazendo uso de tecnologias mais avançadas e programas de computador (ex: difração de raio-x, espectroscopia de adsorção atômica, plasma indutivamente acoplado, etc).

Dos ensaios que propõem estudar a interação entre bloco e argamassa de cimento é possível encontrar a metodologia proposta por Tanaka e Matsuo (2005), o seu estudo pro-

põe avaliar estruturas de alvenaria reforçadas com concreto. A metodologia desenvolvida por eles consistiu em vários ciclos intensos de molhagem e secagem, onde a análise dos resultados permitiu observar que a eflorescência ocorre em blocos com teor de água maior que 5%. Isto acontece porque há percolação de água no interior do bloco, fazendo com que os sais solúveis migrem para a superfície do bloco. Ensaios que testam os componentes isolados também são possíveis de encontrar na literatura, como por exemplo, o ensaio de eflorescência proposta pela norma Americana ASTM C67.

O método de ensaio sugerido na norma americana ASTM C67, que consiste em analisar visualmente blocos que ficaram imersos em água por um determinado período de tempo, proporciona resultados muito satisfatórios na determinação do potencial de eflorescência, como demonstrado nos estudos de Bezerra et al.(2012), Parsekian e Canato (2016), e no estudo comparativo entre diferentes métodos realizado por Chin (2010).

Os estudos de Bezerra et al (2012) e de Parsekian e Canato (2016) apenas replicam o ensaio da norma ASTM C67, as Figuras 7 e 8 representam a execução e os resultados encontrados. Os dois estudos apresentaram ótimos resultados.

Figura 7- Resultados de Bezerra et al. (2012)



Fonte: Bezerra et al (2012)

Figura 8- Resultados de Parsekian e Canato



Fonte: Parsekian e Canato (2016)

Já o estudo de Chin et al.(2010) analisa a eficácia do ensaio proposto pela norma americana comparando-o com outras metodologias similares. Chin et al (2010) comparou o ensaio da ASTM C67 com o Russian efflorescence test e concluiu que os dois ensaios são efetivos na previsão de eflorescência em blocos cerâmicos. Este explica que estes dois métodos são bastante parecidos, a diferença dos dois métodos está na disposição dos blocos

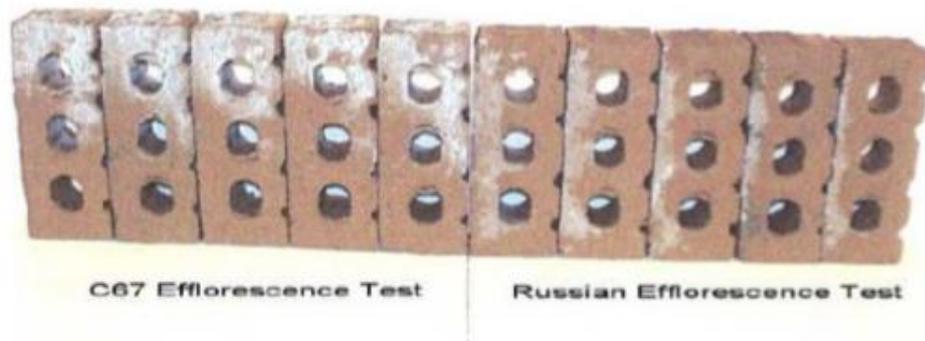
no tanque com água destilada. No Russian efflorescence test as amostras são colocadas na horizontal com uma das faces parcialmente imersas em água destilada numa profundidade de aproximadamente 2,54 cm (1 in), a Figura 9A exemplifica como estes devem ser colocados.

O ensaio recomendado pela ASTM C67 indica que os blocos devem ser colocados na vertical em contato com a água com uma profundidade de também aproximadamente 2,54 cm (1in), a Figura 9B indica a sua disposição no tanque. Porém o autor observa que a eflorescência que se desenvolveu nos blocos testados segundo a ASTM C67 era mais extensa e intensa que os nos blocos testados pela Russian efflorescence test. A figuras 10 demonstra essas diferenças de resultados.



Fonte: Chin (2010)

Figura 10- Comparação de resultados Russian efflorescence test e Astm C67



Fonte: Chin (2010)

Através destes três estudos é possível observar que para a medição do potencial de eflorescência o ensaio da ASTM C67 apresenta bons resultados.

Além do ensaio da ASTM C67 será avaliado uma proposta feita por Franco (2012), que apresenta um ensaio com características analíticas, mas que pretende ser um ensaio mais rápido e mais prático do que o ensaio presente na norma americana. Assim por esta razão pretende-se comparar o ensaio da norma americana ASTM C67 e a proposta de Franco (2012).

2.3 DURABILIDADE

John (1988) explica que todos os materiais quando estão em contato com o ambiente sofrem transformações que implicam na perda da capacidade de desempenho, ou seja, a capacidade do produto atender as finalidades para os quais foi projetado.

Durabilidade é a capacidade de uma estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração de projeto, isto segundo a norma ABNT NBR 6118.

Segundo Possan e Demoliner (2013), o conceito de durabilidade é associado diretamente à vida útil e refere-se às características dos materiais e/ou componentes, às condições de exposição e as condições de utilização impostas durante a vida útil da edificação.

John (1988) cita que os fatores de degradação que podem afetar a durabilidade de materiais e componentes podem ser divididos em dois grupos:

- Fatores ambientais, externos ao edifício, como clima, poluentes, etc.;
- Fatores de uso, internos ao edifício, como detalhes de projeto, procedimentos de instalação, atividades de manutenção, desgaste por uso, subprodutos do uso, etc..

Este mesmo autor ainda também apresenta três metodologias para avaliar a durabilidade:

- Ensaios de envelhecimento natural onde corpos de prova são expostos a atmosfera, e a sua degradação monitorada;
- Ensaios de envelhecimento acelerado onde em câmaras adequadas, os corpos de prova são expostos a fatores com intensidades maiores que as observadas em uso, com o intuito de acelerar o processo de degradação;
- Inspeções de campo que consistem na observação de materiais e componentes em uso. Estas inspeções podem ser feitas com emprego de equipamentos ou não (usando os sentidos humanos).

Destas metodologias descritas por John (1988) não é possível encontrar nenhuma na norma brasileira que avalia a durabilidade de blocos cerâmicos. Desta forma esta pesquisa pretende avaliar ensaios da norma brasileira que podem avaliar a durabilidade, mas que não são especificamente para blocos cerâmicos. Dentre as metodologias descritas por John (1988) foram escolhidos dois ensaios que expõem os corpos de prova a fatores com intensidades maiores que as observadas em uso. Estes ensaios seriam os ensaios da norma ABNT NBR 13554/96: Solo-Cimento- Ensaio de durabilidade por molhagem e secagem e da norma ABNT NBR 13818:97- Placas cerâmicas para revestimento- Especificação em métodos de ensaio.

2.3.1. CICLOS DE MOLHAGEM E SECAGEM

A realização de Ciclos de Secagem e Molhagem é um ensaio que simula as condições de retração e expansão dos blocos provocadas variação da temperatura do ambiente, segundo Pedroti (2007). Ainda segundo Xavier, Marconi, Izuddin (2016) este ensaio é responsável pela simulação de mudanças sazonais de variação de umidade. Pedroti (2007) realizou este ensaio em blocos cerâmicos. O ensaio realizado por Pedroti (2007) consistiu na pesagem dos blocos logo após a sua queima, seguido da sua secagem em estufa por 42 horas, novamente pesados, mergulhados em um tanque com água e depois pesados. Este processo foi repetido 12 vezes, excluindo o processo de queima nos passos seguintes. Foram obtidos resultados consistentes da perda de massa como se pode observar pelos resultados encontrados nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2- Resultados dos ensaios de ciclo de umidade, para os blocos prensados e queimados, manual e mecanicamente.

Tabela 4.5 – Resumo dos ensaios de perda de massa.

Bloco	Peso Seco (g)	Peso Seco Final (g)	Percentual final (%)	Média (%)
MANUAL	985	987	0,20	0,19
	955	955	0,10	
	901	901	0,22	
	906	906	0,22	
	936	936	0,21	
MECÂNICO	1181	1182	0,08	0,11
	1236	1237	0,08	
	1219	1221	0,16	
	1209	1210	0,08	
	1246	1248	0,16	

Fonte: Pedroti (2007)

Tabela 3- Resultados dos blocos de solo cimento

Tabela 4.9 – Resumo dos ensaios de perda de massa.

Bloco	Peso Seco (g)	Peso Seco Final (g)	Percentual final (%)	Média (%)
SOLO-CIMENTO	2257	2262	0,22	0,21
	2247	2254	0,31	
	2281	2285	0,18	
	2276	2279	0,13	
	2289	2294	0,22	

Fonte: Pedroti (2007)

Tabela 4 Resultados dos blocos extrudados queimados há diferentes temperaturas

Bloco	Peso Seco (g)	Peso Seco Final (g)	Percentual final (%)	Média (%)
CERÂMICO 600°C	4843	4852	0,19	0,19
	4731	4739	0,17	
	4865	4875	0,21	
	4875	4883	0,16	
	4789	4799	0,21	
CERÂMICO 700°C	4880	4888	0,16	0,18
	4784	4792	0,17	
	4712	4721	0,19	
	4838	4849	0,23	
	4823	4831	0,17	
CERÂMICO 800°C	4758	4766	0,11	0,17
	4780	4788	0,10	
	4727	4736	0,08	
	4851	4859	0,10	
	4789	4796	0,10	
CERÂMICO 900°C	4804	4811	0,15	0,14
	4683	4689	0,13	
	4747	4753	0,13	
	4824	4830	0,12	
	4780	4788	0,17	
CERÂMICO 1000°C	4796	4802	0,13	0,09
	4839	4843	0,08	
	4793	4796	0,06	
	4775	4779	0,08	
	4804	4809	0,10	

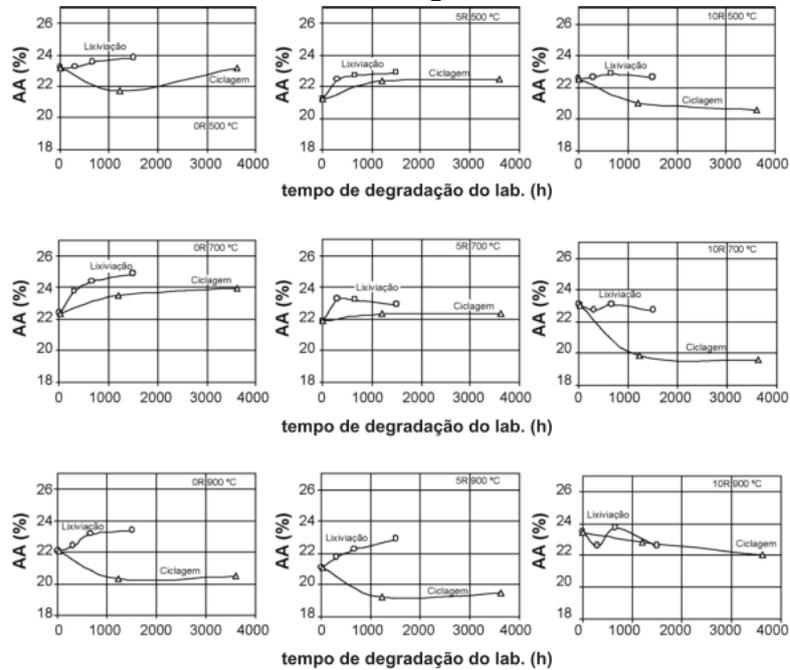
Fonte: Pedroti (2007)

Pelos resultados apresentados por Pedroti (2007), percebe-se que houve perda de massa em todos os blocos, e que de fato que este seria uma forma de avaliar o comportamento de blocos cerâmicos face à situações de exposição contínua ao ambiente prevendo assim a sua durabilidade.

Xavier et al. (2009) apresentam um estudo mais detalhado onde a avaliação dos efeitos de degradação foi feita através da análise de variação de absorção de água, da resistência à flexão e da caracterização microestrutural do material degradado em relação ao material intacto. Os materiais testados foram produzidos em condições controladas de laboratório, onde eles procuraram simular a produção de blocos cerâmicos furados, blocos estruturais e telhas com adição de 0% (0R), 5% (5R) e 10% (10R) de massa argilosa com adição de resíduo de granito. Xavier et al. (2009) concluíram que a durabilidade do material não foi determinada satisfatoriamente através das variações de absorção da água com o tempo, os resultados encontrados estão ilustrados na Figura 11. Quanto à resistência à flexão o autor observou diferença de resultados em blocos com queimas diferentes e leva em conta a adição de granito. Materiais com a queima até 700°C, a adição de resíduos de granito ajudou na redução da perda de resistência com o tempo de degradação, melhorando as características de durabilidade. Os resultados encontrados estão ilustrados na Figura 12. Pela Figura

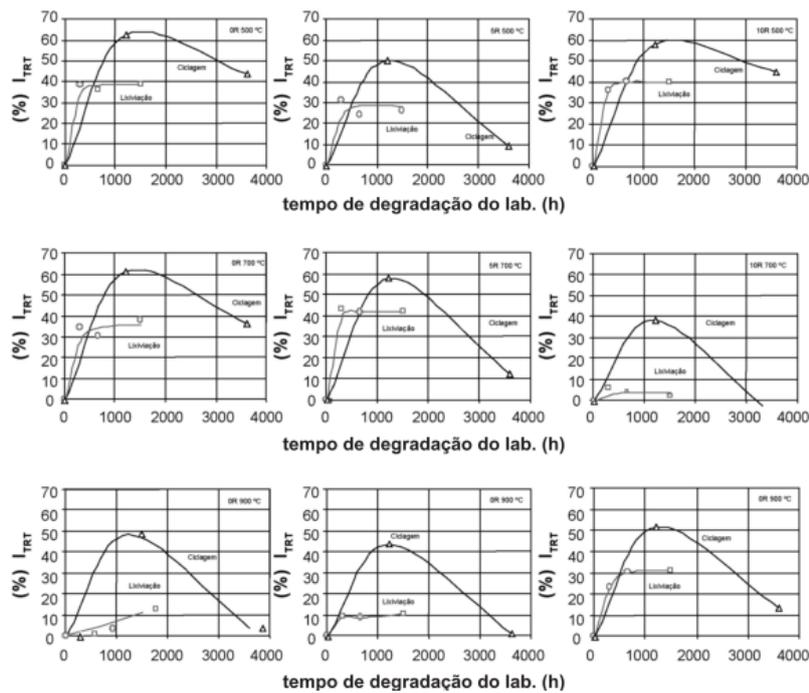
13 também é possível observar que o autor observa degradação através da análise microscópica eletrônica de varredura.

Figura 11- Relação entre absorção total e tempo de degradação de ciclos de secagem e molhagem



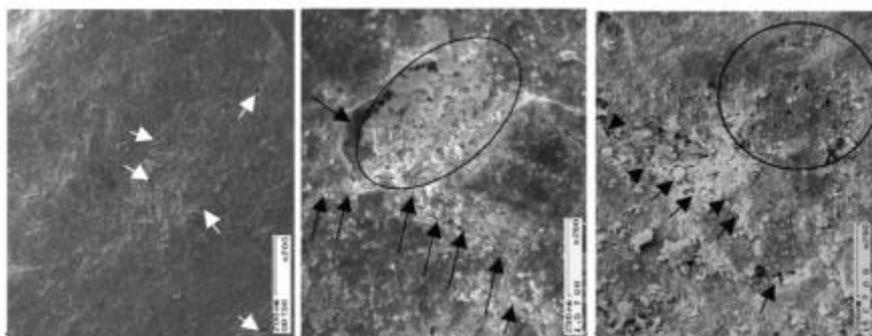
Fonte: Xavier et al. (2009)

Figura 12- Relação entre resistência à flexão e tempo de degradação de ciclos de secagem e molhagem



Fonte: Xavier et al. (2009)

Figura 13- Degradação observada pelo autor



Fonte: Xavier et al. (2009)

Através desses resultados apresentados por Xavier et al. (2009)(Figuras 11, 12 e 13) e por Pedroti (2007) (Tabelas 2, 3 e 4) observa-se que é possível encontrar resultados satisfatórios em ensaios que simulam as condições do ambiente em que os materiais estão inseridos. O ensaio apresentado por Pedroti (2007), apresenta processos mais simples e bons resultados. Sendo assim será realizado este ensaio e serão analisados se haverá perda de massa como Pedroti (2007) observa no seu trabalho.

2.3.2. RESISTÊNCIA A ABRASÃO PROFUNDA

A resistência à abrasão profunda é a capacidade que uma peça cerâmica possui de resistir ao desgaste decorrente da sua utilização. Vite- Torres *et al.* (2014) explicam que o desgaste por abrasão é uma forma de desgaste causado pelo contato entre uma partícula e uma material sólido, e que este tipo de desgaste consiste na perda de material pela passagem de partículas duras sobre uma superfície. Ele também explica que o desgaste abrasivo ocorre quando um objeto sólido é carregado contra partículas de um material que tenha uma dureza igual ou maior a este. Materiais cerâmicos são geralmente rígidos e isto normalmente se traduz numa boa capacidade de resistir forças abrasivas.

Esse tipo de ensaio poderia ser considerado em casos onde a alvenaria será deixada aparente, nos casos onde esta possa necessitar de manutenção através de métodos que possam danificar o material. Ioppi e Arruda (1994) explicam que o aparecimento de manifestações patológicas nas construções brasileiras pode comprometer a durabilidade e estanqueidade das edificações. Eles apresentam vários tipos de manifestações patológicas que podem ser encontradas em estruturas de alvenaria, indicando as suas causas, e soluções para estes problemas. A agressividade do meio é apresentada como um problema e as soluções para esses problemas podem requerer soluções que podem trazer danos aos ma-

teriais da estrutura. As principais manifestações apresentadas por eles são emboloramento e eflorescência. Para o caso de aparecimento de bolor a norma ABNT NBR 7200:1998 indica que a superfície deve ser limpa com uma escova de cerdas duras com solução de fosfato trissódico ou com uma solução de hipoclorito de sódio e enxaguar com água limpa em abundância. Para a eflorescência esta mesma norma recomenda escovar a seco a parede de alvenaria com escova de cerdas de aço e em seguida proceder à limpeza com ácido muriático e caso a manifestação atinja grandes áreas, pode-se empregar jateamento de areia. Gonçalves, Brito, Branco (2007) mencionam no seu trabalho sobre reabilitação de paredes de alvenaria que as escovas utilizadas para a manutenção destas manifestações são feitas de materiais abrasivos. Lopes (2012) explica que as superfícies de revestimentos cerâmicos sofrem variadas ações, a sua manutenção ou limpeza são exemplos destas ações, este apresenta exemplos de agressividade química ou abrasiva dos métodos ou dos produtos utilizados.

A norma ISO 13006 própria para placas cerâmicas especificam um conjunto de características que garantam uma melhor qualidade. A norma classifica cada azulejo de acordo com a sua forma de produção e nível de absorção. A partir destas características são definidos um conjunto de parâmetros que os azulejos devem cumprir, entre eles resistência a abrasão. A Tabela 5 abaixo apresenta as faixas de absorções de água permitidas pela norma para placas cerâmicas extrudadas, esta tabela será usada como base de análise nesta pesquisa. Analisando os valores de modulo de ruptura permitidos e a quantidade máxima de perda de material permitido, observa-se que quanto maior a resistência mecânica do material maior deve ser a sua resistência à abrasão.

Tabela 5- Requisitos da norma ISO 13006

Propriedades Físicas	Precisão	Natural
Absorção de Água Porcentagem	$\leq 3,0 \%$ Máximo individual 3,3 %	$\leq 3,0 \%$ Máximo individual 3,3 %
Força de Ruptura, em N		
a) Espessura $\geq 7,5$ mm	Não menor que 1100	Não menor que 1100
b) Espessura $< 7,5$ mm	Não menor que 600	Não menor que 600
Modulo de ruptura, N/mm² Não aplicável para azulejos com força de ruptura > 3000 N	Mínimo 23 Mínimo individual 18	Mínimo 23 Mínimo individual 18
Resistência à abrasão		
a) Resistência à abrasão profunda de azulejos sem esmalte: volume removido, em mm ³	Máximo 275	Máximo 275
Absorção de Água Porcentagem	$3,0 \% < E \leq 6,0 \%$ Máximo individual 6,5 %	$3,0 \% < E \leq 6,0 \%$ Máximo individual 6,5 %
Força de Ruptura, em N		
a) Espessura $\geq 7,5$ mm	Não menor que 950	Não menor que 950

Tabela 6- Requisitos da norma ISO 13006 (continuação)

b) Espessura < 7,5 mm	Não menor que 600	Não menor que 600
Modulo de ruptura, N/mm² Não aplicável para azulejos com força de ruptura > 3000 N	Mínimo 20 Mínimo individual 18	Mínimo 20 Mínimo individual 18
Resistência à abrasão		
a) Resistência à abrasão profunda de azulejos sem esmalte: volume removido, em mm ³	Máximo 393	Máximo 393
Absorção de Água Percentagem	3,0 % < E ≤ 6,0 % Máximo individual 6,5 %	3,0 % < E ≤ 6,0 % Máximo individual 6,5 %
Força de Ruptura, em N		
a) Espessura ≥ 7,5 mm	Não menor que 800	Não menor que 800
b) Espessura < 7,5 mm	Não menor que 600	Não menor que 600
Modulo de ruptura, N/mm² Não aplicável para azulejos com força de ruptura > 3000 N	Mínimo 13 Mínimo individual 11	Mínimo 13 Mínimo individual 11
Resistência a abrasão		
a) Resistência à abrasão profunda de azulejos sem esmalte: volume removido, em mm ³	Máximo 541	Máximo 541
Absorção de Água Percentagem	6 % < E ≤ 10 % Máximo individual 11 %	6 % < E ≤ 10 % Máximo individual 11 %
Força de Ruptura, em N	Não menor que 900	Não menor que 900
Modulo de ruptura, N/mm² Não aplicável para azulejos com força de ruptura > 3000 N	Mínimo 17,5 Mínimo individual 15	Mínimo 17,5 Mínimo individual 15
Resistência a abrasão		
a) Resistência a abrasão profunda de azulejos sem esmalte: volume removido, em mm ³	Máximo 649	Máximo 649
Absorção de Água Percentagem	6 % < E ≤ 10 % Máximo individual 11 %	6 % < E ≤ 10 % Máximo individual 11 %
Força de Ruptura, em N	Não menor que 750	Não menor que 750
Modulo de ruptura, N/mm² Não aplicável para azulejos com força de ruptura > 3000 N	Mínimo 9 Mínimo individual 8	Mínimo 9 Mínimo individual 8
Resistência à abrasão		
a) Resistência à abrasão profunda de azulejos sem esmalte: volume removido, em mm ³	Máximo 1062	Máximo 1062
Absorção de Água Percentagem	E > 10 %	E > 10 %

Tabela 7- Requisitos da norma ISO 13006 (continuação)

Força de Ruptura, em N	Não menor que 600	Não menor que 600
Modulo de ruptura, N/mm² Não aplicável para azulejos com força de ruptura > 3000 N	Mínimo 8 Mínimo individual 7	Mínimo 8 Mínimo individual 7
Resistência a abrasão		
a) Resistência a abrasão profunda de azulejos sem esmalte: volume removido, em mm ³	Máximo 2365	Máximo 2365

Fonte: Norma ISO 13006

2.4. DENSIDADE

O método de fabricação de materiais cerâmicos (sinterização) caracteriza-se por produzir materiais contendo poros. A porosidade desempenha um papel muito importante no desempenho de uma alvenaria, pois este fator é capaz de influenciar direta ou indiretamente em outros fatores dos materiais cerâmicos, como absorção de água, resistência, eflorescência e aderência de argamassa. Contudo, a porosidade é o fator principal na definição da densidade de uma cerâmica.

Segundo Silva (2005), uma estrutura porosa é constituída por uma fração sólida e espaços vazios, os poros. Estes poros podem ou não estar em contato com a superfície do material, ou seja, eles podem ter ou não conexão com exterior. Isto é importante, pois poros conectados com a superfície são condutores de material entre o interior e o exterior da estrutura.

Visto que a densidade é basicamente a razão entre a massa da amostra por seu volume total exterior, considerando todos os tipos de porosidade presentes na amostra, fica claro a relação entre porosidade e densidade, na qual quanto maior a quantidade de poros no material, mais leve ele ficará e menor será sua densidade.

Uma importante propriedade no desempenho de vedações em habitações é capacidade da partição em oferecer isolamento acústico, (LOSSO; VIVEIROS, 2004). Segundo Neto e Bertol (2010), o cuidado para evitar que o nível de ruído incomode a vizinhança tem de ser redobrado, o ruído emitido pela vizinhança também deve ser controlado para evitar o desconforto de ambas às partes. Estes mesmos autores explicam que o desconforto e incomodo ocasionado pelo ruído reforçam necessidade de um bom isolamento acústico entre unidades residenciais. Duarte e Viveiros (2005) indicam que o nível de isolamento sonoro no interior de uma residência depende de três componentes: a fachada, as vedações horizontais e as paredes de vedação. A fachada serve de proteção para o ruído externo, sendo a vedação das aberturas o aspecto mais importante. As vedações horizontais

usualmente atenuam o ruído produzido por vizinhos em andares superiores e inferiores. As paredes de vedação isolam o ruído proveniente de edificações vizinhas e/ou do exterior.

Losso e Viveiros (2004) explicam que para que uma parede tenha um maior isolamento sonoro, é necessário que ela seja composta por materiais de alta densidade e/ou espessuras significativas. Faz-se assim necessário o conhecimento das densidades dos blocos cerâmicos presentes no mercado brasileiro para que seja possível prever o seu comportamento em situações que estes devem vedar o som.

Ainda relacionada à densidade está à condutividade térmica. Drysdale et al. (1994) apontam que paredes de alvenaria não possuem alta resistência térmica, porém pode ser melhorada de várias formas. A resistência aumenta com a diminuição da densidade do material, desta forma, a resistência da parede aumenta através do uso de unidades de alvenaria feitas de materiais menos densos ou aeradas. Drysdale et al. (1994) explicam que o uso de paredes de alvenaria em lugares com suaves mudanças de temperaturas entre a noite e o dia a inercia térmica pode ser um fator dominante (uma parede com alta inercia térmica irá se esquentar e se arrefecer de forma mais devagar). A inercia térmica aumenta com o aumento da densidade, é esta propriedade de alvenarias externas, que melhora o seu desempenho térmico diminuindo a variação da temperatura interna por 24 horas. O calor é armazenado enquanto a temperatura aumenta e é liberado enquanto a temperatura diminui, diminuindo assim cargas de calor e de frio. A inercia térmica das paredes internas da alvenaria aumentam este efeito reduzindo flutuações internas de temperatura.

A condutividade térmica de cerâmicas é conhecida por estar ligada com a densidade e porosidade do material explicam Ten et al (2010). Alonso- Santurde et al (2011) no seu estudo relacionado com adição de areia em blocos cerâmicos repararam que quando a densidade aumenta, a porosidade diminui, que implica num aumento da condutividade. Mas já existem estudos como os de Ten et al (2010) e de Dondi et al (2004) que observaram que para um mesmo material, a condutividade térmica não depende somente da porosidade total das peças, mas também da distribuição e tamanho dos poros e da sua interconectividade. Desta forma para determinar a condutividade de blocos cerâmicos além da análise da densidade é necessário uma análise microscópica dos poros.

A partir deste ponto e com as novas demandas na Construção Civil, da norma ABNT NBR 15575, é solicitado para que os fabricantes de materiais de construção apresentem resultados de caracterização dos seus produtos. Um exemplo disso é a necessidade de caracterização do desempenho térmico e acústico para variados blocos e combinações de revestimentos. Assim esta pesquisa propõe a realização do ensaio de densidade em blocos cerâmicos para que seja possível atender as demandas da norma ABNT NBR 15575.

É importante referenciar que o ensaio de densidade presente na norma ABNT NBR 10838 requer o uso de parafina. Rabier et al. (2006) no seu estudo sobre briquetes e pelotas

de madeira realiza um conjunto de ensaios com e sem parafina. Foram realizados ensaios estereométricos, hidrostáticos e de fluatibilidade.

No final do seu trabalho ele conclui que a aplicação de parafina demanda um tempo que pode ser dispensado, pois ela não diminui a variabilidade dos resultados. O autor justifica que os ensaios que recomendam o uso de parafina acontecem devido à ideia de que a sua aplicação pode diminuir a variabilidade de resultados relacionados ao volume dos materiais.

Assim sendo esta pesquisa também realizara o ensaio de densidade com sem parafina com o intuito de entender se a sua utilização influencia nos resultados de densidade.

2.5. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A alvenaria estrutural é um sistema de comportamento estrutural complexo, devido às características elásticas e mecânicas próprias e distintas dos diferentes materiais que a compõe. Como se não bastasse essas diferenças intrínsecas, ela pode ainda ter seu desempenho grandemente afetado pela maneira como é construída, (MENDES, 1998).

Kaushik et al (2007) explicam que estruturas de alvenaria usualmente são, não elásticas e não homogêneas. Quando colocada sob cargas laterais, a alvenaria não se comporta de forma elástica, mesmo quando sofre pequenas deformações. Kaushik et al (2007) e Rizatti et al (2011) explicam que ela se comporta desta forma porque é composta por dois materiais diferentes distribuídos em intervalos regulares e a ligação entre eles é considerada fraca. Por essa razão, é esperado que alvenarias resistam somente a forças de compressão.

Prado (1995), no seu trabalho que estuda a resistência à compressão de diferentes tipos de blocos cerâmicos chegou à conclusão que o principal fator que influencia na resistência a compressão da alvenaria é a resistência do bloco cerâmico.

Mendes (1998), explica que o desenvolvimento de blocos de maiores resistências à compressão requer um aumento na resistência da argamassa, entretanto, este aumento de resistência da argamassa gera um aumento menos significativo na resistência da alvenaria do que o ocasionado pela maior resistência dos blocos. Gomes (1983), adverte, que a resistência da argamassa deve se situar entre 0,7 a 1,5 da resistência do bloco e ao se utilizar argamassas mais rígidas, a alvenaria passará a ter uma ruptura excessivamente frágil e também não acompanhará eventuais movimentos da estrutura sob cargas em serviço.

Ainda segundo a The Brick Industry (1992), a capacidade de resistência a compressão pode ser avaliada pelas propriedades dos materiais constituintes da alvenaria, observando que este método não é usado para estabelecer os valores de resistência do produto

final. Estes valores encontrados devem ser usados pelo responsável do projeto para verificar se a alvenaria irá atingir a resistência a compressão especificada.

A partir destes pontos levantados é possível entender a importância desta característica em blocos de alvenaria. Este já é um requisito que a norma brasileira ABNT NBR 15270 indica que deve ser atendido. Os valores indicados pela norma em relação aos blocos de vedação estão na Figura 14. Em relação aos blocos estruturais a ABNT NBR 15270 indica uma resistência mínima de 3 MPa. Tanto para os blocos de vedação como os blocos cerâmicos é considerada a área bruta para o cálculo da resistência.

Figura 14- Resistência a compressão de blocos de vedação

Posição dos furos	f_b MPa
Para blocos usados com furos na horizontal (figura 1)	$\geq 1,5$
Para blocos usados com furos na vertical (figura 2)	$\geq 3,0$
NOTA Ver anexo C da ABNT NBR 15270-3:2005.	

Fonte: ABNT NBR 15270

Esta característica dos blocos cerâmicos também está relacionada à absorção de água. Kaushik et al (2007) realizou um conjunto de testes para avaliar a resistência a compressão de blocos, cubos de argamassa e prismas de alvenaria construídos com diferentes combinações de blocos e argamassa. Foram utilizados blocos de quatro fabricantes diferentes. O estudo de Kaushik et al. (2007) observa que existe uma melhor correlação entre o índice de absorção inicial com a resistência a compressão do que com o índice de absorção total. A resistência à compressão de blocos com menores valores de índice de absorção inicial (IRA) foram significativamente maiores. A Tabela 6 e Figura 15 a seguir mostram os valores encontrados pelo autor.

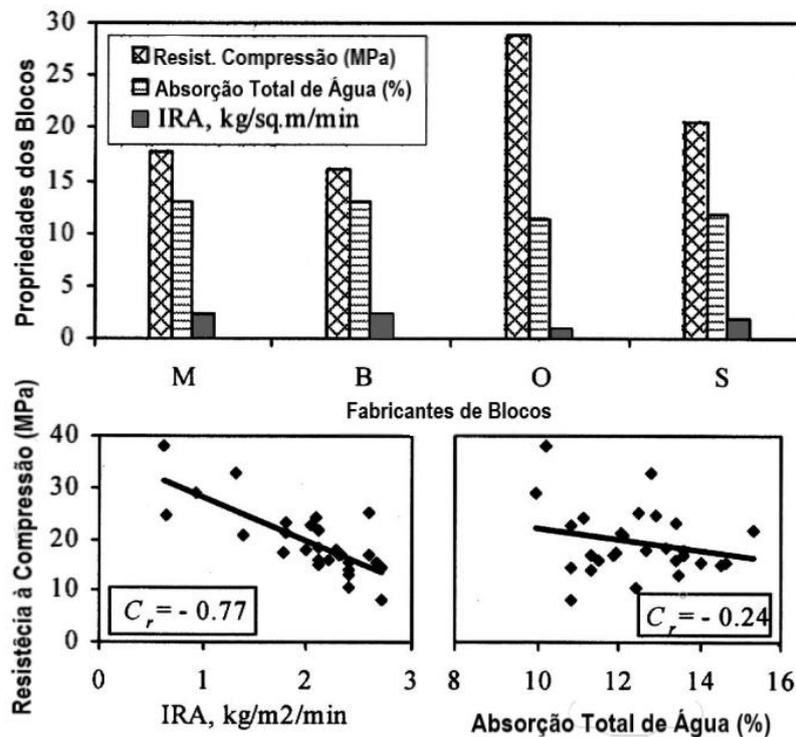
Tabela 8- Resultados de Kaushik et al (2007)

Tipo de Bloco por fabricante	f_b (MPa)	Tensão de Ruptura(MPa)	E_b (Modulo de elasticidade) (MPa)	Absorção Total de água (%)	IRA (Absorção Inicial) (kg/m ² /min)
M (10 amostras)	17,7 (0,23)	0,0072 (0,18)	5,300 (0,15)	12,9 (0,11)	2,26 (0,12)
B (10 amostras)	16,1 (0,08)	0,0060 (0,19)	5,030 (0,34)	13,0 (0,11)	2,42 (0,09)
O (10 amostras)	28,9 (0,23)	0,0070 (0,39)	7,516 (0,26)	11,4 (0,21)	0,97 (0,34)
S (10 amostras)	20,6 (0,17)	0,0057 (0,28)	6,534 (0,10)	11,8 (0,05)	1,89 (0,24)
Média (40 amostras)	20,8 (0,33)	0,0065 (0,34)	6,095 (0,29)	12,3 (0,13)	1,90 (0,34)

*números entre parênteses indicam o coeficiente de variação

Fonte: Kaushik et al (2007)

Figura 15- Relações encontradas por Kaushik et al (2007)



Fonte: Kaushik et al (2007)

2.6. RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA

A aderência é um fenômeno complexo, envolvendo processos de transporte dos compostos da argamassa para a interface bloco/argamassa, seguido pelo processo de hidratação dos materiais cimentícios, este conceito é explicado por Sugo, Page e Lawrence (2001).

