

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALLAN MOREIRA LUCAS DE LACERDA

**ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO A PARTIR DA VARIAÇÃO DO CIMENTO**

JOÃO PESSOA

2016

ALLAN MOREIRA LUCAS DE LACERDA

**ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO A PARTIR DA VARIAÇÃO DO CIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Normado Perazzo Barbosa

JOÃO PESSOA

2016

L131e Lacerda, Allan Moreira Lucas de
Estudo Comparativo do Desempenho de Argamassas de
Revestimento a Partir da Variação do Cimento./ Allan Moreira
Lucas de Lacerda, João Pessoa, 2016.

51f.il.:

Orientador Prof. Dr. Normado Perazzo Barbosa

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil)
CGEC./ Centro de Tecnologia / Campus I / Universidade Federal
da Paraíba.

1. Cimento. 2. Argamassa de revestimento. 3. Aderência,
4. Ensaios I. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed:691.32 (043)

FOLHA DE APROVAÇÃO

ALLAN MOREIRA LUCAS DE LACERDA

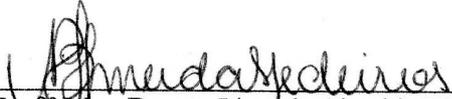
ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO A PARTIR DA VARIAÇÃO DO CIMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso em 21/11/2016 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Normando Perazzo Barbosa
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB



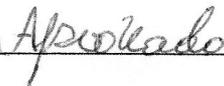


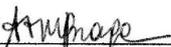
Prof.ª Msc. Brunna Lima de Almeida Victor Medeiros
IFPB





Prof. Msc. Carlos Mavial de Carvalho
UNIPÊ





Profa. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

RESUMO

A argamassa é um dos produtos mais utilizados na construção civil, exercendo diversas funções importantes. Uma dessas funções é o de revestir externamente as edificações, proporcionando segurança e durabilidade. Podendo ser constituída de diversos materiais diferentes, as argamassas possuem o cimento como um dos principais tipos de aglomerante, responsável por conferir propriedades de resistência e durabilidade. No Brasil são muitos os tipos de cimento produzidos, se diferenciando no tipo e na quantidade de adição utilizada. Buscando estabelecer a diferença que os tipos de cimento fornecem as argamassas de revestimento, esse trabalho descreve o estudo de argamassas de revestimento produzidas com quatro tipos de cimento comercializados na cidade de João Pessoa. Os cimentos utilizados foram o CP II Z 32, CP II F 40, CP III 40 e CP V-ARI, onde a partir deles foram preparados quatro traços de argamassa mista de cimento e cal, com proporção 1:1:6. Para conhecer seu desempenho, as argamassas foram submetidas a ensaios de resistência de aderência à tração, resistência superficial, resistência à tração na flexão e resistência a compressão. Os resultados indicam que o tipo de cimento altera as propriedades mecânicas ensaiadas, não mostrando relação entre a aderência à tração e a resistência à tração na flexão e compressão. De todos os cimentos utilizados, a argamassa produzida com cimento CP II F 40 é a que apresenta os melhores desempenhos quando considerados, de forma geral, as propriedades testadas nesse trabalho.

Palavras Chave: Cimento, Argamassa de revestimento, Aderência, Ensaio.

ABSTRACT

The mortar is one of the most used products in construction, exercising several important functions. One of these functions is to externally coat the buildings, providing safety and durability. It can be composed of several different materials, the mortars has cement as a main binder types responsible for conferring resistance and durability properties. In Brazil are many types of cement produced, differing in the type and amount of addition used. Seeking to differentiate the types of cement mortars provide the coating, this paper describes the study of coating mortars made with four types of cement sold in the city of João Pessoa. The cements used were CP II Z 32, CP II F 40, CP III 40 and CP V-ARI, which were prepared from them four strokes of mixed cement and lime mortar, with a ratio of 1:1:6. To meet their performance, mortars were subjected to tensile bond strength testing, surface resistance, tensile strength in bending and compressive strength. The results indicate that the type of cement changes the mechanical properties tested, showing no relation between the adhesion to the traction and the tensile strength in the flexion and compression. Of all the cements used, the mortar produced with CP II F 40 cement is the one that presents the best performances when considering, in a general way, the properties tested in this work.

Keywords: Cement, Mortar Coating, Bond Strength, Testing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Camadas de revestimento em argamassa.....	6
Figura 2 - Painel chapiscado	15
Figura 3 - Cimento CP II Z 32	16
Figura 4 - Cimento CP II F 40.....	17
Figura 5 - Cimento CP III 40	17
Figura 6 - Cimento CP V-ARI	18
Figura 7 - Cal CHI.....	19
Figura 8 - Curva granulométrica do agregado miúdo	20
Figura 9 - Materiais depositados em carrinho de mão	21
Figura 10 - Mistura dos materiais até obtenção de massa homogênea.....	21
Figura 11 - Argamassa pronta para uso.....	22
Figura 12 - Mestras definindo a espessura do painel	22
Figura 13 - Painel finalizado	23
Figura 14 - Fôrmas para moldes de corpos de prova prismáticos	23
Figura 15 - Corpos de prova prismáticos	24
Figura 16 - Painel para ensaio de aderência	25
Figura 17 - Corpo de prova rompido no corpo do emboço após ensaio de aderência.....	26
Figura 18 - Painel para ensaio de resistência superficial.....	27
Figura 19 - Corpo de prova após ensaio de resistência superficial	28
Figura 20 - Ensaio de tração na flexão	29
Figura 21 - Corpos de prova utilizados para ensaio à compressão.....	31

Figura 22 - Ensaio de compressão.....	31
Figura 23 - Resistência de aderência à tração das argamassas variando o tipo do cimento.....	40
Figura 24 - Resistência superficial das argamassas variando o tipo do cimento.....	42
Figura 25 - Resistência à tração na flexão das argamassas variando o tipo do cimento	42
Figura 26 - Resistência à compressão das argamassas variando o tipo do cimento.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Granulometria da areia utilizada para a produção das argamassas	19
Tabela 2 - Diâmetro máximo, módulo de finura e massa específica do agregado miúdo.....	20
Tabela 3 - Resistência de aderência à tração da argamassa produzida com cimento CP II Z 32	33
Tabela 4 - Resistência de aderência à tração da argamassa produzida com cimento CP V-ARI.....	34
Tabela 5 - Resistência de aderência a tração da argamassa produzida com cimento CP III 40	35
Tabela 6 - Resistência de aderência à tração da argamassa produzida com cimento CP II F 40	36
Tabela 7 - Resistência superficial à tração da argamassa produzida com cimento CP II Z 32	37
Tabela 8 - Resistência superficial à tração da argamassa produzida com cimento CP V-ARI.....	37
Tabela 9 - Resistência superficial à tração da argamassa produzida com cimento CP III 40	38
Tabela 10 - Resistência superficial à tração da argamassa produzida com cimento CP II F 40	38
Tabela 11 - Resistência à tração na flexão das argamassas em estudo	39
Tabela 12 - Resistência à compressão das argamassas em estudo	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação do agregado miúdo quanto ao módulo de finura	11
Quadro 2 - Tipos de cimento utilizados	14
Quadro 3 - Resistência mínima de aderência	24
Quadro 4 - Classificação das argamassas de revestimento quanto à aderência a tração	41
Quadro 5 - Classificação das argamassas de revestimento quanto a aderência à tração	41
Quadro 6 - Classificação das argamassas de revestimento quanto à tração na flexão	43
Quadro 7 - Classificação das argamassas de revestimento quanto à tração na flexão	43
Quadro 8 - Classificação das argamassas de revestimento quanto à compressão	44
Quadro 9 - Classificação das argamassas de revestimento quanto à compressão	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVO	2
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1	ARGAMASSA	3
3.1.1	Classificação das argamassas	3
3.2	REVESTIMENTO DE FACHADA EM ARGAMASSA	5
3.3	AGLOMERANTES	6
3.3.1	Cimento	7
3.3.2	Cal.....	8
3.4	AGREGADO MIÚDO – AREIA	10
3.5	ÁGUA DE AMASSAMENTO.....	12
3.6	INFLUÊNCIA DO TIPO DO CIMENTO EM ARGAMASSAS	12
4	METODOLOGIA	14
4.1	OBTENÇÃO DO TRAÇO E DOS TIPOS DE CIMENTO	14
4.2	MATERIAIS COMPONENTES	15
4.2.1	Cimento	15
4.2.2	Cal.....	18
4.2.3	Areia	19
4.3	OBTENÇÃO DAS ARGAMASSAS	20
4.4	EXECUÇÃO DOS PAINÉIS	22
4.5	MOLDAGEM DOS CORPOS PRISMÁTICOS.....	23
4.6	ENSAIOS REALIZADOS	24
4.6.1	Ensaio de resistência de aderência à tração.....	24
4.6.2	Ensaio de resistência de aderência a tração superficial.....	26
4.6.3	Ensaio de tração na flexão.....	28
4.6.4	Ensaio de compressão	30
5	RESULTADOS OBTIDOS	33
5.1	ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	33
5.2	ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO SUPERFICIAL.....	37
5.3	ENSAIO DE TRAÇÃO NA FLEXÃO	39
5.4	ENSAIO DE COMPRESSÃO.....	39

6	ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS.....	40
6.1	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	40
6.2	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO SUPERFICIAL.....	41
6.3	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO	42
6.4	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	43
7	CONCLUSÃO	46
8	BIBLIOGRAFIA.....	48

1 INTRODUÇÃO

A argamassa é um dos produtos de maior utilização na construção, estando presente, entre outras funções, no assentamento de alvenarias e revestimento. Os revestimentos de argamassa são fundamentais para a durabilidade dos edifícios, pois protegem as alvenarias contra intempéries, revestem e absorve as deformações naturais a que as alvenarias estão sujeitas. (HOBOLD FILHO, 2014)

De forma geral, o revestimento de fachada tem como objetivo proporcionar segurança, habitabilidade e durabilidade às edificações. Porém, os problemas referentes aos revestimentos têm sido elevados, principalmente relacionado à aderência argamassa/substrato.

Hoje em dia, tem se empenhado em desenvolver uma melhor avaliação da qualidade dos revestimentos buscando identificar os fatores que afetam o desempenho e a durabilidade dos mesmos, principalmente os aglomerantes e traços utilizados.

Os problemas das argamassas de revestimento podem ser atribuídos a diversos fatores: a não existência de projeto, erros de execução, uso de materiais inadequados e desconhecimento das características dos materiais empregados.

As argamassas podem ser compostas de diversos materiais, onde ao alterarem os materiais constituintes, as suas propriedades e o seu desempenho irão variar substancialmente, tendo em vista todos os fatores envolvidos.