A resistência de aderência é uma das principais características exigidas às argamassas no estado endurecido, segundo Kazmierczak, Brezezinski e Collatto (2007). As argamassas de revestimento são materiais de construção com propriedades de aderência e endurecimento obtido a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais, (ALVES, CARASEK, CASCUDO, 2010)

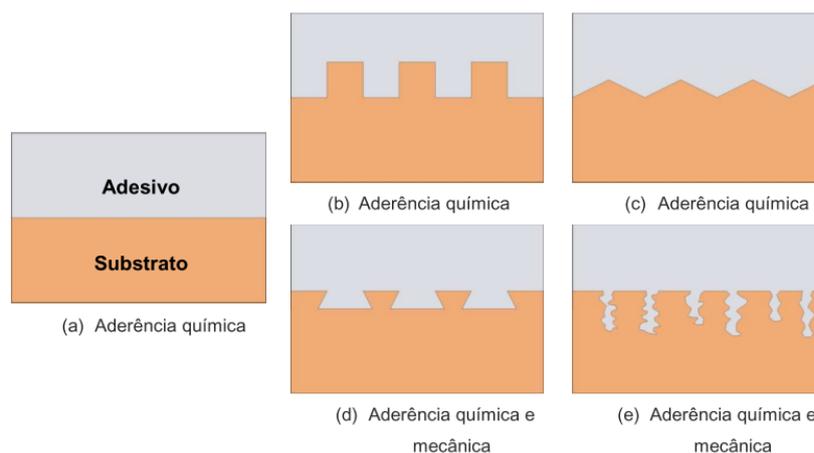
Os revestimentos de argamassa devem cumprir algumas funções básicas para que tenham um desempenho apropriado durante a vida útil da edificação. Estas funções são: proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo, integrar o sistema de vedação dos edifícios conferindo isolamento térmico, isolamento acústico, estanqueidade à água, segurança ao fogo, resistência de desgaste e abalos superficiais, além de regularizar

a superfície dos elementos de vedação, servindo como base para acabamentos decorativos e contribuindo para a estética da edificação. (ALVES, CARASEK, CASCUDO, 2010)

Segundo Costa (2014), a aderência depende principalmente, dentre muitos fatores, da formação de uma interface, cujas interações ocorrem após o contato da matriz cimentícia ainda no estado plástico com o substrato e vão se modificando ao longo do tempo. A aderência entre a argamassa e a base dá-se devido dois mecanismos principais, nomeadamente químicos e mecânicos. O processo químico acontece devido às ligações químicas que se dão ao longo de uma interface quando as duas superfícies entram em contato. O mecanismo mecânico é explicado como a resultante de uma ancoragem mecânica da argamassa nas reentrâncias e saliências macroscópicas da base. Estes mecanismos são referenciados por Brezezinski e Collatto (2007) e Sugo, Page e Lawrence (2007) e Adami, Vintzileou (2008), Carasek (1997). Apesar da ancoragem mecânica não ser considerada a única responsável pela aderência da argamassa, pois não leva em conta fatores de níveis moleculares, ela contribui consideravelmente para os estudos de aderência.

A Figura 16(a) ilustra os tipos de aderência. Costa e John (2011) explicam que em superfícies lisas e sem poros e a quando não há nenhum tipo de penetração da matriz no substrato a aderência é essencialmente química. Esta aderência química pode acontecer em algumas superfícies rugosas, caso os esforços aplicados forem perfeitamente normais ao plano, exemplificados nas Figuras 16(b) e 16(c). A aderência mecânica acontece somente se o substrato apresentar porosidade aberta ou rugosidade que permitem a ancoragem do adesivo, como esta representado nas Figuras 16(d) e (e).

Figura 16- A) Aderência Química B) Aderência Química C) Aderência Química D) Aderência Química e mecânica E) Aderência química e mecânica



Fonte: Costa e John (2011)

Segundo Carasek (1997), para blocos cerâmicos a aderência ocorre devido à ancoragem mecânica que acontece devido ao intertravamento de cristais de etringita no interior dos poros. Ao se juntar estes componentes da alvenaria iniciam-se os processos para o

desenvolvimento de aderência entre os materiais. A ocorrência desse mecanismo depende da estrutura física (topografia) do substrato e da capacidade de capaz de penetrar nas irregularidades e poros superficiais do substrato, exercendo a ancoragem molhamento do produto aplicado sobre o substrato, que se encontrará na forma líquida fresca e deve ser após a solidificação (Costa, 2014). Para Costa e John (2011), a ocorrência de aderência por mecanismos mecânicos acontece somente quando a base apresenta porosidade aberta ou rugosidade que permitem a fixação da argamassa. Von Recum et al. (1996), explicam que a estrutura física de uma superfície é composta por rugosidades e texturas, onde ele caracteriza a rugosidade como a presença de picos e vales com distribuição e tamanhos diferentes, e textura seria a configuração morfológica de uma superfície com dimensões e distribuição definidas, estes mesmos autores apontam que a porosidade seria um tipo de textura. Para Costa e John (2011) a ocorrência de aderência por mecanismos mecânicos acontece somente quando a base apresenta porosidade aberta ou rugosidade que permitem a fixação da argamassa.

Ainda de acordo com Bauer e Paes (2004), a movimentação de água da argamassa (no estado fresco) para o substrato poroso depende, em grande parte, da estrutura dos poros dos materiais componentes. Segundo Costa (2014), o fator que determina a penetração de partículas em meios porosos é a relação entre o diâmetro da abertura e o da partícula, em que a migração de partículas em meios porosos só irá ocorrer se o diâmetro dos poros for inferior ao diâmetro da abertura. Se o diâmetro da partícula for igual ou superior haverá obstrução e acúmulo de partículas na superfície, o que pode representar uma baixa resistência a tração ou falha por coesão na argamassa nessa região.

Uma característica importante para o estabelecimento de uma ligação de aderência estável e duradoura é a capacidade de sucção de água do bloco de alvenaria. Lawrence e Cao (1988), após ensaios realizados sobre as juntas de argamassas aplicadas em blocos explicam o processo de interação entre o bloco e a argamassa. Eles observam que a capacidade de sucção do bloco reduz a razão de água/cimento da argamassa, e quando este se encontra saturado a sua absorção será baixa, influenciando a penetração da argamassa no bloco, que neste caso será mínima. Além disso, uma alta absorção ocasionada pelo bloco seco deve melhorar a capacidade de penetração da pasta de argamassa nos seus poros. Estes mesmos autores explicam que uma alta aderência pode ser obtida em blocos com menores índices de saturação, é importante mencionar que uma alta absorção pelo bloco nem sempre se traduz numa boa capacidade de aderência, em casos considerados negativos pode ser que aconteça que o bloco tire uma quantidade mais do que recomendada da argamassa, podendo causar a perda de plasticidade, um encolhimento excessivo da argamassa e aparecimento de fissuras.

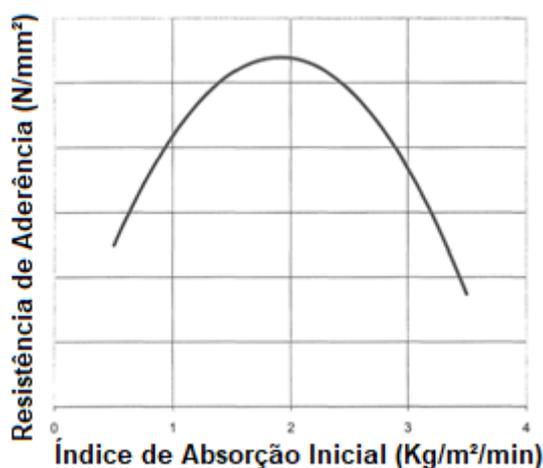
Para avaliar esta ligação entre o bloco e a argamassa Groot (1995), explica que existem efeitos causados pelo fluxo de água que auxiliam nesta avaliação, estes são, a distribuição de água presente na argamassa como resultado da sucção do bloco comparado com a distribuição inicial (análise de mudanças na razão água/cimento), e a taxa de distribuição de água na argamassa durante a sucção (estimativa do transporte de partículas finas).

Como é possível observar o processo de travamento mecânico é bastante explicado por vários autores. Ainda segundo Costa e John (2011) o uso de MEV-EDS permite observar sinais de penetração de argamassa no interior dos poros dos blocos, o problema está no facto e de ainda não existirem formas de confirmar como este mecanismo se desenvolve dentro dos poros.

Através de pesquisas desenvolvidas Groot (1995) explica que as informações sobre as taxas de fluxo de água durante um período de tempo logo após a colocação do bloco, são tidas como de grande importância para a avaliação do transporte de finas partículas da argamassa para a interface. Os efeitos do transporte na composição da zona de interface podem de certa forma determinar o desenvolvimento da aderência.

Groot e Larbi (1999) explicam que a suposta conexão entre os testes de absorção, principalmente o IRA e a aderência têm raízes no conceito que o IRA está relacionado com a absorção de água da argamassa pelo bloco. A quantidade de perda de água é consequentemente presumida como uma indicação das ligações de adesão. O autor chega a apresentar uma curva de tendência que explicaria a relação entre a aderência e o índice de absorção inicial, ilustrada na Figura 17. Os autores advertem que este raciocínio não explica a quantidade de exceções que acontecem na prática.

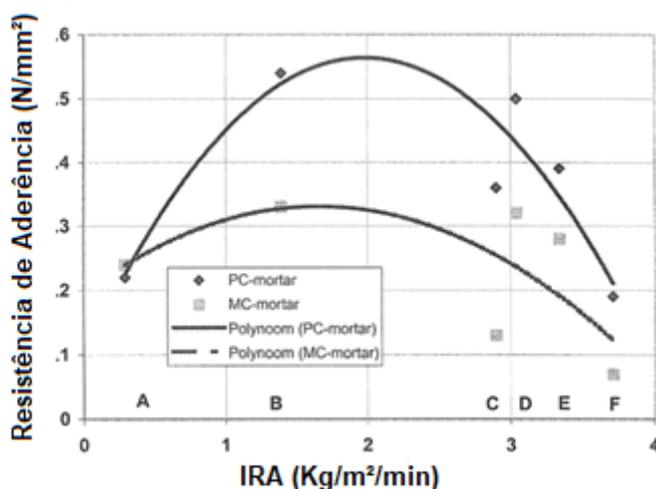
Figura 17- Curva de tendência de Groot e Larbi (1999)



Fonte : Groot e Larbi (1999)

No final do seu trabalho Groot e Larbi (1999), chegam à conclusão que o desenvolvimento de aderência e o índice de absorção de água inicial (IRA) apresentam uma relação muito fraca. A Figura 18 ilustra os resultados encontrados pelos autores.

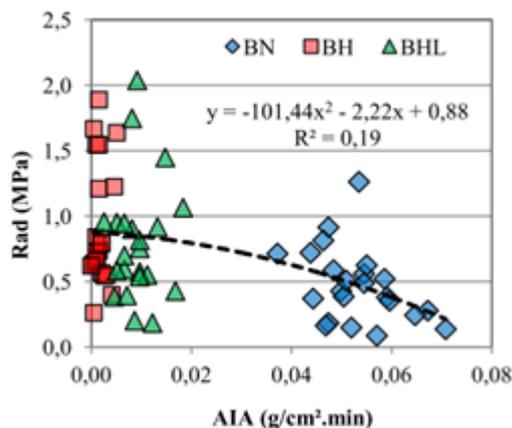
Figura 18- Resultados de Groot e Larbi (1999)



Fonte: Groot e Larbi (1999)

No trabalho desenvolvido por Costa (2014) que analisa fatores que influenciam a aderência de matrizes cimentícias a autora aponta que no caso de superfícies planas ou com poucas texturas e rugosidades a ligação deve ser principalmente de natureza química. Ela menciona que a penetração de partículas nos blocos depende da relação diâmetros dos poros e das partículas de argamassa, e que o fluxo de água da argamassa para o bloco é bem menor que a absorção do bloco quando este é diretamente exposto a água. No seu trabalho através dos ensaios de absorvidade ao longo do tempo, medições do ângulo de contato aparente e do ensaio de resistência de aderência à tração ela avaliou três tipos de corpo de prova com características diferentes, bases naturais (sem nenhum tipo de tratamento na superfície), bases hidrofugadas (aplicação de hidrofugantes nas bases) e bases hidrofugadas e lixadas (aplicação de hidrofugante e a base e em seguida o lixamento da sua superfície). Costa (2014) explica que não existe uma relação direta entre os índices de absorção inicial e a absorção de água, desta forma pode-se indagar sobre a real influência do mecanismo mecânico e dos índices de absorção das bases no desenvolvimento de aderência. A Figura 19 ilustra o resultados encontrados por Costa (2014).

Figura 19- Resultados de Costa (2014) da resistência de aderência à tração em função da taxa de absorção de água inicial

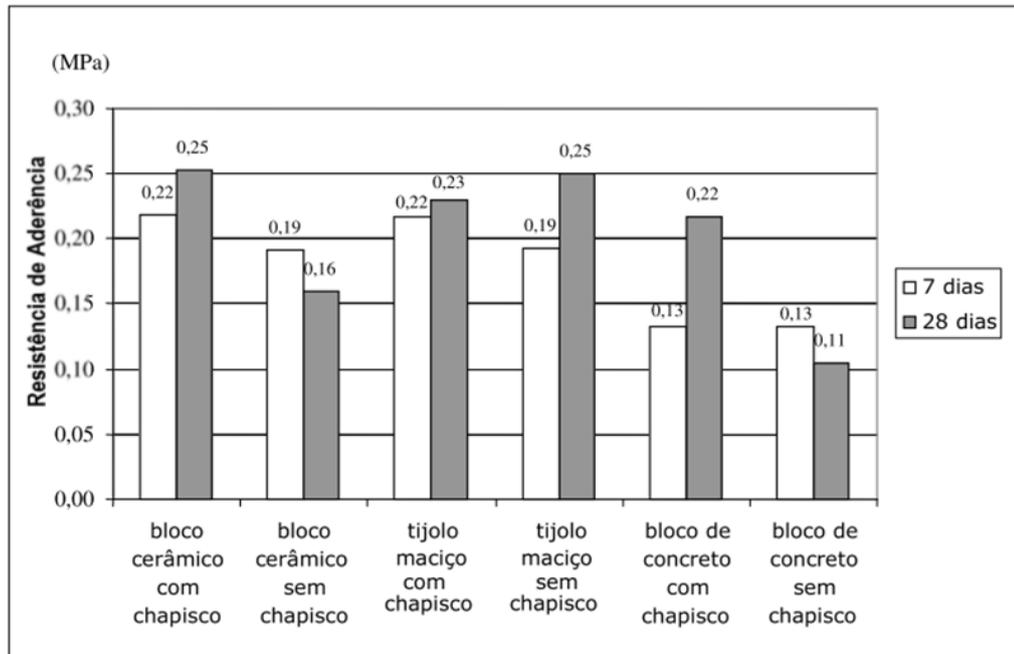


Fonte: Costa (2014)

Apesar de ser possível encontrar estudos que já demonstram que a relação entre a absorção de água e aderência de argamassa é baixa, o ensaio de absorção inicial está presente na norma brasileira ABNT NBR 15270. Este ensaio está na norma como uma forma de se prever a aderência da argamassa no bloco cerâmico. A norma ABNT NBR 15270 recomenda o valor de 30 g/194 cm²/min como referência, caso os blocos apresentem valores maiores que este resultado eles devem ser umedecidos antes da aplicação de argamassa para que haja uma maior aderência da argamassa no bloco. Acredita-se que a presença desta recomendação na norma contribui para a disseminação da ideia da relação entre a aderência e absorção de água. Como um dos objetivos está na avaliação dos ensaios presentes na norma brasileira este trabalho refaz o ensaio e o relacionará com a aderência de argamassa de revestimento. O trabalho pretende avaliar somente o comportamento dos blocos cerâmicos, desta forma foi aplicada uma argamassa industrializada padrão em todos os blocos.

Ainda dentro do conceito de aderência outro ponto que será abordado é o uso da camada de chapisco. Segundo Santos (2008), chapisco é a camada que serve de elemento de ligação entre o revestimento e o substrato, e sua função é cobrir e regularizar a superfície da base e melhorar a aderência do revestimento. Os substratos, principalmente aqueles em que são aplicados chapiscos, podem ter grande influência na qualidade final do revestimento em função da diversidade de características e textura. Esta influência positiva pode ser vista pelos estudos tecnológicos de Kazmierczak et al (2007), mostrados na Figura 20.

Figura 20- Resultados de Kazmierczak et al (2007)



Fonte: Kazmierczak et al (2007)

Segundo estudo de Kazmierczak et al. (2007), através da análise visual dos substratos, observou-se que, em geral, a interface substrato/chapisco é uniforme e não apresenta vazios. Nas interfaces argamassa/chapisco e argamassa/substrato (nos sistemas sem chapisco), entretanto, é comum observar-se vazios decorrentes de falha de aplicação da argamassa e/ou deficiências na trabalhabilidade da argamassa para o tipo de base utilizada), o que causa maior probabilidade de ruptura do sistema na interface argamassa/chapisco ou na própria argamassa (Figura 21).

Figura 21- Interface argamassa/chapisco e interface chapisco/bloco



Fonte: Kazmierczak et al. (2007)

Kazmierczak (2007) observa também no seu trabalho que os blocos cerâmicos com chapisco apresentaram um aumento substancial de na quantidade de poros na região entre

10 a 200 μm e diminuição de poros com diâmetro entre 0,01 a 10 μm , com relação aos blocos sem chapisco. Isto além de representar um aumento na resistência de aderência, também pode significar uma alteração na durabilidade do revestimento, que pode apresentar um melhor comportamento frente às variações volumétricas e de temperatura, visto que o seu comportamento depende da sua microestrutura. A Figura 22 ilustra os resultados encontrados pelo autor.

Figura 22- Relação entre o diâmetro de poros e aderência

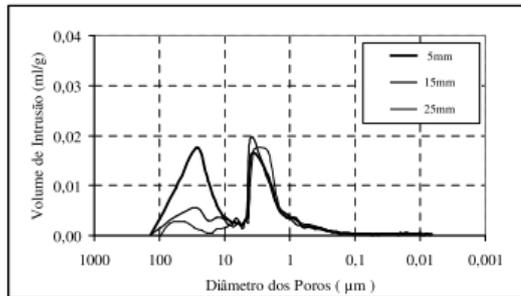


Figura 8a – argamassa aplicada sobre bloco cerâmico sem chapisco.

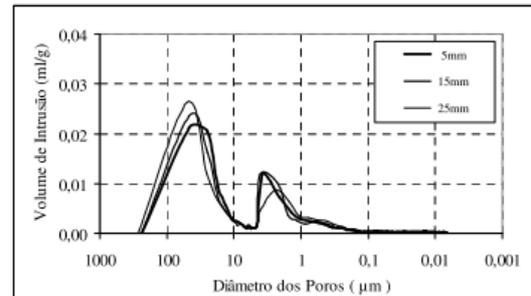


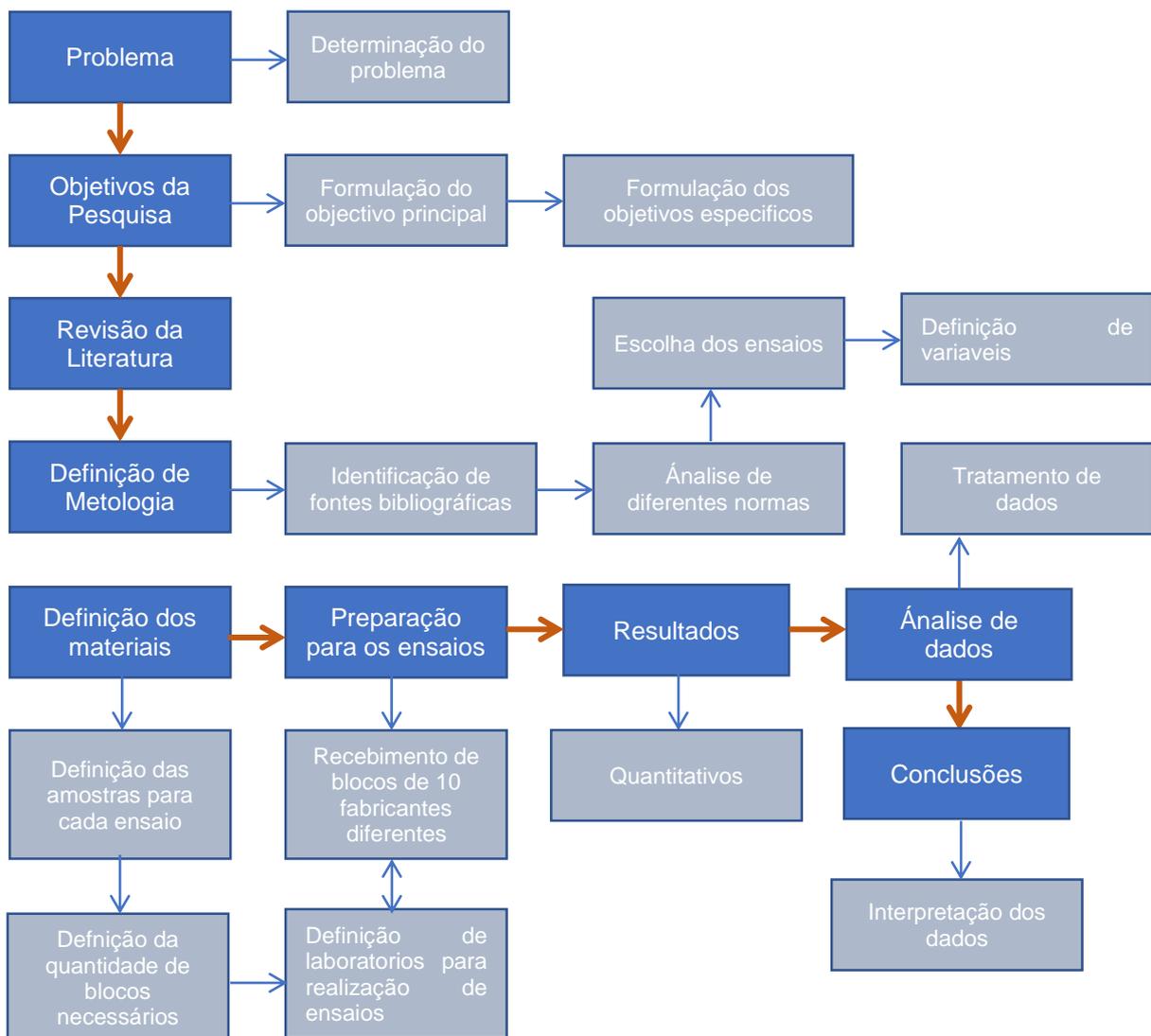
Figura 8b – argamassa aplicada sobre bloco cerâmico com chapisco.

Fonte: Kazmierczak (2007)

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Esta é uma pesquisa de caráter experimental. Neste capítulo serão apresentados os procedimentos experimentais seguidos dos materiais empregados. São apresentados os tipos de blocos cerâmicos utilizados na pesquisa, assim como os ensaios realizados. A metodologia se fundamenta, basicamente, na sequência de procedimentos apresentados na Figura 23 a seguir.

Figura 23- Fluxograma da pesquisa



O objetivo deste programa experimental foi obter dados referentes à absorção de água total, absorção de água inicial, eflorescência, resistência a compressão, resistência de aderência, densidade, durabilidade (resistência a abrasão ciclos de secagem e molhagem) de blocos cerâmicos. A tabela 7 a seguir apresenta os tipos de ensaios realizados.

Tabela 9- Parametros avaliados

PARAMETROS AVALIADOS		PROCEDIMENTOS
Absorção	Índice de Absorção em água fervente	ABNT NBR 15270:2005
	Índice de Absorção em água fria	ABNT NBR 15270:2005
	Índice de Absorção Inicial	ABNT NBR 15270:2005
Densidade	Densidade prismas extraídos de blocos (com parafina)	Proposta de Modificação da ABNT NBR 15270:2017
	Densidade prismas extraídos de blocos (sem parafina)	Proposta de Modificação da ABNT NBR 15270:2017
	Densidade bloco inteiro	-----
Eflorescência	Potencial de Eflorescência bloco inteiro	ASTM C67
	Potencial de Eflorescência prisma extraído do bloco	Franco (2012)
Aderência	Resistência de aderência	ABNT NBR 13528:1998
Durabilidade	Resistência a Abrasão	ABNT NBR 13818:1998
	Ciclos de Secagem e Molhagem	ABNT NBR 13554:2012
Resistência	Resistência à compressão	ABNT NBR 15270:2005
Dimesnsão	Área Liquida	ABNT NBR 15270:2005

Fonte: Autor

Os blocos cerâmicos utilizados nos ensaios dessa pesquisa foram provenientes de dez fabricantes diferentes, doados pela ANICER. Os blocos doados (150 por empresa) foram todos recebidos de fabricantes dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte e do Pará.

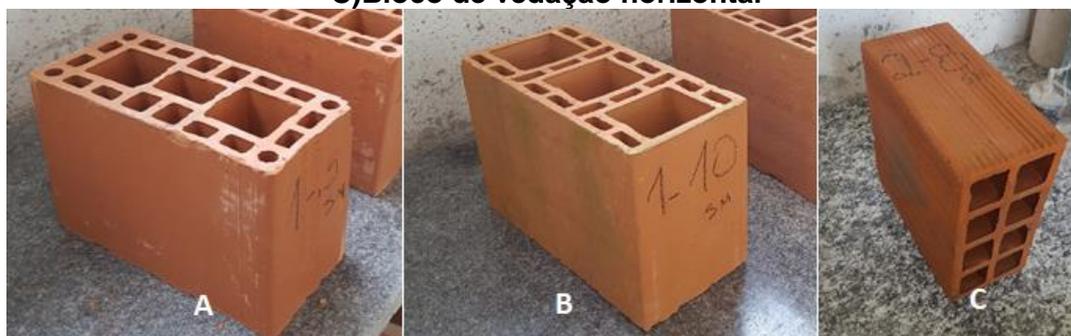
Tabela 10- Blocos utilizados na pesquisa

FABRICANTES	ORIGEM	TAMANHO	TIPO DE BLOCOS
1	São Paulo	14x19x29	Bloco Estrutural de Paredes Vazadas
2	São Paulo	14x19x29	Bloco Estrutural de Paredes Vazadas
3	Minas Gerais	14x19x29	Bloco Estrutural de Paredes Vazadas
4	São Paulo	14x19x29	Bloco Estrutural de Paredes Vazadas
5	São Paulo	14x19x29	Bloco Estrutural de Paredes Vazadas
6	Rio de Janeiro	14x19x29	Bloco Estrutural de Paredes Vazadas
7	Rio de Janeiro	14x19x29	Bloco Estrutural de Paredes Vazadas
8	Rio Grande do Norte	09x19x19	Bloco de Vedação Horizontal
9	Rio de Janeiro	09x19x19	Bloco de Vedação Horizontal
10	Pará	14x19x29	Bloco de Vedação Vertical

Fonte: Autor

Também pela Tabela 8 é possível observar que foram ensaiados blocos estruturais de paredes vazadas (Figura 24A), blocos de vedação horizontal (Figura 24B) e blocos de vedação vertical (Figura 24C).

Figura 24- A)Bloco estrutural de paredes vazadas B)Bloco de vedação vertical C)Bloco de vedação horizontal



Fonte: Autor

A quantidade de corpos de prova ensaiados foi determinado seguindo as recomendações das respectivas normas, a Tabela 9 a seguir apresenta a relação de corpos de prova utilizados para cada ensaio.

Tabela 11- Quantidade de amostras

ENSAIOS	LOCAL DE REALIZAÇÃO	CORPOS DE PROVA
Absorção em Água Fria	CCDM - Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais	6
Absorção em Água Quente	CCDM - Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais	6
Absorção Inicial	LMC - Laboratório de Materiais e Componentes	6
Densidade sem parafina	Laboratório de Mecânica dos Solos	6
Densidade com parafina	Laboratório de Mecânica dos Solos	6
Eflorescência - ASTM C64	LSE - Laboratório de Sistemas Estruturais	10
Eflorescência – Franco (2012)	LSE - Laboratório de Sistemas Estruturais	6
Aderência sem chapisco	LSE - Laboratório de Sistemas Estruturais	12
Aderência com chapisco	LSE - Laboratório de Sistemas Estruturais	12
Resistência à Abrasão	CCDM - Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais	5
Ciclos de Molhagem e secagem	CCDM - Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais	3
Resistencia à compressão	LSE - Laboratório de Sistemas Estruturais	13

Fonte: Autor

3.1 PROGRAMA EXPERIMENTAL

A seguir serão explicados os procedimentos seguidos para a realização dos ensaios.

3.1.1 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA EM ÁGUA QUENTE E FRIA

Os ensaios de absorção foram realizados como previstos na norma NBR 15270-3/05: Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio, no laboratório CCDM. Essa norma prevê a realização do ensaio de duas maneiras: com imersão em água fervente por 2 horas ou com imersão em água a temperatura ambiente por 24 horas. Os dois métodos foram realizados a fim de se entender a diferença entre os mesmos.

Para ambos os métodos, o ensaio se iniciou deixando cada umas das 6 amostras de cada fabricante por 48 horas em estufa, como indicado na norma (garantindo pesagem constante), pesando-se a massa seca, seguido de imersão completa das amostras pelo tempo por 2 horas em água quente e 24 horas em água fria. Então as amostras foram retiradas da imersão, o excesso de água foi removido com pano úmido e, por fim, foi pesada a massa final úmida de cada amostra. As Figuras 25 e 26 ilustram os procedimentos descritos.

Figura 25- A) Colocação dos blocos em estufa B) Colocação dos blocos em água fria C) Remoção de excesso de água com pano úmido D) Pesagem das amostras úmidas



Fonte: Autor

Figura 26- A) Colocação dos blocos em estufa B) Colocação dos blocos em água quente C) Remoção de excesso de água com pano úmido D) Pesagem das amostras úmidas



Fonte: Autor

3.1.2 ENSAIO DE ABSORÇÃO INICIAL

O ensaio foi realizado de acordo com a norma brasileira ABNT NBR 15270 no laboratório LMC (Laboratório de Materiais e Componentes).

Para cada fabricante foram separadas e preparadas 6 amostras. Primeiramente foram retiradas as medidas geométricas e de cada bloco, seguindo os procedimentos da norma, como as Figuras 27A, 27B e 27C indicam.

Figura 27- A) Altura do bloco B) Largura do bloco C) Comprimento do Bloco



Fonte: Autor

Em seguida os blocos foram submersos em água por 24 horas, após retirar da água, foram pesados saturados numa balança de precisão 1 g (Figura 28A) e na balança hidrostática (Figura 28B), para que fosse realizado o cálculo da sua área líquida.

Figura 28- A) Pesagem na balança de precisão 1g B) Pesagem em balança hidrostática



Fonte: Autor

Para que fosse realizado o cálculo do índice de absorção inicial os blocos foram secos em estufa por 24 horas e pesada a sua massa seca. Seguindo os procedimentos da norma ABNT NBR 15270:2005 o bloco foi colocado num tanque com água de forma que ficasse em contato com uma lamina de água de 3 mm por 60 segundos, a Figura 29 ilustra como foi realizado esse procedimento. Após este tempo o bloco era secado por um pano úmido e pesado na balança de precisão de 1g.

Figura 29- Imersão dos blocos em fio de água por 60 segundos



Fonte: Autor

3.1.3 DETERMINAÇÃO DE ÁREA LÍQUIDA

3.1.3.1 Procedimentos de acordo com a norma ABNT NBR 15270

Para a realização deste ensaio foi seguido o procedimento sugerido pela norma brasileira. Os blocos foram imersos por 24 horas em água a temperatura ambiente, e em seguida foi medida a sua massa aparente e a sua massa úmida. A partir destes dados foi calculada a área líquida.

3.1.3.2 Por medida geométrica

A partir da definição de área líquida da norma, foi calculada a área bruta do bloco e área total de furos através de medições feitas pelo paquímetro. Com estes dados foi subtraída a área total de furos da área bruta do bloco.

3.1.4 ENSAIOS DE EFLORESCÊNCIA

3.1.4.1 Procedimentos de Franco (2012)

O ensaio foi realizado de acordo com Franco (2012), porém, com o objetivo de equipará-lo com o ensaio da norma americana ASTM C67, foram introduzidas duas novas etapas ao processo, a primeira etapa consistiu na colocação das amostras em estufa por 24 horas antes da realização do ensaio e a segunda etapa introduzida no ensaio consistiu novamente na colocação das amostras em estufa por 24 horas no final do ensaio, após essas serem retiradas dos copos.

Seguindo os procedimentos do ensaio desenvolvido por Franco (2012) foram extraídos dos blocos cerâmicos 6 prismas de 2 cm de largura, 20 cm de altura e espessura do bloco (Figura 30A). Dentro de um mesmo fabricante, os exemplares foram retirados de blocos diferentes, contribuindo para uma maior variabilidade de composições. Após 24 horas de estufa (Figura 30B), as amostras foram colocadas por 5 dias em copos (capacidade mí-

nima de 200 ml) com água destilada a uma profundidade de 5 cm cobertos por bexigas, ilustradas na Figura 30C e 30D, num ambiente sombreado e ventilado.

Figura 30- A) Corte das amostras B) Amostras em estufa C) Preparação para o ensaio D) Final da montagem do ensaio



Fonte: Autor

Os corpos de prova foram supervisionados diariamente, até o final do ensaio certificando-se a necessidade ou não de reposição de água nos copos plásticos. Depois de ter retirado os corpos de prova dos copos plásticos foi analisado se não houve surgimento de eflorescência, principalmente nas faces expostas a ventilação. Finalmente foram novamente colocados em estufa por 24 horas e inspecionados visualmente.

Figura 31- A) Supervisão das amostras B) Amostras no final do ensaio antes da secagem em estufa



Fonte: Autor

3.1.4.2 PROCEDIMENTOS ASTM C67

A metodologia de ensaio da norma americana ASTM C67 foi realizado num período de 7 dias, em blocos cerâmicos inteiros. Foram retiradas 10 unidades de cada um dos 10 fabricantes, onde 5 foram colocados em travessas com uma lâmina de água com 2,54 cm (1 polegada), como na Figura 32A e os outros cinco são colocadas no mesmo ambiente sem contato com água para servirem de comparação no final do ensaio.

As unidades em contato com água foram posicionadas a uma distância mínima de 5,08 (2 polegadas) entre si e o nível de água foi mantido constante até o final do ensaio, repondo a água destilada sempre que necessário. A Figura 32B indica como foram posicio-

nadas as unidades. As unidades foram secas em estufa antes da sua colocação nas travessas com água e no final do ensaio por um período de 24 horas. Finalmente as amostras foram analisadas visualmente para verificar se houve aparecimento de eflorescência.

Figura 32- A) Colocação das amostras em água B) Posicionamento das amostras



Fonte: Autor

3.1.5 ENSAIOS DE DURABILIDADE

A seguir serão apresentados os procedimentos para os ensaios de ciclos de secagem e molhagem e os ensaios de resistência à abrasão.

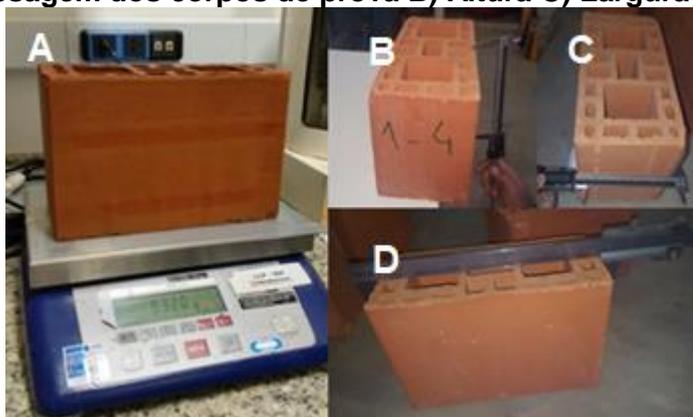
3.1.5.1 CICLOS DE SECAGEM E MOLHAGEM

Para determinação da durabilidade por ciclos de secagem e molhagem foi realizado o ensaio conforme a norma NBR 13554/96: Solo-cimento - Ensaio de durabilidade por molhagem e secagem, a princípio utilizado para solo-cimento, mas que foi adaptado para esta pesquisa, utilizando-se blocos cerâmicos já queimados, eliminando-se a fase de moldagem dos corpos de prova a qual a norma se refere. O ensaio foi executado no Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais (CCDM) da UFSCar.

A norma requer que sejam utilizados 3 corpos de prova. O CP1 foi utilizado para o cálculo da variação de umidade e variação de volume, o CP2 e CP3 foram utilizados para o cálculo da perda de massa.

No início todos os CPs foram colocados em estufa por 24 horas e após serem retirados foram pesados secos e medidas as suas dimensões para que mais tarde essas fossem utilizadas para o cálculo do seu volume, a Figura 33A, 33B, 33C e 33D ilustram os procedimentos seguidos.

Figura 33- A) Pesagem dos corpos de prova B) Altura C) Largura D) Comprimento

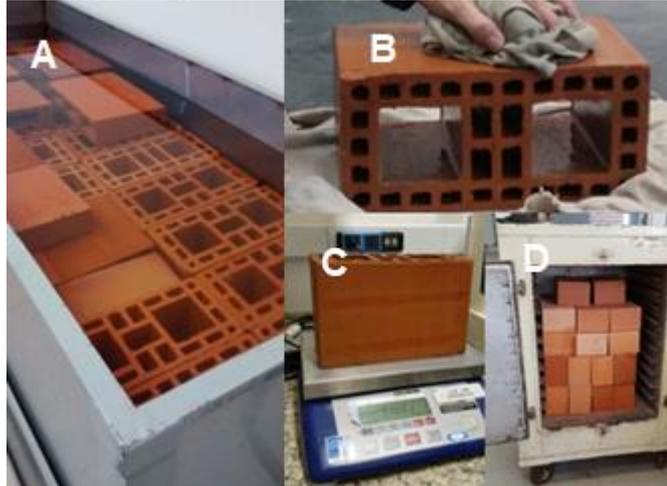


Fonte: Autor

Em seguida estes foram colocados submersos em água por 5 horas (Figura 34A), o corpo de prova 1 foi seco com um pano úmido (Figura 34B), pesado (Figura 34C) e retirado as suas medidas depois de ser retirado da água. Logo após estas medições os corpos de prova foram colocados em estufa por 42 horas (Figura 34D), quando retidos o corpo de prova numero 1 foi medido e pesado. Os corpos de prova 2 e 3 foram escovados nas suas faces com uma escova de chapas de aço. Conforme a norma indica foram feitas 20 escovações verticais para as faces e 4 escovações para cada uma das bases. Para que a força de aplicação fosse constante e atingisse o valor de 15 N exigido pela norma, os CPs foram colocados sobre uma balança durante a escovação de forma a se manter a leitura de 1,5 kg na balança. Os procedimentos descritos completam um ciclo, foi repetido mais 5 vezes. No final destes 6 ciclos os três corpos de prova foram colocados em estufa até atingir massa constante.

Esses procedimentos foram realizados para blocos cerâmicos pela primeira vez. Os resultados de uma primeira bateria de ensaios não foram conclusivos, com indicação de que houve uma falha na execução do procedimento. Por esse motivo, os resultados não são aqui apresentados e analisados. Uma segunda bateria de ensaios foi realizada, porém com resultados disponibilizados após data de defesa desta pesquisa. Por esse motivo, esse tópico será incluído em pesquisa futura.

Figura 34- A) Imersão dos blocos B) Secagem dos blocos com pano úmido C) pesagem D) Colocação em estufa



Fonte: Autor

3.1.5.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À ABRASÃO PROFUNDA

O ensaio de abrasão profunda foi realizado conforme norma NBR 13818:97- Placas cerâmicas para revestimento- Especificação e métodos de ensaio, adaptado de revestimentos cerâmicos para blocos cerâmicos. Para a realização do ensaio 5 corpos de prova de cada fabricante foram cortados no dia anterior com dimensões aproximadas de 11 cm de altura, 2,8 cm de largura e espessura do bloco, estas dimensões foram requisitadas pelo laboratório responsável pela CCDM (Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais). No dia do acompanhamento do ensaio o aparelho para medição da abrasão, ilustrado na Figura 35A, já se encontrava calibrado pelo técnico. Foi então inserido no aparelho o número de 150 rotações, como indicado na norma, e a amostra foi encaixada no mesmo como indica a Figura 35B. No final do ensaio foi possível observar uma cavidade na amostra, como indicado na Figura 35C. Para obter os resultados, esta cavidade foi medida com o auxílio de um paquímetro e analisado conforme tabela disponível na norma, extraindo então um volume de material retirado.

Figura 35- A) Máquina de ensaio B) Preparação para ensaio C) Amostra após ensaio



Fonte: Autor

3.1.6 DENSIDADE

Os ensaios de densidade foram realizados de duas maneiras: com aplicação de parafina e sem. Para o ensaio com parafina, seguiu-se a norma NBR 10838- Determinação da massa específica aparente de amostras indeformadas com emprego da balança hidrostática. Para o ensaio sem parafina foram seguidos os procedimentos da proposta de renovação norma NBR 15270:2005. Os dois métodos foram testados a fim de se entender a diferença entre os mesmos. A densidade foi medida em blocos inteiros e em prismas extraídos dos blocos cerâmicos. Os prismas extraídos dos blocos foram cortados com dimensões de 5 cm x 5 cm, como recomenda a norma e ilustra a Figura 36.

Figura 36- Corpos de prova



Fonte: Autor

Para realização dos ensaios sem parafina os corpos de prova foram colocados em estufa por 24 horas. No dia seguinte foram retirados e foi realizada a pesagem da massa seca como indicado na Figura 37A. Em seguida as amostras foram em estufa por mais uma hora e pesados novamente para verificar se tinham atingido massa constante. Neste mesmo

dia os corpos de prova foram imersos em água, ilustrado na figura 37B e retirados no dia seguinte depois de completarem 24 horas de imersão.

A pesagem na balança hidrostática era realizada como indica a Figura 37C, em que logo em seguida era retirado o excesso de água da amostra e pesada a sua massa úmida.

Figura 37- A) Pesagem da massa seca das amostras B) Imersão das amostras em água C) Pesagem em balança hidrostática



Fonte: Autor

Para o ensaio de densidade sem parafina, realizado em blocos intactos, foi aproveitado que o ensaio para determinação da área líquida apresenta os mesmos processos que o ensaio de densidade, a Figura 38A e 38B apresenta como foi feita a pesagem dos blocos.

Figura 38- Ensaio em blocos inteiros



Fonte: Autor

Os ensaios com parafina foram iniciados, após a colocação dos corpos de prova em estufa por 24 horas. Após a retirada dos corpos de prova da estufa foram retiradas as suas massas secas e em seguida foram banhados e imersos em parafina derretida, como indica a Figura 39A e 39B.

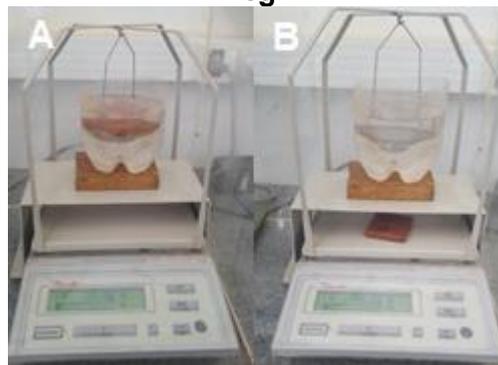
Figura 39- A) Banho de amostra em parafina B) Secagem da parafina



Fonte: Autor

Após o resfriamento das amostras, os corpos de prova foram pesados na balança hidrostática (Figura 40A) e na balança de resolução 0,01g (Figura 40B). As amostras banhadas com parafina deveriam manter sua massa em balança hidrostática durante a pesagem, senão a amostra não estava selada perfeitamente e precisava de mais banho em parafina.

Figura 40- A) Pesagem em balança hidrostática B) Pesagem em balança de precisão 1g



Fonte: Autor

3.1.7 ENSAIO DE RESISTENCIA À COMPRESSÃO

O ensaio de resistência a compressão foi realizado segundo a norma NBR 15270-3/05: Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio, que exige 13 corpos de prova para análise de cada fabricante.

Antes da realização do ensaio foi feito o capeamento das amostras para regularização das faces que iriam receber a carga aplicada durante o ensaio, utilizando pasta cimentícia espalhada em uma bancada nivelada, umedecida com água e preparada com papel filme, como mostra a Figura 41A. As amostras eram posicionadas em cima da pasta na bancada (Figura 41B e 41C).

Figura 41- Preparação da massa cimentícia B) Nivelamento do bloco C) Blocos capeados

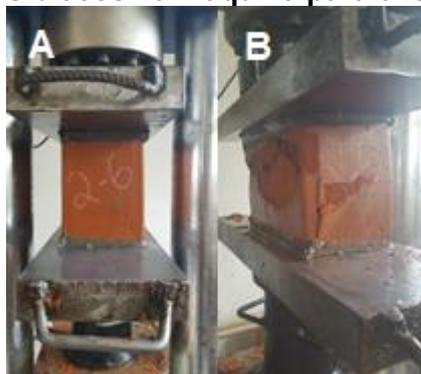


Fonte: Autor

Após 3 dias de secagem da pasta, as amostras foram cuidadosamente retiradas da bancada. As amostras foram colocadas sobre sua outra face na pasta cimentícia (Figura 41C) e esperou-se mais 3 dias de secagem.

Após a secagem das amostras, as mesmas foram imersas em água por no mínimo 6 horas, como exige a norma, antes da realização do ensaio. No dia da realização do ensaio, as amostras foram retiradas da imersão e imediatamente colocadas na prensa (Figura 42A), para que fossem ensaiadas completamente saturadas. A prensa foi operada pelo técnico do laboratório LSE (Laboratório de Sistemas Estruturais) e as amostras foram rompidas (Figura 42B), registrando sua tensão de ruptura fornecida pelo software da prensa.

Figura 42- A) Colocação dos blocos na máquina para ensaio B) Realização de ensaio



Fonte: Autor

3.1.8 ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO

O ensaio foi realizado segundo a norma ABNT NBR 13528:10- Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência a tração, sendo realizados 12 arrancamento por fabricante em corpos de prova com e sem aplicação chapisco. Foi assim decidido que para cada fabricante fossem realizados dois arrancamentos nos blocos estruturais e um arranchamento nos blocos de vedação, devido as limitações impostas pela norma. Para os blocos que foram feitos dois cortes procurou-se manter

a distância de 5 cm das bordas e do outro arrancamento como previsto na norma. sendo assentadas argamassas em 12 blocos de cada fabricante, 6 com aplicação de chapisco e 6 sem. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Sistemas Estruturais (LSE) da universidade e ao final, os resultados dos arrancamentos analisados e comparados com índices de absorção, visando responder uma das questões propostas anteriormente.

Antes de se iniciar o ensaio, a argamassa industrializada teve sua aplicação padronizada. Para a pesquisa, foi escolhida uma argamassa comumente utilizada na região de São Carlos, a 5201 MATRIX Múltiplo Uso. Segundo o fabricante, esta é uma argamassa de uso geral que pode ser utilizada para o assentamento de blocos de vedação como também para o revestimento de paredes em áreas internas e externas. A argamassa contém cimento Portland, agregados minerais com granulometria controlada e aditivos químicos, garantindo uma boa trabalhabilidade da argamassa e uma boa extensão de aderência. Para padronizar a aplicação da argamassa, estabeleceu-se uma altura de queda de 1,5 metros, com base no encontrado na literatura de Antunes e John (2007), a fim de se garantir que não houvesse o risco de a forma de aplicação interferir nos resultados da aderência e para melhor reproduzir no experimento o que se tem no canteiro de obras. Já para a argamassa de chapisco foi escolhida a produção em canteiro, com traço de 1:3 de cimento Portland CPII e área média, granulometria essa que confere boa aderência entre as argamassas.

O ensaio se iniciou preparando a argamassa industrializada em betoneira como indicado pelo fabricante, com a utilização de 7,5 a 8 litros de água por saco de 50 quilos de argamassa. Um arranjo para a aplicação da argamassa foi montado no laboratório, em piso nivelado, para maior rapidez de execução, usando tábuas de madeira como gabaritos e blocos de concreto para manter o sistema fixo e de fácil aplicação, conforme a Figura 43B. A camada de argamassa foi padronizada em 2 centímetros e para manter a espessura foram cortados gabaritos de madeira com 2 centímetros a mais que a espessura do bloco, com 16 centímetro Figura 43A. Para os blocos com camada de chapisco, esta foi aplicada de modo convencional, com colher de pedreiro e somente após 3 dias a argamassa foi aplicada conforme descrito anteriormente, para que houvesse a cura do chapisco de forma adequada.

Figura 43- A) Gabarito par verificar a espessura do revestimento B) Layout da aplicação C) Altura de lançamento da argamassa



Fonte: Autor

Em todos os corpos de prova a argamassa foi aplicada de uma altura determinada previamente, segundo Aantunes e John (2007), de 1,5 metros para que não houvesse interferência nos resultado, Figura 43C. Após a aplicação das argamassas nos blocos, foi esperado um mínimo de 28 dias de cura e ganho de resistência da argamassa, para que se pudesse realizar os cortes das amostras com serra-copo de 50 milímetros de diâmetro, como exige a norma, acoplada em furadeira. É importante apontar que devido a atrasos relacionados com o recebimento do aparelho de arrancamento, quantidade de corpos de prova e quantidade de pastilhas disponíveis os ensaios não foram realizados com 28 dias de idade, a idade mínima de arranchamento foi de 54 dias. Nos blocos estruturais foram feitos dois cortes por bloco, como apresentados na Figura 44B, distanciados no mínimo 5 centímetros um do outro e das bordas.

Então prosseguiu-se para a colagem das pastilhas nos corpos de prova, que foi feita com cola a base de resina epóxi bi-componente, e o tempo de espera de secagem da cola foi de no mínimo 8 horas, como sugere o fabricante, Figuras 44C e 44D.

Figura 44- A) Corte do revestimento B) Blocos recortados C) Cola para aplicação



Fonte: Autor

Após a secagem da cola, foi realizado o ensaio coma máquina de arrancamento Po-siTest Manual indicada na figura 45A e 45B.

Figura 45- A) Realização de ensaio de arracamento B) Amostra extraída pelo ensaio



Fonte: Autor

Este processo de preparo e lançamento da argamassa, tempo de secagem, corte das amostras, colagem das pastilhas e arrancamento foi feito para todos os corpos de prova de todos os fabricantes, totalizando 96 arrancamentos, 48 com chapisco e 48 sem.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 INTRODUÇÃO

Cada ensaio foi realizado respeitando as suas respectivas metodologias que foram apresentados no capítulo anterior. Todos os ensaios foram acompanhados exceto os ensaios de secagem e molhagem e absorção total, devido a agenda cheia do laboratório responsável. O ensaio de resistência de aderência foi o ensaio foi o mais demorado quando comparado com os restantes. Os resultados de cada ensaio serão apresentados a seguir.

4.2 ABSORÇÃO TOTAL EM ÁGUA QUENTE E FRIA

As tabelas 10 e 11 apresentam um resumo dos resultados encontrados para os ensaios de índice de absorção realizados em água quente e água fria. Através destes resultados é possível observar que, no geral, a maioria os fabricantes apresentaram um baixo valor de dispersão, excetuando o fabricante 9 que apresentou valores maiores quando comparados com os restantes fabricantes.

Tabela 12- Resultados de Índice de absorção em água fria

ÁGUA FRIA (%)				
FABRICANTES	MÉDIA	MÁXIMO	MINIMO	DESV. PAD.
01	17,8	18,0	17,4	0,23
02	13,9	14,4	13,4	0,44
03	22,7	22,9	22,5	0,16
04	14,3	14,6	14,1	0,19
05	15,2	15,4	15,0	0,16
06	14,0	14,7	13,5	0,48
07	17,5	17,9	16,8	0,39
08	7,8	8,2	7,4	0,30
09	16,7	17,5	14,5	1,15
10	13,6	13,8	12,9	0,33

Fonte: Autor

Tabela 13- Resultados de Índice de absorção em água quente

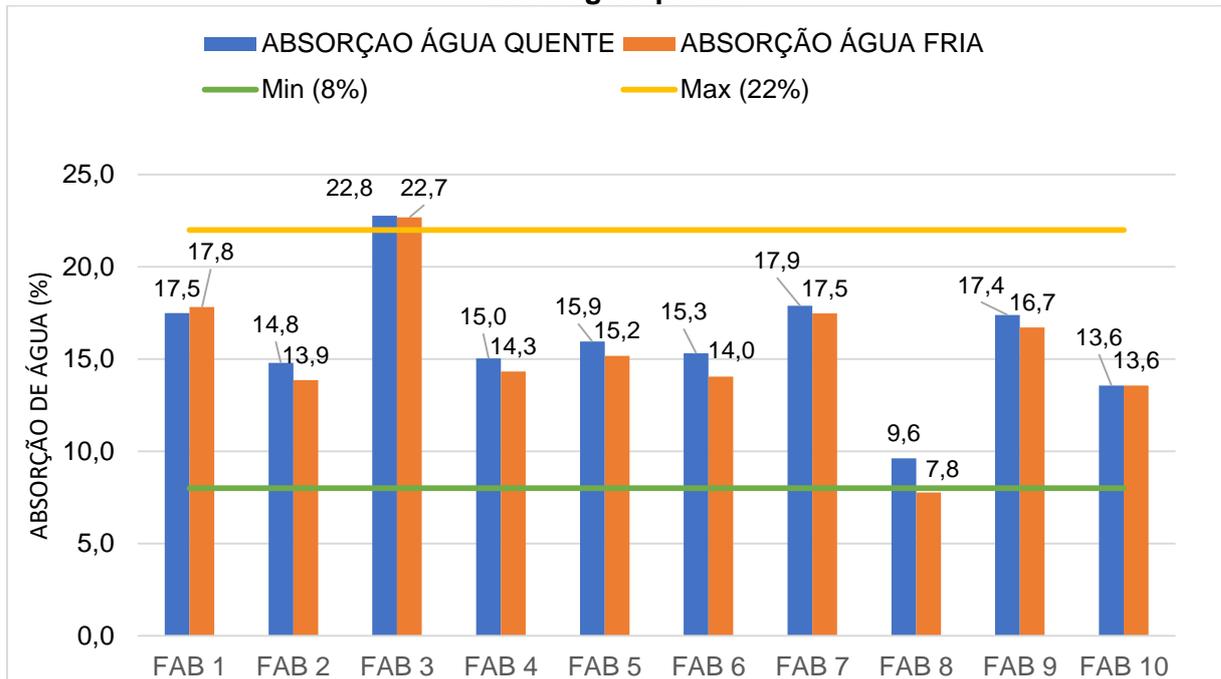
ÁGUA QUENTE (%)				
FABRICANTES	MÉDIA	MÁXIMO	MINIMO	DESV. PAD.
01	17,5	17,9	17,1	0,26
02	14,8	15,0	14,3	0,26
03	22,8	23,0	22,4	0,21
04	15,0	15,4	14,7	0,28
05	15,9	16,5	15,5	0,39
06	15,3	15,7	14,6	0,46
07	17,9	18,2	17,4	0,32
08	9,6	10,6	9,1	0,53
09	17,4	18,7	15,5	1,18
10	13,6	14,0	12,8	0,53

Fonte: Autor

Analisando os blocos quanto ao índice de absorção total é possível observar que todos os fabricantes atenderam a faixa estabelecida de 8% a 22% pela norma brasileira ABNT NBR 15270:2005, exceto os blocos do fabricante 8 que apresentaram resultados abaixo do especificado no ensaio realizado em água fria e do fabricante 3 que apresentaram valores acima de 22%.

Pela Figura 46 também é possível observar que existe pouca diferença entre os ensaios realizados em água quente e em água fria. No geral, os fabricantes apresentaram um comportamento semelhante onde os ensaios realizados em água quente apresentaram maior absorção de água excetuando o fabricante 1 que apresentou maior absorção em água fria e o fabricante 10 que apresentou o mesmo valor de absorção total tanto em água quente como em água fria.

Figura 46- Comparação entre os resultados médios de índice de absorção em água fria e água quente



Fonte: Autor

Tabela 14- Análise Anova

Anova: fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
Absorção em Água Fria	10	153,4195396	15,34195396	14,677753		
Absorção em Água Quente	10	159,8331317	15,98331317	11,471061		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	2,056708179	1	2,056708179	0,157308	0,69631	4,4138734
Dentro dos grupos	235,3393212	18	13,07440673			
Total	237,3960294	19				

Fonte: Autor

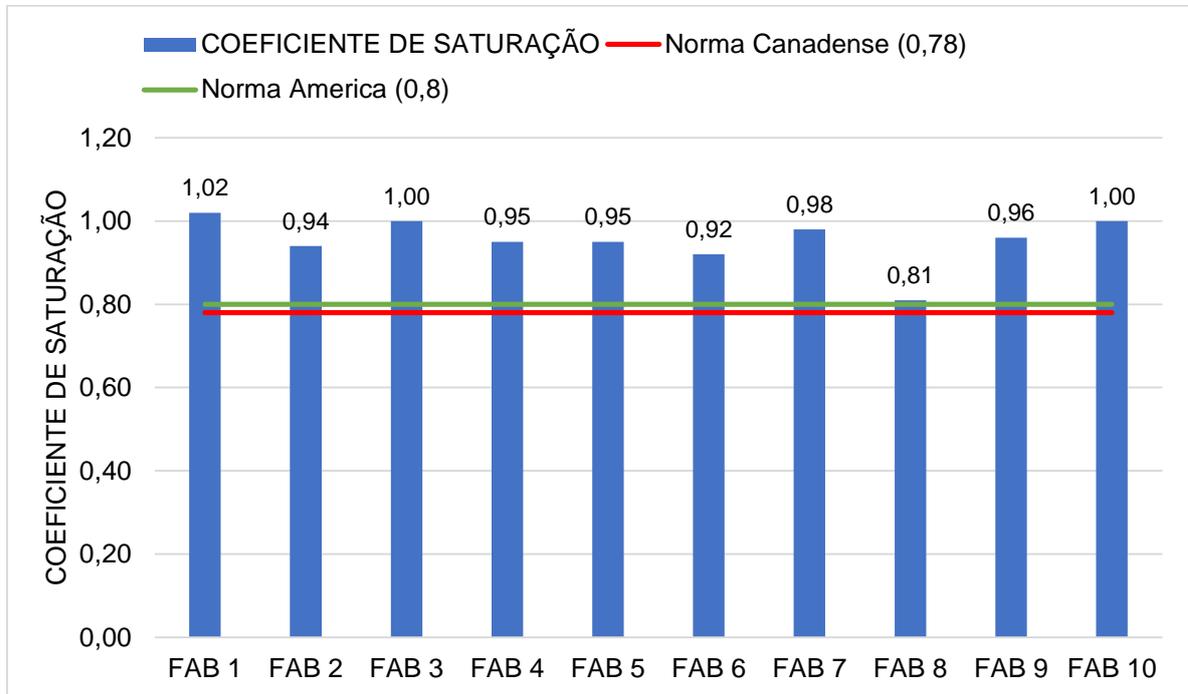
Pela análise Anova apresentada na Tabela 12 é possível observar que os dois ensaios são similares para as amostras consideradas, isto porque o valor F é menor do que F crítico e P é maior que 0,05.

4.3 COEFICIENTE DE SATURAÇÃO

O coeficiente de saturação de cada um dos 10 fabricantes foi calculado através da média do índice de absorção total em água fria pela média do índice de absorção em água

quente. A Figura 47 a seguir contém os resultados encontrados, é possível observar que o fabricante 8 apresentou o menor coeficiente.

Figura 47- Resultados de Coeficiente de Saturação dos blocos



Fonte: Autor

4.4 ABSORÇÃO INICIAL DE ÁGUA

A Tabela 13 a seguir apresenta um resumo para os resultados encontrados no ensaio de absorção inicial. Analisando os valores de desvio padrão é possível observar que os fabricantes 3 e 8 apresentaram menores valores de dispersão.

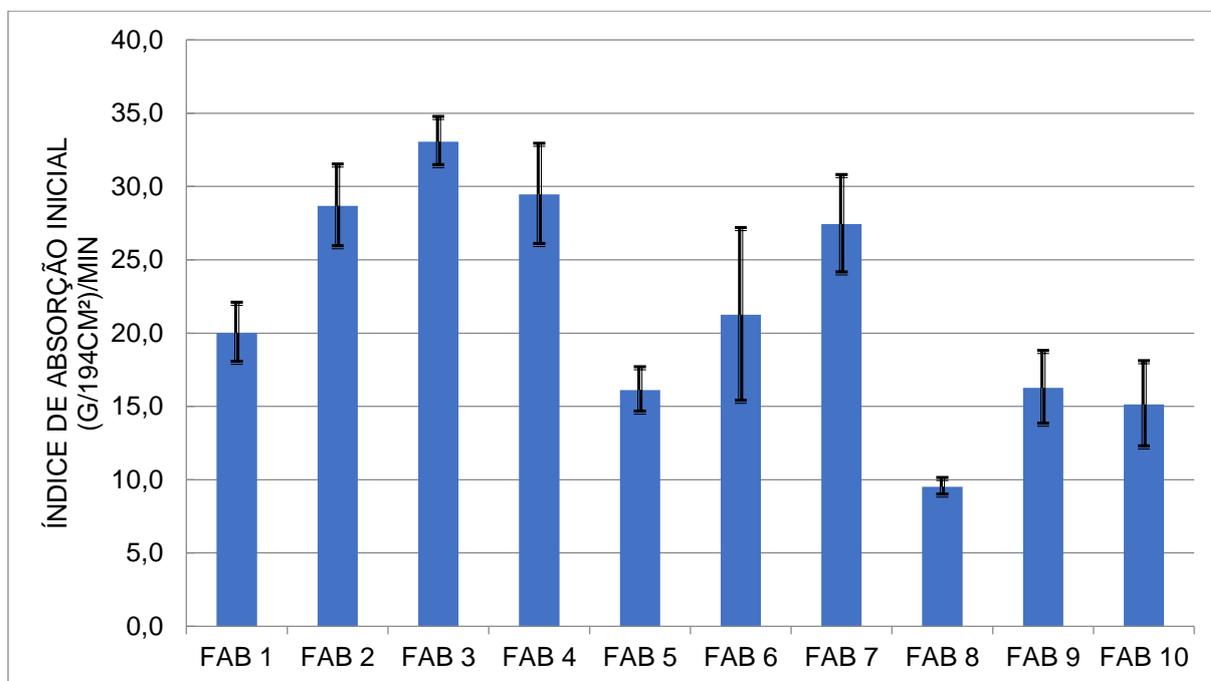
Tabela 15- Resultados do índice de absorção inicial

FABRICANTES	MÉDIA (g/194cm ² /min)	MÁXIMO (g/194cm ² /min)	MINIMO (g/194cm ² /min)	DESV. PAD.
01	20,0	23,2	17,9	2,02
02	28,7	31,7	24,7	2,78
03	33,1	34,2	29,7	1,64
04	29,5	32,9	23,3	3,42
05	16,1	18,5	14,2	1,51
06	21,3	28,7	11,3	5,89
07	27,4	32,3	24,0	3,33
08	9,5	10,0	8,5	0,56
09	16,3	19,9	12,8	2,48
10	15,1	20,8	12,6	2,91

Fonte: Autor

A Figura 48 a seguir apresenta a média dos resultados encontrados para os índices de absorção inicial de cada fabricante. Pelos valores encontrados é possível observar que somente o fabricante 3 que apresenta o valor maior que 30 g/194 cm²/min, isto pode significar que aderência pode ser prejudicada.

Figura 48- Resultados do índice de absorção inicial



Fonte: Autor

4.4.1 ABSORÇÃO TOTAL EM ÁGUA QUENTE E FRIA E ABSORÇÃO INICIAL X EFLORESCÊNCIA

Em relação a estes dois ensaios não foi possível observar nenhuma relação direta entre eles, já que os fabricantes 2, 6 e 10 que manifestaram eflorescência, não foram observados maiores índices de absorção de água total ou absorção de água inicial. Como a eflorescência também depende da presença de sais solúveis nos blocos seria necessário analisar a sua presença em cada fabricante e a partir daí tentar relacionar a eflorescência com os índices de absorção de água.

4.4.2 ABSORÇÃO TOTAL EM ÁGUA QUENTE E FRIA X RESISTÊNCIA À ABRASÃO

Através das Figuras 49 e 50 é possível observar que a relação entre a resistência à abrasão e a absorção em água fervente e água fria é fraca, onde com o aumento da absorção de água há um ligeiro aumento da resistência à abrasão.

Figura 49- Relação entre absorção em água quente e resistência à abrasão

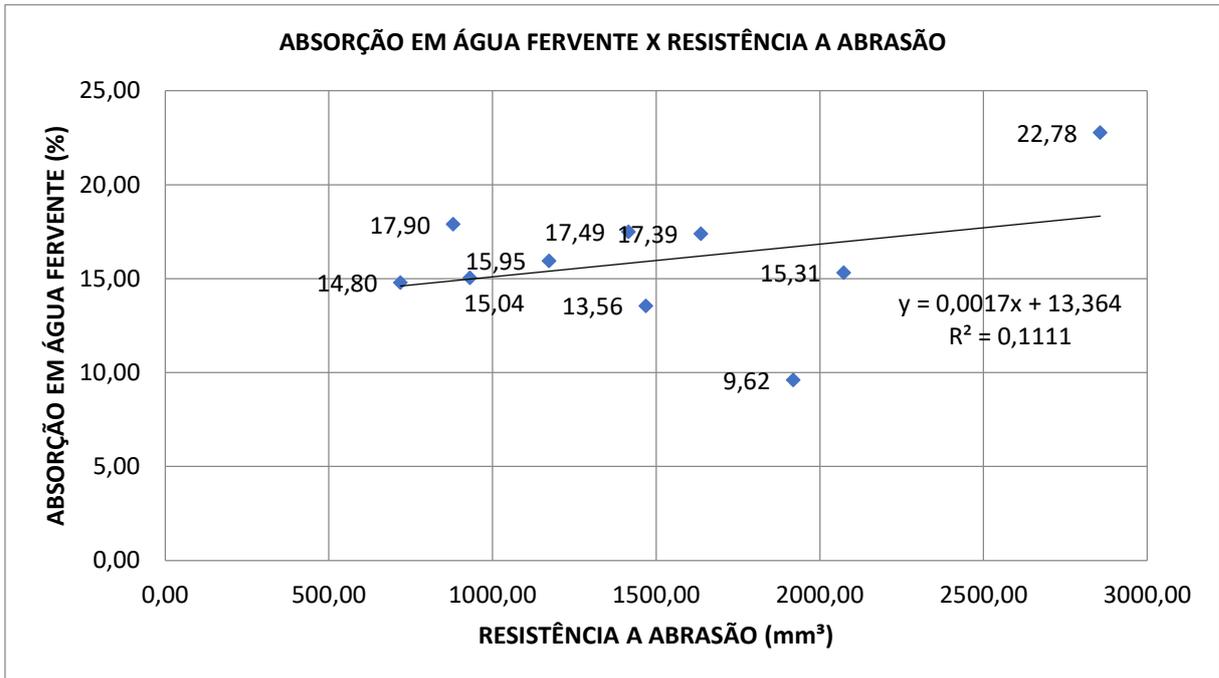
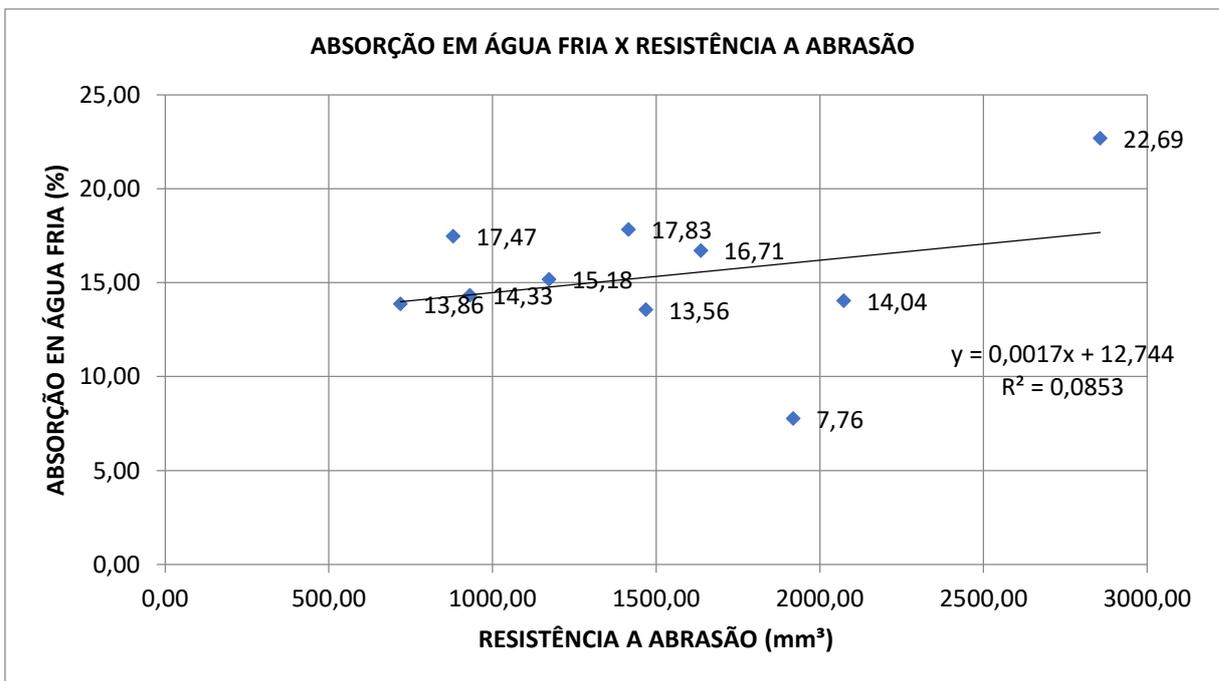


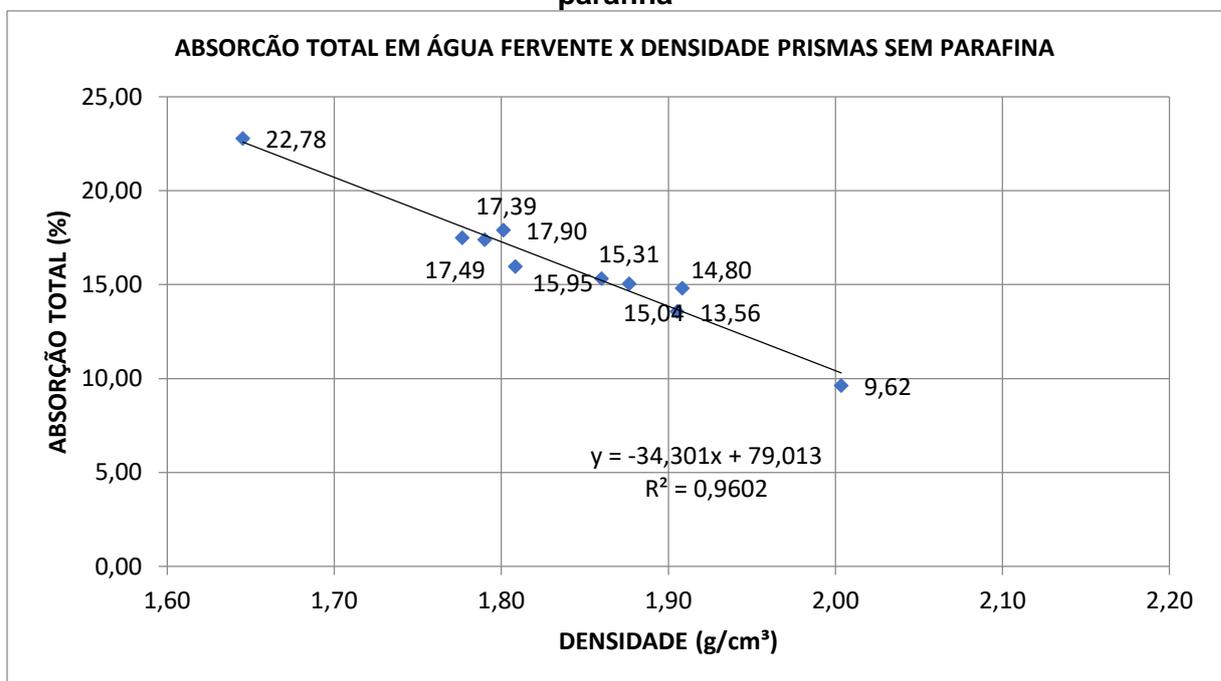
Figura 50- Relação entre absorção em água fria e resistência à abrasão



4.4.3 RESULTADOS DE ABSORÇÃO TOTAL EM ÁGUA QUENTE E FRIA X DENSIDADE PRISMAS EXTRAIDOS DE BLOCOS

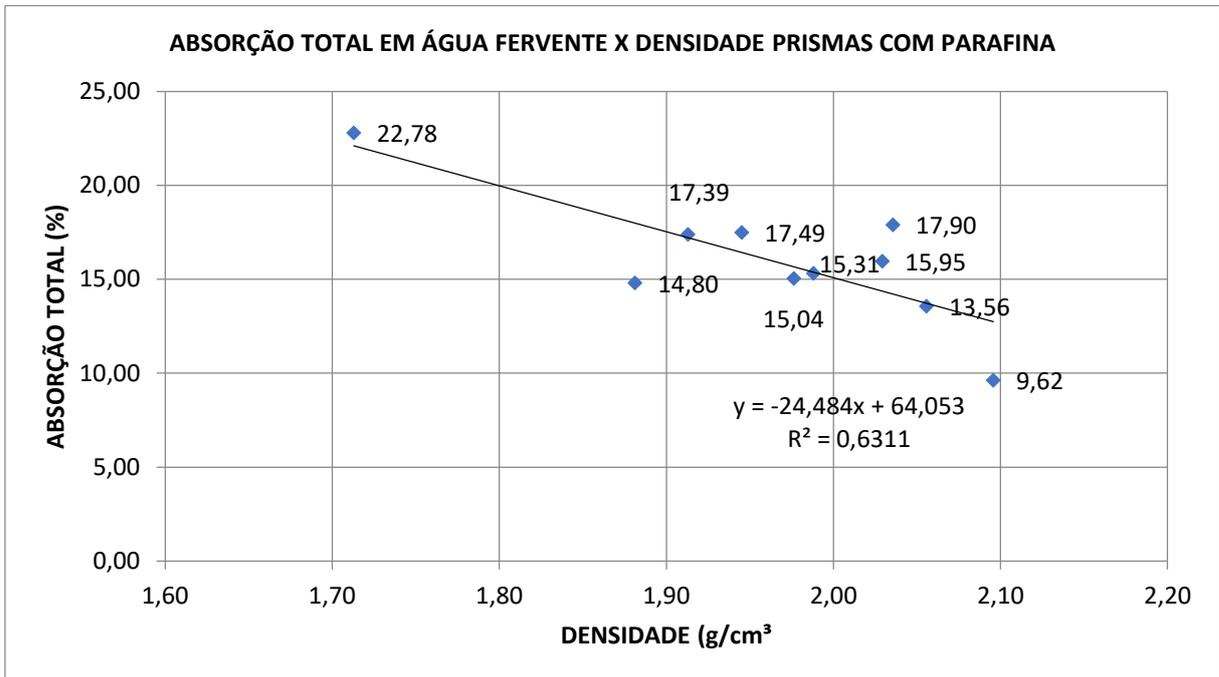
As Figuras 51 e 52 a seguir apresentam a relação entre a densidade e absorção em água quente para prismas sem e com parafina respectivamente. Esta relação inversa é muito mais expressiva entre a absorção em água quente e a densidade sem parafina, onde é possível observar que blocos com maiores absorções de água apresentam menores densidades e blocos com menores densidades apresentaram maiores níveis de absorção.