Dentre os materiais que podem compor as argamassas, destaca-se o cimento, aglomerante hidráulico que reage na presença de água, formando uma pasta, que endurece com o tempo, conferindo propriedades de resistência e durabilidade.

Diversos são os tipos de cimento que são fabricados no Brasil, que se diferenciam principalmente na finura, no tipo e na quantidade de adições utilizadas.

Dessa forma, foram visitadas diversas obras na cidade de João Pessoa, onde buscou saber o tipo de cimento utilizado e quais eram os traços e os ensaios que a construtora realizava para avaliar a resistência da argamassa de revestimento. Para o estudo em questão, foram utilizados diferentes tipos de cimento comercializados na cidade com o intuito de comparar seu desempenho quando são utilizados para produzir argamassas para revestimento.

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo a comparação de desempenho de argamassas mistas produzidas com os quatro tipos de cimentos disponíveis no mercado de João Pessoa, considerando-se as resistências de aderência à tração, resistência superficial, resistência à tração na flexão e resistência a compressão.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ARGAMASSA

Argamassa é a mistura de aglomerantes e agregados com água, que possui propriedade de aderência e endurecimento. Revestimento é o recobrimento de uma superfície lisa ou áspera com uma ou mais camadas superpostas de argamassa em espessura uniforme apta a receber uma decoração final.

As argamassas podem ser constituídas por cimento, areia e água. Com o intuito de melhorar suas propriedades, existem casos em que há a adição de cal, saibro ou outros aditivos. Primeiramente elas se apresentam no estado plástico, endurecendo com o tempo, aumentando a durabilidade e resistência (MIRANDA, 2009).

3.1.1 Classificação das argamassas

Carasek (2007) classifica as argamassas segundo a natureza do aglomerante, tipo do aglomerante, número de aglomerantes, consistência, plasticidade, densidade da massa, forma de preparo ou fornecimento, e quanto à função da argamassa.

3.1.1.1 Quanto à natureza do aglomerante

Segundo essa classificação, as argamassas podem ser aéreas ou hidráulicas. As argamassas aéreas são aquelas formadas por cal aérea e gesso, enquanto que as hidráulicas são constituídas de cal ou cimento.

3.1.1.2 Quanto ao tipo de aglomerante

As argamassas podem ser classificadas a partir do tipo de aglomerante utilizado para sua produção, podendo ser constituído por cal, cimento, cimento e cal, gesso, cal e gesso.

3.1.1.3 Quanto ao número de aglomerantes

De acordo com a quantidade de aglomerantes utilizados, as argamassas podem ser classificadas em simples ou mistas. Simples quando é utilizado apenas um tipo de aglomerante, como uma argamassa de cimento, por exemplo. Mista é quando a argamassa é constituída de dois ou mais aglomerantes, como por exemplo, as argamassas de cimento e cal.

3.1.1.4 Quanto à consistência

Em relação à consistência, as argamassas podem ser classificadas em: seca, plástica ou fluida. Argamassa de consistência seca é aquela que é necessário aplicar uma energia significativa para poder conformá-la em sua forma final, existindo atrito entre as partículas, resultando em uma massa áspera. Argamassa plástica é aquela que possui certa trabalhabilidade que com pequeno esforço atinge a forma desejada. A argamassa fluida são as que auto nivelam, não necessitando de qualquer esforço além da gravidade para sua aplicação.

3.1.1.5 Quanto à plasticidade

Plasticidade é a propriedade que permite a argamassa deformar-se e reter certas deformações após redução das tensões que lhe foram impostas. Segundo esse critério, as argamassas podem ser classificadas em: pobre ou magra, média ou cheia, rica ou gorda. Argamassa pobre ou magra é aquela que é utilizada pouco aglomerante. Rica ou gorda é a argamassa produzida com grande quantidade de aglomerante. O meio termo é a argamassa média ou cheia, que não possui aglomerantes em excesso nem escassez deles.

3.1.1.6 Quanto à densidade de massa

A densidade das argamassas varia com o teor de ar e com a massa específica dos materiais constituintes, principalmente os agregados, podendo essas ser classificadas em: leve, normal ou pesada. Argamassa leve é aquela que possui densidade inferior a $1,40 \text{ g/cm}^3$, argamassa normal possui densidade entre $1,40 \text{ g/cm}^3$ e $2,30 \text{ g/cm}^3$, enquanto que argamassa pesada possui densidade superior a $2,30 \text{ g/cm}^3$.

3.1.1.7 Quanto à forma de preparo ou fornecimento

Podem ser classificadas em: preparada em obra, semipronta, industrializada ou dosada em central. Argamassa preparada em obra é aquela dosada e produzida no canteiro, seja de forma mecânica ou manual. Argamassa semipronta é um aglomerante hidráulico aditivado, onde é necessária apenas a adição de areia e água. Argamassa industrializada é aquela fornecida com a massa pronta e dosada, necessitando apenas a adição de água. Argamassa dosada em central é aquela, como o próprio nome diz, dosadas em centrais e fornecidas à obra por meio de caminhões betoneira, prontas para aplicação.

3.1.1.8 Quanto à função

Construção de alvenaria, no assentamento de elementos que constituem a alvenaria e na fixação, mais conhecida como encunhamento; revestimento de paredes e tetos, usados para chapisco, emboço, reboco e massa única; revestimento de piso, utilizadas para o contrapiso, conhecidas popularmente como farofa; revestimento cerâmico são as argamassas utilizadas para o assentamento de peças cerâmicas e rejuntamento; recuperação de estruturas.

3.2 REVESTIMENTO DE FACHADA EM ARGAMASSA

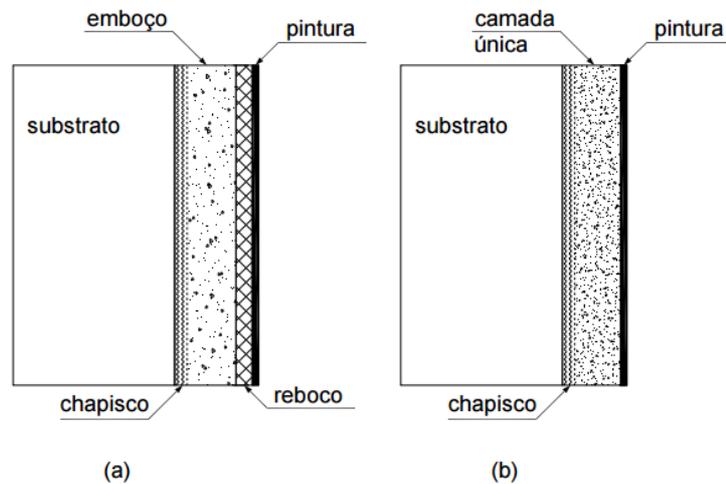
A utilização da argamassa para revestimento de fachada é uma prática comum no mundo todo. Protegendo os elementos de vedação dos edifícios, auxiliando na estanqueidade, isolamento térmico e acústico, regularizando a superfície, além de dar o acabamento final da fachada, as argamassas de revestimento atuam dando uma maior durabilidade a construção (SILVA; FORTES).

Carasek (2007) destaca que as principais funções da argamassa são a proteção da estrutura e dos elementos de vedação, bem como o auxílio na estanqueidade da água e no melhoramento do desempenho térmico e acústico do edifício.

O manual de revestimentos de argamassa afirma que, numericamente, o revestimento externo pode ser responsável por 50% do isolamento acústico e 30% do térmico, se possuir uma espessura de 30 a 40% da alvenaria. Além disso, é responsável por 100% da estanqueidade.

As camadas que compõem o sistema de revestimento em argamassa são: chapisco, emboço e reboco. O chapisco é uma camada fina, composta basicamente de cimento e areia, aplicada diretamente sobre o substrato com o intuito de facilitar a aderência da camada posterior, devido a sua superfície rugosa. O emboço é a segunda camada que serve para regularizar a superfície. O reboco é a última camada, caracterizada por ser de espessura fina e responsável pelo acabamento do revestimento. Hoje em dia, essas duas últimas camadas estão sendo substituída pela chamada massa única, que cumpre função de regularização e de acabamento (SILVA; FORTES). A figura 1 indica essas camadas.

Figura 1 - Camadas de revestimento em argamassa



Fonte: CARASEK (2007)

Dentre as principais propriedades da argamassa, com o intuito de satisfazer as funções já citadas, é possível enumerar:

- trabalhabilidade;
- retração;
- aderência;
- permeabilidade à água;
- resistência mecânica;
- capacidade de absorver deformações.

A resistência mecânica, principal propriedade abordada neste trabalho, diz respeito à propriedade dos revestimentos de desenvolverem um estado de consolidação interna, cuja função é suportar esforços mecânicos, na maioria das vezes, compreendidos em tração, compressão e cisalhamento (CARASEK et al, 2011).

3.3 AGLOMERANTES

Os aglomerantes são materiais que possuem características ligantes, atuando na consolidação dos agregados na argamassa. No Brasil, o cimento portland e cal aérea são os mais utilizados. Dentre as principais características que os aglomerantes fornecem a argamassa, é possível listar: durabilidade, aderência e resistência mecânica (DUBAJ, 2000).

3.3.1 Cimento

A ASTM C 150 define cimento Portland como o produto resultante da moagem de clínqueres, essencialmente constituídos de silicatos de cálcio hidráulicos e uma pequena parcela de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Clínqueres são pequenos nódulos de 5 a 25 mm de diâmetro que é produzido a partir do aquecimento a elevadas temperaturas de uma mistura de matérias-primas de composição pré-definida. Essas matérias primas são o calcário (CaCO_3), dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), sílica (SiO_2), alumina (Al_2O_3), óxido de ferro (Fe_2O_3).

Após a moagem do clínquer, gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é adicionado após a queima, com o intuito de fazer com que a reação de hidratação do cimento, quando em contato com a água, não se dê de forma instantânea.

O cimento Portland é um aglomerante hidráulico, pois apresenta propriedade de aglomeração que é desenvolvida pela reação dos seus constituintes com a água e é a ela resistente.

Os tipos de cimento Portland mais comuns definidos pela ABNT são:

- Cimento Portland comum – CP I;
- Cimento Portland composto – CP II (contém adição de escória, pozolana e fíler);
- Cimento Portland de alto forno – CP III (contém adição de escória de alto forno, tendo um baixo calor de hidratação);
- Cimento Portland Pozolânico – CP IV (contém adição de pozolana tendo um baixo calor de hidratação);
- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial – CP V (contém silicato tricálcico (C3S) em maior quantidade que provoca alta resistência inicial e alto calor de hidratação);

Segundo o manual de revestimento de argamassa, a contribuição do cimento nas propriedades das argamassas está voltada, sobretudo para a resistência mecânica. Além disso, o fato de ser composto por finas partículas contribui para a retenção da água de mistura e para a plasticidade. Se, por um lado, quanto maior a quantidade de cimento presente na mistura, maior é a retração, por outro, maior também será a aderência à base.