Figura 51- Relação entre absorção total em água fria e densidade de prismas sem parafina



Fonte: Autor

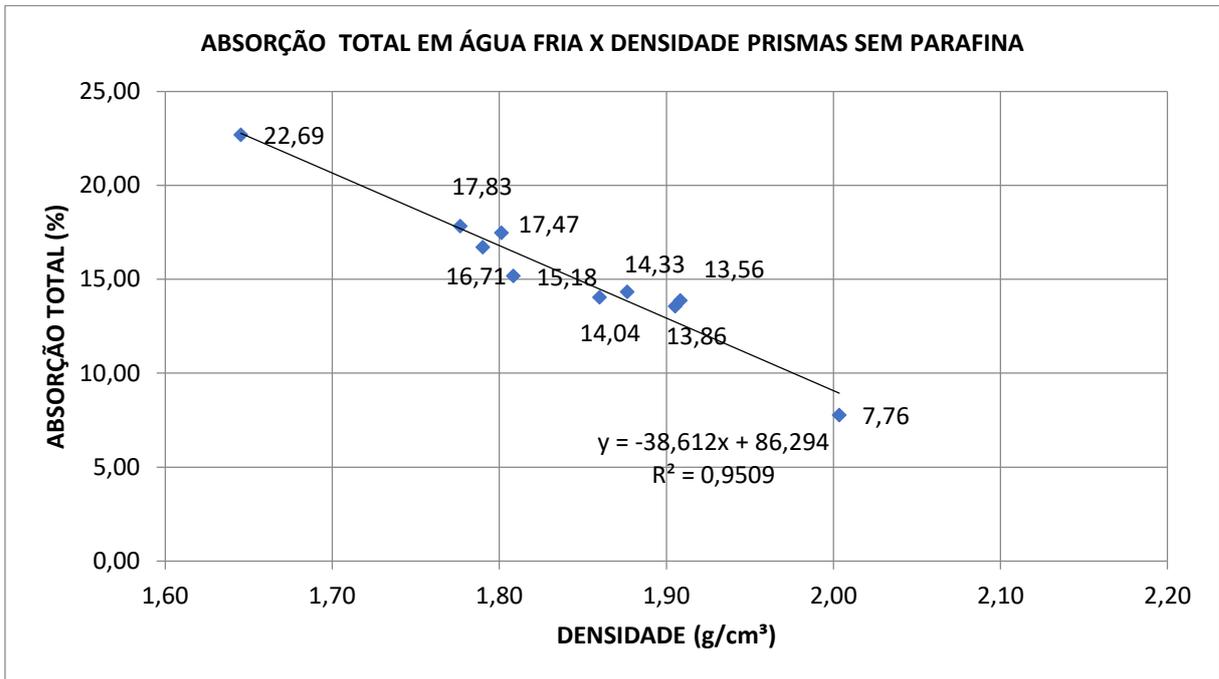
Figura 52- Relação entre absorção total em água quente e densidade de prismas com parafina



Fonte: Autor

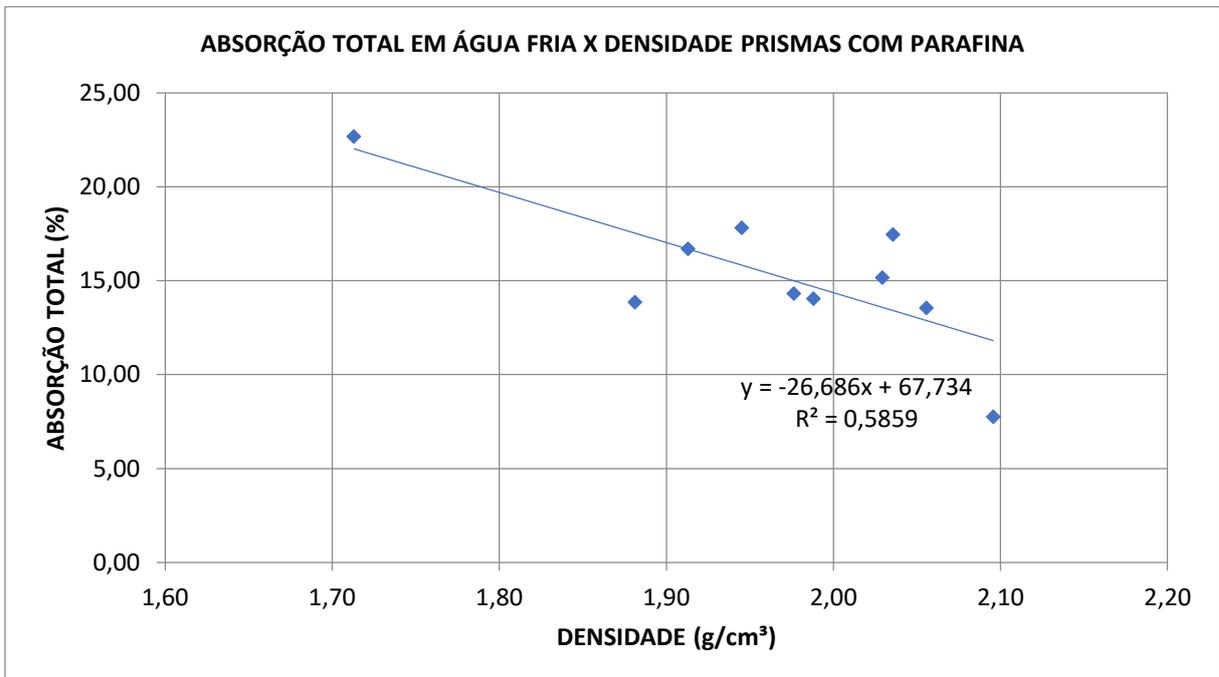
As figuras 53 e 54 apresentam os resultados da relação entre a densidade com e sem parafina e a absorção total em água fria, assim como na relação entre a densidade sem parafina e a absorção em água quente, a relação inversa é muito mais expressiva entre a absorção em água fria e a densidade sem parafina. O mesmo comportamento é apresentado nas duas figuras anteriores, com o aumento da absorção total tanto em água quente como em água fria a densidade diminui.

Figura 53- Relação entre absorção total em água fria e densidade prismas sem parafina



Fonte: Autor

Figura 54- Relação entre absorção total em água fria e densidade prismas com parafina



Fonte: Autor

4.4.4 ABSORÇÃO TOTAL EM ÁGUA QUENTE E FRIA X RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os ensaios de resistência a compressão foram divididos em blocos estruturais e blocos de vedação, pois são blocos com diferentes classes de resistência.

As Figuras 55 e 57 apresentam a relação entre absorção total e a resistência à compressão, para os blocos estruturais esta relação inversa foi significativa. As Figuras 56 e 58 apresentam a relação observada para blocos de vedação, para estes casos foi encontrada uma forte relação inversa. Em todos os casos foi possível observar que blocos com menores níveis de absorção total de água apresentam maiores resistências à compressão.

Figura 55- Relação entre absorção em água quente e resistência à compressão

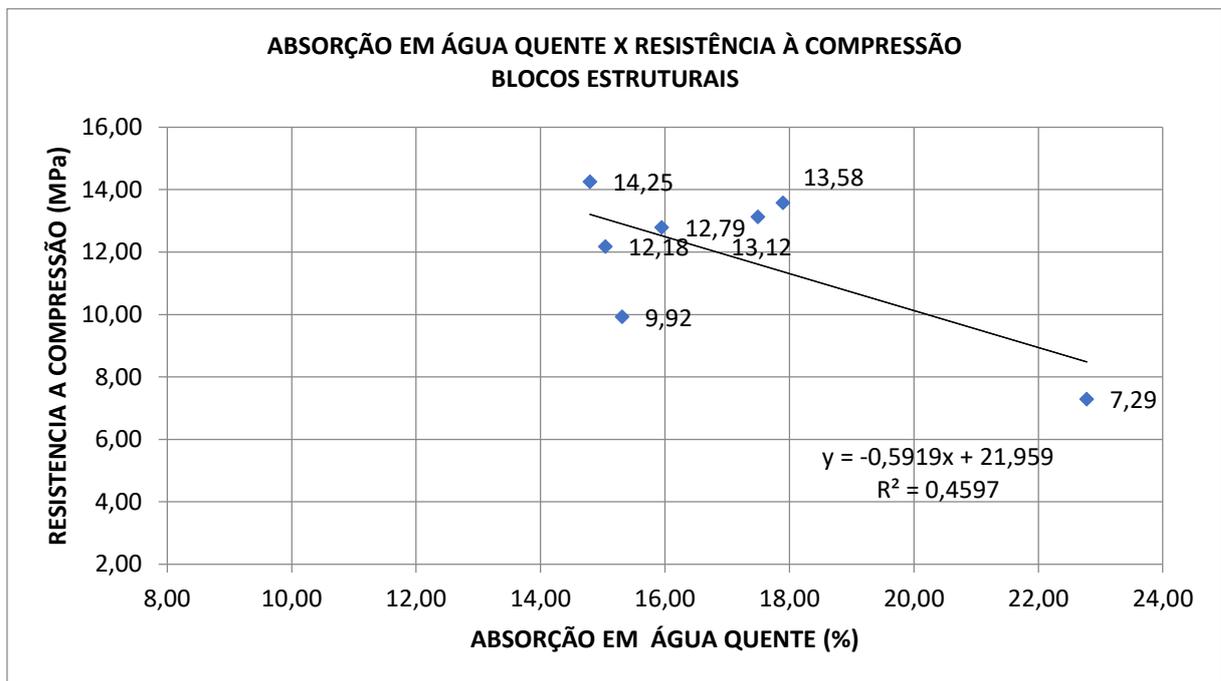
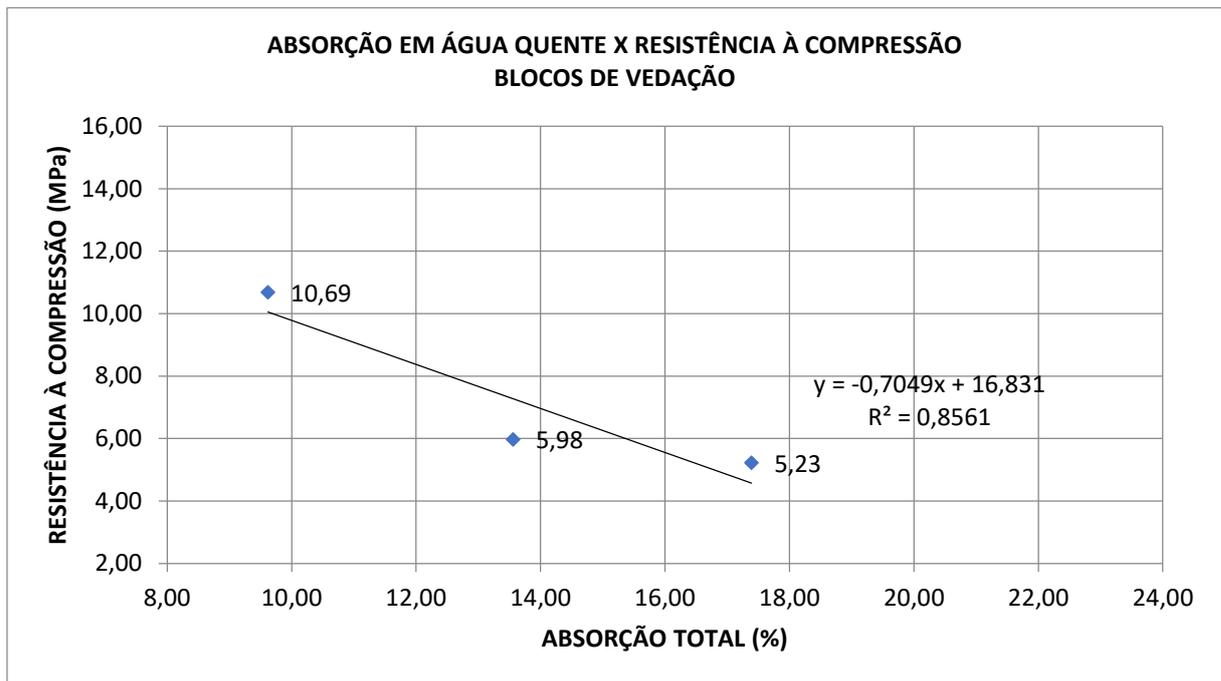
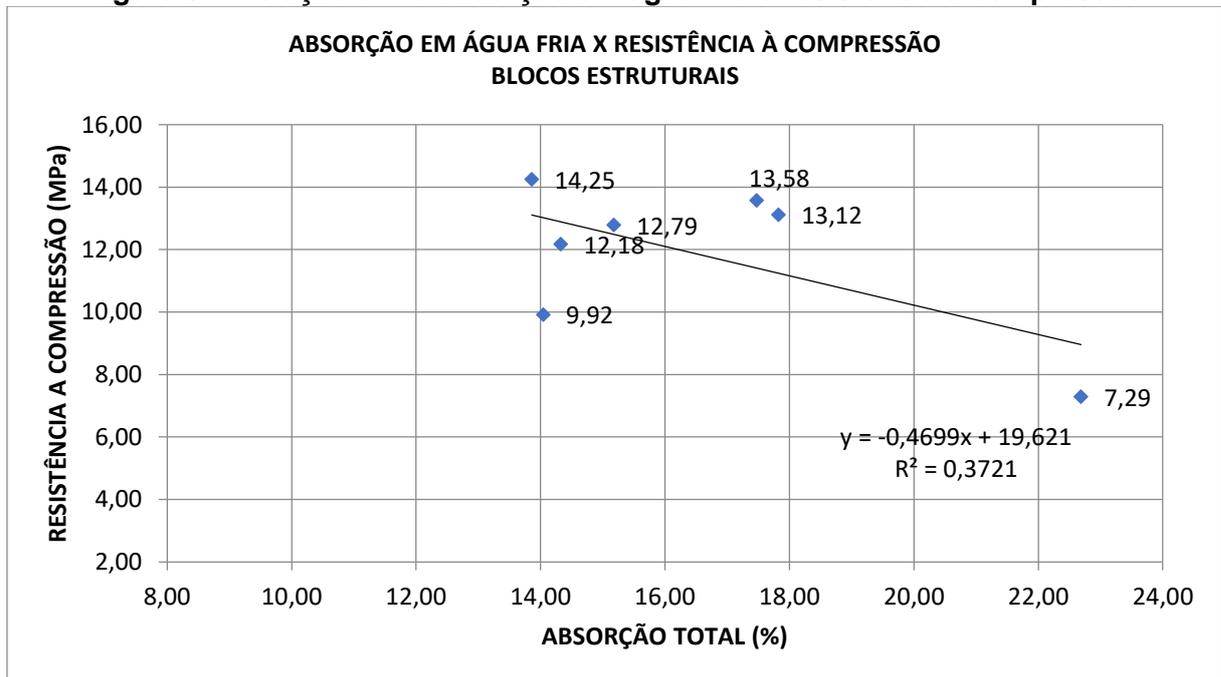


Figura 56- Relação entre absorção em água quente e resistência à compressão



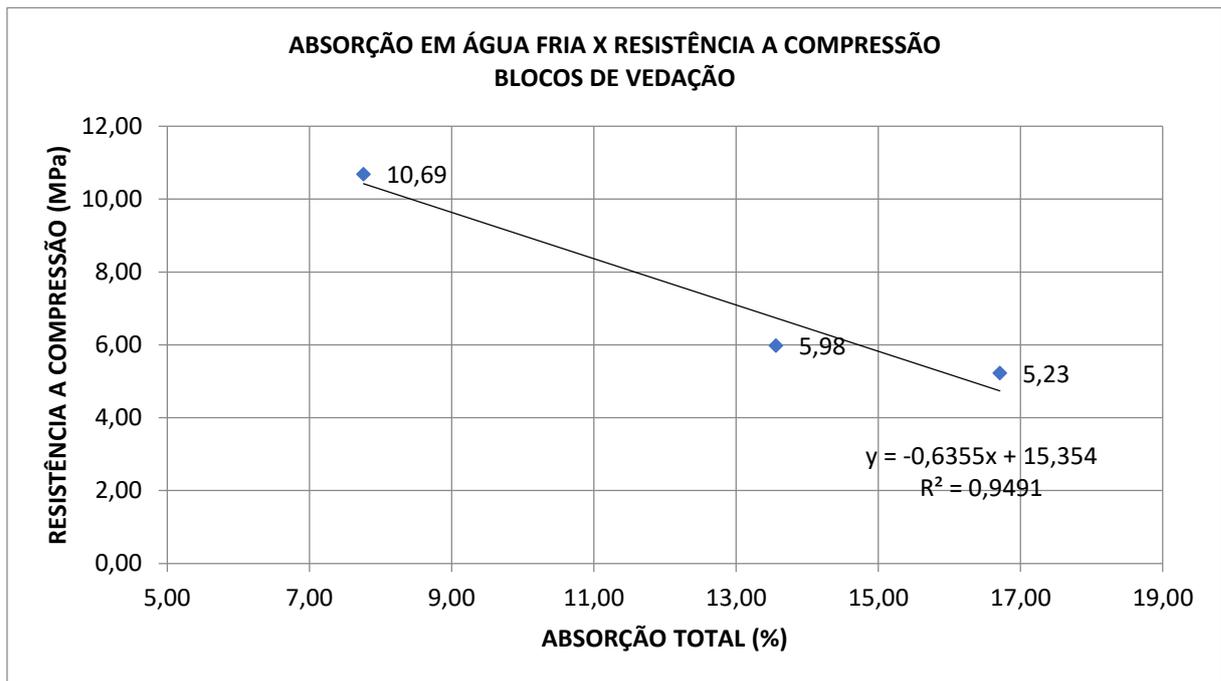
Fonte: Autor

Figura 57- Relação entre absorção em água fria e resistência à compressão



Fonte: Autor

Figura 58- Relação entre a absorção em água fria e resistência à compressão



Fonte: Autor

4.4.5 ABSORÇÃO TOTAL EM ÁGUA QUENTE E FRIA X RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA

As Figuras 59 e 60 apresentam as relações entre a absorção total em água quente e resistência de aderência em blocos com e sem chapisco respectivamente. A relação entre a absorção em água quente e resistência de aderência é significativa no caso onde há aplicação de chapisco e é fraca no caso onde não há aplicação de chapisco. Para o caso de blocos com chapisco a relação apresentada foi de que a resistência de aderência diminui com o aumento de absorção de água. No caso de blocos sem aplicação de chapisco a relação apresentada foi de que a resistência de aderência aumenta com a absorção de água.

Figura 59- Relação entre absorção total água quente e resistência de aderência

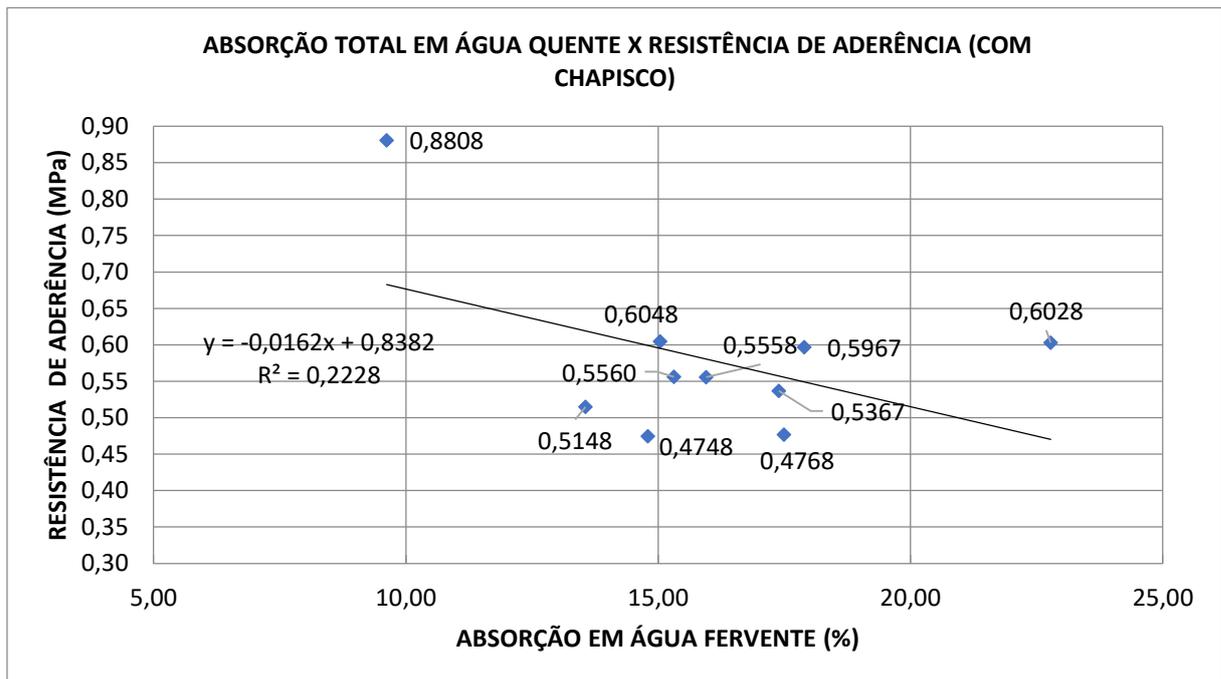
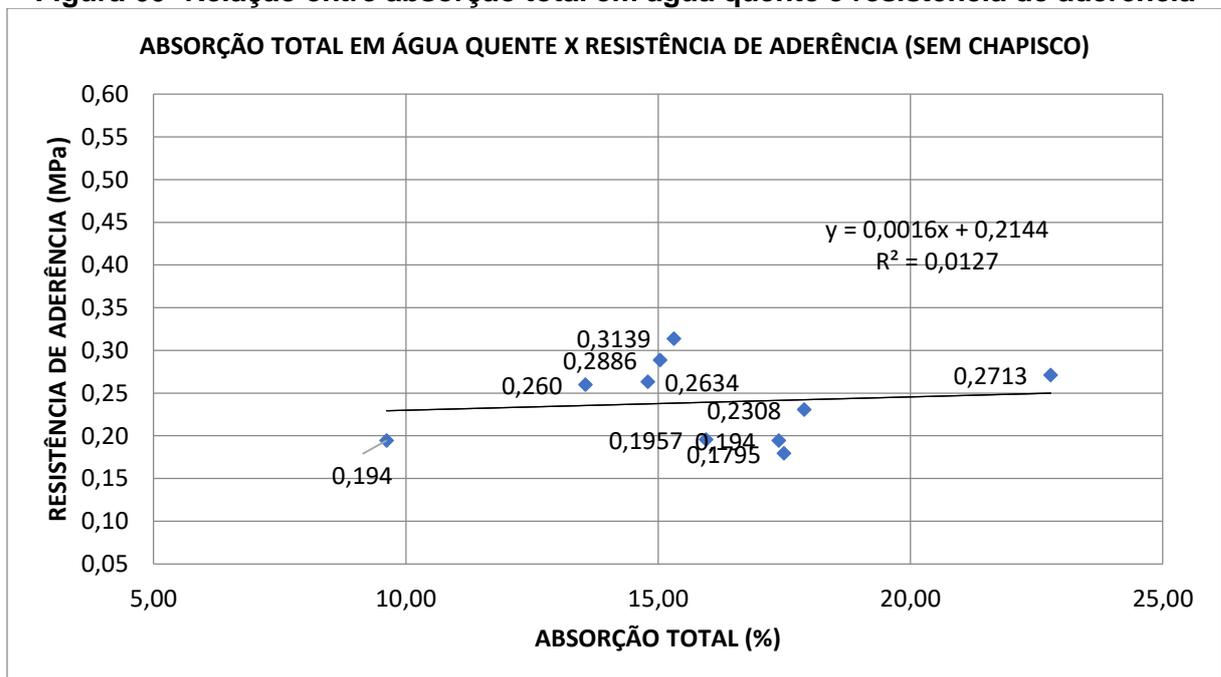


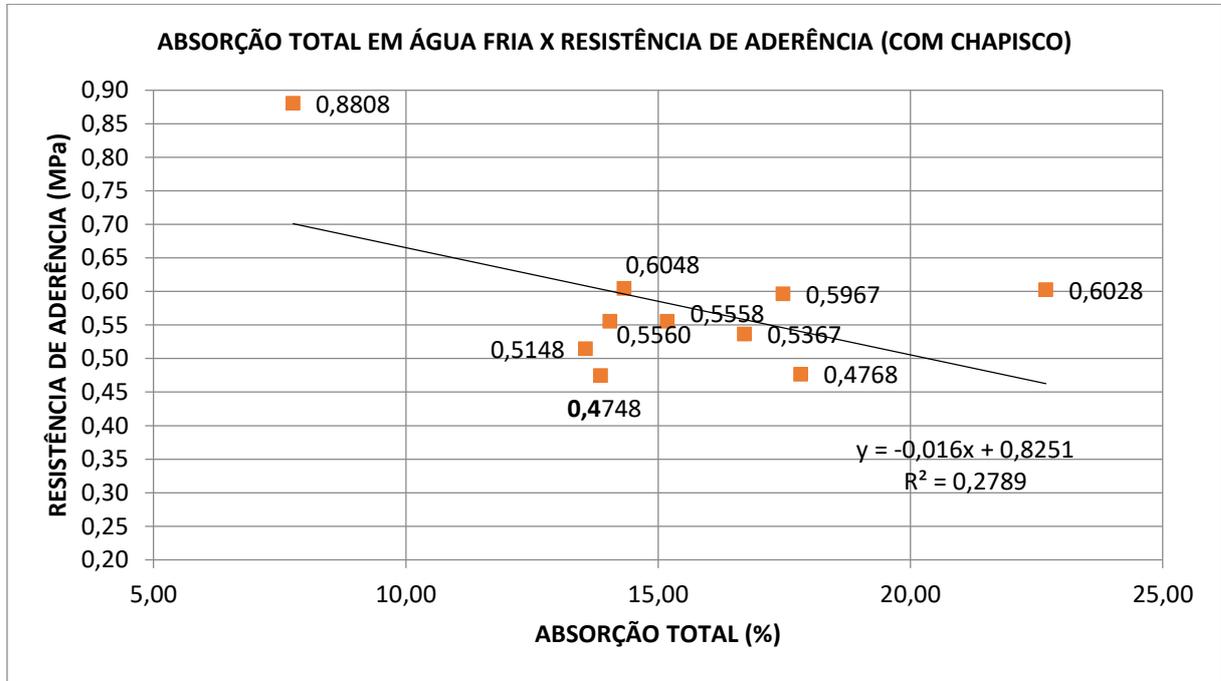
Figura 60- Relação entre absorção total em água quente e resistência de aderência



As Figuras 61 e 62 apresentam as relações entre a absorção total em água fria e resistência de aderência em blocos com e sem chapisco respectivamente. Assim como a relação entre a absorção total em água quente com a resistência de aderência com e sem chapisco, foi encontrada uma relação significativa entre a absorção em água fria e resistência de aderência com chapisco, enquanto que a relação é fraca para os casos sem chapisco. Para o caso de blocos com chapisco a relação apresentada foi de que a resistência de

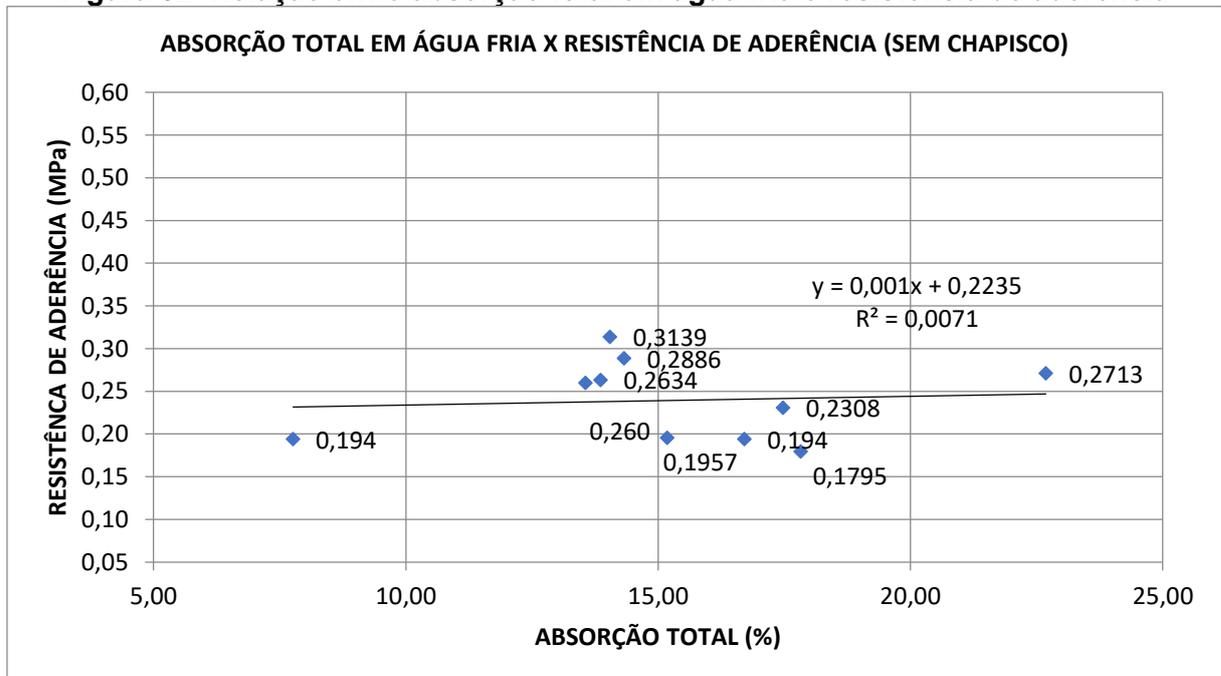
aderência diminui com o aumento de absorção de água fria. No caso de blocos sem aplicação de chapisco a relação apresentada foi de que a resistência de aderência aumenta com a absorção de água.