Segundo Carasek (1996), a resistência e a aderência são atribuídas ao cimento. A resistência varia com o tipo do cimento, mas pode ser prejudicada pela quantidade de água no

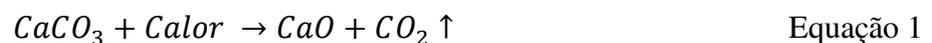
amassamento ou pela presença de elementos nocivos como substâncias orgânicas, cloretos, argila, etc.

A maior qualidade do cimento é sua composição química, porém a finura é de extrema importância, pois quanto maior, maior será sua superfície específica, o que aumenta a capacidade aglutinante e maior será a resistência (DUBAJ, 2000).

As argamassas compostas apenas de cimento, tendem a ser áspera, possuem baixa trabalhabilidade e aderência reduzida, principalmente por conta da retração que a argamassa de cimento sofre. Para tornar a argamassa de cimento menos rígida é adicionada cal, com o intuito principalmente de melhorar a trabalhabilidade.

3.3.2 Cal

Recebe o nome de cal, o aglomerante originado da rocha calcária, que é composta basicamente de carbonato de cálcio. O calcário é extraído, moído e queimado a elevadas temperaturas. A esse processo de queima é dado o nome de calcinação, que consiste, como mostrado na equação 1, em queimar o calcário a temperaturas que podem chegar até 1200°C, liberando gás carbônico e obtendo o óxido de cálcio, mais conhecido como Cal Viva ou Cal Virgem.



As cales podem ser classificadas em:

- cálcica: teor de CaO $\geq 90\%$ em relação aos óxidos totais;
- magnesianas: $65\% < CaO < 90\%$;
- dolomítica: teor de CaO $\leq 65\%$.

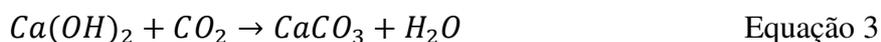
A cal viva não é o aglomerante utilizado na construção. A cal extinta ou cal hidratada é o utilizado e é obtida através da hidratação do óxido, transformando em hidróxido.

Segundo a NBR 7175 (ABNT, 2003), a cal hidratada é um pó originado a partir da hidratação da cal virgem, como apresentado na equação 2, essencialmente constituída de hidróxido de cálcio ou de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésios, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.



Segundo a norma NBR 7175 (ABNT, 2003) cales hidratadas são classificadas em três tipos: CH I, CH II e CH III. A cal do tipo CH I é mais reativa que as demais por apresentar maior teor de óxidos totais. A cal CH II é a cal hidratada comum, e a cal CH III é a cal hidratada comum com a adição de carbonatos finamente moídos. Outros requisitos considerados pela norma são: a finura, a estabilidade, a plasticidade, a retenção de água e o índice de incorporação de areia.

Após a mistura para a formação da argamassa, a cal hidratada reage com o gás carbônico presente na atmosfera, fazendo com que formem cristais de carbonatos que se ligam permanentemente ao agregado (equação 3). Por conta dessa reação, esse tipo de cal é chamado de cal aérea, pois reage com a ação do ar atmosférico. Há também a cal hidráulica, cujo endurecimento se dá pela ação da água (BAUER, 2012).



Uma das vantagens da utilização da Cal em argamassa é o aumento da plasticidade, que ocorre por conta das partículas finas da qual a cal é constituída. Uma argamassa mais plástica significa que ela é mais fácil de manusear, facilitando sua aplicação e melhorando o rendimento.

Por conta da superfície específica da cal ser da ordem de cinco vezes a do cimento, ela reduz a tensão de aderência, aumentando a plasticidade e a retenção de água, variáveis associadas à extensão de contato e homogeneização da aderência. A cal e o cimento trabalham de forma conjunta, enquanto que o cimento promove valores unitários de aderência elevada e a cal possibilita maior deformabilidade à argamassa (GALLEGOS, 2005 apud FERREIRA, 2010).

Segundo Sabbatini (1986), a argamassa possui uma melhora significativa na retenção de água com a adição de cal. Isso ocorre por conta de a mesma possuir grande área específica e propriedade adsorptiva dos seus cristais.

A retenção de água ocasionada pela água diminui o aparecimento de fissuras, oriunda da retração por secagem da argamassa. A cal libera a água que possuía armazenada em sua estrutura ao reagir com o ar, essa água liberada é então aproveitada pelo cimento para realizar sua cura.

Sabbatini (1986) afirma que a cal aumenta a durabilidade das argamassas, pois diminui o aparecimento de eflorescência, que é a deposição de sais minerais dissolvidos pela água, e o aparecimento de fungos. A cal possui uma quantidade menor de álcalis em relação ao cimento, fazendo com que o fenômeno da eflorescência não ocorra.

Em síntese, é possível avaliar a influência da cal hidratada no estado fresco das argamassas. No estado fresco, a plasticidade e a retenção de água são as principais propriedades afetadas. Como as partículas de cal são muito finas, servem como lubrificante, diminuindo o atrito e facilitando a trabalhabilidade da argamassa. A retenção de água é possível graças a capacidade do grão da cal reter água na sua superfície. Dessa forma, a cal não permite a absorção da água por parte dos blocos cerâmicos, por exemplo, fazendo com que a água retida, sirva para curar o cimento (MELO et al, 2007).

No estado endurecido, a cal na argamassa tem como principal propriedade, o aumento da capacidade da argamassa em absorver deformações. Isso ocorre por conta que as argamassas a base de cal possuem baixo módulo de elasticidade (MELO et al, 2007).

3.4 AGREGADO MIÚDO – AREIA

Segundo Petrucci (1998), agregado miúdo é o material granular sem forma e volume definidos, praticamente inertes, e com propriedades adequadas e específicas para o uso em engenharia.

Bauer (2012), classifica os agregados da seguinte maneira:

a) Segundo a origem:

- Naturais: os que se encontram já particulados na natureza, como areia e cascalho;
- Industrializados: os que são obtidos através de processos industriais.

b) Segundo as dimensões das partículas:

- Miúdo: as areias, por exemplo;
- Graúdo: os cascalhos e as britas, por exemplo.

c) Segundo o peso específico aparente:

- Leve
- Médio
- Pesado

De acordo com a Especificação Brasileira EB-4, o agregado miúdo é resultante do britamento de rochas e possuem diâmetro máximo igual ou inferior a 4,8 mm. (Fusco, 2008)

Segundo Helene e Terzian (1992), as principais características dos agregados miúdos são:

- a) Granulometria: é a proporção expressa em porcentagem que se encontram os grãos. Esta propriedade tem grande influência sobre a qualidade das argamassas, agindo na compactidade e na resistência. O ensaio granulométrico é realizado através de um conjunto de peneiras e é utilizado para o conhecimento da composição granulométrica do agregado miúdo.
- b) Módulo de finura: essa propriedade é a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado nas peneiras dividida por 100. Quanto a esta propriedade os agregados miúdos são classificados de acordo com o quadro 1.

Quadro 1 - Classificação do agregado miúdo quanto ao módulo de finura

Classificação das areias quanto ao módulo de finura	Módulo de Finura - MF	Utilização
Areia grossa	$MF > 3,3$	Concreto e chapisco
Areia média	$2,4 > MF > 3,3$	Emboço e concreto
Areia fina	$MF < 2,4$	Reboco

Fonte: NBR 7211

c) Inchamento: corresponde a expansão volumétrica da massa de agregados ocasionada devido à absorção de água. Esta propriedade é de fundamental importância na fase de dosagem, pois estes são medidos em volume, e de acordo com a umidade é possível obter diferentes massas para um mesmo volume de dosagem, levando a uma correção do traço.

d) Apreciação petrográfica: fundamental o conhecimento da origem dos agregados, pois mesmo sendo considerados como inertes podem possuir características físicas e químicas que pode causar algum tipo de interferência no comportamento da argamassa.

3.5 ÁGUA DE AMASSAMENTO

A água é fundamental na formulação e preparo das argamassas, dado que reage com os ligantes hidráulicos, fazendo com que os mesmos se hidratem fazendo surgir as suas propriedades aglutinantes, conferindo ainda a consistência necessária à sua aplicação (FERREIRA, 2010).

Segundo Petrucci (1998), os principais problemas com relação à água de amassamento são com o excesso da quantidade que é empregada e não os elementos que nela estão contidos.

Agostinho (2008) afirma que a quantidade de água para a produção das argamassas pode modificar o desempenho da mesma em algumas propriedades. Consistência, endurecimento, aderência e resistência mecânica, podem sofrer alterações de acordo com a quantidade de água utilizada.

Segundo a mesma autora, a água de amassamento deve ser adicionada a mistura de um modo que garanta a hidratação dos aglomerantes e demais reações relacionadas ao endurecimento, sendo levado sempre em conta a sua evaporação. Porém, a água utilizada não pode ser em excesso, pois após a sua evaporação, vazios substituirão a água, aumentando a porosidade e diminuindo a resistência mecânica.

3.6 INFLUÊNCIA DO TIPO DO CIMENTO EM ARGAMASSAS

As diferentes composições do cimento existem como um caminho para adequar o concreto ou argamassas no setor da construção. A incorporação de adições minerais ao clínquer é uma das formas de se obter esses diferentes tipos de cimento.

O motivo do uso das adições no cimento é aproveitar o efeito positivo da mesma. Segundo Mehta e Monteiro (2008), as razões iniciais para o uso de adições de materiais inorgânicos era a econômica, uma vez que essas custavam menos que o cimento Portland. Outro fator foi o ecológico, pois se queria dar uma destinação aos produtos originados de outros setores como a exploração de minas e a indústria siderúrgica.

No Brasil, há diferentes tipos de cimento e dependendo da região do país, há a facilidade em se encontrar um tipo específico. Dependendo da disponibilidade do tipo da adição, a produção e a oferta do cimento relacionado a esse material será maior.

Pozolana, filer calcário e escória de alto forno são os principais tipos de adições para produção de cimento no Brasil. Segundo Mehta e Monteiro (2008), a pozolana é todo material silicoso ou silico-aluminoso, que apresenta pouca ou nenhuma propriedade cimentante, mas em presença de umidade e dividido em uma forma fina, reage quimicamente com hidróxido de cálcio para formar compostos com características cimentantes. O filer calcário é obtido através da moagem principalmente de calcário e basalto. Possui uma pequena granulometria, o que auxilia na trabalhabilidade e impermeabilidade de argamassas. A escória de alto forno é um produto não-metálico formado essencialmente de silicatos e aluminossilicatos de cálcio e outras bases. É utilizado na indústria do cimento em diferentes quantidades, formando mais de um tipo de cimento. Seu uso auxilia na diminuição do calor de hidratação e resistência ao ataque dos sulfatos.