Figura 61- Relação entre absorção total em água fria e resistência de aderência



Fonte: Autor

Figura 62- Relação entre absorção total em água fria e resistência de aderência

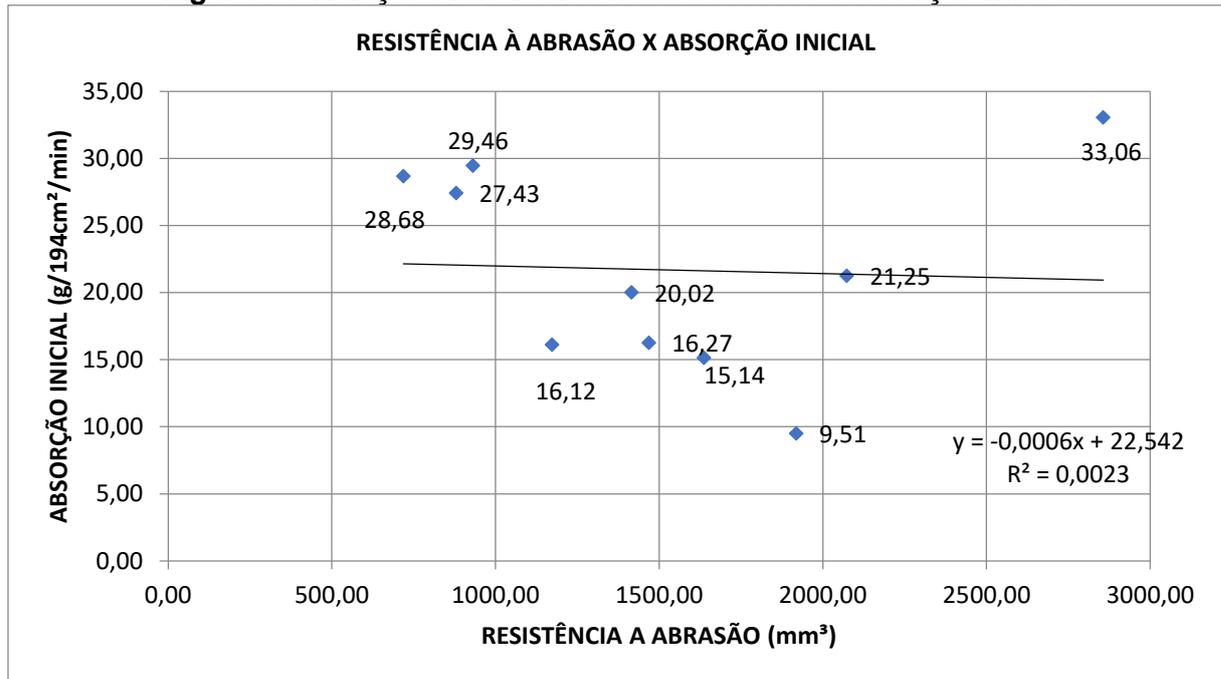


Fonte: Autor

4.4.6 ABSORÇÃO INICIAL X RESISTÊNCIA À ABRASÃO

A Figura 63 a seguir apresenta a relação entre a resistência à abrasão e absorção inicial, foi possível observar que não foi verificada nenhuma relação entre estes dois parâmetros. A tendência observada foi de que a resistência a abrasão diminui com a diminuição da absorção inicial.

Figura 63- Relação entre resistência a abrasão e absorção inicial

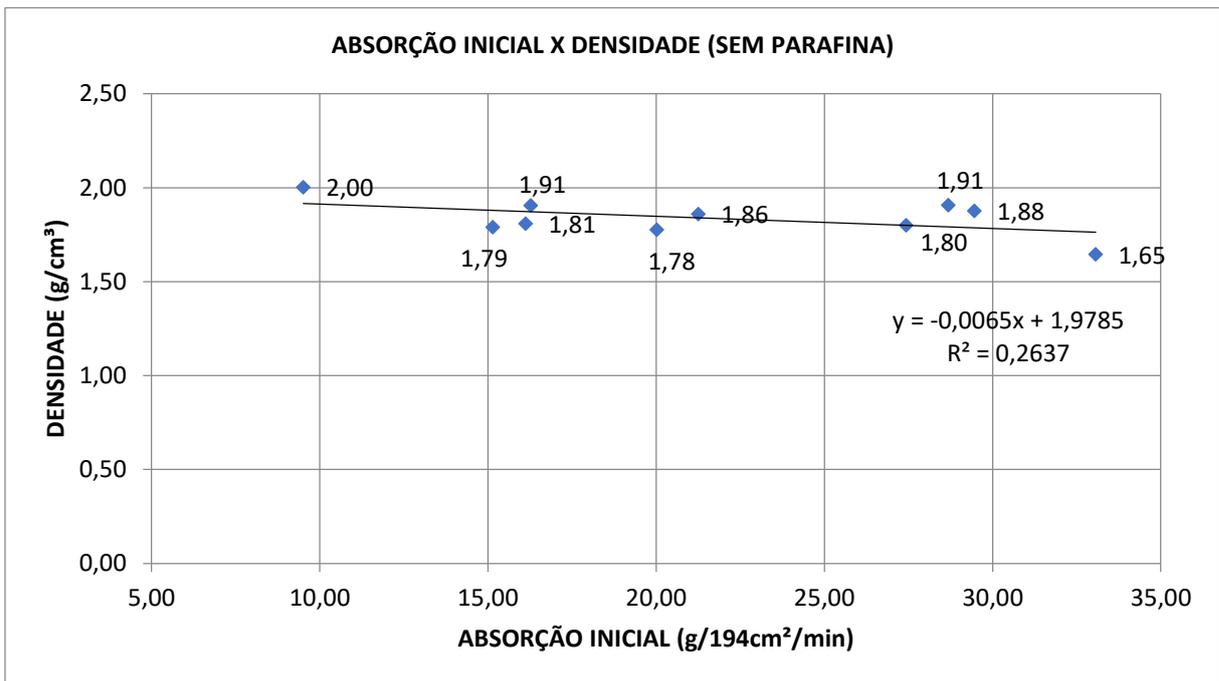


Fonte: Autor

4.4.7 ABSORÇÃO INICIAL X DENSIDADE

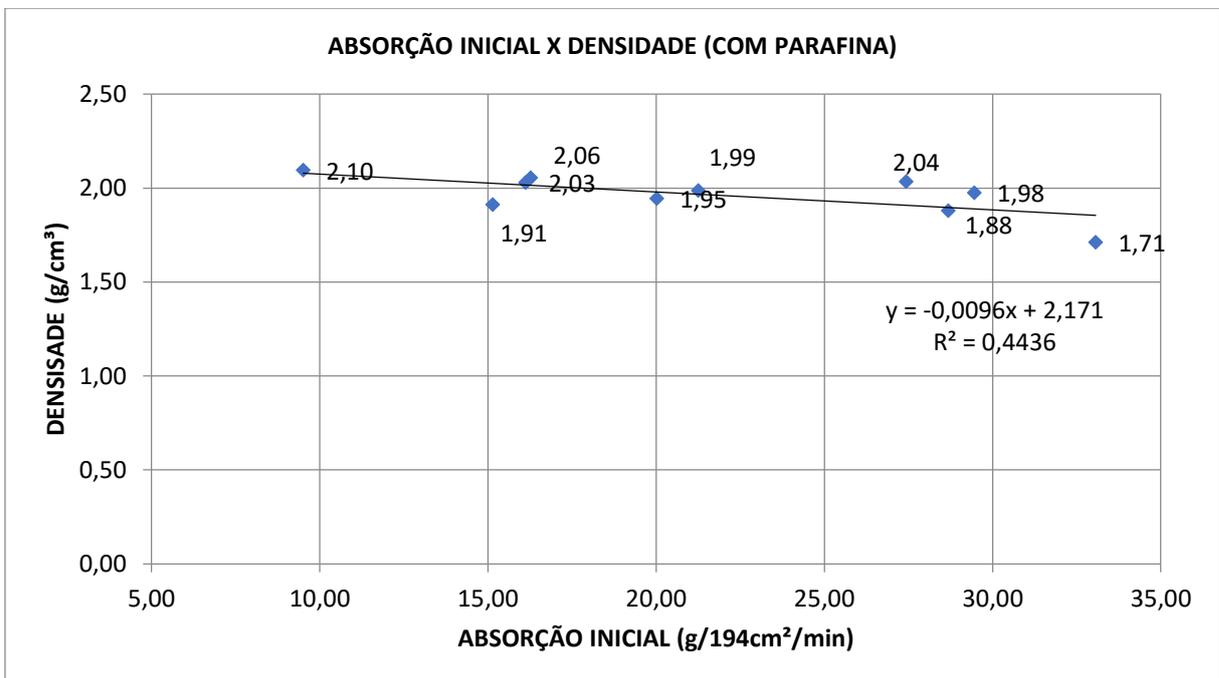
A Figura 64 a seguir apresenta a relação entre a absorção inicial e a densidade sem parafina, é possível observar que com o aumento da absorção inicial a tendência é da densidade diminuir. Analisando a Figura 64 referente à relação entre a absorção inicial e a densidade com parafina observa-se o mesmo comportamento observado na Figura 64. As relações apresentadas nas figuras 64 e 65 são significativas.

Figura 64- Relação entre absorção inicial e densidade



Fonte: Autor

Figura 65- Relação entre absorção inicial (com parafina)



Fonte: Autor

4.4.8 ABSORÇÃO INICIAL X RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

As Figuras 66 e 67 apresentam a relação entre a resistência a compressão e a absorção inicial. A relação entre estes parâmetros tanto para os blocos estruturais como para os blocos de vedação é direta, com tendência de que blocos com maiores resistências a compressão apresentem menores níveis de absorção inicial. Para blocos estruturais essa relação é ligeiramente baixa, enquanto que para blocos de vedação essa relação é muito expressiva.

Figura 66- Relação entre resistência a compressão e absorção de água inicial (blocos estruturais)

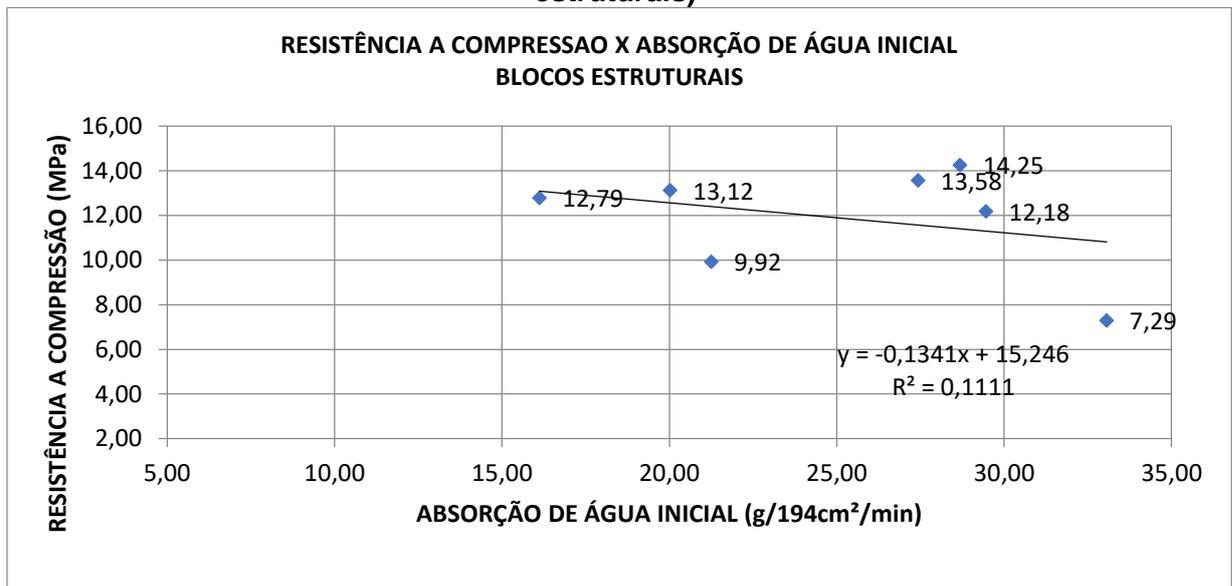
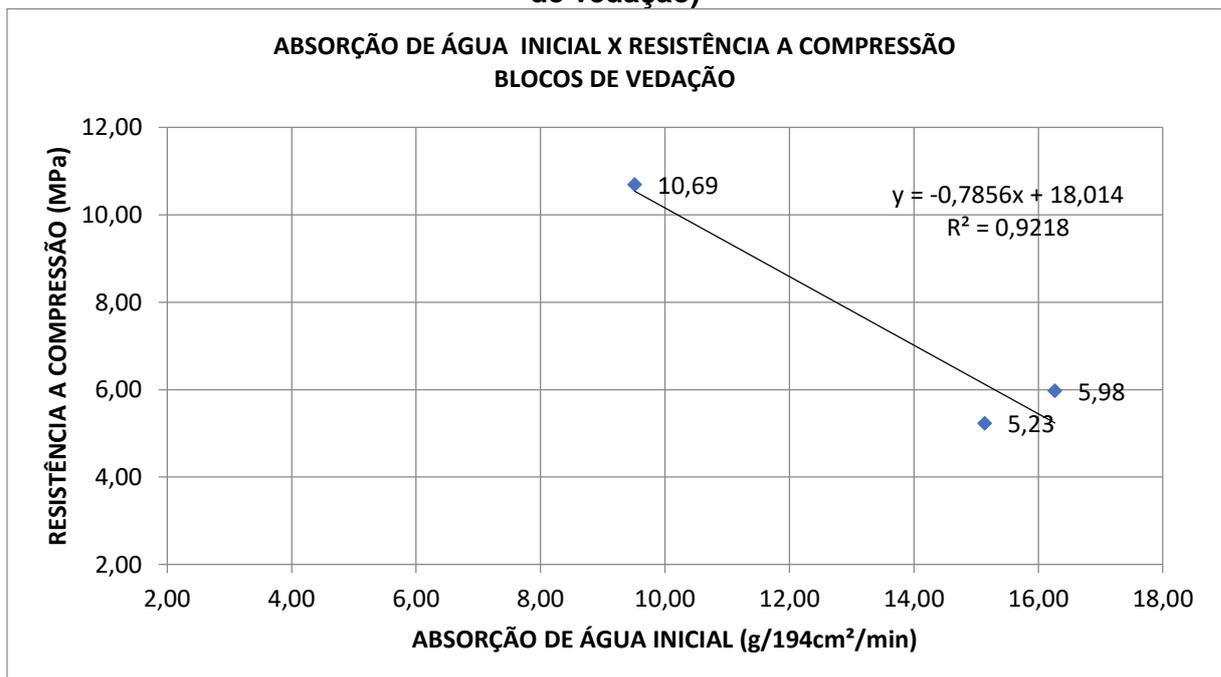


Figura 67- Relação entre absorção de água inicial e resistência à compressão (blocos de vedação)



Fonte: Autor

4.4.9 ABSORÇÃO INICIAL X RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA

As Figuras 68 e 69 apresentam a relação entre a resistência de aderência e a absorção inicial, pelos resultados encontrados é possível observar que há uma fraca relação entre absorção inicial e resistência de aderência com chapisco, e uma relação significativa entre a absorção de água inicial e resistência de aderência sem chapisco. A tendência observada foi de que a resistência de aderência diminui com o aumento da absorção inicial nos casos onde houve aplicação de chapisco nos blocos e para casos onde não houve aplicação de chapisco a relação apresentada foi contrária.

Figura 68- Relação entre absorção de água inicial e resistência de aderência (com chapisco)

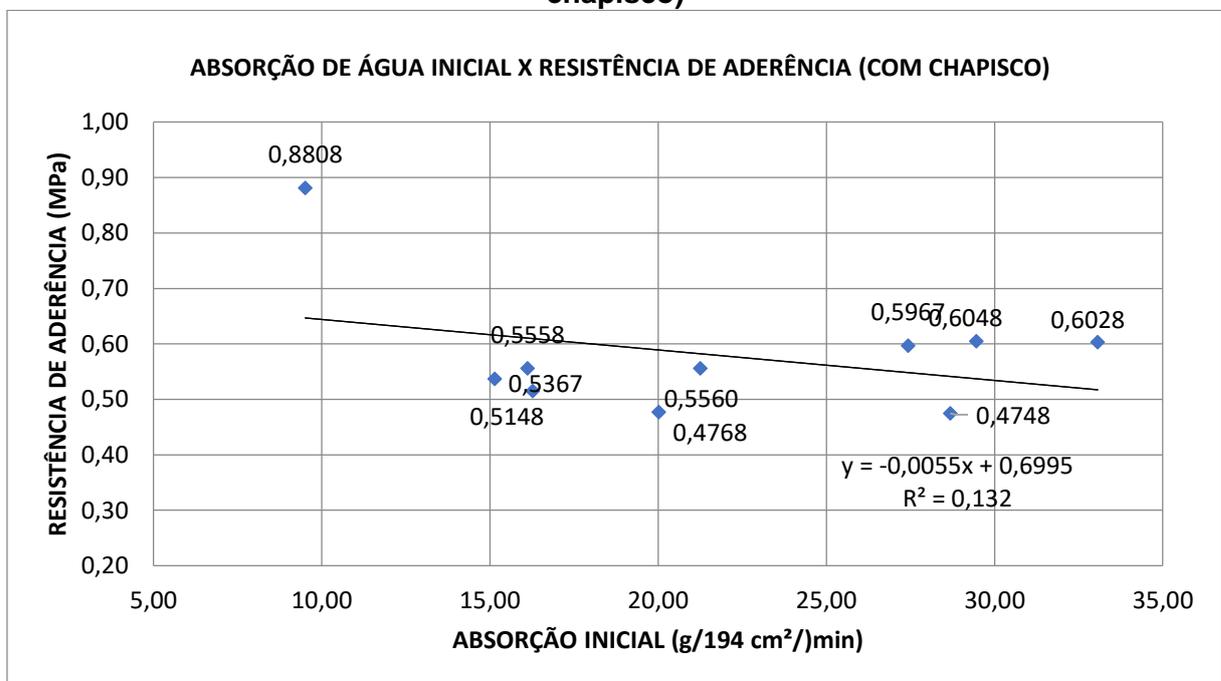
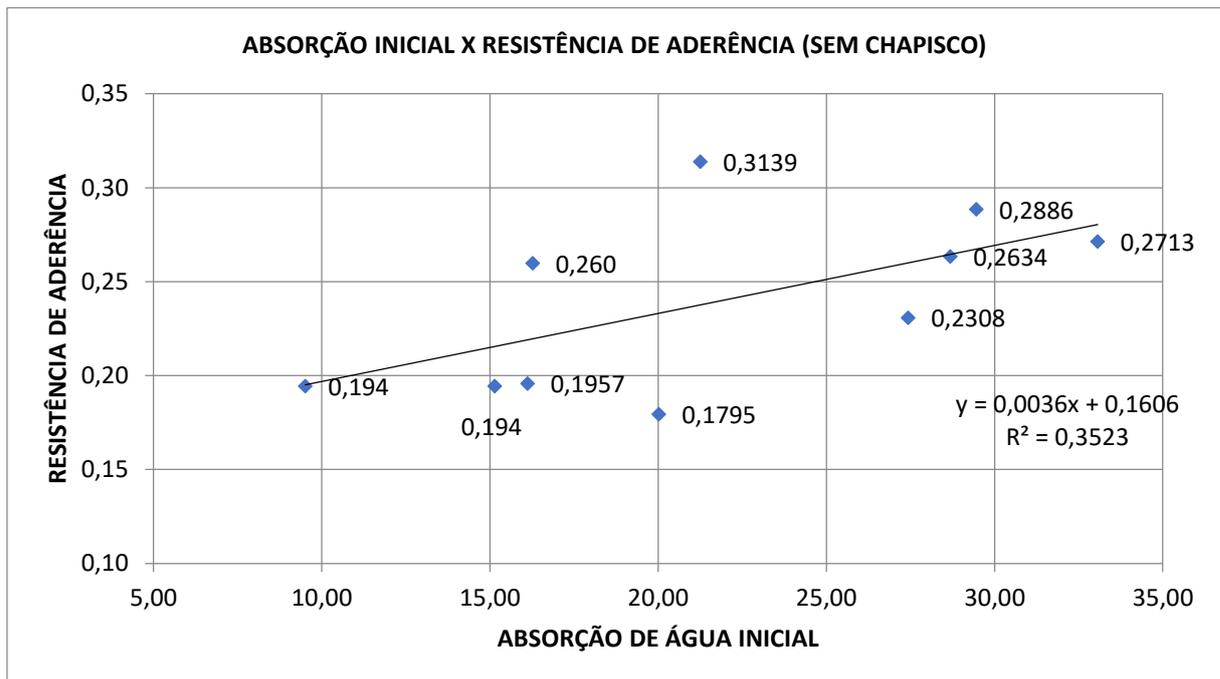


Figura 69- Relação entre absorção inicial e resistência de aderência (sem chapisco)



Fonte: Autor

4.5 ANÁLISE DOS DADOS DE ABSORÇÃO TOTAL EM ÁGUA QUENTE E FRIA E ABSORÇÃO INICIAL

Pelos resultados apresentados no capítulo anterior é possível observar que os ensaios de absorção total tanto em água quente como em água fria não apresentaram diferenças significativas de resultados.

Embora isso corrobora com a ideia apresentada da norma brasileira ABNT NBR 15270 de que o ensaio realizado em água quente é um ensaio acelerado de absorção. Entretanto, como mencionado no capítulo 2, esses ensaios são considerados pela literatura estrangeira como dois ensaios diferentes, sendo que o ensaio realizado em água fervente permite a penetração mais eficaz de água nos poros do bloco, até em poros mais estreitos, pois a água quente provoca expansão dos poros. Os dois métodos foram comparados por Safiuddin el al. (2011), para o material concreto, e o autor conclui que esses são diferentes. Para o caso da similaridade de resultados entre o ensaio de absorção em água quente e fria encontrados nesta pesquisa pode ser que a microestrutura dos blocos tenham influenciado no resultado.

Esta pode ser uma característica dos blocos cerâmicos brasileiros. Dentro dos conceitos apresentados por Safiuddin el al. (2011) pode ser que os blocos brasileiros não apresentem uma quantidade significativa de poros estreitos que dificultam a penetração da água fria. Neste caso seria necessário uma análise mais profunda da microestrutura do material

dos blocos para entender a distribuição de poros e o comportamento do material quando este é colocado em água quente e fria.

O coeficiente de saturação analisado, que é considerado pelas normas internacionais como um indicativo de durabilidade de blocos cerâmicos, apresentaram resultados altos quando comparados com os máximos admitidos pela norma americana ASTM (0,80) e a norma canadense CSA (0,78). A maioria dos fabricantes apresentaram coeficientes maiores que 0,90, somente o fabricante 8 que apresentou um coeficiente de 0,81 que está próximo do coeficiente máximo indicado pela norma americana ASTM (0,80). Isto pode significar que os blocos brasileiros testados apresentam menor resistência quando colocados em situações onde os poros sofrem expansões dos seus poros seguidas de acomodações das deformações sofridas, caso de regiões sujeitas a ciclo de congelamento e descongelamento (regiões muito frias). Esse ponto pode ser importante em algumas poucas regiões no sul do Brasil. Neste caso também é recomendado uma análise mais profunda da microestrutura dos blocos e entender o seu comportamento quando colocados em situações como a descrita acima.

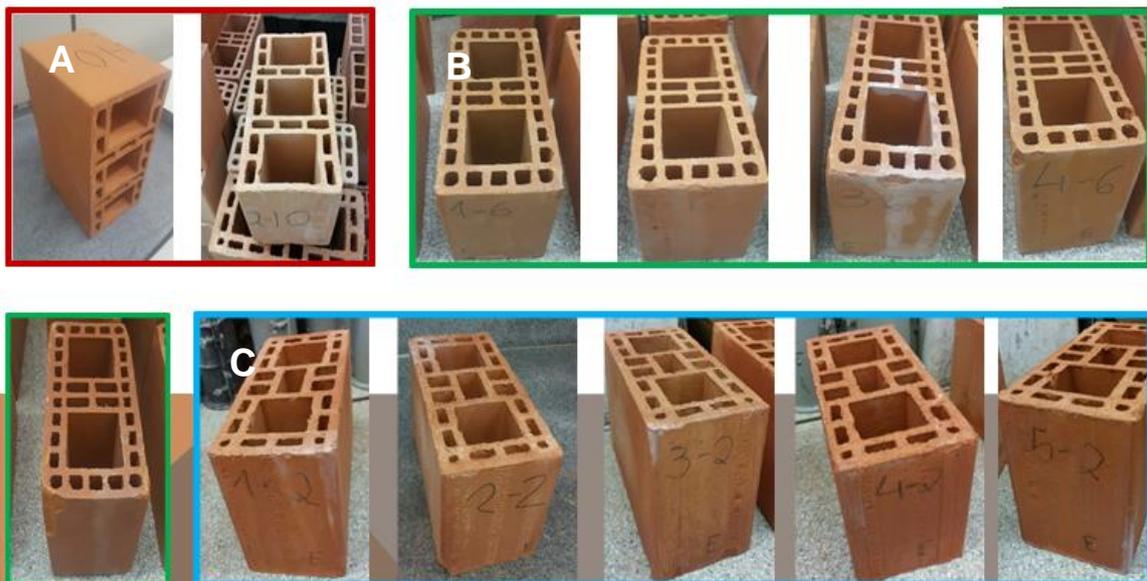
Em relação aos resultados de índice absorção inicial foi observado que somente o fabricante 3 apresenta um valor de absorção maior que 30 g/194 cm², para este caso a norma ABNT NBR 15270 indica que o bloco seja umedecido, pois isto melhoraria a aderência da argamassa do bloco. É interessante apontar que todos os fabricantes de blocos de vedação apresentaram valores de absorção inicial abaixo de 20 g/194 cm², e apenas o fabricante 5 de blocos estruturais apresentou uma absorção abaixo desse valor.

4.6 EFLORESCÊNCIA

4.6.1 DE ACORDO COM ASTM C67

Quanto aos ensaios realizados segundo a norma americana ASTM C67 alguns blocos apresentaram desenvolvimento de eflorescência aparente, três fabricantes demonstraram possuir um potencial de eflorescência. Os fabricantes 6 e 2 manifestaram eflorescência em todos os corpos de prova e, no fabricante 10, somente dois apresentaram eflorescência aparente. No final deste ensaio também foram realizados registros fotográficos para demonstrar os resultados, a seguir na Figura 70A, 70B e 70C são representados os resultados dos fabricantes onde houve manifestação de eflorescência.

Figura 70- A) Resultados do fabricante 10 B) Resultados do fabricante 6 C) Resultados do fabricante 2

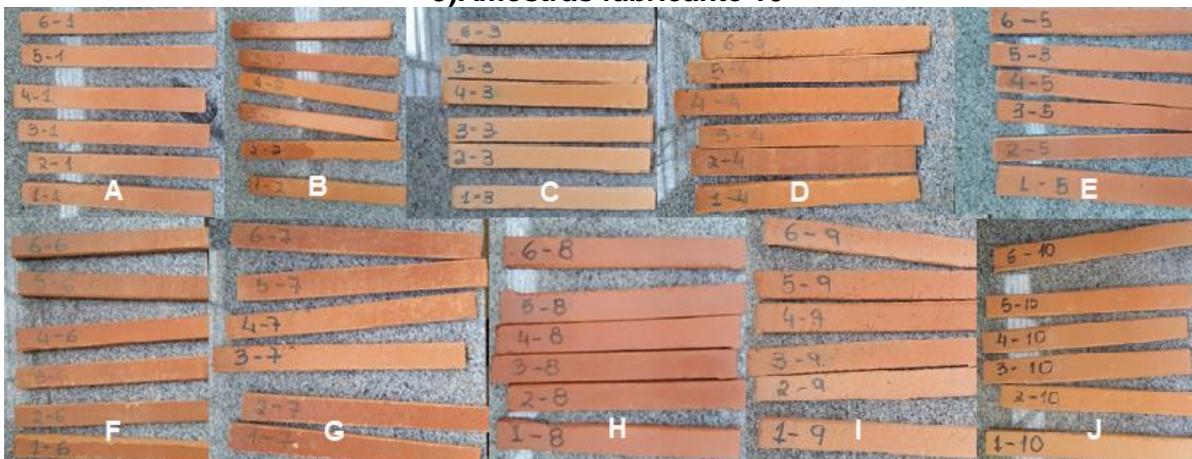


Fonte: Autor

4.6.2 DE ACORDO COM FRANCO (2012)

Nas amostras do ensaio de Franco (2012) não foi possível observar manifestação de eflorescência em nenhum dos fabricantes. Para demonstrar esses resultados foram feitos registros fotográficos das amostras no final do ensaio. A Figura 71 a seguir mostra os resultados encontrados.

**Figura 71- A) Amostras fabricante 1 B) Amostras fabricante 2 C) Amostras fabricante 3
D) Amostras fabricante 4 E) Amostras fabricante 5 F) Amostras fabricante 6
G) Amostras fabricante 7 H) Amostras fabricante 8 I) Amostras fabricante 9
J) Amostras fabricante 10**



Fonte: Autor

4.7 ANÁLISE EFLORESCÊNCIA

Quanto a eflorescência foi possível observar que o ensaio da norma americana ASTM C67 além de apresentar resultados mais visíveis, a sua metodologia é mais fácil de realizar. O ensaio apresentado por Franco (2012), que pretende ser um ensaio mais rápido que avalia o potencial de eflorescência de blocos cerâmicos, não permitiu observar potencial de eflorescência em algumas amostras e a sua metodologia apresenta mais etapas para execução do ensaio que acabam por tornar o ensaio menos prático na hora da sua preparação. Enquanto a metodologia da norma americana ASTM C67 apresenta uma preparação mais simples onde é necessário somente a limpeza do bloco e a sua colocação em estufa, a metodologia de Franco (2012) demanda que sejam extraídos prismas de diferentes blocos seguida da sua limpeza. O processo de extração dos prismas dos blocos e a sua limpeza demandou mais tempo quando comparado com o processo de limpeza dos blocos inteiros. Além disso, é importante mencionar que para a preparação dos corpos de prova na realização do corte é necessário que este seja realizado por uma ferramenta adequada e por uma mão de obra especializada. Na fase de preparação para o início do ensaio pela norma americana ASTM C67 foi necessário somente um recipiente com água a profundidade de 2,54 cm e colocação dos corpos no recipiente. O ensaio de Franco (2012) requer que as amostras sejam colocadas em copos com água cobertos por uma membrana elástica. Analisando estes processos e durante a sua execução foi possível observar que a preparação para o ensaio de Franco (2012) apresenta processos mais morosos.

Quanto aos resultados foi possível observar que os fabricantes 2, 6 e 10 apresentaram manifestação de potencial de eflorescência no final do ensaio da ASTM C67. No ensaio de eflorescência de Franco (2012) não houve manifestação de eflorescência em nenhum dos fabricantes.

No final do ensaio entende-se ser necessário entender o porquê a diferença de resultados nos ensaios, analisando os processos executados as diferenças observadas foram a quantidade de corpos de prova, a duração do ensaio, os corpos de prova e o ambiente onde foram realizados os ensaios. No ensaio da norma americana são colocados em água, 5 blocos inteiros numa câmara com temperatura e umidade controladas por 7 dias, no ensaio de Franco (2012) são colocados prismas de 2 cm de largura, 2 cm de espessura por 20 cm de comprimento em copos com água por 5 dias e recomenda-se que estes sejam colocados num local arejado. Através destas diferenças entre os dois ensaios seria necessário realizar um estudo mais aprofundado para entender porquê o ensaio da norma americana ASTM C67 apresenta resultados mais eficazes. Um ponto a ser avaliado deve ser o posicionamento das amostras na água, pois através do estudo de Chin *et al.* (2010), pode-se observar que a forma como os corpos de prova foram dispostos nos recipientes com água influenciou nos seus resultados.

Também não foi possível observar nenhuma relação direta entre os ensaios de eflorescência, absorção de água inicial e absorção de água total, já que os fabricantes 2, 6 e 10 que manifestaram eflorescência, não foram observados maiores índices de absorção de água total ou absorção de água inicial. Como a eflorescência também depende da presença de sais solúveis nos blocos seria necessário analisar a sua presença em cada fabricante e a partir daí tentar relacionar a eflorescência com os índices de absorção.

4.8 RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À ABRASÃO

A Tabela 14 apresenta um resumo dos resultados para o ensaio de resistência a abrasão profunda com os valores de comprimento das cavidades formadas e com o volume de material perdido durante o ensaio. O fabricante 4 foi o que apresentou menor dispersão de valores.

Tabela 16- Resultados resistência à abrasão

	Amostras	Cavidade (mm)	Volume (mm ³)	Média (mm ³)	Desvio Padrão (mm ³)
FAB 1	1	51,1	1258	1415	2,65
	2	51,8	1315		
	3	57,4	1855		
	4	51,0	1246		
	5	52,8	1403		

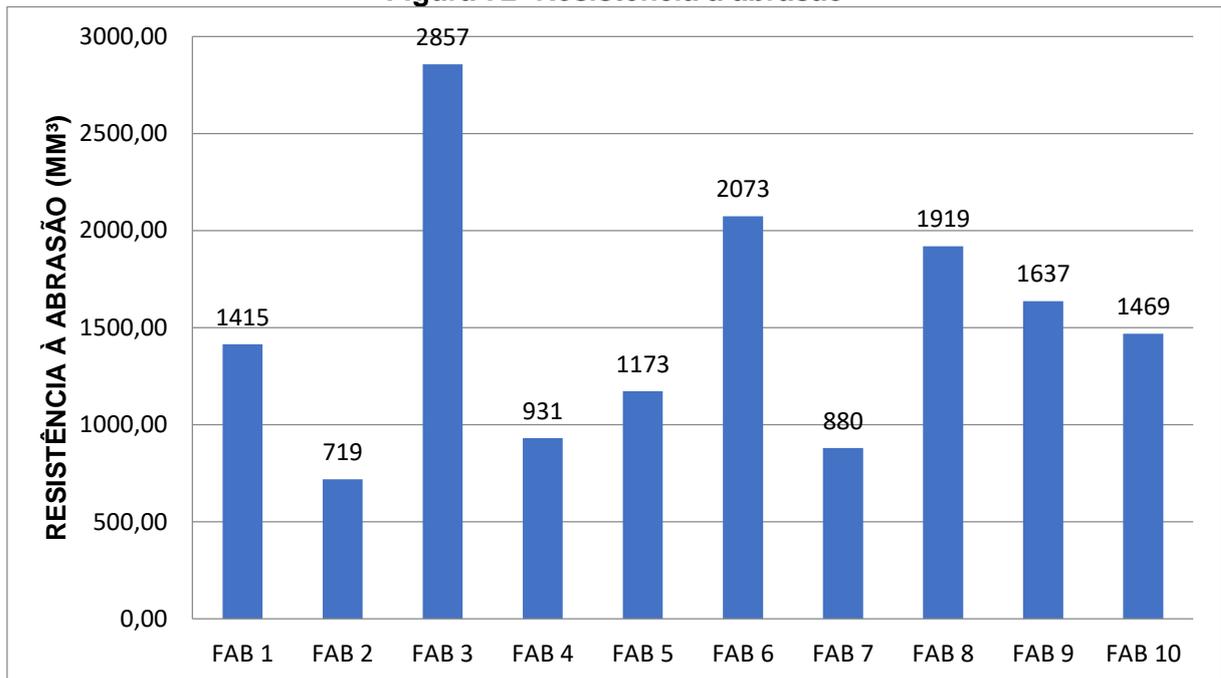
Tabela 14- Resultados resistência à abrasão (continuação)

FAB 2	1	40,0	566	718	2,06
	2	43,8	757		
	3	45,3	843		
	4	41,9	656		
	5	44,1	772		
FAB 3	1	66,1	3034	2856	3,81
	2	66,1	3034		
	3	67,1	3207		
	4	66,4	3093		
	5	57,9	1914		
FAB 4	1	47,2	968	931	0,97
	2	48,1	1025		
	3	46,1	892		
	4	46,2	898		
	5	45,7	871		
FAB 5	1	49,5	1131	1173	1,99
	2	48,3	1044		
	3	52,9	1410		
	4	48,2	1035		
	5	51,0	1246		
FAB 6	1	56,9	1806	2073	3,01
	2	58,4	1963		
	3	58,9	2036		
	4	57,0	1812		
	5	64,3	2749		
FAB 7	1	46,9	945	880	1,43
	2	44,4	789		
	3	47,7	999		
	4	45,5	857		
	5	44,7	810		
FAB 8	1	59,5	2092	1919	1,67
	2	58,3	1958		
	3	55,3	1632		
	4	59,1	2053		
	5	57,4	1859		
FAB 9	1	54,9	1594	1637	3,77
	2	58,5	1982		
	3	48,95	1088		
	4	57,81	1899		
	5	55,18	1621		
FAB 10	1	51,87	1317	1468	3,29
	2	57,84	1903		
	3	49,72	1145		
	4	51,75	1307		
	5	55,66	1669		

Fonte : Autor

A Figura 72 a seguir apresenta as médias de cada fabricante para a resistência a abrasão. O fabricante 3 foi o que apresentou maior perda de material e o fabricante 2, 4 e 7 foram aqueles que apresentam menor perda de material com perdas de volume menores de 1000 mm³.

Figura 72- Resistência a abrasão



Fonte: Autor

4.9 ANÁLISE RESISTÊNCIA À ABRASÃO

Quanto aos ensaios de resistência à abrasão analisando, as determinações da norma ISO 13006 é especificado que telhas com absorção maior que 10% devem apresentar uma perda máxima de 2 365 mm³ para placas cerâmicas extrudadas sem aplicação de esmalte para que seja considerada um material durável. Telhas extrudadas sem aplicação de esmalte com absorções maiores ou iguais a 6% ou menores ou iguais a 10% a perda máxima deve ser de 1 062 mm³.

A norma ISO 13006 estabelece faixas de absorção relacionando-as com a resistência à abrasão e resistência à compressão, apresentando valores limites para cada um destes parâmetros, onde uma maior resistência à compressão se traduz numa maior resistência a abrasão. Para casos onde a absorção é maior que 10% a perda máxima não deve ser acima de 2 365 mm³.

Analisando-se os resultados observa-se que 9 fabricantes apresentam absorção de água maior que 10% e destes somente o fabricante 3, com absorção de 22%, apresentou uma perda maior que 2 365 mm³. Apenas o fabricante 8 apresentou uma absorção menor que 10% e maior que 6%, este fabricante apresentou uma perda de volume de 1919,5 mm³ que é menor do que o valor estabelecido pela norma ISO 13006. Os restantes fabricantes apresentaram um nível de perda de material abaixo de que é estabelecido pela norma ISO e, por esse critério, poderiam ser considerados blocos mais duráveis. Analisando os resul-

tados, o bloco de maior absorção, com resistência a abrasão menor que 2365, é o do fabricante 7, com absorção menor que 18%. Essa observação permite sugerir que um valor máximo para absorção de blocos cerâmicos não revestidos deve ser de 18% para permitir maior durabilidade.

Tabela 17- Resultados de resistência de aderência e absorção total

FABRICANTES	RESISTENCIA À ABRASAO (mm ³)	ABSORÇÃO ÁGUA QUENTE (%)	ABSORÇÃO ÁGUA FRIA(%)
1	1415	17,5	17,8
2	718	14,8	13,9
3	2856	22,8	22,7
4	930	15,0	14,3
5	1173	15,9	15,2
6	2073	15,3	14,0
7	880	17,9	17,5
8	1919	9,6	7,8
9	1636	17,4	16,7
10	1468	13,6	13,6

Fonte: Autor

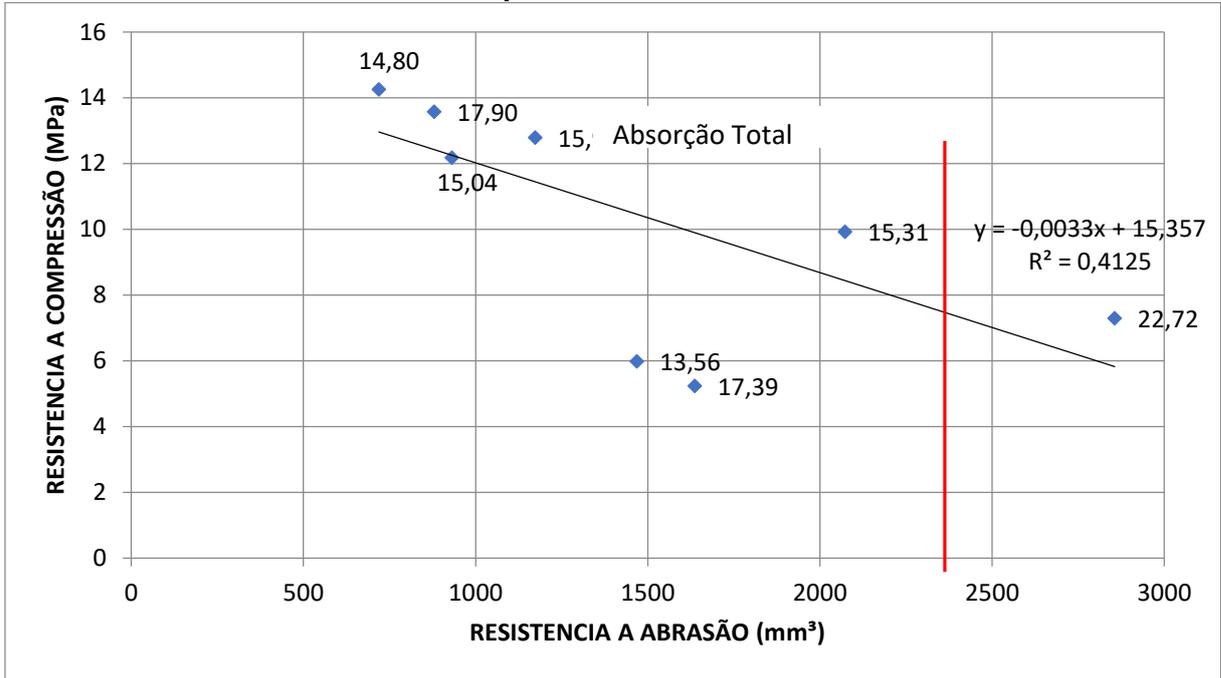
Tabela 18- Perda máxima de material norma ISO 13006

Propriedades físicas	Precisão	Natural
Absorção de Água Porcentagem	$E > 10 \%$	$E > 10 \%$
Força de Ruptura, em N	Não menor que 600	Não menor que 600
Modulo de ruptura, N/mm² Não aplicável para azulejos com força de ruptura > 3000 N	Mínimo 8 Mínimo individual 7	Mínimo 8 Mínimo individual 7
Resistência a abrasão		
a) Resistência a abrasão profunda de azulejos sem esmalte: volume removido, em mm ³	Máximo 2365	Máximo 2365

Fonte: Norma ISO 13006

A Figura 73 a seguir apresenta uma relação estabelecida entre a absorção total de água, é possível observar que blocos com absorções na maiores de 10% apresentam maior resistência a abrasão quanto maior a resistência a compressão. A figura apresenta valores de somente 9 fabricantes, pois um destes apresentou absorção menor que 10%, neste caso para se apresentar uma análise seria necessário mais fabricantes que apresentassem esta mesma condição.

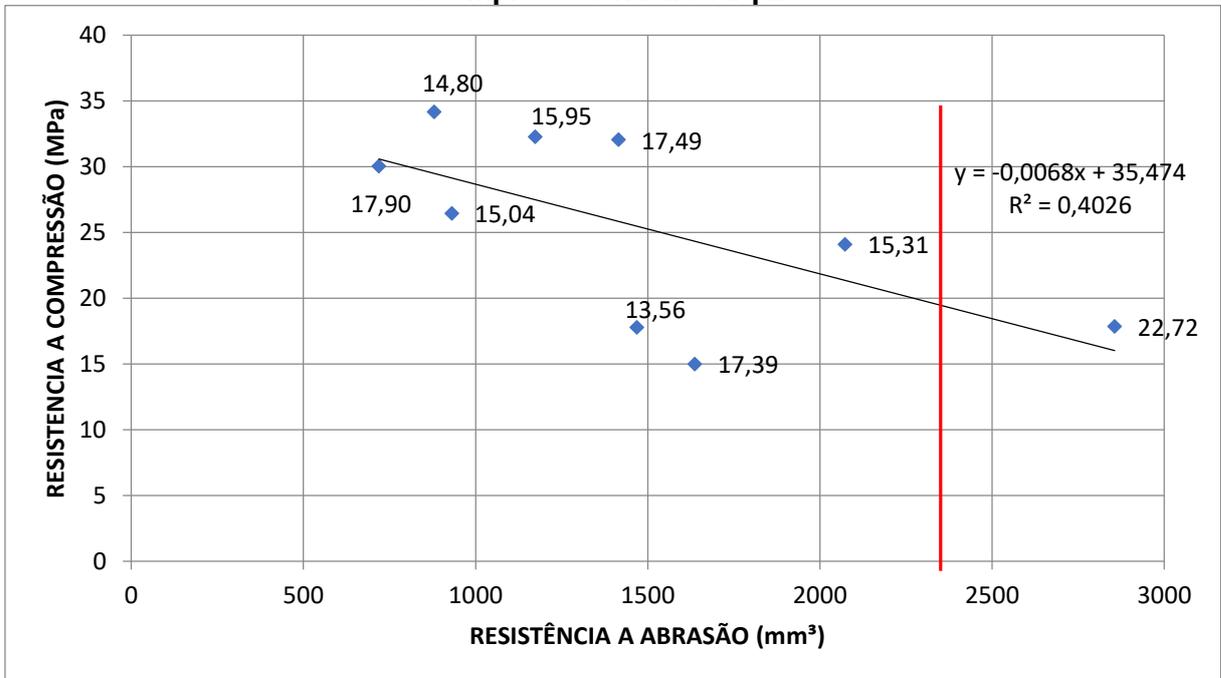
Figura 73- Relação entre absorção de água total, resistência de abrasão e resistência a compressão na área bruta



Fonte: Autor

A Figura 74 a seguir apresenta a mesma relação a única mudança é de que a resistência a compressão é na área líquida, o comportamento observado foi o mesmo.

Figura 74- Relação entre absorção de água total, resistência de abrasão e resistência a compressão na área líquida

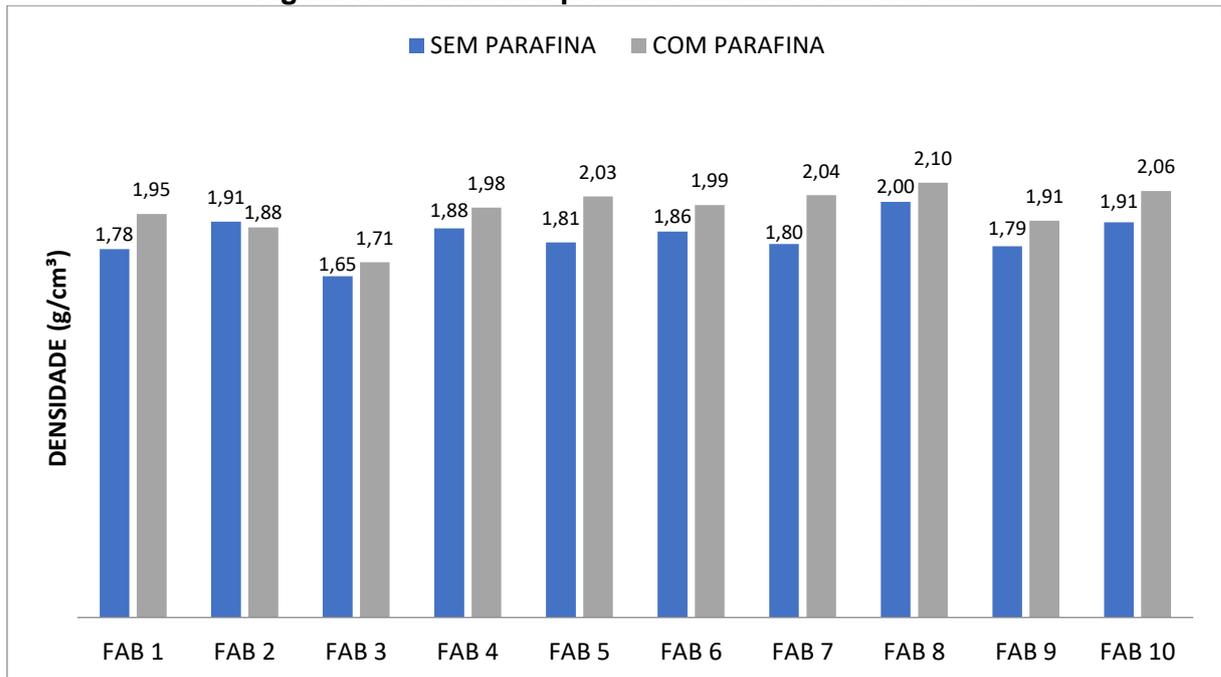


Fonte: Autor

4.10 DENSIDADE

A Figura 75 a seguir são mostrados os resultados dos ensaios de densidade com e sem parafina em prismas extraídos dos blocos cerâmicos. É possível observar que os ensaios sem parafina apresentaram menores densidades quando comparados com os resultados dos ensaios com parafina. Esta relação não acontece quando se observa os resultados do fabricante 2, este apresenta maior valor de densidade no ensaio sem parafina.

Figura 75- Densidade prismas extraídos dos blocos



Fonte: Autor

A Tabela 17 apresenta a diferença em porcentagem entre os dois ensaios. É possível observar que o fabricante 7 foi o que apresentou maior aumento de densidade no ensaio com parafina e o fabricante 2 apresentou diminuição no valor de densidade.

Tabela 19- Diferença entre os prismas com parafina e sem parafina

	Sem Parafina (g/cm³)	Com Parafina (g/cm³)	Diferença (%)
Fab 1	1,78	1,95	9,49
Fab 2	1,91	1,88	-1,43
Fab 3	1,65	1,71	4,11
Fab 4	1,88	1,98	5,31
Fab 5	1,81	2,03	12,21
Fab 6	1,86	1,99	6,88
Fab 7	1,80	2,04	13,01
Fab 8	2,00	2,10	4,60
Fab 9	1,79	1,91	6,87
Fab 10	1,91	2,06	7,89

Fonte: Autor

As Tabelas 18 e 19 são apresentados um resumo dos resultados dos dois ensaios, com os valores da média, máximo, mínimo e desvio padrão. Analisando resultados de desvio padrão é possível observar que o ensaio realizado com parafina apresenta desvios maiores. Essa dispersão de valores pode ser devido a aplicação de parafina, houve casos onde foi necessário aplicar maiores camadas de parafina para que a balança hidrostática estabilizasse, acredita-se que este pode ser um fator que influenciou nos resultados, mas, no geral, os dois ensaios apresentaram baixos valores de desvio padrão.

Tabela 20- Resultados densidade sem parafina

SEM PARAFINA				
FAB.	MÉDIA (g/cm ³)	MÁX. (g/cm ³)	MIN. (g/cm ³)	DES. PAD.
01	1,78	1,79	1,75	0,02
02	1,91	1,92	1,90	0,01
03	1,65	1,65	1,64	0,01
04	1,88	1,90	1,86	0,01
05	1,81	1,81	1,80	0,01
06	1,86	1,86	1,86	0,00
07	1,80	1,81	1,80	0,00
08	2,00	2,03	1,98	0,02
09	1,79	1,84	1,75	0,03
10	1,91	1,92	1,90	0,01

Fonte: Autor

Tabela 21- Resultados densidade com parafina

COM PARAFINA				
FAB.	MÉDIA (g/cm ³)	MÁX. (g/cm ³)	MIN. (g/cm ³)	DES. PAD.
01	1,95	2,11	1,82	0,11
02	1,88	1,93	1,82	0,05
03	1,71	1,83	1,58	0,11
04	1,98	2,05	1,88	0,07
05	2,03	2,09	1,96	0,05
06	1,99	2,03	1,95	0,03
07	2,04	2,23	1,91	0,11
08	2,10	2,17	2,05	0,04
09	1,91	2,04	1,78	0,11
10	2,06	2,11	1,99	0,05

Fonte: Autor

Tabela 22- Análise Anova

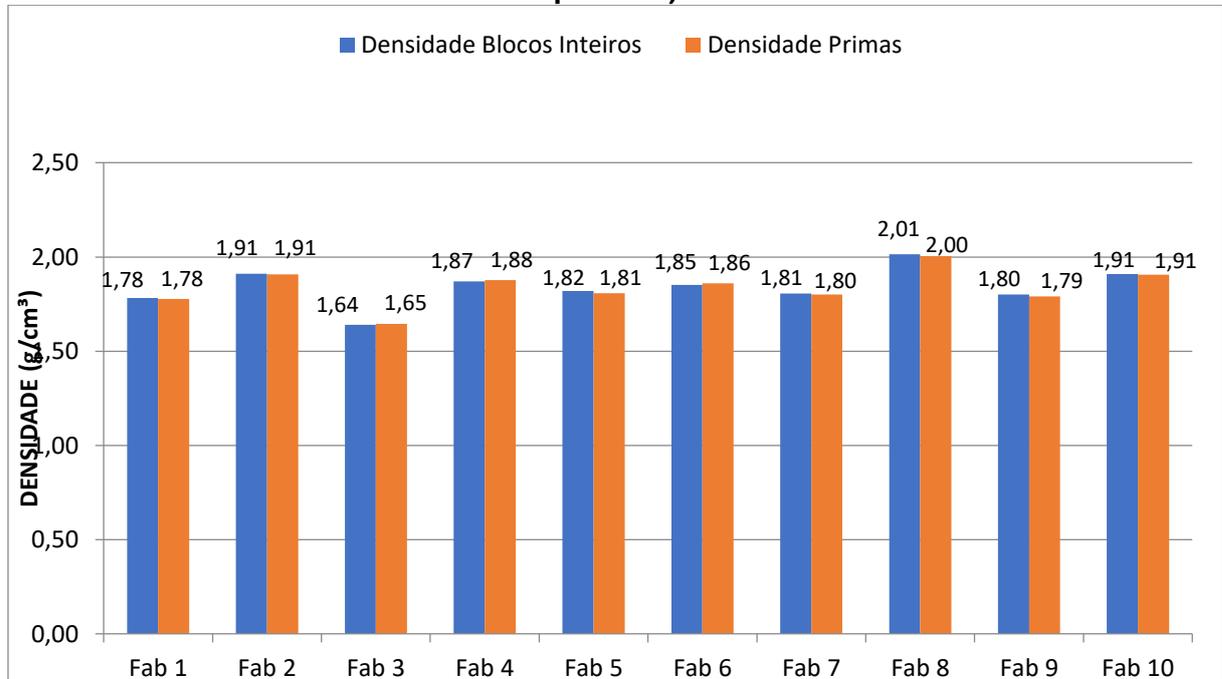
Anova: fator único						
RESUMO						
Grupo	Conta-gem	Soma	Média	Variância		
SEM PARAFINA	10	18,37560729	1,837560729	0,0093619		
COM PARAFINA	10	19,63291409	1,963291409	0,012077064		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,079041	1	0,079041019	7,373585561	0,014179	4,413873419
Dentro dos grupos	0,192951	18	0,010719482			
Total	0,271992	19				

Fonte: Autor

A partir da análise acima feita por Anova (Tabela 20) é possível observar que os dois ensaios são diferentes, isto porque o valor de F é maior que F crítico e porque o valor-P é menor que 0,05.

A Figura 76 a seguir mostra os resultados dos ensaios de densidade sem aplicação de parafina, realizados em prismas retirados das paredes do bloco e do bloco inteiro. É possível observar que os resultados são bastante próximos.

Figura 76- Densidade blocos inteiros X Densidade prismas extraídos dos blocos (sem parafina)



Fonte: Autor

4.11 ANÁLISE DE DENSIDADE

Quanto aos ensaios de densidade com e sem parafina foi observado resultados diferentes. Os ensaios realizados sem parafina apresentam densidade menores que os ensaios com parafina. Através da análise ANOVA: fator único foi concluído que os dois resultados são diferentes. Através da análise dos resultados entre os dois ensaios observa-se que as amostras no ensaio sem parafina apresentam volumes de cálculo maiores do que o ensaio realizado com parafina e como a densidade é inversamente proporcional ao volume para uma mesma massa seca a densidade será maior quanto menor for o volume.

Tabela 23- Volumes apresentados nos ensaios de densidade

Fabricantes	Sem Parafina	Com Parafina	Fabricantes	Sem Parafina	Com Parafina
	Vu (cm ³)	Vs(cm ³)		Vu (cm ³)	Vs(cm ³)
Fab 1	22,2	20,9	Fab 6	21,6	20,6
	23,2	21,8		21,2	20,1
	23,3	19,7		23,1	21,5
	24,0	23,5		22,2	20,6
	23,9	21,5		23,4	21,4
	23,6	20,7		21,4	19,9
Fab 2	25,0	24,7	Fab 7	19,3	17,4
	26,6	26,3		18,2	14,8
	27,1	28,3		18,5	16,8
	27,9	27,6		19,8	18,0
	24,6	24,9		18,6	17,5
	27,0	28,2		18,5	15,7
Fab 3	21,0	19,8	Fab 8	19,8	18,2
	21,7	21,0		19,9	19,1
	21,4	22,0		21,1	20,6
	21,0	21,7		20,7	20,2
	20,1	18,0		20,8	19,6
	21,3	19,3		20,0	19,0
Fab 4	23,4	21,7	Fab 9	18,0	17,5
	24,5	22,7		17,4	16,6
	24,4	24,2		18,1	16,2
	24,8	22,6		18,2	15,8
	24,7	24,1		18,7	18,7
	24,4	23,3		19,9	18,3
Fab 5	20,9	19,3	Fab 10	18,8	17,1
	20,6	18,9		18,0	17,1
	21,6	19,0		18,1	17,2
	17,9	15,9		18,2	17,0
	18,4	16,0		19,3	17,6
	18,7	16,2		18,0	16,2

Fonte: Autor

No ensaio de densidade sem parafina o volume foi calculado pela seguinte formula:

$$V = (m_u - m_i)$$

Onde:

v- volume;

mu- massa úmida;

mi- massa úmida do corpo de prova imerso.

No ensaio com parafina o volume foi calculado pela formula:

$$V = \frac{(M_p - M_i)}{\gamma_o} - \frac{(M_p - M_s)}{\gamma_{paraf}}$$

Onde:

V = volume do corpo-de-prova,

M_p = massa do corpo de prova parafinado;

M_i = massa do corpo de prova parafinado e imerso em água;

M_s = massa do corpo de prova;

γ_{paraf} = massa específica aparente da parafina;

γ_o = massa específica da água

Entende-se que os resultados do volume no ensaio realizado sem parafina apresenta valores maiores, porque no seu calculo é considerado o volume úmido, que é calculado como a massa do corpo de prova úmido (μ) (igual a massa seca mais a massa de agua absorvida pelo bloco durante o processo de saturação) menos a massa úmida imersa. Enquanto que para o calculo do volume no ensaio com parafina é considerado o volume seco, que por sua vez é igual ao volume do corpo mergulhado na parafina menos o volume da parafina que envolve o corpo.

Analisando os resultados de ensaio de densidade sem parafina em prismas extraídos de blocos e em blocos inteiros foram encontrados os mesmo resultados.

Analisando a relação entre os índices de absorção e os resultados e a densidade com e sem parafina foi observado uma maior relação com o índice de absorção total do que com a absorção inicial. A relação observada entre a densidade e absorção total foi de que blocos com maiores níveis de absorção apresentam menores densidades e blocos com menores níveis de absorção apresentam maiores densidades. Com a absorção inicial apesar da relação ser menor foi observado o mesmo comportamento blocos com maiores densidades apresentam menores níveis de absorção e blocos com menores densidades apresentam menores níveis de absorção inicial. Blocos com maiores absorções provavelmente são blocos com maior quantidade de poros, apresentando um volume aparente maior do que de fato apresenta.

4.12 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

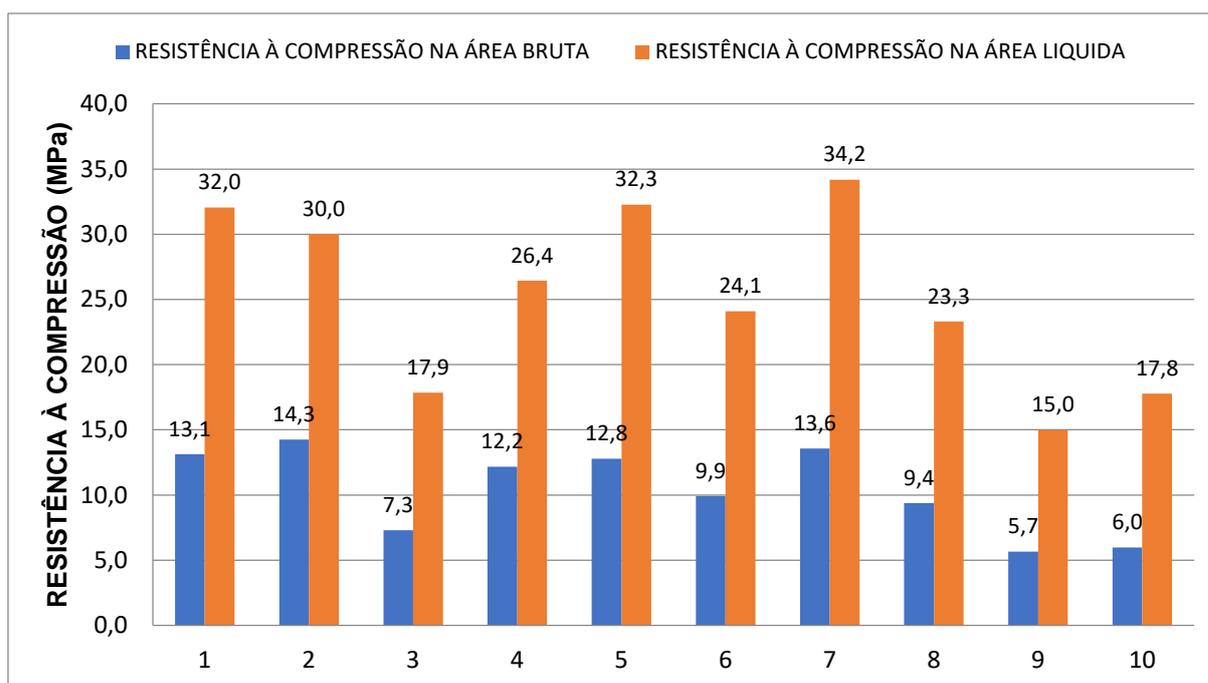
A Tabela 22 apresenta um resumo dos resultados encontrados nos ensaios de resistência à compressão. Pelos resultados do desvio padrão é possível observar que há uma grande dispersão de resultados. Os fabricantes 3, 6, 8 e 9 apresentam menores valores de dispersão.

Tabela 24- Resultados de resistência a compressão

	MÉDIA (MPa)	MÁXIMO (MPa)	MINIMO (MPa)	DESVIO PADRÃO
FAB 1	13,1	16,0	8,94	1,95
FAB 2	14,2	16,2	11,98	1,48
FAB 3	7,3	8,4	5,74	0,71
FAB 4	12,2	13,6	10,73	1,00
FAB 5	12,8	16,1	11,10	1,21
FAB 6	9,9	10,8	8,26	0,71
FAB 7	13,6	15,7	10,8	1,36
FAB 8	5,3	6,7	3,99	0,74
FAB 9	2,6	3,4	1,41	0,68
FAB 10	5,9	9,6	3,65	2,00

Fonte: Autor

A Figura 77 apresenta uma comparação das médias de resistência à compressão dos blocos estruturais e os blocos de vedação na área bruta e na área líquida. A resistência a compressão na área líquida de todos os blocos apresentou um aumento de cerca do dobro quando comparado com a resistência a compressão na área bruta. Os primeiros sete fabricantes são de blocos estruturais e os três últimos são fabricantes de blocos de vedação. Dos fabricantes de blocos estruturais o fabricante 2 é o que apresentou maior resistência e dos fabricantes de blocos de vedação o fabricante 10 é o que apresenta maior resistência.

Figura 77- Resistência a compressão na área bruta X Resistência à compressão na área líquida

Fonte: Autor

4.13 ANÁLISE DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

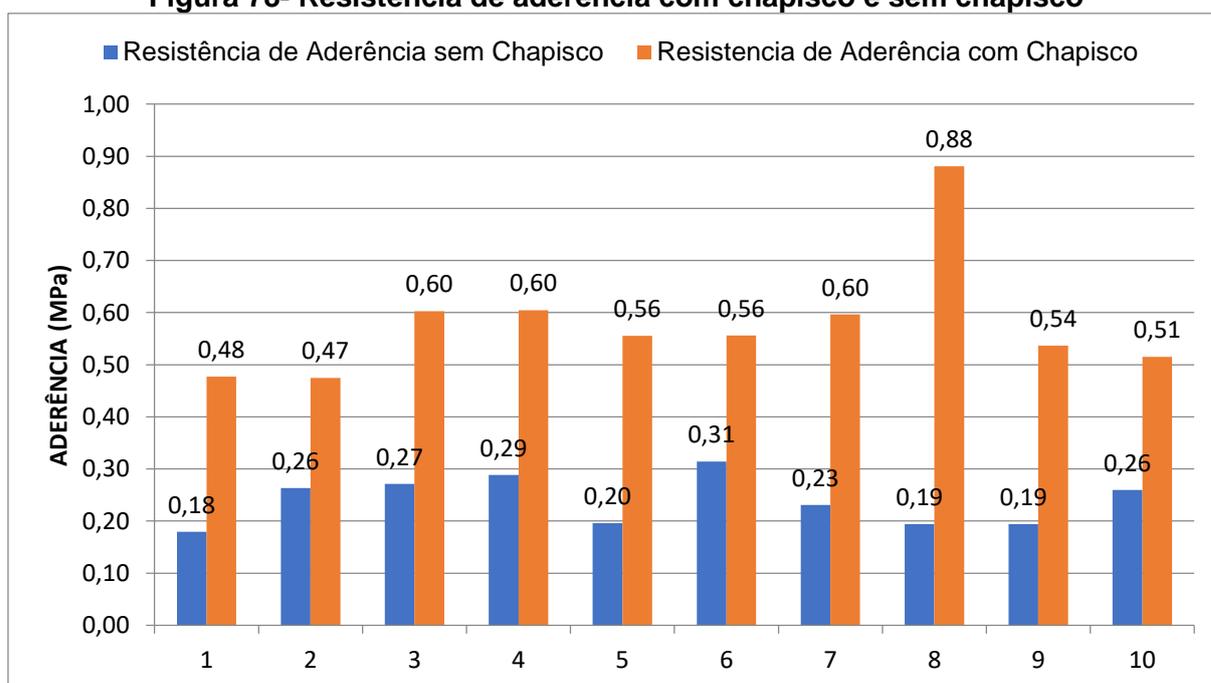
Em relação a este parâmetro foi observado que todos os blocos estruturais ensaiados, de todos fabricantes, apresentam resistências a compressão na área bruta acima de 6 MPa. Os blocos de vedação também apresentaram resistências a compressão acima do que a norma ABNT NBR 15270 estabelece com resistências acima de 1,5 MPa para blocos com furos na horizontal e de 3 MPa para blocos com furos na vertical.

Comparando os resultados desta pesquisa com os resultados de Kaushik et al (2007) foi observado um comportamento diferente. O autor observou na sua pesquisa uma relação inversa tanto entre a resistência a compressão e a absorção total como a resistência à compressão e a absorção inicial, sendo a relação mais acentuada na primeira. Nesta pesquisa, foi encontrada as mesmas relações observadas entre os índices de absorção com a resistência à compressão, mas diferente de Kaushik et al. (2007) a relação inversa mais acentuada foi observada entre a resistência à compressão e absorção total.

4.14 ADERÊNCIA

A Figura 78 a seguir apresenta os valores de resistência de aderência com e sem chapisco, este permite observar que os valores de resistência de aderência com chapisco foram significativos maiores aos valores de resistência de aderência chapisco.

Figura 78- Resistência de aderência com chapisco e sem chapisco



Fonte: Autor

Tabela 25- Análise Anova

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
R. de Aderência sem Chapisco	10	2,3918798	0,2391879	0,0021798		
R. de Aderência com Chapisco	10	5,8001683	0,5800168	0,0134337		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,5808215	1	0,5808215 1	74,399153 5	0,0000001	4,413873
Dentro dos grupos	0,1405229	18	0,0078068 3			
Total	0,7213444	19				

Fonte: Autor

Através da análise da tabela 23 entende-se que os dois ensaios são diferentes, porque F é maior que F crítico.

4.15 ANÁLISE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA

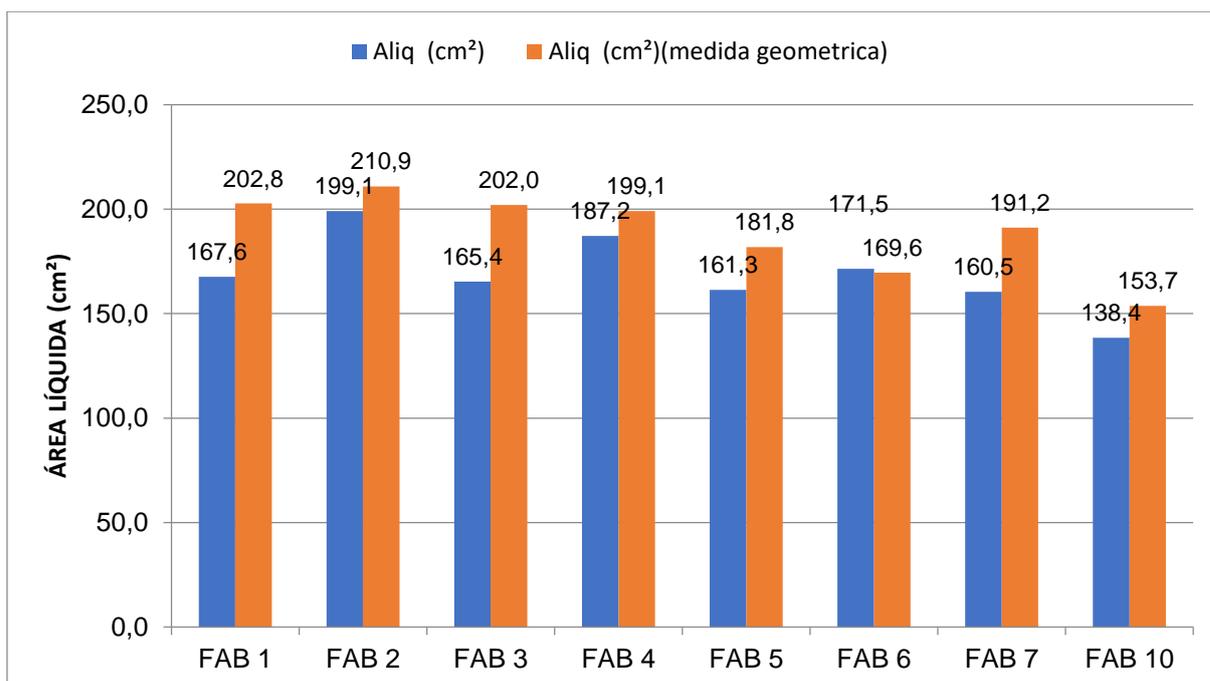
Analisando os resultados de aderência com e sem chapisco foi possível observar de forma clara que o chapisco influencia de forma positiva na aderência, na maioria dos casos chega até a dobrar a aderência. Analisando os blocos sem chapisco apenas o fabricante 6 apresentou resistência de aderência maior que 0,30 MPa. Os blocos com chapisco apresentam melhor aderência, pois o chapisco apresenta maior rugosidade que a superfície do bloco, esta sua rugosidade além de proporcionar uma aderência química permite uma aderência mecânica mais eficaz.