Segundo Bolorino (et. al 1997), as argamassas mistas no estado fresco não possuem diferenças em relação aos tipos de cimento, se levado em consideração que são mantidos os demais fatores como relação cal/cimento e agregado/aglomerante.

Ainda segundo a mesma autora, há uma relação entre as resistências mecânicas e a aderência da argamassa de revestimento e que há influencia das adições do cimento nas propriedades mecânicas da argamassa.

Resistência à aderência e retração são as principais propriedades no estado endurecido que devem ser avaliadas para argamassas de revestimento. A primeira dá a dimensão do quanto que o emboço ou qualquer outra camada está aderida a base. Já a segunda é capaz de fornecer resultados da quantidade de água perdida seja para a base ou ambiente ou até mesmo para o cimento presente na mistura. Quanto maior a perda de água, maior será retração que a argamassa irá sofrer, podendo gerar fissuras, diminuindo sua resistência e dificultando a aderência do revestimento.

Bolorino (et. al 1997) afirma que o cimento do tipo CP III, caracterizado por possuir de 35% a 70% de escória de alto forno, apresenta menor retração e aumento da resistência de aderência ao longo do tempo, quando comparadas a outros tipos de cimento. Ela completa afirmando que o CP V-ARI é o que apresenta maior aderência, mas é o que apresenta maior retração, ocasionado principalmente pela velocidade de hidratação acelerada.

4 METODOLOGIA

4.1 OBTENÇÃO DO TRAÇO E DOS TIPOS DE CIMENTO

O desempenho das argamassas de revestimento depende dos materiais constituintes e da proporção que os mesmos são utilizados na mistura para se obter o produto final, nesse caso, a argamassa.

Assim, foi realizado um estudo comparativo do desempenho das argamassas variando apenas o cimento, com o intuito de analisar se a mudança no tipo do cimento é capaz de modificar as propriedades da argamassa de revestimento no estado endurecido.

No total, foram desenvolvidos quatro traços de argamassas, onde a única diferença entre ambos é apenas no tipo do cimento. Os cimentos escolhidos foram o CP II Z 32, CP II F 40, CP III 40 e CP V-ARI, pois esses são principais cimentos comercializados na cidade de João Pessoa. No quadro 2 é apresentado os cimentos utilizados no estudo.

Quadro 2 - Tipos de cimento utilizados

TIPO	COMPOSIÇÃO (%)			SIGLA
Cimento Portland Composto	Clínquer + Sulfatos de Cálcio 94 - 76	Material pozolânico 6 - 14	Material Carbonático 0 - 10	CP II Z 32
Cimento Portland Composto	Clínquer + Sulfatos de Cálcio 94 - 90	Material Carbonático 6 - 10		CP II F 40
Cimento Portland Alto Forno	Clínquer + Sulfatos de Cálcio 65 - 25	Escória de Alto-Forno 35 - 70	Material Carbonático 0 - 5	CP III 40
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	Clínquer + Sulfatos de Cálcio 100 - 95	Material Carbonático 0 - 5		CP V- ARI

Fonte: ABNT

O traço para a mistura da argamassa, é o 1:1:6 para cimento, cal e areia, e foi escolhido a partir de pesquisas e entrevistas em obras das principais construtoras da cidade e é o traço piloto para argamassas de revestimento de uma empresa especializada no ramo. Essa empresa desenvolve projetos de revestimento e presta consultoria para as construtoras onde foi feita a pesquisa, e um dos deveres das construtoras é realizar ensaios de aderência da argamassa de revestimento a partir do traço e dos materiais especificados.

Os ensaios foram realizados para argamassa no estado endurecido, como ocorre nas obras citadas. Foi testada a aderência à base, a resistência superficial, tração na flexão e

compressão. Para argamassas de revestimento, os dois primeiros testes são de extrema importância, já os dois últimos vêm complementá-los com o objetivo de analisar a resistência da argamassa produzida.

Para o estudo de resistência de aderência a base e resistência superficial, foram desenvolvidos painéis de alvenaria de 1 m² de área, chapiscados com uma mistura em proporção de 1:3 de cimento CP II Z 32 e areia grossa. A figura 2 mostra o painel chapiscado antes de ser revestido com argamassa.

Figura 2 - Painel chapiscado



Fonte: Autor

Para o estudo de tração na flexão e compressão, foram desenvolvidos prismas, com o mesmo traço da argamassa do painel.

4.2 MATERIAIS COMPONENTES

As argamassas estudadas foram feitas com cal hidratada CHI, areia fina, água e cimento. De todos os componentes, apenas o cimento teve algum tipo de variação, os demais materiais foram iguais para todas as amostras.

4.2.1 Cimento

Como dito anteriormente, os cimentos escolhidos para esse estudo foram os comercializados na cidade de João Pessoa. O único utilizado nas obras visitadas é o CP II Z 32 por ser o mais produzido na região e, segundo os responsáveis pelas obras, pelo

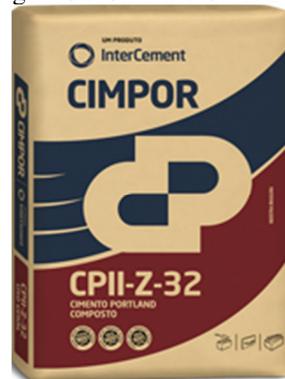
desempenho que esse cimento apresenta ao longo dos anos na produção de argamassa de revestimento.

4.2.1.1 CP II Z 32

É o cimento Portland composto com adição de 6 a 14% de pozolana em massa. O índice “32”, presente na nomenclatura do tipo do cimento, significa a resistência a compressão que o mesmo deve alcançar aos 28 dias, chamada, segundo a NBR 11578, de classe de resistência.

O cimento utilizado é apresentado na figura 3, marca Cimpor, da InterCement cimentos. Segundo o fabricante, o aglomerante pode ser utilizado em qualquer obra da construção civil, além de apresentar secagem rápida e resistência inicial mais elevada.

Figura 3 - Cimento CP II Z 32



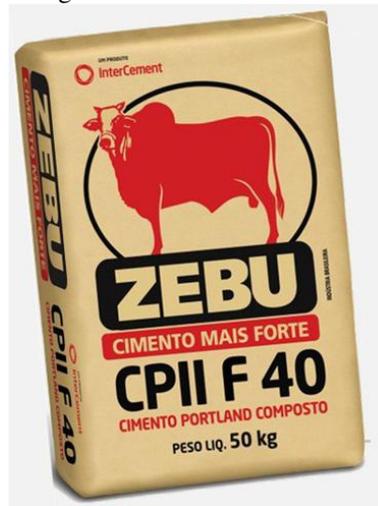
Fonte: InterCement

4.2.1.2 CP II F 40

Esse tipo de cimento é composto de 6 a 10% de fíler, matéria prima obtida através do de minerais como basalto e calcário, que tem capacidade de melhorar a trabalhabilidade e diminuir a retração.

Segundo o fabricante, InterCement, esse tipo de cimento se destaca pela elevada resistência, 40 MPa, e pelo rápido endurecimento. A Zebu fabrica o cimento CP II F que é comercializada na cidade de João Pessoa e é mostrado na figura 4.

Figura 4 - Cimento CP II F 40



Fonte: InterCement

4.2.1.3 CP III 40

Segundo a NBR 5735, o cimento CP III é a mistura homogênea de clínquer e escória de alto forno, essa em porcentagens entre 35 a 70% em massa total de aglomerante. Escória de alto forno é obtida pelo resfriamento da escória de ferro, subproduto do ferro ou do aço.

Apresenta maior impermeabilidade e durabilidade, além de baixo calor de hidratação, assim como alta resistência à expansão devido à reação álcali-agregado, além de ser resistente a sulfatos. O cimento utilizado foi da marca Cimento Forte, apresentado na figura 5, e tem como principais usos, segundo o fabricante, as estruturas de concreto armado, pavimentos de concreto, argamassa de chapisco, assentamento de blocos, revestimento, piso e contrapiso, grautes concreto protendido, pré-moldados.

Figura 5 - Cimento CP III 40



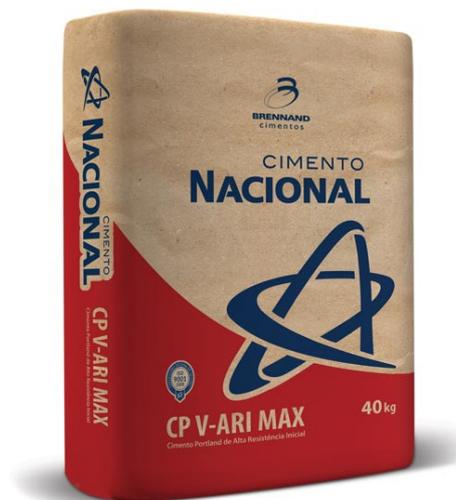
Fonte: Cimento Forte

4.2.1.4 CP V-ARI

Cimento caracterizado por possuir alta resistência inicial (ARI), que segundo a NBR 5733, é composto por clínquer e 0 a 5% de materiais carbonáticos. A designação “ARI” é relacionada à resistência compressão que esse cimento alcança aos sete dias de idade, 34 MPa.

O CP V-ARI da marca Nacional, mostrado na figura 6, foi o cimento utilizado nesse trabalho, que segundo o fabricante, é ideal para o uso na indústria de pré-moldados e artefatos de concreto, devido à elevada resistência nas primeiras horas de cura.

Figura 6 - Cimento CP V-ARI



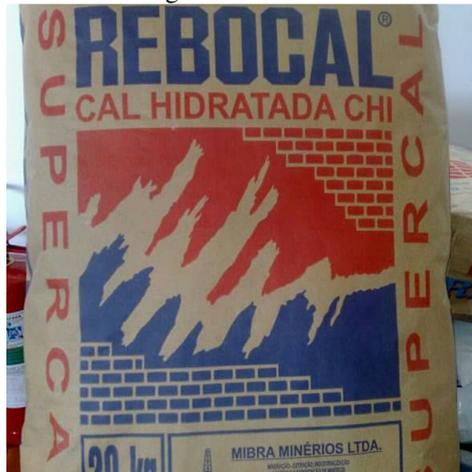
Fonte: Cimento Nacional

4.2.2 Cal

A cal utilizada foi a hidratada CHI, da marca Rebocal (figura 7). Foi decidido utilizar esse tipo de material pelo fato de todas as obras visitadas utilizarem esse aglomerante na mistura dos seus traços de argamassa para revestimento.