Relacionando os níveis de aderência com os índices de absorção inicial foi observada uma relação mesmo que baixa de que nos blocos com chapisco a tendência é de que a aderência, aumenta com a diminuição da absorção inicial, nos blocos sem chapisco essa relação é contrária (aderência aumenta com o aumento da absorção inicial). Estas relações encontradas devem ser melhor estudadas, pois estas são duas condições diferentes, o chapisco e argamassa possuem características diferentes logo cada um terá um comportamento no momento de contato com o bloco (quando se inicia a absorção). Ainda entende-se que a aderência do bloco com argamassa é diferente da aderência do bloco só com chapisco ou com chapisco e argamassa. Como a intenção deste trabalho é entender a aderência do bloco sugere-se um estudo mais aprofundado onde sejam analisadas bases com aplicações de revestimentos em diferentes condições (base com argamassa, base com argamassa e chapisco, base com chapisco) e que estes sejam relacionados com aderência.

4.15.1 DETERMINAÇÃO DA ÁREA LÍQUIDA

A Figura 79 a seguir apresenta os resultados das medições da área líquida pelo ensaio sugerido pela norma ABNT NBR 15270 e os resultados da área geométrica calculada pela subtração da área total dos furos da área bruta. A análise gráfica sugere que os resultados são diferentes, com a área líquida geométrica apresentando maior valor médio.

Figura 79- Áreas Líquidas



Fonte: Autor

No entanto pela análise de variância na Tabela 24 conclui-se que para um nível de significância de 5 % os resultados das área líquidas via ambos os métodos são iguais.

Tabela 26- Análise Anova

Anova: fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
Alíq (cm²)	8	1351,037	168,8797	331,9569		
Alíq (cm²)(medida geométrica)	8	1511,076	188,8846	374,2472		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1600,785	1	1600,785	4,53349	0,05147	4,60011
Dentro dos grupos	4943,429	14	353,1021			
Total	6544,214	15				

Fonte: Autor

4.16 ANÁLISE DE ÁREA LIQUIDA

Quanto aos ensaios de determinação da área líquida entende-se que os ensaios apresentaram resultados estatisticamente iguais. O método de ensaio da norma ABNT NBR 15270 é mais preciso, pois, leva em consideração as irregularidades geométricas dos blocos.

As médias das áreas líquidas calculadas geometricamente são maiores em relação ao ensaio da norma ABNT NBR 15270. Essa área maior leva num cálculo de resistência à compressão menor do que seria calculado pelo método da norma. Sendo assim o ensaio pela área geométrica embora menos preciso é mais conservador.

5. CONCLUSÕES

Através das informações obtidas neste trabalho e das análises dos resultados de ensaios, chega-se as seguintes conclusões:

Índices de Absorção vs Densidade e Resistência a Compressão:

- O índice de absorção total foi relacionado com a densidade, apresentando uma relação inversa, mais expressiva nos ensaios realizados sem parafina;
- Este índice apresentou também uma relação inversa com a resistência a compressão dos blocos de vedação;

Absorção Água Fervente vs Água Fria e Coeficiente de Saturação:

- Os resultados de índice de absorção total em água quente foram apenas ligeiramente maiores que os resultados de índice de absorção em água fria, com resultados muito próximos em alguns casos;
- Esses resultados levaram ao cálculo de coeficientes de saturação próximos a 1,0 na maioria dos blocos, com o menor valor igual a 0,81.

O coeficiente de saturação próximo a 1,0 corrobora a idéia indicada por alguns laboratórios brasileiros que o ensaio em água fervente seria um ensaio acelerado do ensaio em água fria. Apesar dessa afirmação não ser verdadeira, pois os ensaios medem absorção dos blocos com poros sem expansão (água fria) e expandidos (água fervente), a idéia de que os resultados são próximos foi constatada para a maioria dos blocos.

Eflorescência

- O ensaio de eflorescência da ASTM C67 se revelou mais eficiente e mais simples de executar que o ensaio simplificado sugerido por Franco (2012);
- Das dez amostras dos dez fabricantes de blocos, três indicaram potencial de eflorescência.
- A eflorescência não está relacionada com nenhum dos índices de absorção de água.

Resistência à compressão e à abrasão

- Todos os blocos indicados como estruturais apresentaram resistência a compressão superior a 6,0 MPa;
- Quase todos os blocos testados apresentaram níveis de perda de material por abrasão inferior ao valor máximo adotado como referência de acordo a norma ISO 13006, portanto considerados adequados.
- Apenas blocos de um fabricante apresentando uma perda de material maior do que 2 365 mm³, e nesse caso a amostra possuía absorção de água de 22,7%;
- Todos os blocos com absorção de água inferior a 18% apresentaram abrasão menor que a especificada na ISO 13006, sugerindo que para alvenaria de blocos aparentes, sem revestimento, é interessante limite a absorção a esse valor.

Densidade

- Os resultados de ensaios de densidade com e sem parafina são diferentes;
- Apesar do ensaio densidade sem parafina ser mais fácil de executar o ensaio de densidade com parafina apresenta melhores resultados, a densidade medida com parafina resultou em valores maiores que a densidade medida sem parafina;
- A hipótese é que o ensaio realizado com parafina indica a densidade da cerâmica seca, enquanto o ensaio sem parafina indica a densidade do material saturado de água. Acredita-se também que a tensão superficial possa ter influenciado nos resultados;
- A determinação da densidade do material saturado de água (ensaio de parte do bloco sem banho de parafina) levou aos mesmos resultados de densidade calculados a partir dos ensaios de área líquida (ensaio utilizando o bloco inteiro). Desta forma, para obtenção da densidade do material saturado, pode-se simplesmente utilizar os resultados do ensaio de área líquida;
- Na revisão da norma ABNT NBR 15270-2:2017, a indicação da necessidade de utilizar parafina parece correta, pois pretende-se indicar a densidade do material seco. A densidade do material saturado de água pode ser obtida

conforme parágrafo anterior, sem necessidade de outro ensaio;

- Os resultados densidade com parafina possuem relação com valores de absorção de água dos blocos, tanto em água fria quanto em água fervente, sendo os blocos que apresentaram maior absorção de água aqueles que possuem menores valores de densidade;
- As densidades (seca) dos blocos ensaiados nesta pesquisa variou entre 1,78 e 2,00 g/cm³ (maior densidade medidos em blocos de menor absorção).

Aderência do Revestimento

- Considerando os resultados de aderência de revestimento com a argamassa industrializada utilizada, todas as amostras resultaram em valores baixos quando não foi realizado o chapisco do bloco;
- Com chapisco, os resultados são expressivamente melhorados, indicando aderência adequada para os dez fabricantes;
- Os valores de aderência média sem chapisco variaram entre 0,18 e 0,31 MPa, enquanto que a aderência com chapisco foi medida entre 0,47 e 0,88 MPa.

Área Líquida Pela Medida da Área Geométrica

- Não é possível obter precisão adequada na determinação da área líquida pela medida da área geométrica, com resultados obtidos muito diferentes daquelas obtidos com o ensaio de área líquida realizado de acordo com a ABNT 15270.

5.1 OBSERVAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante a realização da pesquisa pôde-se observar a necessidade e importância de revisões e atualizações de normas. Esta pesquisa contribuiu para introdução do ensaio de eflorescência e ensaio de densidade na revisão da norma ABNT NBR 15270 no ano de 2017 e aproveita para fazer algumas sugestões de trabalhos a serem desenvolvidos para futuras revisões.

- Para se entender melhor porque esta similaridade de resultados encontrados para os ensaios de absorção total tanto em água quente como em água fria recomenda-se um estudo que contemple a avaliação do material e da microestrutura dos blocos, para entender o comportamento do bloco nessas circunstâncias. Esta sugestão é feita pois durante a realização da revisão bibliográfica estes ensaios foram indicados como ensaios diferentes.
- Os coeficientes de saturação dos blocos também precisam ser melhor entendido, através da análise da sua microestrutura, para entender se de fato os blocos testados apresentariam uma menor durabilidade devido a esta característica.
- Realizar um estudo mais aprofundado dos ensaios de eflorescência, onde o ensaio pode ser realizado em várias condições diferentes e tentar entender como a forma da amostra, temperatura do local do ensaio e tempo de ensaio influenciam nos resultados. Esta sugestão surge devido aos resultados do ensaio de Chin et al. (2010) que encontra resultados relativamente diferentes ao mudar a posição dos blocos no recipiente com água onde é realizado o ensaio.
- Realizar um estudo com blocos com diferentes níveis de absorção, para entender se a faixa aplicada pela norma ISO 13006 deve ser também aplicada em blocos cerâmicos.
- Realizar do ensaio de densidade com Triton X-100 (solução hidrofugante sugerida por Rabier et al.) e comparar os resultados com o ensaio com parafina. É feita esta sugestão, pois, durante a realização dos ensaios de determinação da densidade percebeu-se que o ensaio sem parafina é bem mais prático de realizar.
- Avaliar a aderência do bloco só com chapisco, só com argamassa e com argamassa e chapisco para estabelecer o comportamento de cada um destes através da análise da interface e da microestrutura de cada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for testing Materials. **ASTM C67 – Standart Methods for Sampling And Testing Brick and Structural Clay Tile**. In Annual Book of ASTM, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15270-1: Componentes Cerâmicos- Blocos e Tijolos para alvenaria- Parte 1:Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15270-2: Componentes Cerâmicos- Blocos e Tijolos para alvenaria- Parte 2: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15270-1: Blocos Cerâmicos Para Alvenaria De Vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15270-2: Blocos Cerâmicos Para Alvenaria Estrutural - Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15270-3: Blocos Cerâmicos Para Alvenaria Estrutural E De Vedação - Métodos De Ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13528: Revestimento De Paredes E Tetos De Argamassas Inorgânicas - Determinação Da Resistência De Adesão À Tração. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10838: Solo- Determinação da massa específica aparente de amostras indeformadas, com emprego da balança hidrostática. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

ALONSO-SANTURDE, R. *et al.* Technological behaviour and recycling potential of spent foundry sands in clay bricks. *Journal of Environmental Management*, v. 92, n. 3, p. 994–1002, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.004>>.

ANICER - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. *ANICER- Relatório Anual*. . [S.l: s.n.], 2011.

ANTUNES, Giselle R. *Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimento de Fachada em Brasilia- Sistematização da Incidência de Casos*. 2010. Universidade de Brasília, 2010.

ANTUNES, Rubiane P N; JOHN, Vanderley Moacyr. *Determinação e controle da energia de impacto de argamassas lançadas manualmente*. *Boletim Técnico da USP*. São Paulo: [s.n.], 2007

BEZERRA, Ana P L *et al.* Ensaio de eflorescência baseado na norma da ASTM C 67-92a. *VII CONNEPI*, p. 1–5, 2012.

BUEGER, C. *et al.* Efflorescence on clay bricks masonry: towards a new test method. *10DBMC International Conference On Durability of Building Materials and Components LYON*, n. April, 2005. Disponível em: <<http://www.irbnet.de/daten/iconda/06059016847.pdf>>.

CARASEK, Helena; DJANIKIAN, João Gaspar. *Aderência de argamassas a base de cimento Portland a unidades de alvenaria*. São Paulo: Boletim Técnico da USP. , 1997

CHIN, Ian R. *et al.* Efflorescence: Evaluation of Published Test Methods for Brick and Efforts to Develop a Masonry Assembly Test Method. *Journal of ASTM International*, v. 7, n. 5, p. 102744, 2010. Disponível em: <<http://www.astm.org/doiLink.cgi?JAI102744>>.

COSTA, Eliane C. *Análise De Parâmetros Influentes Na Aderência De Matrizes Cimentícias*. 2014a. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2014.

COSTA, Eliane C. C.; JOHN, Vanderley M. State of the art of substrate-cementitious matrix adhesion. *IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas*, n. 1, 2011.

DIAS, José L. M. Metrologia, normalização e qualidade industrial. *Medida, Normalização e Qualidade: Aspectos da história da metrologia no Brasil*. Rio de Janeiro: Ilustrações, 1998..

DONDI, Michele *et al.* Thermal Conductivity of Clay Bricks. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 16, n. February, p. 8–14, 2004.

DRYSDALE, Robert G; HAMID, Ahmad A; BAKER, Lawrie R. *Masonry Structures: Behaviour and Design*. New Jersey: Prentice Hall, 1994.

DUARTE, Elisabeth A. C.; VIVEIROS, Elvira B. Isolamento Acústico : O Atributo Invisível Na História Da Moradia Brasileira. *ENCAC*, n. 1, p. 605–615, 2005.

GOMES, Edmond; HOSSAIN, Ijaz. Transition from traditional brick manufacturing to more sustainable practices. *Energy for Sustainable Development*, v. 7, n. 2, p. 66–76, 2003. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60356-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60356-7)>.

GOMES, N. S. *A Resistência das paredes de alvenaria*. 1983. Universidade de São Paulo, 1983.

GONÇALVES, Adelaide; BRITO, Jorge De; BRANCO, Fernando. *Reabilitação de Paredes de Alvenaria Revestidas*. 2007.

GROOT, C; LARBI, J. The influence of water flow (reversal) on bond strength development in young masonry. *Heron*, v. 44, n. 2, p. 63–78, 1999. Disponível em: <http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:12fcf7d7-0a6d-4120-a913-5a6a38d44b08/Groot_1999.pdf>.

GROOT, Caspar J.W.P. Effects of water on mortar-brick bond. v. 31, n. 0, p. 57–70, 1995.

HALL, Christopher. Water movement in porous building materials-I. Unsaturated flow theory and its applications. *Building and Environment*, v. 12, n. 2, p. 117–125, 1977.

HALL, Christopher; HOFF, William. *Water Transport in Brick, Stone and Concrete*. . [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.astm.org/doiLink.cgi?CCA10518J>>. , 2002

IOPPI, P. R.; ARRUDA, H.A.C. Patologias de alvenaria estrutural de tijolo cerâmico aparente e manifestações identificadas em edificações na cidade de Florianópolis: Dianóstico, terapia e prevenção. *5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries*, 1994.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO 13006. Ceramic tiles - Definitions, classification, characteristics and marking. 2012.

KAUSHIK, Hemant B.; RAI, Durgesh C.; JAIN, Sudhir K. Stress-Strain Characteristics of Clay Brick Masonry under Uniaxial Compression. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 19, n. 9, p. 728–739, 2007. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290899-1561%282007%2919%3A9%28728%29>>.

KAZMIERCZAK, Claudio de Souza; BREZEZINSKI, Débora E; COLLATTO, Décio. Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa. *Estudos Tecnológicos*, v. 3, n. 1, p. 47–58, 2007.

KOROTH, Surej. R; FAZIO, Paul; FELDMAN, Dorel. Development of New Durability Index for Clay Bricks. *Journal of Architectural Engineering*, v. 4, n. 1, p. 26–33, 1998.

LAWRENCE, S. J.; CAO, H. T. Microstructure of the interace between brick and mortar. 1988.

LOPES, Vitor E. *Desenvolvimentos recentes na normalização de revestimentos cerâmicos , colas e argamassas de juntas*. 2012. Universidade Nova de Lisboa, 2012.

LOSSO, Marco; VIVEIROS, Elvira. Gesso Acartonado E Isolamento Acústico : Teoria Versus Prática No Brasil. *I Conferência Latino-Americana De Construção Sustentável X Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído*, n. August, p. 12, 2004.

MENDES, Ricardo J. K. *Resistência à Compressão de Alvenarias de Blocos Cerâmicos Estruturais*. 1998. Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

MENEZES, R R *et al.* Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção: revisão. *Cerâmica*, v. 52, n. 321, p. 37–49, 2006.

NATIONAL CONCRETE MASONRY ASSOCIATION. Control and Removal of Efflorescence. *NCMA TEK*, v. 2, n. 397 mm, p. 3–6, 2003.

NETO, Maria; BERTOLI, Stelamaris. Desempenho acustico de paredes de blocos e tijolos ceramico: uma comparação entre Brasil e Portugal. *Ambiente Construido*, 2010.

PAES, Isaura N L. *Avaliação do transporte de água em revestimentos de argamassa nos momentos iniciais pós- aplicação*. 2004. 265 f. Universidade de Brasília, 2004.

PARSEKIAN, Guilherme A; CANATO, Ricardo. *RELATÓRIO DE ENSAIOS Bloco cerâmico (14 x 19 x 29 cm)*. . São Carlos: [s.n.], 2016.

- PAZ, Lidiane A F *et al.* Levantamento de patologias causadas por umidade em uma edificação na cidade de Palmas - TO. *REGET / UFSM - Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 20, n. 1, p. 174–180, 2016.
- PEDROTI, Leonardo G. *Estudo de conformidades em relação à ABNT de blocos cerâmicos prensados e queimados*. 2007. Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2007.
- PEL, L. *et al.* Efflorescence pathway diagram: Understanding salt weathering. *Construction and Building Materials*, v. 18, n. 5, p. 309–313, 2004.
- POSSAN, Edna; DEMOLINER, Carlos A. Desempenho, Durabilidade e Vida Útil de Edificações: Abordagem Geral. *Revista Técnica-Científica*, p. 1–14, 2013.
- PRADO, Sílvio. *Resistência a Compressão de Tijolos e Blocos Cerâmicos de Diferentes Formas e Dimensões*. 1995. Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- RÊGO, Vilson R. *Avaliação da Conformidade de Blocos Cerâmicos para Alvenaria de Vedação Produzidos na Região Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina*. 2008. Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte, 2008.
- RIZZATTI, E. I. *et al.* Tipologia de blocos cerâmicos estruturais: Influência da geometria dos blocos no comportamento mecânico da alvenaria. *Revista Materia*, v. 16, n. 2, p. 730–746, 2011.
- ROSELLO, M Teresa Valdehita. Estudio de la trabajabilidad de alguns morteros de cemento para albanileria. *Informes de la Construcción*, v. 29, 1977.
- SAFIUDDIN, Md; MAHMUD, H. B.; JUMAAT, M. Z. Efficacy of ASTM Saturation Techniques for Measuring the Water Absorption of Concrete. *Arabian Journal for Science and Engineering*, v. 36, n. 5, p. 761–768, 2011.
- SILVA, Angelus. Porosidade e Densidade de Materiais Cerâmicos. *Estrutura e Propriedades de Materiais Cerâmicos*, p. 173–178, 2005.
- STRAUBE, John; SCHUMACHER, C.; MENSINGA, P. Assessing the freeze-thaw resistance of clay brick for interior insulation retrofit projects. *Proceedings of the Performances of Envelopes of Whole Buildings XI*, p. 1–8, 2010.
- TEN, J. G. *et al.* Thermal conductivity of traditional ceramics. Part I: Influence of bulk density and firing temperature. *Ceramics International*, v. 36, n. 6, p. 1951–1959, 2010.
- THE BRICK INDUSTRY ASSOCIATION. Technical Notes 3A - Brick Masonry Material Properties. *Technical Notes on Brick Construction*, v. 216, n. December, 1992.
- VERDUCH, A. G.; SOLANA, V. S. Formação de Eflorescências na Superfície dos Tijolos. *Cerâmica Industrial*, v. 5, n. 5, p. 38–46, 2000.
- VITE-TORRES, J. *et al.* Wet abrasive behavior of composite materials obtained from solid residuals mixed with polymer and ceramic matrix. *Ceramics International*, v. 40, n. 7 PART A, p. 9345–9353, 2014.
- XAVIER, F B; MACORINI, L; IZZUDDIN, B A. Contribution of masonry cladding for robustness enhancement of multi-storey buildings under sudden column loss. *Brick and Block Masonry*, p. 1383–1390, 2016.

XAVIER, G C *et al.* Análise de processos de degradação acelerada em laboratório para estudo da durabilidade de peças cerâmicas vermelhas incorporadas com resíduo de granito. *Cerâmica*, v. 55, n. 333, p. 1–10, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132009000100001>>.

APÊNDICE

5.2 APÊNDICE A

Tabela A 1- Resultados de absorção total em água quente e fria para o fabricante 1

FABRICANTE 1									
ABSORÇÃO DE ÁGUA À QUENTE					ABSORÇÃO DE ÁGUA À FRIO				
Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média	Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média
01	5623,4	6603,8	17,43	17,49	01	5631,6	6647,6	18,04	17,83
02	5571,4	6545,8	17,49		02	5605,0	6596,8	17,69	
03	5601,6	6582,6	17,51		03	5648,0	6660,6	17,93	
04	5621,8	6585	17,13		04	5603,8	6580,2	17,42	
05	5641,2	6625,6	17,45		05	5610,8	6619,0	17,97	
06	5663,0	6679,4	17,95		06	5620,0	6626,0	17,90	

Tabela A 2- Resultados de absorção total em água quente e fria para o fabricante 2

FABRICANTE 2									
ABSORÇÃO DE ÁGUA À QUENTE					ABSORÇÃO DE ÁGUA À FRIO				
Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média	Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média
01	7194,4	8262,2	14,84	14,80	01	7246	8261,8	14,02	13,86
02	7255,6	8343,2	14,99		02	7244	8287,0	14,40	
03	7019	8022,8	14,30		03	7037,8	7992,0	13,56	
04	7234,8	8321,8	15,02		04	7022,8	7964,0	13,40	
05	7267,2	8348,4	14,88		05	7168,4	8194,0	14,31	
06	7217,8	8281,4	14,74		06	7030,2	7976,6	13,46	

Tabela A 3- Resultados de absorção total em água quente e fria para o fabricante 3

FABRICANTE 3									
ABSORÇÃO DE ÁGUA À QUENTE					ABSORÇÃO DE ÁGUA À FRIO				
Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média	Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média
01	5046,8	6202,4	22,90	22,78	01	5094,0	6255,6	22,80	22,69
02	5103,4	6259,4	22,65		02	5057,2	6213,8	22,87	
03	5067,4	6233,4	23,01		03	5080,8	6225,2	22,52	
04	5064,8	6217,6	22,76		04	5113,0	6272,0	22,67	
05	5075,2	6238,2	22,92		05	5083,4	6241,0	22,77	
06	5177,4	6339,2	22,44		06	5134,0	6288,0	22,48	

Tabela A 4- Resultados de absorção total em água quente e fria para o fabricante 4

FABRICANTE 4									
ABSORÇÃO DE ÁGUA À QUENTE					ABSORÇÃO DE ÁGUA À FRIO				
Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média	Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média
01	6572,0	7546,0	14,82	15,04	01	6609,0	7548,2	14,21	14,33
02	6615,8	7622,4	15,22		02	6598,6	7560,2	14,57	
03	6557,6	7568,8	15,42		03	6620,6	7552,0	14,07	
04	6586,2	7556,6	14,73		04	6579,2	7528,6	14,43	
05	6536,8	7507,6	14,85		05	6629,4	7572,6	14,23	
06	6585,2	7586,6	15,21		06	6578,4	7528,4	14,44	

Tabela A 5- Resultados de absorção total em água quente e fria para o fabricante 5

FABRICANTE 5									
ABSORÇÃO DE ÁGUA À QUENTE					ABSORÇÃO DE ÁGUA À FRIO				
Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média	Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média
01	5469,2	6322,0	15,59	15,95	01	5449,2	6282,6	15,29	15,18
02	5454,8	6343,6	16,29		02	5459,0	6278,6	15,01	
03	5436,8	6335,0	16,52		03	5473,2	6300,6	15,12	
04	5403,8	6243,2	15,53		04	5416,4	6230,8	15,04	
05	5404,4	6268,4	15,99		05	5470,4	6300,6	15,18	
06	5431,2	6288,4	15,78		06	5427,4	6265,6	15,44	

Tabela A 6- Resultados de absorção total em água quente e fria para o fabricante 6

FABRICANTE 6									
ABSORÇÃO DE ÁGUA À QUENTE					ABSORÇÃO DE ÁGUA À FRIO				
Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média	Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média
01	5972,6	6913,4	15,75	15,31	01	5925,6	6744,2	13,81	14,04
02	5995,8	6928,6	15,56		02	5963,0	6837,8	14,67	
03	5953,2	6838,6	14,87		03	6054,6	6935,4	14,55	
04	5968,8	6840,2	14,60		04	5957,2	6760,2	13,48	
05	5971,4	6899,8	15,55		05	6025,2	6849,8	13,69	
06	5961,6	6888,4	15,55		06	6017,6	6863,8	14,06	

Tabela A 7- Resultados de absorção total em água quente e fria para o fabricante 7

FABRICANTE 7									
ABSORÇÃO DE ÁGUA À QUENTE					ABSORÇÃO DE ÁGUA À FRIO				
Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média	Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média
01	5394,8	6333,4	17,40	17,90	01	5377,6	6306,2	17,27	17,47
02	5417,6	6372,8	17,63		02	5349,4	6305,4	17,87	

Tabela A 8- Resultados de absorção total em água quente e fria para o fabricante 7 (continuação)

03	5419,8	6403,6	18,15	17,90	03	5402,0	6363,6	17,80	17,47
04	5415,6	6401,2	18,20		04	5548,8	6481,4	16,81	
05	5399,0	6369,0	17,97		05	5397,8	6341,0	17,47	
06	5418,8	6395,6	18,03		06	5421,6	6377,2	17,63	

Tabela A 9- Resultados de absorção total em água quente e fria para o fabricante 8

FABRICANTE 8									
ABSORÇÃO DE ÁGUA À QUENTE					ABSORÇÃO DE ÁGUA À FRIO				
Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média	Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média
01	2607,2	2850,8	9,34	9,62	01	2645,2	2849,2	7,71	7,76
02	2655,2	2907,8	9,52		02	2602,2	2798,6	7,55	
03	2647,6	2903,6	9,67		03	2688,6	2902,2	7,94	
04	2670,2	2954,4	10,64		04	2669,2	2866,2	7,38	
05	2654,6	2896,6	9,12		05	2655,8	2874,2	8,22	
06	2680,0	2932,6	9,43		06	2644,0	2849,2	7,76	

Tabela A 10- Resultados de absorção total em água quente e fria para o fabricante 9

FABRICANTE 9									
ABSORÇÃO DE ÁGUA À QUENTE					ABSORÇÃO DE ÁGUA À FRIO				
Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média	Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média
01	2128,6	2495,8	17,25	17,39	01	2144,2	2515,2	17,30	16,71
02	2156,2	2558,6	18,66		02	2134,4	2509,0	17,55	
03	2114,2	2493,2	17,93		03	2152,2	2519,8	17,08	
04	2139,6	2496,6	16,69		04	2156,2	2531,6	17,41	
05	2167,2	2502,6	15,48		05	2167,0	2481,2	14,50	
06	2129,2	2519,6	18,34		06	2136,6	2487,0	16,40	

Tabela A 11- Resultados de absorção total em água quente e fria para o fabricante 10

FABRICANTE 10									
ABSORÇÃO DE ÁGUA À QUENTE					ABSORÇÃO DE ÁGUA À FRIO				
Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média	Amostra	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	AA(%)	Média
01	4996,4	5699,0	14,06	13,56	01	5043,6	5694,0	12,90	13,56
02	5031,4	5697,8	13,24		02	4992,2	5674,6	13,67	
03	4998,2	5696,6	13,97		03	4984,4	5665,6	13,67	
04	5050,0	5717,8	13,22		04	5011,8	5698,8	13,71	
05	4977,2	5675,0	14,02		05	4966,2	5643,8	13,64	
06	5105,2	5759,8	12,82		06	4968,8	5653,0	13,77	

5.3 APÊNDICE B

Tabela B 1- Resultados dos ensaios de densidade e absorção inicial fabricante 1

FABRICANTE 1															
Amos- tra	m_u (g)	m_a (g)	m_f (g)	H (mm)	C (mm)	L (mm)	m_s (g)	A_b (cm ²)	V (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	A_{liq} (cm ²)	Δp (g)	AAI (g/194cm ²)/min	Média γ_h (g/cm ³)	Média AAI
01	6657,0	3469,5	5659,5	188,0	291,3	142,4	5643,5	414,7	3187,5	1,77	169,5	16,0	18,27	1,78	20,02
02	6629,5	3461,5	5641,5	187,8	291,0	141,4	5624,5	411,6	3168,0	1,78	168,7	17,0	19,50		
03	6632,5	3470,5	5639,5	188,2	290,6	141,3	5624,0	410,7	3162,0	1,78	168,0	15,5	17,86		
04	6574,5	3452,5	5614,0	187,4	289,1	140,5	5594,0	406,1	3122,0	1,79	166,6	20,0	23,24		
05	6594,0	3459,5	5621,5	187,4	290,0	140,8	5603,0	408,2	3134,5	1,79	167,3	18,5	21,41		
06	6561,0	3443,5	5587,0	188,3	289,1	140,1	5570,0	404,9	3117,5	1,79	165,6	17,0	19,87		

Tabela B 2- Resultados dos ensaios de densidade e absorção inicial fabricante 2

FABRICANTE 2															
Amos- tra	m_u (g)	m_a (g)	m_f (g)	H (mm)	C (mm)	L (mm)	m_s (g)	A_b (cm ²)	V (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	A_{liq} (cm ²)	Δp (g)	AAI (g/194cm ²)/min	Média γ_h (g/cm ³)	Média AAI
01	8234,0	4474,5	7250,0	189,5	292,6	142,3	7217,5	416,3	3759,5	1,92	198,4	32,5	31,7	1,91	28,68
02	8258,5	4487,0	7254,5	190,2	294,0	142,5	7228,0	419,1	3771,5	1,92	198,3	26,5	25,9		
03	8254,0	4470,5	7225,0	189,4	293,8	143,5	7199,5	421,7	3783,5	1,90	199,8	25,5	24,7		
04	8224,5	4458,0	7219,0	189,5	293,8	142,8	7188,0	419,6	3766,5	1,91	198,8	31,0	30,2		
05	8267,5	4484,0	7253,0	189,7	293,6	143,5	7223,0	421,3	3783,5	1,91	199,4	30,0	29,1		
06	8253,0	4476,0	7247,0	189,2	293,6	142,6	7215,5	418,8	3777,0	1,91	199,7	31,5	30,5		

Tabela B 3- Resultados dos ensaios de densidade e absorção inicial fabricante 3

FABRICANTE 3															
Amos- tra	m_u (g)	m_a (g)	m_f (g)	H (mm)	C (mm)	L (mm)	m_s (g)	A_b (cm ²)	V (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	A_{liq} (cm ²)	Δp (g)	AAI (g/194cm ²)/min	Média γ_h (g/cm ³)	Média AAI
01	6269,5	3164,5	5144,0	189,2	290,0	139,4	5115,5	404,1	3105,0	1,65	164,2	28,5	33,6	1,64	33,06
02	6265,0	3172,0	5136,5	189,1	290,0	139,0	5108,0	403,2	3093,0	1,65	163,6	28,5	33,7		
03	6335,5	3144,5	5216,5	189,1	292,8	140,7	5187,0	411,9	3191,0	1,63	168,7	29,5	33,8		
04	6267,5	3114,5	5144,0	190,2	291,1	139,6	5115,5	406,3	3153,0	1,62	165,8	28,5	33,3		
05	6267,0	3164,5	5140,5	188,9	290,0	138,2	5111,5	400,9	3102,5	1,65	164,3	29,0	34,2		
06	6273,5	3147,5	5157,0	188,5	290,6	139,5	5131,5	405,4	3126,0	1,64	165,8	25,5	29,7		

Tabela B 4- Resultados dos ensaios de densidade e absorção inicial fabricante 4

FABRICANTE 4															
Amos- tra	m_u (g)	m_a (g)	m_f (g)	H (mm)	C (mm)	L (mm)	m_s (g)	A_b (cm ²)	V (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	A_{liq} (cm ²)	Δp (g)	AAI (g/194cm ²)/min	Média γ_h (g/cm ³)	Média AAI
01	7488,0	3994,0	6577,5	188,3	289,0	140,3	6548,0	405,5	3494,0	1,87	185,5	29,5	30,8	1,87	29,46
02	7617,0	4077,0	6701,0	188,0	289,9	140,8	6669,0	408,1	3540,0	1,88	188,3	32,0	32,9		
03	7569,0	4037,0	6633,0	188,6	289,5	140,2	6603,0	405,8	3532,0	1,87	187,3	30,0	31,0		
04	7572,5	4042,5	6635,0	188,7	289,6	140,0	6608,0	405,4	3530,0	1,87	187,1	27,0	27,9		
05	7517,5	4004,5	6561,0	187,7	289,7	141,0	6538,5	408,6	3513,0	1,86	187,1	22,5	23,3		
06	7588,0	4043,5	6637,0	188,6	289,4	140,2	6607,0	405,6	3544,5	1,86	187,9	30,0	30,9		

Tabela B 5- Resultados dos ensaios de densidade e absorção inicial fabricante 5

FABRICANTE 5															
Amos- tra	m_u (g)	m_a (g)	m_f (g)	H (mm)	C (mm)	L (mm)	m_s (g)	A_b (cm ²)	V (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	A_{liq} (cm ²)	Δp (g)	AAI (g/194cm ²)/min	Média γ_h (g/cm ³)	Média AAI
01	7488,0	3994,0	6577,5	188,3	289,0	140,3	6548,0	405,5	3494,0	1,87	185,5	29,5	30,8	1,82	16,12
02	7617,0	4077,0	6701,0	188,0	289,9	140,8	6669,0	408,1	3540,0	1,88	188,3	32,0	32,9		
03	7569,0	4037,0	6633,0	188,6	289,5	140,2	6603,0	405,8	3532,0	1,87	187,3	30,0	31,0		
04	7572,5	4042,5	6635,0	188,7	289,6	140,0	6608,0	405,4	3530,0	1,87	187,1	27,0	27,9		
05	7517,5	4004,5	6561,0	187,7	289,7	141,0	6538,5	408,6	3513,0	1,86	187,1	22,5	23,3		
06	7588,0	4043,5	6637,0	188,6	289,4	140,2	6607,0	405,6	3544,5	1,86	187,9	30,0	30,9		

Tabela B 6- Resultados dos ensaios de densidade e absorção inicial fabricante 6

FABRICANTE 6															
Amos- tra	m_u (g)	m_a (g)	m_f (g)	H (mm)	C (mm)	L (mm)	m_s (g)	A_b (cm ²)	V (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	A_{liq} (cm ²)	Δp (g)	AAI (g/194cm ²)/min	Média γ_h (g/cm ³)	Média AAI
01	6868,0	3627,5	6011,0	188,4	293,0	142,4	5992,0	417,2	3240,5	1,85	172,0	19,0	21,4	1,85	21,25
02	6881,0	3648,0	6030,0	188,1	292,8	142,1	6007,5	416,2	3233,0	1,86	171,9	22,5	25,3		
03	6891,5	3632,5	6019,0	190,2	293,0	142,5	6001,0	417,5	3259,0	1,84	171,3	18,0	20,3		
04	6819,5	3607,5	5985,5	187,3	292,3	142,1	5975,5	415,3	3212,0	1,86	171,5	10,0	11,3		
05	6807,0	3599,0	5942,5	188,1	293,0	142,7	5924,5	418,0	3208,0	1,85	170,5	18,0	20,4		
06	6860,0	3625,0	6038,5	188,4	292,5	141,9	6013,0	414,9	3235,0	1,86	171,7	25,5	28,7		