O uso da cal aumenta a plasticidade, melhora a trabalhabilidade e proporciona maior incorporação de areia.

Figura 7 - Cal CHI



Fonte: Rebocal

4.2.3 Areia

Para obtenção das argamassas, foi utilizado o mesmo tipo de areia para todas as misturas. A areia utilizada se encontrava armazenada no laboratório de materiais da Universidade Federal da Paraíba e não passou por nenhum processo de lavagem, apenas pela retirada de matéria orgânica.

Para classificação do tipo de areia utilizada, foi realizado um estudo granulométrico que é apresentado na tabela 1 e figura 8, onde foi possível retirar o diâmetro máximo e o módulo de finura do agregado que são apresentados na tabela 2 juntamente com a massa específica do mesmo.

Tabela 1 - Granulometria da areia utilizada para a produção das argamassas

Peneiras (mm, μ m)	Peso Retiro (g)	Porcentagem Retida (%)	Porcentagem Retida Acumulada (%)
4,75	0	0	0
2,36	4,8	0,48	1
1,18	30,2	3,02	4
600	168,6	16,86	21
300	508,60	50,86	72
150	184,9	18,49	90
Resíduo	102,9	10,29	

Fonte: Autor

Figura 8 - Curva granulométrica do agregado miúdo

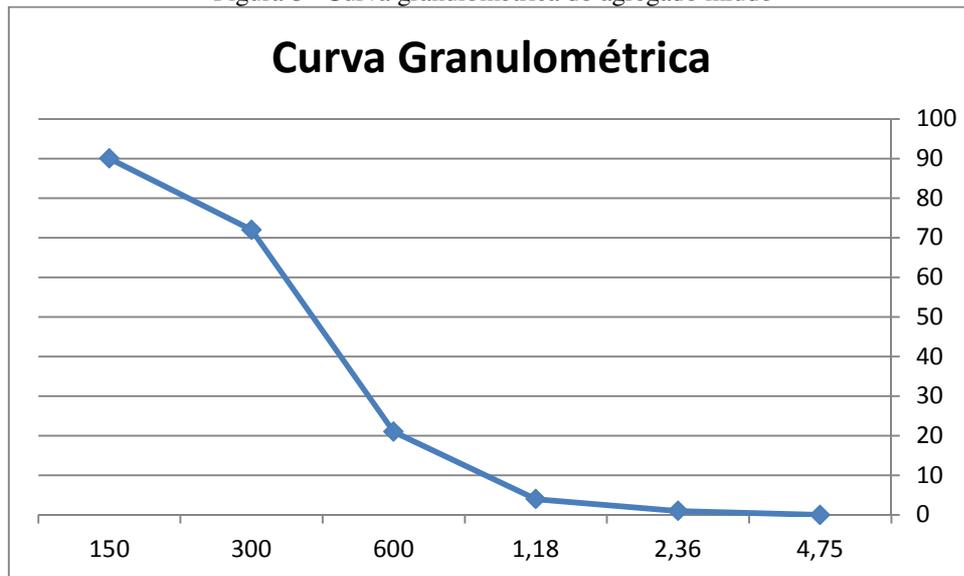


Tabela 2 - Diâmetro máximo, módulo de finura e massa específica do agregado miúdo

Dmáx. Caract (mm)	Módulo de Finura	Massa Específica (g/cm³)
1,18	1,88	2,62

4.3 OBTENÇÃO DAS ARGAMASSAS

Como mencionado, o traço utilizado para as argamassas em estudo foi 1 : 1 : 6 em volume, devido ser o traço adotado pelas obras visitadas a partir da indicação de uma empresa especializada em revestimento.

Devido ser em pequena quantidade, cada traço foi misturado em um carrinho de mão (figura 9) com o uso de uma colher de pedreiro e a colaboração de três profissionais experientes.

Figura 9 - Materiais depositados em carrinho de mão



Fonte: Autor

Primeiramente, foram adicionados os seis volumes de areia, posteriormente misturados até a homogeneização com o volume único de cal. O cimento foi adicionado e misturado até obtermos uma massa única na cor cinza, como mostrado na figura 10.

Figura 10 - Mistura dos materiais até obtenção de massa homogênea



Fonte: Autor

A quantidade de água utilizada foi fixada em 20% do volume dos outros materiais. Dessa forma, como foram utilizados oito volumes de aglomerantes e agregado, a quantidade de água utilizada foi de 1,6 volumes. Essa quantidade foi definida a partir de estudos feitos na literatura e do acompanhamento da produção da argamassa de revestimento nas obras

visitadas. Os pedreiros experientes, que produziram o painel, aprovaram a consistência da massa com essa dosagem de água. O resultado final da massa é mostrado na figura 11.

Figura 11 - Argamassa pronta para uso



Fonte: Autor

4.4 EXECUÇÃO DOS PAINÉIS

Os painéis cerâmicos foram montados e três dias depois chapiscados. Depois de pronta, a argamassa era aplicada de forma enérgica sobre o painel cerâmico, obedecendo a uma mestra de 2,5 cm de espessura (figura 12), já que a NBR 13749 indica que argamassas de revestimento externo devem ter espessura entre dois e três centímetros. O painel foi posteriormente sarrafeado para retirada do excesso de massa.

Figura 12 - Mestras definindo a espessura do painel



Fonte: Autor

A figura 13 mostra o painel finalizado. Foi então aguardado 28 dias para a execução dos ensaios de aderência.

Figura 13 - Painel finalizado



Fonte: Autor

4.5 MOLDAGEM DOS CORPOS PRISMÁTICOS

Para moldagem dos corpos de prova prismáticos, foram utilizados moldes metálicos com paredes removíveis que possuem três compartimentos, mostrados na figura 14, sendo depois de desmoldados, capazes de formar três corpos de prova com dimensões 4 cm x 4 cm x 16 cm, como é especificado na NBR 13279.

Figura 14 - Fôrmas para moldes de corpos de prova prismáticos



Fonte: Autor

A figura 15 mostra os corpos de prova desmoldados após 24 horas e levados a cura ao ar no próprio ambiente do laboratório até a data da realização do ensaio que ocorreu após 28 dias.

Figura 15 - Corpos de prova prismáticos



Fonte: Autor

4.6 ENSAIOS REALIZADOS

4.6.1 Ensaio de resistência de aderência à tração

O objetivo desse ensaio é analisar o desempenho da aderência à tração, a partir do ensaio de resistência a tração normal aplicada sobre uma argamassa de revestimento aplicada sobre um painel cerâmico anteriormente chapiscado.

A norma que rege os valores de resistência mínima é a NBR 13749. No caso desse trabalho, onde será avaliado a resistência de aderência a tração para revestimento externo, o valor mínimo é de 0,3 MPa, como indicado no quadro 3.

Quadro 3 - Resistência mínima de aderência

Local		Acabamento	Ra
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
	Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,30$
		Cerâmica	$\geq 0,30$
Teto			$\geq 0,20$

Fonte: NBR 13749

4.6.1.1 Equipamentos utilizados

- Pastilha metálica com 50 mm de diâmetro;
- Serra copo diamantada com diâmetro interno de 50 mm para corte do emboço;
- Furadeira elétrica;
- Dinamômetro;
- Aderímetro;

4.6.1.2 Preparo dos corpos de prova

Como especificado na NBR 13528, doze corpos de prova foram preparados para cada painel de emboço. Com o uso da serra copo e da furadeira, doze furos foram executados no emboço, fazendo com que o corte chegasse até a base cerâmica. Com o uso de cola epóxi as pastilhas metálicas foram fixadas no painel. A figura 16 apresenta o painel montado para a realização do ensaio de aderência.

Figura 16 - Painel para ensaio de aderência



Fonte: Autor

4.6.1.3 Execução do ensaio

Após 24 horas da fixação das pastilhas metálicas, os corpos de prova foram rompidos com o uso de um aderímetro. O aparelho era conectado a um dinamômetro que fornecia a força com que os corpos de prova eram arrancados do painel. Após o arrancamento dos corpos de prova, a interface de ruptura era identificada. Na figura 17 é apresentado um corpo de prova que sofreu ruptura no corpo do emboço.

Figura 17 - Corpo de prova rompido no corpo do emboço após ensaio de aderência



Fonte: Autor

4.6.1.4 Cálculo dos Resultados

O cálculo dos resultados de aderência à tração é dado pela equação 3, segunda a NBR 13528:

$$R_i = \frac{P_i}{A_i} \quad (\text{Equação 3})$$

onde:

R_i – Resistência potencial de aderência à tração, em megapascals;

P_i – Carga de ruptura, em newton;

A_i – Área do corpo de prova, em milímetros quadrados.

4.6.2 Ensaio de resistência de aderência a tração superficial

Esse ensaio tem como objetivo analisar a resistência superficial do painel de emboço. Não há uma norma que rege ou que determina esse tipo de ensaio. No entanto, ele foi incorporado ao estudo pelo fato de todas as obras visitadas realizarem esse tipo de procedimento.

O intuito da análise do desempenho da superfície do emboço se torna importante, pois através dele é possível quantificar e avaliar o emboço para o recebimento da argamassa

colante. Se a “casca” da argamassa não possuir resistência suficiente, poderá prejudicar a aderência do revestimento cerâmico.

O método de avaliação do ensaio será o mesmo do anterior, no entanto, como não há uma norma que define os valores mínimos, nesse trabalho será considerado que o mínimo exigido é de 0,5 MPa, já que a superfície do emboço deve possuir resistência maior que o corpo do emboço e esse é o valor adotado pelas obras visitadas.

4.6.2.1 Equipamentos utilizados

- Pastilha metálica com 50 mm de diâmetro;
- Dinamômetro;
- Aderímetro;

4.6.2.2 Preparo dos corpos de prova

Com o uso de uma cola epóxi, as pastilhas metálicas são coladas diretamente na superfície do painel de emboço, como é mostrado na figura 18. A diferença desse ensaio para o anterior é que esse não possui corte do emboço, facilitando o preparo dos corpos de prova.

Figura 18 - Painel para ensaio de resistência superficial



Fonte: Autor

4.6.2.3 Execução do ensaio

Da mesma maneira que ocorreu no ensaio anterior, os corpos de prova são rompidos após 24 horas da fixação das pastilhas metálicas. O aparelho era conectado a um dinamômetro

que fornecia a força com que os corpos de prova eram arrancados do painel. A figura 19 mostra o corpo de prova após o teste de resistência superficial, onde o mesmo se rompe na casca do emboço.

Figura 19 - Corpo de prova após ensaio de resistência superficial



Fonte: Autor

4.6.2.4 Cálculo dos Resultados

O cálculo dos resultados de aderência à tração é dado pela equação 4:

$$R_i = \frac{P_i}{A_i} \quad (\text{Equação 4})$$

onde:

R_i – Resistência potencial de aderência à tração, em megapascals;

P_i – Carga de ruptura, em newton;

A_i – Área do corpo de prova, em milímetros quadrados.

4.6.3 Ensaio de tração na flexão

Este ensaio tem por objetivo a determinação da resistência à tração por flexão de corpos de prova prismáticos das argamassas em estudo.

4.6.3.1 Equipamentos utilizados

- Moldes prismáticos metálicos 4x4x16 cm;
- Máquina para ensaio de resistência a tração na flexão;
- Dispositivo de carga para ensaio de resistência à tração na flexão;

4.6.3.2 Preparo dos corpos de prova

Como já relatado nesse trabalho, os corpos de prova foram moldados em fôrmas prismáticas com dimensões de 4x4x16 cm. Os mesmos foram adensados manualmente e rasados com o uso de uma colher de pedreiro.

Após 24 horas, ocorreu a desforma dos corpos de prova, sendo levados a cura ao ar durante 28 dias.

4.6.3.3 Execução do ensaio

Os moldes prismáticos foram fixados com a base rasada na base do aparelho, sustentados por dois dispositivos de distância conhecida, sofrendo a ação de uma carga central, como é mostrado na figura 20.

Figura 20 - Ensaio de tração na flexão



Fonte: Autor

4.6.3.4 Cálculo dos Resultados

Segundo a nbr 13279, o cálculo dos resultados de tração na flexão é dado pela equação 5:

$$R_f = \frac{1,5 L F_f}{40^3} \quad (\text{Equação 5})$$

onde:

R_f – Resistência à tração na flexão, em megapascals;

F_f – Carga aplicada verticalmente no centro do prisma, em newtons;

L – Distância entre os suportes, em milímetros.

4.6.4 Ensaio de compressão

Este ensaio tem por objetivo a determinação da resistência à compressão de corpos de prova prismáticos das argamassas em estudo. A avaliação da resistência à compressão de corpos de prova, não permite uma relação real da propriedade da argamassa com o desempenho no revestimento, embora não deva ser descartada por permitir um controle da uniformidade.

4.6.4.1 Equipamentos utilizados

- Moldes prismáticos metálicos 4x4x16 cm;
- Máquina para ensaio de resistência a compressão;
- Dispositivo de carga para ensaio de resistência à compressão;

4.6.4.2 Preparo dos corpos de prova

Como rege a NBR 13279, os corpos de prova utilizados para esse ensaio são as metades dos corpos de prova prismáticos resultantes do rompimento do ensaio de tração na flexão. A figura 21 mostra os corpos de prova rompidos após o ensaio de flexão e que são utilizados para avaliação à compressão.

Figura 21 - Corpos de prova utilizados para ensaio à compressão



Fonte: Autor

4.6.4.3 Execução do ensaio

Os corpos de prova foram fixadas em duas chapas quadradas de 4 cm x 4 cm de dimensão e levadas a máquina de ensaio para serem rompidos a compressão, como é apresentado na figura 22.

Figura 22 - Ensaio de compressão



Fonte: Autor

4.6.4.4 Cálculo dos Resultados

Como rege a NBR 13279, o cálculo dos resultados de compressão é dado pela equação 6:

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (\text{Equação 6})$$

onde:

R_c – Resistência à compressão, em megapascals;

F_c – Carga máxima aplicada, em newtons;

5 RESULTADOS OBTIDOS

5.1 ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Tabela 3 - Resistência de aderência à tração da argamassa produzida com cimento CP II Z 32

CP's (Nº)	Tensão (MPa)	Formas de Ruptura						
		A	B	C	D	E	F	G
		Base	Base/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Emboço	Emboço	Emboço/ Adesivo	Adesivo/ Pastilha met.
1	0,24					100		
2	0,52				100			
3	0,58				100			
4	0,29				100			
5	0,44		10	80		10		
6	0,85		20	70		10		
7	0,20					100		
8	0,28					100		
9	0,64					100		
10	0,20				100			
11	0,68					100		
12	0,43				100			
Média	0,45							
Coef. de Variação	47,60%							

Fonte: Autor

Tabela 4 - Resistência de aderência à tração da argamassa produzida com cimento CP V-ARI

CP's (Nº)	Tensão (MPa)	Formas de Ruptura						
		A	B	C	D	E	F	G
		Base	Base/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Emboço	Emboço	Emboço/ Adesivo	Adesivo/ Pastilha met.
1	0,32		100					
2	0,56					100		
3	0,55			20	80			
4	0,45					100		
5	0,81		50	50				
6	0,41					100		
7	0,52			10	90			
8	0,53	50		50				
9	0,71					100		
10	0,46		100					
11	0,63					100		
12	0,46		100					
Média	0,53							
Coef. de Variação	25,00%							

Fonte: Autor

Tabela 5 - Resistência de aderência à tração da argamassa produzida com cimento CP III 40

CP's (Nº)	Tensão (MPa)	Formas de Ruptura						
		A	B	C	D	E	F	G
		Base	Base/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Emboço	Emboço	Emboço/ Adesivo	Adesivo/ Pastilha met.
1	0,32				100			
2	0,22				100			
3	0,33				100			
4	0,32				100			
5	0,39					100		
6	0,31					100		
7	0,64					100		
8	0,26	50				50		
9	0,32		60	40				
10	0,24		70	30				
11	0,38				100			
12	0,36				100			
Média	0,34							
Coef. de Variação	31,40%							

Fonte: Autor

Tabela 6 - Resistência de aderência à tração da argamassa produzida com cimento CP II F 40

CP's (Nº)	Tensão (MPa)	Formas de Ruptura						
		A	B	C	D	E	F	G
		Base	Base/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Emboço	Emboço	Emboço/ Adesivo	Adesivo/ Pastilha met.
1	0,34				100			
2	0,37				100			
3	0,41		60	40				
4	0,18		60		40			
5	0,42		100					
6	0,25		100					
7	0,58					100		
8	0,40				100			
9	0,36		90		10			
10	0,39	70			30			
11	0,40				100			
12	0,54	90		10				
Média	0,39							
Coef. de Variação	27,70%							

Fonte: Autor

5.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO SUPERFICIAL

Tabela 7 - Resistência superficial à tração da argamassa produzida com cimento CP II Z 32

CP's (Nº)	Tensão (MPa)	Formas de Ruptura						
		A	B	C	D	E	F	G
		Base	Base/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Emboço	Emboço	Emboço/ Adesivo	Adesivo/ Pastilha met.
1	0,92					100		
2	1,10					100		
3	0,62					100		
4	0,76					100		
5	0,83					100		
6	1,12					100		
Média	0,89							
Coef. de Variação	21,80%							

Fonte: Autor

Tabela 8 - Resistência superficial à tração da argamassa produzida com cimento CP V-ARI

CP's (Nº)	Tensão (MPa)	Formas de Ruptura						
		A	B	C	D	E	F	G
		Base	Base/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Emboço	Emboço	Emboço/ Adesivo	Adesivo/ Pastilha met.
1	0,91					100		
2	0,66					100		
3	0,87					100		
4	0,66					100		
5	0,40					100		
6	1,14					100		
Média	0,77							
Coef. de Variação	33,10%							

Fonte: Autor

Tabela 9 - Resistência superficial à tração da argamassa produzida com cimento CP III 40

CP's (Nº)	Tensão (MPa)	Formas de Ruptura						
		A	B	C	D	E	F	G
		Base	Base/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Emboço	Emboço	Emboço/ Adesivo	Adesivo/ Pastilha met.
1	0,69					100		
2	0,72					100		
3	0,75					100		
4	0,82					100		
5	0,78					100		
6	0,83					100		
Média	0,77							
Coef. de Variação	7,2%							

Fonte: Autor

Tabela 10 - Resistência superficial à tração da argamassa produzida com cimento CP II F 40

CP's (Nº)	Tensão (MPa)	Formas de Ruptura						
		A	B	C	D	E	F	G
		Base	Base/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Emboço	Emboço	Emboço/ Adesivo	Adesivo/ Pastilha met.
1	1,34					100		
2	0,87					100		
3	1,00					100		
4	0,89					100		
5	1,08					100		
6	0,87					100		
Média	1,01							
Coef. de Variação	18,3%							

Fonte: Autor

5.3 ENSAIO DE TRAÇÃO NA FLEXÃO

Tabela 11 - Resistência à tração na flexão das argamassas em estudo

CP's (Nº)	Cimento utilizado			
	CP II Z 32	CP V ARI	CP III	CP II F 40
1	1,86	3,56	1,7	3,68
2	2,9	3,19	2,02	3,72
3	2,3	0,6	1,61	4,44
Média	2,35	2,45	1,78	3,95

Fonte: Autor

5.4 ENSAIO DE COMPRESSÃO

Tabela 12 - Resistência à compressão das argamassas em estudo

CP's (Nº)	Cimento utilizado			
	CP II Z 32	CP V ARI	CP III	CP II F 40
1	4,75	11,17	4,85	12,85
2	4,35	11	5,19	11,79
3	7,54	7,45	4,92	10,59
4	6,82	10,35	4,38	11,73
5	6,9	10,16	5,29	13,96
6	6,51	10,58	4,98	12,58
Média	6,14	10,12	4,93	12,25

Fonte: Autor

6 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

Esta análise tem o objetivo de realizar comparação entre as argamassas estudadas, através dos resultados obtidos das propriedades ensaiadas, com o intuito de relacioná-los com os cimentos utilizados.