Tabela B 7- Resultados dos ensaios de densidade e absorção inicial fabricante 7

FABRICANTE 7															
Amos- tra	m_u (g)	m_a (g)	m_f (g)	H (mm)	C (mm)	L (mm)	m_s (g)	A_b (cm ²)	V (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	A_{liq} (cm ²)	Δp (g)	AAI (g/194cm ²)/min	Média γ_h (g/cm ³)	Média AAI
01	6394,0	3377,0	5438,5	187,3	288,3	140,3	5414,0	404,6	3017,0	1,79	161,1	24,5	29,4	1,81	27,43
02	6383,5	3375,0	5432,0	186,5	288,7	140,2	5412,0	404,9	3008,5	1,80	161,3	20,0	24,0		
03	6385,0	3375,0	5442,0	188,3	288,0	139,8	5421,0	402,7	3010,0	1,80	159,9	21,0	25,4		
04	6465,0	3434,5	5575,0	187,4	288,8	140,6	5548,0	406,1	3030,5	1,83	161,7	27,0	32,3		
05	6340,5	3351,5	5429,0	187,0	288,0	140,2	5407,0	403,8	2989,0	1,81	159,8	22,0	26,6		
06	6320,5	3338,0	5402,5	187,4	288,1	139,5	5380,5	401,9	2982,5	1,80	159,2	22,0	26,7		

Tabela B 8- Resultados dos ensaios de densidade e absorção inicial fabricante 8

FABRICANTE 8															
Amos- tra	m_u (g)	m_a (g)	m_f (g)	H (mm)	C (mm)	L (mm)	m_s (g)	A_b (cm ²)	V (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	A_{liq} (cm ²)	Δp (g)	AAI (g/194cm ²)/min	Média γ_h (g/cm ³)	Média AAI
01	2877,0	1556,5	2683,0	190,8	189,6	91,9	2674,0	174,1	1320,5	2,02	69,2	9,0	10,0	2,01	9,51
02	2857,5	1543,0	2658,0	191,7	189,2	90,5	2649,5	171,2	1314,5	2,02	68,6	8,5	9,6		
03	2864,0	1552,0	2663,0	191,4	188,1	91,9	2654,0	172,9	1312,0	2,02	68,5	9,0	10,1		
04	2808,0	1518,0	2607,0	189,6	188,7	90,4	2599,5	170,5	1290,0	2,02	68,0	7,5	8,5		
05	2951,5	1595,5	2738,5	190,6	189,2	91,8	2730,0	173,7	1356,0	2,01	71,1	8,5	9,5		
06	3006,0	1630,5	2755,0	190,6	190,6	91,7	2746,5	174,9	1375,5	2,00	72,2	8,5	9,4		

Tabela B 9- Resultados dos ensaios de densidade e absorção inicial fabricante 9

FABRICANTE 9															
Amos- tra	m_u (g)	m_a (g)	m_f (g)	H (mm)	C (mm)	L (mm)	m_s (g)	A_b (cm ²)	V (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	A_{liq} (cm ²)	Δp (g)	AAI (g/194cm ²)/min	Média γ_h (g/cm ³)	Média AAI
01	2534,5	1332,5	2189,5	18,92	19,20	8,83	2175,0	169,6	1202,0	1,81	63,5	14,5	16,55	1,80	16,27
02	2480,5	1291,0	2147,5	18,82	19,18	8,81	2134,5	168,9	1189,5	1,79	63,2	13,0	14,90		
03	2585,0	1341,5	2209,0	19,05	18,76	8,88	2198,0	166,7	1243,5	1,77	65,3	11,0	12,78		
04	2542,0	1335,0	2209,5	18,85	19,14	8,89	2192,0	170,1	1207,0	1,82	64,0	17,5	19,92		
05	2537,5	1335,5	2207,5	18,88	19,45	8,88	2191,5	172,6	1202,0	1,82	63,7	16,0	17,94		
06	2555,5	1339,5	2202,0	19,00	18,84	8,94	2188,5	168,3	1216,0	1,80	64,0	13,5	15,52		

Tabela B 10- Resultados dos ensaios de densidade e absorção inicial fabricante 10

FABRICANTE 10															
Amostra	m_u (g)	m_a (g)	m_f (g)	H (mm)	C (mm)	L (mm)	m_s (g)	A_b (cm ²)	V (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	A_{liq} (cm ²)	Δp (g)	AAI (g/194cm ²)/min	Média γ_h (g/cm ³)	Média AAI
01	5692,5	3070,0	5011,5	19,05	29,10	14,05	5000,5	408,8	2622,5	1,91	137,7	11,0	15,47	1,91	15,14
02	5664,0	3049,0	4983,0	19,06	29,20	14,14	4973,0	412,8	2615,0	1,90	137,2	10,0	14,11		
03	5771,0	3117,0	5106,5	19,11	29,12	14,09	5096,5	410,2	2654,0	1,92	138,9	10,0	13,94		
04	5714,0	3063,5	5037,0	18,97	29,20	14,16	5022,0	413,6	2650,5	1,89	139,7	15,0	20,78		
05	5769,0	3117,0	5096,0	19,10	29,32	14,16	5086,0	415,2	2652,0	1,92	138,8	10,0	13,94		
06	5711,5	3080,5	5045,0	19,03	29,30	14,01	5036,0	410,5	2631,0	1,91	138,3	9,0	12,60		

5.4 APÊNDICE C

Tabela C 1- Resultado de resistência de aderência do fabricante 1

FABRICANTE 1		
Amostra	VALOR DE RUPTURA (MPa)	TIPO DE RUPTURA
01	0,36	interface chapisco bloco
02	0,53	70% interf bloco chapisco 30% interf argamassa chapisco
03	0,13	no bloco
04	0,40	90% interface arg/chap 10% no chapisco
05	0,61	30% interface chapisco bloco 70% interface chapisco argamassa
06	0,51	na argamassa
07	0,47	na argamassa
08	0,69	na argamassa
09	0,34	interface chapisco argamassa
10	0,74	interface chapisco argamassa
11	0,57	interface chapisco bloco
12	0,38	interface chapisco argamassa

Tabela C 2- Resultado de resistência de aderência do fabricante 2

FABRICANTE 2		
Amostra	VALOR DE RUPTURA (MPa)	TIPO DE RUPTURA
01	0,17	interface chapisco argamassa
02	0,25	interface chapisco argamassa
03	0,48	interface argamassa chapisco 70% e na argamassa 30%
04	0,46	interface argamassa chapisco 70% e na argamassa 30%
05	1,00	interface argamassa chapisco 70% e na argamassa 30%
06	1,11	90% argamassa 10% chapisco
07	0,46	10%chapisco 90% interface argamassa chapisco
08	0,59	na argamassa
09	0,36	interface chapisco bloco
10	0,43	interface chapisco argamassa
11	0,15	interface chapisco argamassa
12	0,24	interface chapisco argamassa

Tabela C 3- Resultado de resistência de aderência do fabricante 3

FABRICANTE 3		
Amostra	VALOR DE RUPTURA (MPa)	TIPO DE RUPTURA
01	0,55	interface chapisco argamassa
02	0,54	interface chapisco argamassa
03	0,38	interface chapisco argamassa
04	0,62	90% bloco, 10% interface bloco chapisco
05	0,34	interface chapisco argamassa
06	0,41	interface chapisco argamassa
07	0,92	30% chapisco 70%interface chapisco argamassa
08	0,98	80% interface bloco chapisco 20% chapisco
09	0,51	30% na argamassa 70% interface argamassa chapisco

Tabela C 4- Resultado de resistência de aderência do fabricante 3 (continuação)

10	0,68	no bloco
11	0,67	interface chapisco argamasa
12	0,66	interface chapisco argamasa

Tabela C 5- Resultado de resistência de aderência do fabricante 4

FABRICANTE 4		
Amostra	VALOR DE RUPTURA (MPa)	TIPO DE RUPTURA
01	0,52	interface argamassa chapisco 60% e na argamassa 40%
02	0,62	na argamassa
03	1,02	interface chapisco bloco
04	0,64	interface chapisco argamasa
05	0,50	interface cola argamassa
06	0,50	interface chapisco argamasa
07	0,91	interface chapisco bloco
08	0,36	interface chapisco argamasa
09	0,59	interface chapisco argamasa
10	0,45	interface chapisco argamasa
11	0,45	interface chapisco argamasa
12	0,69	na argamassa

Tabela C 6- Resultado de resistência de aderência do fabricante 5

FABRICANTE 5		
Amostra	VALOR DE RUPTURA (MPa)	TIPO DE RUPTURA
01	0,69	na argamassa
02	0,65	interface chapisco bloco
03	0,48	50% interface chapisco argamassa 50% argamassa
04	0,63	na argamassa
05	0,43	na argamassa

Tabela C 7- Resultado de resistência de aderência do fabricante 5 (continuação)

06	0,63	30% interface bloco chapisco 70% interface argamassa chapisco
07	0,29	interface chapisco argamasa
08	0,41	interface chapisco argamasa
09	0,54	interface chapisco argamasa
10	0,45	interface chapisco bloco
11	0,62	interface argamassa chapisco
12	0,85	na argamassa

Tabela C 8- Resultado de resistência de aderência do fabricante 6

FABRICANTE 6		
Amostra	VALOR DE RUPTURA (MPa)	TIPO DE RUPTURA
01	0,75	na argamassa
02	0,28	40% na argamassa, 60 % interface argamassa chapisco
03	0,28	60% na argamassa, 40% na interface chapisco argamassa
04	0,71	interface chapisco argamasa
05	0,40	interface chapisco argamasa
06	0,85	na argamassa
07	0,47	interface chapisco argamasa
08	1,04	interface cola chapisco
09	0,35	na argamassa
10	0,48	interface chapisco argamasa
11	0,40	na argamassa
12	0,67	interface chapisco argamasa

Tabela C 9- Resultado de resistência de aderência do fabricante 7

FABRICANTE 7		
Amostra	VALOR DE RUPTURA (MPa)	TIPO DE RUPTURA
01	0,23	interface chapisco argamasa
02	0,41	na interface argamassa chapisco 90% e na argamassa 10%
03	0,81	interface chapisco argamasa
04	0,38	interface chapisco argamasa
05	0,45	interface chapisco argamasa
06	0,75	na interface argamassa chapisco 80% e na argamassa 20%
07	0,44	interface chapisco argamasa
08	0,68	interface chapisco argamasa
09	0,83	na interface bloco chapisco 70% e na argamassa 30%
10	0,25	interface chapisco argamasa
11	0,63	interface chapisco argamasa
12	0,70	interface cola argamassa

Tabela C 10- Resultado de resistência de aderência do fabricante 8

FABRICANTE 8		
Amostra	VALOR DE RUPTURA (MPa)	TIPO DE RUPTURA
01	0,76	na argamassa
02	1,23	na argamassa
03	0,73	na argamassa
04	1,06	na argamassa
05	0,65	na argamassa
06	0,81	na argamassa
07	1,03	na argamassa
08	0,94	na argamassa
09	0,77	na argamassa

Tabela C 11- Resultado de resistência de aderência do fabricante 8 (continuação)

10	0,91	na argamassa
11	0,82	na argamassa
12	0,87	na argamassa

Tabela C 12- Resultado de resistência de aderência do fabricante 9

FABRICANTE 9		
Amostra	VALOR DE RUPTURA (MPa)	TIPO DE RUPTURA
01	0,18	na argamassa
02	0,70	na argamassa
03	0,54	na argamassa
04	0,11	na argamassa
05	0,42	na argamassa
06	0,74	na argamassa
07	0,38	na argamassa
08	0,75	na argamassa
09	0,38	na argamassa
10	0,65	na argamassa
11	0,71	na argamassa
12	0,70	na argamassa

Tabela C 13- Resultado de resistência de aderência do fabricante 10

FABRICANTE 10		
Amostra	VALOR DE RUPTURA (MPa)	TIPO DE RUPTURA
01	0,69	interface chapisco bloco
02	0,66	interface chapisco bloco
03	0,74	80% interface chapisco bloco
04	0,42	interface chapisco bloco

Tabela C 14- Resultado de resistência de aderência do fabricante 10 (continuação)

05	0,50	interface chapisco bloco
06	0,36	80% interface chapisco bloco 20% interface argamassa chapisco
07	0,70	interface chapisco argamassa
08	0,58	na argamassa
09	0,64	50 % interface chapisco bloco e 50% na argamassa
10	0,15	interface chapisco argamassa
11	0,35	interface bloco chapisco
12	0,38	interface bloco chapisco

5.5 APÊNDICE D

Tabela D 1- Resultados de resistência a abrasão fabricante 1

FABRICANTE 1					
Amostra	Ccav (mm)	senα	α rad	α (graus)	V (mm³)
01	51,2	0,5	0,5	30,8	1257,9
02	51,8	0,5	0,5	31,2	1315,1
03	57,4	0,6	0,6	35,0	1854,7
04	51,0	0,5	0,5	30,7	1245,7
05	52,9	0,5	0,6	31,9	1402,5

Tabela D 2- Resultados de resistência a abrasão fabricante 2

FABRICANTE 2					
Amostra	Ccav (mm)	senα	α (rad)	α (graus)	V (mm³)
01	40,0	0,4	0,4	23,6	566,3
02	43,8	0,4	0,5	26,0	757,1
03	45,3	0,5	0,5	26,9	842,6
04	41,9	0,4	0,4	24,8	655,7
05	44,1	0,4	0,5	26,1	772,3

Tabela D 3- Resultados de resistência a abrasão fabricante 3

FABRICANTE 3					
Amostra	Ccav (mm)	sen α	α (rad)	α (graus)	V (mm ³)
01	66,1	0,7	0,7	41,4	3034,3
02	66,1	0,7	0,7	41,4	3034,3
03	67,1	0,7	0,7	42,1	3207,4
04	66,4	0,7	0,7	41,6	3092,7
05	57,9	0,6	0,6	35,4	1914,0

Tabela D 4- Resultados de resistência a abrasão fabricante 4

FABRICANTE 4					
Amostra	Ccav (mm)	sen α	α (rad)	α (graus)	V (mm ³)
01	47,2	0,5	0,5	28,2	968,1
02	48,1	0,5	0,5	28,7	1024,9
03	46,1	0,5	0,5	27,4	892,0
04	46,2	0,5	0,5	27,5	898,4
05	45,7	0,5	0,5	27,2	871,4

Tabela D 5- Resultados de resistência a abrasão fabricante 5

FABRICANTE 5					
Amostra	Ccav (mm)	sen α	α (rad)	α (graus)	V (mm ³)
01	49,5	0,5	0,5	29,7	1130,9
02	48,3	0,5	0,5	28,9	1043,9
03	52,9	0,5	0,6	32,0	1410,5
04	48,2	0,5	0,5	28,8	1034,8
05	51,0	0,5	0,5	30,7	1245,7

Tabela D 6- Resultados de resistência a abrasão fabricante 6

FABRICANTE 6					
Amostra	Ccav (mm)	senα	α (rad)	α (graus)	V (mm³)
01	57,0	0,6	0,6	34,7	1805,6
02	58,4	0,6	0,6	35,7	1963,1
03	59,0	0,6	0,6	36,1	2035,8
04	57,0	0,6	0,6	34,8	1812,1
05	64,3	0,6	0,7	40,0	2749,7

Tabela D 7- Resultados de resistência a abrasão fabricante 7

FABRICANTE 7					
Amostra	Ccav (mm)	senα	α (rad)	α (graus)	V (mm³)
01	46,9	0,5	0,5	28,0	944,9
02	44,4	0,4	0,5	26,3	788,9
03	47,7	0,5	0,5	28,5	1000,0
04	45,5	0,5	0,5	27,1	857,2
05	44,7	0,4	0,5	26,6	810,5

Tabela D 8- Resultados de resistência a abrasão fabricante 8

FABRICANTE 8					
Amostra	Ccav (mm)	senα	α (rad)	α (graus)	V (mm³)
01	59,5	0,6	0,6	36,5	2092,3
02	58,3	0,6	0,6	35,7	1958,5
03	55,3	0,6	0,6	33,6	1632,2
04	59,1	0,6	0,6	36,3	2053,7
05	57,5	0,6	0,6	35,1	1859,1

Tabela D 9- Resultados de resistência a abrasão fabricante 9

FABRICANTE 9					
Amostra	Ccav (mm)	senα	α (rad)	α (graus)	V (mm³)
01	54,9	0,5	0,6	33,3	1593,6
02	58,5	0,6	0,6	35,8	1981,7
03	49,0	0,5	0,5	29,3	1087,8
04	57,8	0,6	0,6	35,3	1899,3
05	55,2	0,6	0,6	33,5	1621,2

Tabela D 10- Resultados de resistência a abrasão fabricante 10

FABRICANTE 10					
Amostra	Ccav (mm)	senα	α (rad)	α (graus)	V (mm³)
01	51,9	0,5	0,5	31,2	1317,7
02	57,8	0,6	0,6	35,3	1902,7
03	49,7	0,5	0,5	29,8	1145,2
04	51,8	0,5	0,5	31,2	1307,5
05	55,7	0,6	0,6	33,8	1669,4

5.6 APÊNDICE E

Tabela E 1- Resultados resistência a compressão fabricante 1

FABRICANTE 1		
Peça	f A bruta (Mpa)	f A líquida (Mpa)
01	14,3	35,0
02	14,0	34,1
03	12,7	31,0
04	11,0	26,7
05	8,9	21,8
06	11,9	29,0
07	13,8	33,6
08	12,1	29,6
09	13,2	32,3
10	15,0	36,6
11	16,0	39,1
12	12,3	29,9
13	15,5	37,8

Tabela E 2- Resultados resistência a compressão fabricante 2

FABRICANTE 2		
Peça	f A bruta (Mpa)	f A líquida (Mpa)
01	12,4	26,2
02	15,4	32,5
03	16,3	34,2
04	13,0	27,3
05	15,5	32,6
06	12,0	25,2
07	15,4	32,5
08	13,5	28,4
09	13,8	29,0
10	15,9	33,4
11	15,5	32,7
12	12,6	26,5
13	14,1	29,7

Tabela E 3- Resultados resistência a compressão fabricante 3

FABRICANTE 3		
Peça	f A bruta (Mpa)	f A líquida (Mpa)
01	7,9	19,4
02	7,6	18,6
03	5,7	14,1
04	7,5	18,4
05	7,4	18,2
06	7,8	19,2
07	6,6	16,2
08	8,4	20,6
09	6,7	16,5
10	7,4	18,0
11	7,9	19,3
12	7,0	17,0
13	6,8	16,7

Tabela E 4- Resultados resistência a compressão fabricante 4

FABRICANTE 4		
Peça	f A bruta (Mpa)	f A líquida (Mpa)
01	11,8	25,5
02	11,6	25,1
03	12,5	27,2
04	12,9	28,0
05	13,4	29,1
06	11,1	24,1
07	12,0	26,0
08	13,1	28,4
09	11,5	24,9
10	10,7	23,3
11	10,9	23,7
12	13,2	28,7
13	13,6	29,5

Tabela E 5- Resultados resistência a compressão fabricante 5

FABRICANTE 5		
Peça	f A bruta (Mpa)	f A líquida (Mpa)
01	12,2	30,9
02	12,0	30,1
03	12,6	31,7
04	12,3	31,0
05	11,8	29,8
06	11,1	28,0
07	16,1	40,6
08	12,5	31,6
09	12,6	31,9
10	13,1	32,9
11	13,7	34,6
12	13,5	34,1
13	12,7	32,1

Tabela E 6- Resultados resistência a compressão fabricante 6

FABRICANTE 6		
Peça	f A bruta (Mpa)	f A líquida (Mpa)
01	8,3	20,1
02	10,4	25,3
03	9,4	22,9
04	10,6	25,7
05	9,4	22,8
06	10,5	25,6
07	9,8	23,7
08	10,9	26,4
09	10,2	24,9
10	9,6	23,3
11	10,3	25,1
12	10,2	24,7
13	9,4	22,8

Tabela E 7- Resultados resistência a compressão fabricante 7

FABRICANTE 7		
Amostra	f A bruta (Mpa)	f A líquida (Mpa)
01	10,8	27,2
02	12,9	32,5
03	13,6	34,1
04	12,2	30,6
05	12,4	31,2
06	13,8	34,8
07	12,9	32,5
08	14,4	36,1
09	15,5	39,0
10	15,7	39,5
11	14,2	35,6
12	14,6	36,8
13	13,6	34,3

Tabela E 8 Resultados resistência a compressão fabricante 8

FABRICANTE 8		
Amostra	f A bruta (Mpa)	f A líquida (Mpa)
01	9,1	22,6
02	9,7	24,2
03	9,1	22,6
04	9,7	24,2
05	9,1	22,6
06	9,7	24,2
07	9,1	22,6
08	9,7	24,2
09	9,1	22,6
10	9,7	24,2
11	9,1	22,6
12	9,7	24,2
13	9,1	22,6

Tabela E 9- Resultados resistência a compressão fabricante 9

FABRICANTE 9		
Amostra	f A bruta (Mpa)	f A líquida (Mpa)
01	6,4	16,9
02	4,8	12,8
03	6,4	16,9
04	4,8	12,8
05	6,4	16,9
06	4,8	12,8
07	6,4	16,9
08	4,8	12,8
09	6,4	16,9
10	4,8	12,8
11	6,4	16,9
12	4,8	12,8
13	6,4	16,9

Tabela E 10- Resultados resistência a compressão fabricante 10

FABRICANTE 10		
Amostra	f A bruta (Mpa)	f A líquida (Mpa)
01	5,6	16,7
02	9,7	28,7
03	6,2	18,5
04	4,4	13,0
05	6,5	19,4
06	3,8	11,4
07	8,7	25,9
08	5,0	14,9
09	4,5	13,3
10	7,9	23,4
11	3,7	10,9
12	7,8	23,1
13	4,0	11,9

5.7 APÊNDICE F

Densidade sem parafina

Tabela F 1- Resultados densidade sem parafina fabricante 1

FABRICANTE 1							
Peça	ms (g)	mi (g)	mu (g)	Vs (cm ³)	Vu (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	39,4	24,4	46,5	15,0	22,2	1,78	1,78
02	40,4	25,1	48,2	15,3	23,2	1,75	
03	41,5	25,8	49,1	15,7	23,3	1,78	
04	42,7	26,5	50,4	16,3	24,0	1,79	
05	42,2	26,1	50,0	16,1	23,9	1,77	
06	42,2	26,1	49,8	16,0	23,6	1,79	

Tabela F 2- Resultados densidade sem parafina fabricante 2

FABRICANTE 2							
Peça	ms (g)	mi (g)	mu (g)	Vs (cm ³)	Vu (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	47,3	29,5	54,4	17,9	25,0	1,90	1,91
02	50,6	31,4	58,0	19,2	26,6	1,91	
03	51,6	32,1	59,3	19,5	27,1	1,91	
04	53,4	33,1	61,0	20,2	27,9	1,92	
05	46,9	29,2	53,7	17,7	24,6	1,91	
06	51,2	31,9	58,8	19,4	27,0	1,90	

Tabela F 3- Resultados densidade sem parafina fabricante 3

FABRICANTE 3							
Peça	ms (g)	mi (g)	mu (g)	Vs (cm ³)	Vu (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	34,6	21,4	42,4	13,1	21,0	1,65	1,65
02	35,4	21,8	43,5	13,6	21,7	1,64	
03	35,2	21,9	43,3	13,4	21,4	1,65	
04	34,4	21,2	42,1	13,2	21,0	1,64	
05	33,0	20,5	40,6	12,5	20,1	1,64	
06	35,2	21,9	43,2	13,3	21,3	1,65	

Tabela F 4- Resultados densidade sem parafina fabricante 4

FABRICANTE 4							
Peça	ms (g)	mi (g)	mu (g)	Vs (cm ³)	Vu (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	44,3	27,0	50,4	17,3	23,4	1,90	1,88
02	45,9	28,1	52,6	17,8	24,5	1,88	
03	45,5	27,9	52,3	17,7	24,4	1,87	
04	46,3	28,4	53,1	18,0	24,8	1,88	
05	46,3	28,4	53,1	18,0	24,7	1,88	
06	45,2	27,7	52,1	17,5	24,4	1,86	

Tabela F 5- Resultados densidade sem parafina fabricante 5

FABRICANTE 5							
Peça	ms (g)	mi (g)	mu (g)	Vs (cm ³)	Vu (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	37,8	23,5	44,4	14,4	20,9	1,81	1,81
02	37,1	23,0	43,6	14,1	20,6	1,81	
03	39,0	24,2	45,9	14,8	21,6	1,81	
04	32,4	20,0	37,9	12,3	17,9	1,81	
05	33,1	20,5	38,9	12,6	18,4	1,80	
06	33,9	20,7	39,5	13,1	18,7	1,81	

Tabela F 6- Resultados densidade sem parafina fabricante 6

FABRICANTE 6							
Peça	ms (g)	mi (g)	mu (g)	Vs (cm ³)	Vu (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	40,2	23,9	45,6	16,2	21,6	1,86	1,86
02	39,4	23,8	45,1	15,6	21,2	1,86	
03	42,9	25,7	48,8	17,1	23,1	1,86	
04	41,1	25,0	47,2	16,2	22,2	1,86	
05	43,3	25,9	49,3	17,4	23,4	1,86	
06	39,8	24,0	45,4	15,7	21,4	1,86	

Tabela F 7- Resultados densidade sem parafina fabricante 7

FABRICANTE 7							
Peça	ms (g)	mi (g)	mu (g)	Vs (cm ³)	Vu (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	34,7	21,7	41,1	13,0	19,3	1,80	1,80
02	32,8	20,4	38,7	12,4	18,2	1,80	
03	33,2	20,8	39,3	12,4	18,5	1,80	
04	35,7	22,2	42,0	13,5	19,8	1,81	
05	33,4	20,9	39,4	12,5	18,6	1,80	
06	33,1	20,6	39,1	12,5	18,5	1,80	

Tabela F 8- Resultados densidade sem parafina fabricante 8

FABRICANTE 8							
Peça	ms (g)	mi (g)	mu (g)	Vs (cm ³)	Vu (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	39,5	23,2	43,0	16,3	19,8	2,00	2,00
02	39,3	23,2	43,1	16,1	19,9	1,98	
03	42,2	24,7	45,7	17,5	21,1	2,01	
04	41,8	24,6	45,2	17,3	20,7	2,03	
05	41,6	24,4	45,2	17,2	20,8	2,00	
06	40,0	23,2	43,2	16,8	20,0	2,00	

Tabela F 9- Resultados densidade sem parafina fabricante 4

FABRICANTE 9							
Peça	ms (g)	mi (g)	mu (g)	Vs (cm ³)	Vu (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	32,0	19,7	37,7	12,3	18,0	1,79	1,79
02	31,2	19,0	36,4	12,2	17,4	1,80	
03	33,1	20,1	38,2	13,0	18,1	1,84	
04	32,3	19,9	38,0	12,4	18,2	1,78	
05	33,2	20,5	39,2	12,7	18,7	1,78	
06	34,7	21,3	41,2	13,4	19,9	1,75	

Tabela F 10- Resultados densidade sem parafina fabricante 4

FABRICANTE 10							
Peça	ms (g)	mi (g)	mu (g)	Vs (cm ³)	Vu (cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	35,7	21,9	40,7	13,7	18,8	1,90	1,91
02	34,3	21,1	39,1	13,2	18,0	1,91	
03	34,2	21,1	39,1	13,2	18,1	1,90	
04	34,5	21,2	39,4	13,3	18,2	1,90	
05	37,0	22,6	41,9	14,4	19,3	1,92	
06	34,1	21,0	39,0	13,1	18,0	1,90	

Densidade com parafina

Tabela F 11- Resultados densidade com parafina fabricante 1

FABRICANTE 1						
Peça	ms (g)	mi (g)	mp (g)	Vs(cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	39,2	17,6	46,5	20,9	1,88	1,95
02	40,5	18,3	44,6	21,8	1,86	
03	41,5	21,4	45,9	19,7	2,11	
04	42,7	18,8	46,6	23,5	1,82	
05	42,3	20,2	46,5	21,5	1,96	
06	42,2	21,2	45,5	20,7	2,04	

Tabela F 12- Resultados densidade com parafina fabricante 2

FABRICANTE 2						
Peça	ms (g)	mi (g)	mp (g)	Vs(cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	47,3	21,9	54,3	24,7	1,92	1,88
02	50,6	23,4	58,4	26,3	1,92	
03	51,5	20,7	73,3	28,3	1,82	
04	53,3	24,3	65,2	27,6	1,93	
05	46,9	20,6	58,2	24,9	1,88	
06	51,2	21,4	65,3	28,2	1,82	

Tabela F 13- Resultados densidade com parafina fabricante 3

FABRICANTE 3						
Peça	ms (g)	mi (g)	mp (g)	Vs(cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	34,6	14,4	37,9	19,8	1,74	1,71
02	35,4	12,3	52,9	21,0	1,68	
03	35,3	12,2	44,1	22,0	1,60	
04	34,3	11,5	44,5	21,7	1,58	
05	33,0	14,7	35,9	18,0	1,83	
06	35,2	14,8	45,4	19,3	1,83	

Tabela F 14- Resultados densidade com parafina fabricante 4

FABRICANTE 4						
Peça	ms (g)	mi (g)	mp (g)	Vs(cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	44,3	22,3	46,7	21,7	2,04	1,98
02	45,9	22,9	48,9	22,7	2,02	
03	45,5	20,2	54,9	24,2	1,88	
04	46,3	23,3	49,7	22,6	2,05	
05	46,3	20,9	58,1	24,1	1,92	
06	45,2	21,7	48,1	23,3	1,94	

Tabela F 15- Resultados densidade com parafina fabricante 5

FABRICANTE 5						
Peça	ms (g)	mi (g)	mp (g)	Vs(cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	37,9	18,4	39,7	19,3	1,96	2,03
02	37,2	18,1	38,8	18,9	1,97	
03	39,0	19,6	42,7	19,0	2,05	
04	32,4	16,2	35,0	15,9	2,04	
05	33,1	16,8	36,5	16,0	2,07	
06	33,9	17,2	38,1	16,2	2,09	

Tabela F 16- Resultados densidade com parafina fabricante 6

FABRICANTE 6						
Peça	ms (g)	mi (g)	mp (g)	Vs(cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	40,2	19,4	41,3	20,6	1,95	1,99
02	39,5	19,1	41,9	20,1	1,96	
03	42,9	21,2	44,6	21,5	1,99	
04	41,2	20,4	43,2	20,6	2,00	
05	43,3	21,7	45,4	21,4	2,03	
06	39,8	19,7	41,4	19,9	2,00	

Tabela F 17- Resultados densidade com parafina fabricante 7

FABRICANTE 7						
Peça	ms (g)	mi (g)	mp (g)	Vs(cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	34,8	17,0	37,8	17,4	2,00	2,04
02	32,8	17,6	36,8	14,8	2,23	
03	33,2	16,2	35,8	16,8	1,98	
04	35,7	17,4	38,9	18,0	1,99	
05	33,4	15,4	38,2	17,5	1,91	
06	33,1	17,2	36,1	15,7	2,11	

Tabela F 18- Resultados densidade com parafina fabricante 8

FABRICANTE 8						
Peça	ms (g)	mi (g)	mp (g)	Vs(cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	39,6	21,0	42,4	18,2	2,17	2,10
02	39,3	20,2	40,1	19,1	2,06	
03	42,2	21,4	44,5	20,6	2,05	
04	41,9	21,4	44,2	20,2	2,07	
05	41,6	21,8	43,2	19,6	2,12	
06	40,0	20,8	41,7	19,0	2,10	

Tabela F 19- Resultados densidade com parafina fabricante 9

FABRICANTE 9						
Peça	ms (g)	mi (g)	mp (g)	Vs(cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	32,1	14,2	35,5	17,5	1,83	1,91
02	31,2	14,4	33,2	16,6	1,88	
03	33,2	16,4	37,4	16,2	2,04	
04	32,3	15,4	41,4	15,8	2,04	
05	33,3	13,7	41,5	18,7	1,78	
06	34,8	16,1	37,7	18,3	1,90	

Tabela F 20- Resultados densidade com parafina fabricante 10

FABRICANTE 10						
Peça	ms (g)	mi (g)	mp (g)	Vs(cm ³)	γ_h (g/cm ³)	Média
01	35,7	18,4	37,9	17,1	2,09	2,06
02	34,4	17,0	36,5	17,1	2,01	
03	34,3	16,9	36,3	17,2	1,99	
04	34,5	17,2	37,6	17,0	2,03	
05	36,9	18,9	41,5	17,6	2,10	
06	34,2	17,5	38,1	16,2	2,11	

5.8 APÊNDICE G

Tabela G 1- Área Líquida Fabricante 1

Fabricante 1		
Peça	Aliq (cm ²)	Aliq (cm ²) (medida geometrica)
01	169,5	208,9
02	168,7	203,2
03	168,0	201,9
04	166,6	202,6
05	167,3	201,1
06	165,6	198,9
Média	167,6	202,2
Desv. Pad.	1,3	3,1

Tabela G 2- Área Líquida Fabricante 2

Fabricante 2		
Peça	Aliq (cm ²)	Aliq (cm ²) (medida geometrica)
01	198,4	214,9
02	198,3	212,0
03	199,8	203,1
04	198,8	214,8
05	199,4	211,4
06	199,7	209,3
Média	199,1	211,7
Desv. Pad.	0,6	4,0

Tabela G 3- Área Líquida Fabricante 3

Fabricante 3		
Peça	Aliq (cm ²)	Aliq (cm ²) (medida geometrica)
01	164,2	202,0
02	163,6	199,8
03	168,7	202,2
04	165,8	201,7
05	164,3	201,8
06	165,8	204,3
Média	165,0	201,9
Desv. Pad.	1,7	1,3

Tabela G 4- Área Líquida Fabricante 4

Fabricante 4		
Peça	Aliq (cm ²)	Aliq (cm ²) (medida geometrica)
01	185,6	200,3
02	188,3	199,9
03	187,3	197,9
04	187,1	200,9
05	187,1	195,7
06	188,0	200,2
Média	187,2	200,0
Desv. Pad.	0,9	1,8

Tabela G 5- Área Líquida Fabricante 5

Fabricante 5		
Peça	Aliq (cm ²)	Aliq (cm ²) (medida geometrica)
01	158,9	187,1
02	163,9	184,1
03	157,7	176,6
04	156,6	183,0
05	165,2	178,3
06	165,6	181,7
Média	161,4	182,4
Desv. Pad.	3,7	3,5

Tabela G 6- Área Líquida Fabricante 6

Fabricante 6		
Peça	Aliq (cm ²)	Aliq (cm ²) (medida geometrica)
01	172,0	167,4
02	171,9	170,1
03	171,3	170,3
04	171,5	168,4
05	170,5	169,8
06	171,7	171,7
Média	171,6	170,0
Desv. Pad.	0,5	1,4

Tabela G 7- Área Líquida Fabricante 7

Fabricante 7		
Peça	Aliq (cm ²)	Aliq (cm ²) (medida geometrica)
01	161,1	198,4
02	161,3	190,2
03	159,9	189,8
04	161,7	190,7
05	159,8	190,6
06	159,2	187,6
Média	160,5	190,4
Desv. Pad.	0,9	3,4

Tabela G 8- Área Líquida Fabricante 10

Fabricante 10		
Peça	Aliq (cm ²)	Aliq (cm ²) (medida geometrica)
01	137,7	155,2
02	137,2	150,4
03	138,9	155,4
04	139,7	152,8
05	138,8	150,0
06	138,3	158,2
Média	138,6	154,0
Desv. Pad.	0,8	2,9