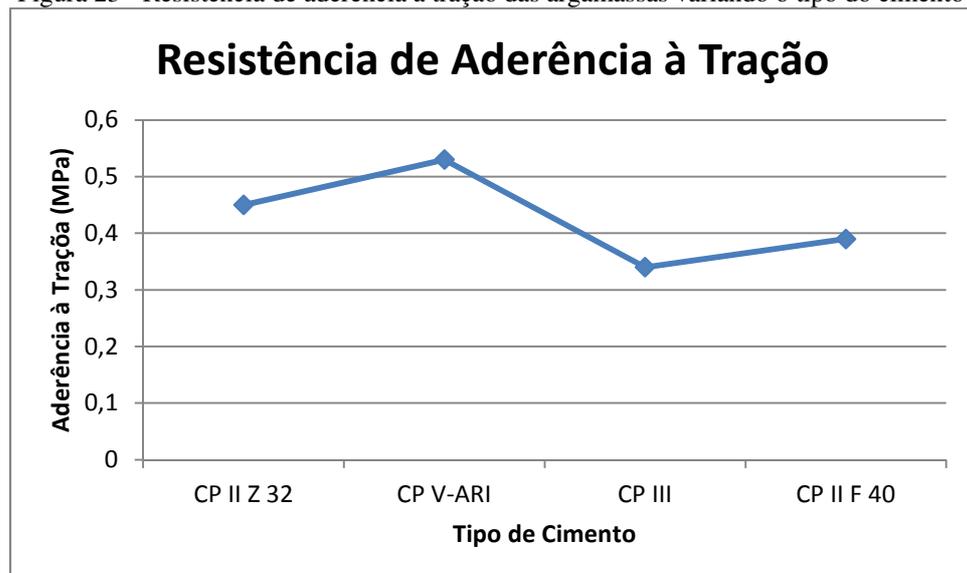
6.1 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

No ensaio de resistência de aderência à tração pode-se notar que houve uma disparidade entre a argamassa do cimento CP V-ARI em relação aos outros tipos de cimento, principalmente o CP III e o CP II F 40.

Além disso, não houve uma equivalência na superfície de ruptura dos painéis ensaiados. As argamassas produzidas com cimento CP II Z 32 e CP III 40 obtiveram a maioria de seus corpos de prova rompendo no emboço ou na interface entre o chapisco e o emboço. A argamassa produzida com cimento CP V-ARI obteve uma ruptura bem variada, mas predominante no corpo do emboço. Enquanto que a argamassa produzida com cimento CP II F 40 obteve superfície de ruptura a interface entre a base e o chapisco e a interface entre o chapisco e o emboço.

A figura 23 mostra que o cimento CP V-ARI foi o que mostrou maior resistência de aderência à tração e o CP III foi o que apresentou pior resultado.

Figura 23 - Resistência de aderência à tração das argamassas variando o tipo do cimento



Fonte: Autor

Apesar disso, foi a argamassa de cimento CP II Z que não poderia ser utilizada na prática por não atender a NBR 13749, que diz que pelo menos 2/3 dos corpos de prova

ensaiados devem ser superiores a 0,3 MPa. No painel estudado, apenas sete das doze amostras atingiram o mínimo especificado pela norma.

As argamassas de cimento CP III e CP II F 40, mesmo tendo resultados das médias inferiores ao CP II Z, poderiam sim ser utilizados para revestimento externo, pois mais de 2/3 das amostras atingiram o mínimo especificado por norma.

A quadro 4, retirada da norma NBR 13281, mostra as classes em que as argamassas são divididas a partir dos resultados do ensaio de aderência a tração.

Quadro 4 - Classificação das argamassas de revestimento quanto à aderência a tração

Classe	Resistência potencial de aderência à tração MPa	Método de ensaio
A1	$\leq 0,20$	ABNT NBR 15258
A2	$\geq 0,20$	
A3	$\geq 0,30$	

Fonte: NBR 13281

A partir figura acima, podemos classificar as argamassas como mostrado no quadro 5.

Quadro 5 - Classificação das argamassas de revestimento quanto à aderência a tração

CIMENTO UTILIZADO	CLASSIFICAÇÃO
CP II Z 32	A3
CP V-ARI	A3
CP III 40	A3
CP II F 40	A3

Fonte: Autor

Mesmo a argamassa de cimento CP II Z 32 não estando de acordo com a norma, seria classificada como A3, caso tivesse resultados satisfatório.

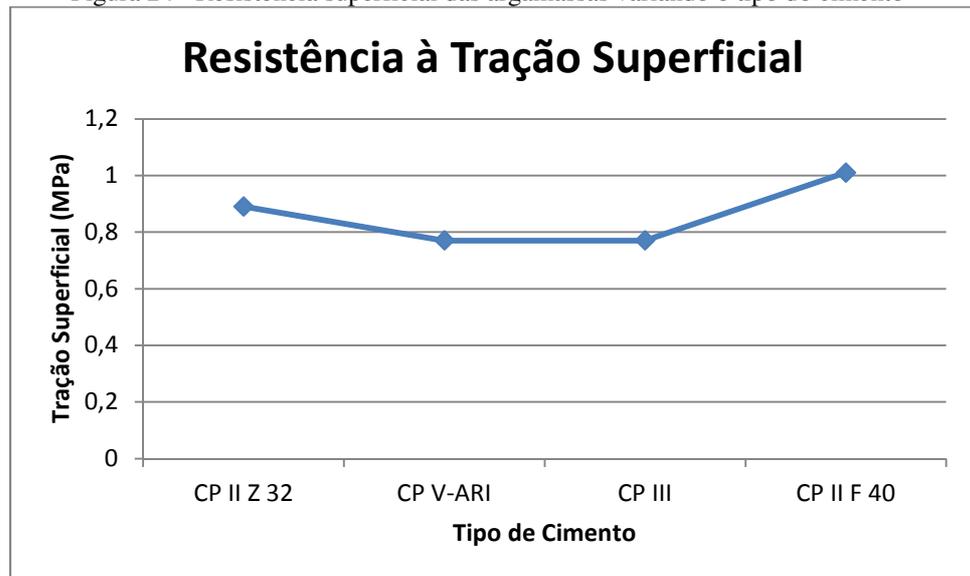
6.2 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO SUPERFICIAL

Segundo Carasek (2007) apesar desse tipo de ensaio ainda não ser normatizado, um dos principais problemas nos revestimentos, associado à resistência mecânica da argamassa, é a baixa resistência superficial, que se traduz na pulverulência, prejudicando a fixação das camadas de acabamento, como a pintura ou, mais grave ainda, as peças cerâmicas.

Apesar de não haver uma resistência mínima normatizada, todas as argamassas testadas apresentaram resultados superiores ao mínimo estipulado para esse trabalho, 0,5 MPa.

A figura 24 mostra que a argamassa produzida com o cimento CP II F 40 foi o que apresentou melhores resultados de resistência superficial a tração, indo em desacordo com o ensaio de aderência a tração.

Figura 24 - Resistência superficial das argamassas variando o tipo do cimento



Fonte: Autor

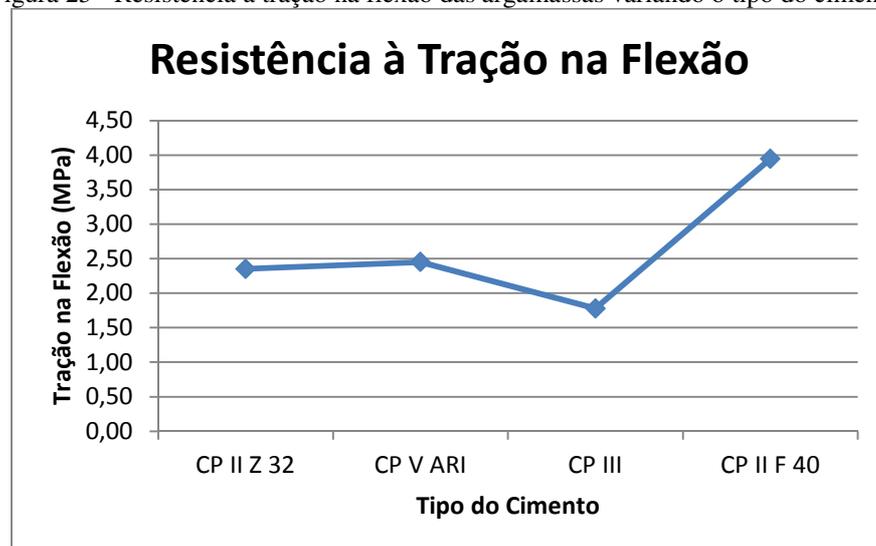
Outro resultado que mostra diferença entre os dois ensaios, é relacionado à argamassa com o cimento CP V-ARI. No primeiro ensaio a massa desse cimento apresentou o maior resultado médio, enquanto que no ensaio superficial obteve o menor resultado juntamente com a argamassa produzida com o cimento CP III.

6.3 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

Em relação à resistência a tração na flexão, pode-se observar que a argamassa produzida com cimento CP II F 40 apresentou resultados bem superiores aos demais.

A figura 25 mostra o resultado superior da argamassa produzida com cimento CP II F 40 em relação as demais, e a argamassa com CP III 40 novamente com o pior resultado.

Figura 25 - Resistência à tração na flexão das argamassas variando o tipo do cimento



Fonte: Autor

A resistência à tração na flexão é de extrema importância para argamassas de revestimento, uma vez que baixos resultados nesse tipo de ensaio pode indicar que a argamassa não deve ser utilizada, já que muitos esforços de tensões ocasionados no revestimento estão relacionados à flexão (SILVA, 2006).

O quadro 6, retirada da NBR 13281, apresenta os requisitos para argamassas de revestimento, mostrando a classe das argamassas de acordo com a resistência à tração na flexão.

Quadro 6 - Classificação das argamassas de revestimento quanto à tração na flexão

Classe	Resistência à tração na flexão MPa	Método de ensaio
R1	$\leq 1,5$	ABNT NBR 13279
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,5	
R5	2,7 a 4,5	
R6	$> 3,5$	

Fonte: NBR 13281

O quadro 7 apresenta a classificação das argamassas de acordo com a figura acima.

Quadro 7 - Classificação das argamassas de revestimento quanto à tração na flexão

CIMENTO UTILIZADO	CLASSIFICAÇÃO
CP II Z 32	R4
CP V-ARI	R4
CP III 40	R3
CP II F 40	R6

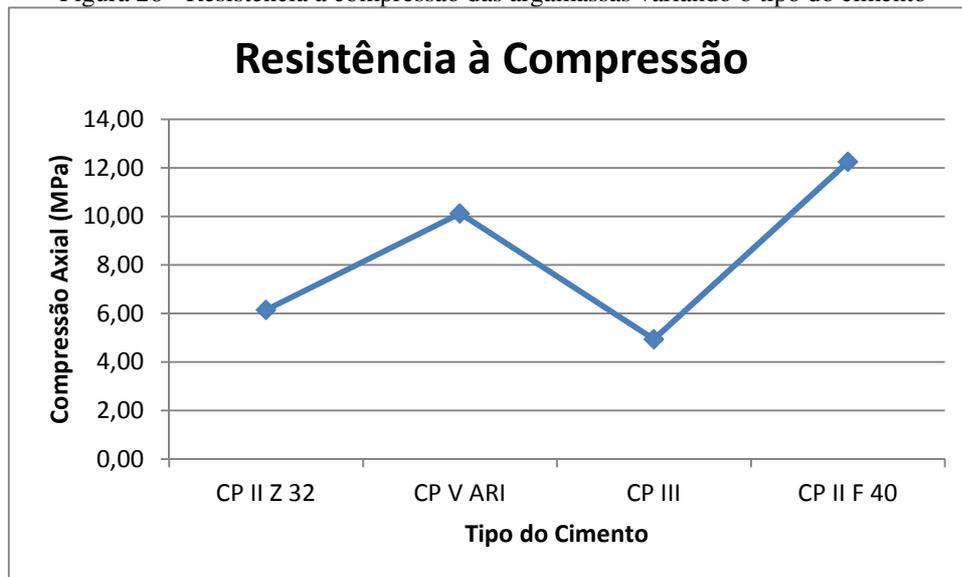
Fonte: Autor

6.4 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Para a resistência à compressão axial, pôde-se observar que houve uma grande diferença entre as argamassas estudadas.

A figura 26 mostra que, assim como na resistência à tração na flexão, a argamassa com cimento CP II F 40 apresentou os melhores resultados e a argamassa produzida com cimento CP III 40, assim como nos outros ensaios, obteve o pior resultado.

Figura 26 - Resistência à compressão das argamassas variando o tipo do cimento



Fonte: Autor

Esse tipo de ensaio está relacionado com quantidade de cimento utilizada na argamassa, no caso desse estudo, está relacionada com a composição do cimento. Provavelmente, a riqueza de finos que os cimentos CP V e o CP II F 40 possuem, contribuíram para esses resultados, uma vez que, segundo Romano (et al. 2010), ela gera maior quantidade de material aglomerante, responsável pelo desenvolvimento de propriedades mecânicas da argamassa.

O filer, presente no cimento CP II F, melhora as resistências da argamassa tanto a tração, quanto a flexão. Esse tipo de adição, por ser muito fina, ocupa os espaços vazios entre as partículas menores, tendo uma estrutura melhor em relação às argamassas que não o possuem (SILVA et al., 2005).

O quadro 8, também retirada da NBR 13281, apresenta como devem ser classificadas as argamassas de revestimento segundo a resistência a compressão.

Quadro 8 - Classificação das argamassas de revestimento quanto à compressão

Classe	Resistência à compressão MPa	Método de ensaio
P1	$\leq 2,0$	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	$> 8,0$	

Fonte: NBR 13281

Baseado nos valores da figura acima, podemos classificar as argamassas de revestimento como mostrado no quadro 9.

Quadro 9 - Classificação das argamassas de revestimento quanto à compressão

CIMENTO UTILIZADO	CLASSIFICAÇÃO
CP II Z 32	P4
CP V-ARI	P6
CP III 40	P5
CP II F 40	P6

Fonte: Autor

7 CONCLUSÃO

As argamassas de revestimento são diretamente responsáveis pela proteção da construção, proporcionando sua valorização. Assim se faz necessário um controle periódico em seu processo de fabricação e aplicação a fim de atender as solicitações previstas e garantir seu desempenho e durabilidade. O cimento é um dos principais componentes das argamassas e podem atuar de diferentes maneiras a depender do tipo utilizado.

De uma forma geral, as argamassas estudadas obtiveram diferenças na tração a flexão e na compressão, não mostrando uma grande heterogeneidade em relação a resistência de aderência à tração.

O cimento do tipo CP III 40 foi o que apresentou o pior resultado em todos os ensaios realizados, mesmo tendo apresentado resistência à aderência superior ao que é exigido pela norma. Um cimento similar é o CP II E, pois possui a escória como adição, mesmo em quantidade inferior. Um estudo com esse cimento pode demonstrar se a presença de escória interferiu de alguma forma nos resultados apresentados.

O cimento do tipo CPV-ARI mesmo tendo apresentado o maior valor de aderência à tração, não costuma ser utilizado para argamassa de revestimento. De todos os cimentos utilizados, ele é o cimento de maior finura, além de apresentar elevada resistência inicial, características favoráveis para gerar fissuras de retração no revestimento.

Apesar de ser um cimento pouco utilizado na cidade de João Pessoa, o CP II F 40 apresentou de uma forma geral, os melhores resultados para as propriedades analisadas. O elevado valor de clínquer que esse tipo de cimento apresenta, pode justificar os altos resultados obtidos com a argamassa produzida com esse tipo de cimento.

A argamassa com cimento CP II Z, o único utilizado em todas as obras visitadas, não apresentou os melhores resultados, além de não atender as exigências da NBR 13749. Isso mostra que o uso desse tipo de cimento não se dá principalmente pelo seu desempenho e sim pelo fato de ser o principal cimento fabricado na região, possuindo um preço inferior aos outros cimentos testados.

Com os resultados apresentados, não é possível estabelecer uma relação entre as propriedades mecânicas e a resistência de aderência do revestimento. Diferente do que afirma Bolorino e Cincotto (1997) no estudo que realizaram comparando argamassas de revestimento variando apenas o tipo do cimento entre as mesmas. Da mesma forma, Carasek (1996) detectou a influência da resistência à tração na flexão e da resistência à compressão na resistência de aderência à tração.

Devido a importante função que exercem, as argamassas de revestimento devem ser cuidadosamente dosadas em obra, utilizando os melhores materiais disponíveis para que atinjam os valores mínimos exigidos por norma. Esse estudo mostrou que a variação do cimento pode apresentar diferentes resultados em relação a algumas propriedades mecânicas. Para um estudo completo, o ideal é analisar todas as propriedades no estado endurecido e fresco das argamassas e em situações reais de obra, onde o revestimento é exigido a movimentações estruturais e a condições reais de intempéries.

Para as propriedades testadas, o cimento CP II F 40 apresentou os melhores resultados. No entanto, não significa que esse tipo de cimento é o ideal para argamassas de revestimento, pois propriedades importantes como variação dimensional e absorção de água não foram testadas. Dessa forma, novos trabalhos relacionados ao estudo do cimento, e de um modo geral, as argamassas de revestimento, devem ser incentivados para que possa chegar ao traço e ao conjunto de materiais que atendam todas as exigências necessárias para que as argamassas de revestimento desempenhem corretamente todas as suas funções.

8 BIBLIOGRAFIA

ABCP. **Manual de revestimento de argamassa.**

AGOSTINHO, C. S. A. **Estudo da evolução do desempenho no tempo de argamassas de cal aérea.** 2008. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

ALMEIDA, I. R.; SOUZA, R. H. F.; VEIGA, M. R. **O Projeto da Estação UFF de Ensaio Natural de Revestimentos de Paredes.** I Congresso Nacional de Argamassa de Construção, Lisboa, 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Specification for Portland Cement.** In: Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 2007. ASTM C 150

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7175:** Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 13281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13749:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

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

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

_____. **NBR 13528:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 11578:** Cimento Portland composto - Especificação. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 5735:** Cimento Portland de alto-forno. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 5733:** Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 7211:** Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BAUER, F. L. A. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

BOLORINO, H; CINCOTTO, M. A. **Influência do tipo de cimento nas argamassas**. I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 1997.

CARASEK, H. C. **Argamassas**. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. ISAIA, GC (Organizador/Editor). São Paulo: IBRACON, 2007.

CARASEK, H. C. et al. **Avaliação em obra da resistência superficial de revestimentos de argamassa**. Revista ALCONPAT 1.2, 2011: 115-134.

CARASEK, H. C. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a Substratos porosos: Avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação**. 1996. 285f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CARASEK, H.; DJANIKIAN, J. G. **Aderência de argamassas a base de cimento Portland a unidades de alvenaria**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo: EPUSP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1997.

CIMENTO FORTE. **Cimento forte CP III 40**. Disponível em <www.cimentoforteverdade.com.br> Acesso em Setembro 2016.

CIMENTO NACIONAL. **Cimento nacional CP V-ARI Max**. Disponível em <<http://www.cimentonacional.com.br>> Acesso em Setembro 2016.

COSTA, E. B. C. **Investigação do método de ensaio de determinação da resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. 2007. 215 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

CUNHA, A. V. **Concreto de cimento portland: abordagem da qualidade com ênfase em métodos estatísticos**. 2014. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2014.

DUBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizados em Porto Alegre**. 2000. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

FERREIRA, B. B. D; **Tipificação de patologias em revestimento argamassado**. 2010. 210 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

FUSCO, P. B. **Tecnologia do concreto estrutural: Tópicos aplicados**. São Paulo: PINI , 2008.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. Brasília: PINI, 1992.

INTERCEMENT. **Cimpor CP II Z 32**. Disponível em <www.brasil.intercement.com> Acesso em Setembro 2016.

INTERCEMENT. **Zebu CP II F 40**. Disponível em <www.brasil.intercement.com> Acesso em Setembro 2016.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M.. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. Ibracon, 2008.

MELO, K. A. et al. **A influência do teor de cal hidratada nas propriedades de argamassas de cimento, cal e areia**. 2007. 2º Congresso Português de argamassa e ETICS, Lisboa, 2007.

MIBRA MINÉRIOS. **Rebocal cal hidratada CHI**. Disponível em <<http://mibraminerios.com.br/>> Acesso em Setembro 2016.

MIRANDA, L. M. C. C; **Estudo comparativo entre argamassa de revestimento à base de cimento com adição da cal hidráulica e da cal hidratada**. 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade De Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2009.

PEREIRA, V. G. A.; **Avaliação do coeficiente de difusão de cloretos em concretos: influência do tipo de cimento, da relação a/c, da temperatura e do tempo de cura**. 2001. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento portland**. 13 ed. São Paulo: Editora Globo, p. 3-37, 1998.

POSSAN, E; GAVA, G. P.; PETRAUSKI, S. C. **Estudo comparativo do desempenho de argamassas de revestimento produzidas em obra e industrializadas em diferentes substratos.** 9º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu, 2002.

RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. D. S.; STARLING, T. **Materiais de construção civil.** 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2011.

ROMANO, R. C. O. et al. **Efeito do Procedimento de Mistura nas Características de Argamassas de Revestimento Industrializadas.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SABATTINI, F. H. **Tecnologia de execução de revestimento de argamassa.** In 13º Simpósio de Aplicação da Tecnologia do Concreto. São Paulo, 1990.

SCHMITZ, L. B. **Análise experimental da resistência de aderência à tração em revestimentos argamassados.** 2014. Trabalho apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil, Escola de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Florianópolis, 2014.

SILVA, J. S.G; FORTES, A. S. **Fissuração nas argamassas de revestimento em fachadas.**

SILVA, N. G.; **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** 2006. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SILVA, N. G.; BUEST, G. T.; CAMPITELI, V. C. **A influência do filler de areia britada de rocha calcária nas propriedades da argamassa de revestimento.** Seminário: O Uso da Fração Fina da Britagem II., 2005b, São Paulo. Anais, p. 1-12, 2005.