



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Redeenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Eduardo Alves de Oliveira

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM
ADIÇÃO DE CASCAS DE CARANGUEJO-UÇÁ

Palmas – TO

2018

Eduardo Alves de Oliveira

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM
ADIÇÃO DE CASCAS DE CARANGUEJO-UÇÁ

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M. Sc. Roldão Pimentel de Araújo Júnior.

Palmas – TO

2018

Eduardo Alves de Oliveira

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM
ADIÇÃO DE CASCAS DE CARANGUEJO-UÇÁ

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M. Sc. Roldão Pimentel de Araújo
Júnior.

Aprovado em: 13/06/2018

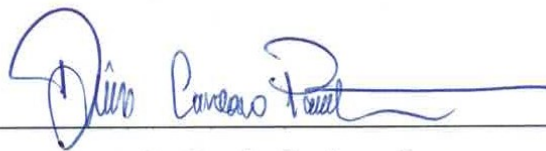
BANCA EXAMINADORA



Prof. M. Sc. Roldão Pimentel de Araújo Júnior

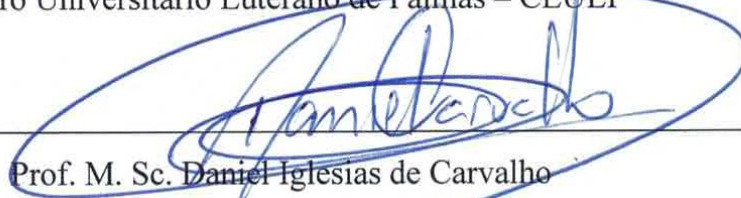
Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M. Sc. Denis Cardoso Parente

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M. Sc. Daniel Iglesias de Carvalho

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2018

/

Dedico este trabalho a minha família, a Deus e, a todos que me acompanharam, apoiaram e ajudaram em mais essa etapa da minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

A todos os grandes amigos que fiz no CEULP/ULBRA que não serão citados para não cometer injustiças esquecendo o nome de algum.

Ao meu orientador professor Roldão Pimentel de Araújo Júnior que me ajudou com a escolha do tema e a entender as dificuldades que apareceram.

E a todos os demais que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

“A experiência não falha nunca, falham somente os nossos juízos”

Leonardo da Vinci

RESUMO

OLIVEIRA, Eduardo Alves de. **ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM ADIÇÃO DE CASCAS DE CARANGUEJO-UÇÁ**. 2018. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ceulp/Ulbra, Palmas, 2018.

As argamassas produzidas em obra não têm o mesmo controle tecnológico do que as que são industrializadas que apresentam, como grande e principal vantagem técnica, a homogeneidade, tanto na proporção como na qualidade dos insumos empregados. Sendo assim empregado aditivos ou adições em obra para fazer correções causados tanto pela má dosagem quanto pela qualidade do material. Neste trabalho foi realizado o estudo da aplicação de um biopolímero substituindo parcialmente a cal em 5%, 10% e 20% na argamassa de revestimento, utilizando o traço 1:1:6 (1 de cimento para 1 de cal para 6 de agregado miúdo) em massa analisando – a em seu estado fresco e endurecido. No ensaio de consistência verificou – se uma melhoria no espalhamento, possibilitando a redução no fator água/cimento, no ensaio de compressão, teve uma redução inicial nas resistências com substituição, mas analisando as idades de 3 dias, 7 dias e 28 dias pode ser notado uma melhoria gradual sendo assim, pode ser destacado que a adição provou reduzir a resistência em suas idades iniciais, apesar da resistência ser menor, os ensaio de aderência à tração mostra que os traços com substituição de cal tem um melhor desempenho do que o de referência.

Palavra Chave: Revestimento de Paredes, Biopolímero, argamassa.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Eduardo Alves de. **ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF COATING MORTARS WITH ADDED CASCADES OF CRAB-UÇÁ**. 2018. 45 f. TCC (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Ceulp / Ulbra, Palmas, 2018.

The mortars produced on site do not have the same technological control as the ones that are industrialized, which have, as a great and main technical advantage, the homogeneity both in the proportion and in the quality of the inputs used. Therefore, additives or additions are used on the jobsite to make corrections caused by both poor dosing and the quality of the material. In this work the biopolymer application of partially replacing lime in 5%, 10% and 20% in the coating mortar was performed using the 1: 1: 6 trace (1 of cement to 1 of lime to 6 of aggregate) in bulk by analyzing it in its fresh and hardened state. In the consistency test it was verified an improvement in the scattering, allowing the reduction in the water / cement factor, in the compression test, had an initial reduction in the resistances with substitution, but analyzing the ages of 3 days, 7 days and 28 days can be noted a gradual improvement being thus, it may be noted that addition has proven to reduce resistance at its early ages, although the strength is less, the traction adhesion test shows that traces with lime replacement have a better performance than the reference.

Keyword: Wall Finish, Biopolymer, mortar.

LISTA DE FIGURA

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Camadas das argamassas de revestimento..... | 13 |
| Figura 2 - Programa Experimental | 26 |
| Figura 3 - Ensaio de granulométrica | 27 |
| Figura 4 - Ensaio de Início e fim de pega..... | 28 |
| Figura 5 - Moinho de Bolas | 29 |
| Figura 6 - Ensaio de consistência | 30 |
| Figura 7 - Definição dos furos para Ensaio | 30 |
| Figura 8 - Ensaio de resistência à tração na flexão..... | 31 |
| Figura 9- Curva Granulométrica | 33 |
| Figura 10 - Solução de hidróxido de sódio..... | 34 |
| Figura 11 - Resistência à Compressão..... | 36 |
| Figura 12 - Resistência à tração na Flexão | 37 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Limites da resistência de aderência à tração | 17 |
| Tabela 2 – Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos | 18 |
| Tabela 3 - Composição Granulométrica | 33 |
| Tabela 4 - Tempo de Pega do Cimento | 35 |
| Tabela 5 - Espalhamento da argamassa | 36 |
| Tabela 6 - Resistência à Compressão | 37 |
| Tabela 7 - Ensaio de Absorção de Água | 38 |
| Tabela 8 - Ensaio de Aderência à tração | 39 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;

CaO - Óxido de cálcio;

CO₂ - Dióxido de carbono;

D_{max} - Dimensão máxima característica;

min – Unidade de tempo – minuto;

mm - Unidade de comprimento – milímetro;

PH - Potencial de hidrogênio;

g – Unidade de Massa – grama;

M_f – Modulo de finura;

h - Unidade de tempo – hora;

s - Unidade de tempo – segundo;

TiO₂ - Óxido de titânio;

L - Unidade de medida – litro;

a/c – água por cimento;

Naoh – hidróxido de sódio;

Dif. – Diferença;

PPM – partículas por milhão;

Perc. – Percentual;

Sub. – Substituição;

Cps – Corpos de provas.

LISTA DE SÍMBOLOS E PREFIXOS

°C - Temperatura em Celsius (graus Celsius);

μ - Micro (10⁻⁶);

m - Mili (10⁻³);

% - Percentagem;

± - Mais ou menos.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA | 11 |
| 1.2 OBJETIVOS | 11 |
| 1.2.1 Objetivo Geral | 11 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 12 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA | 12 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 13 |
| 2.1 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO | 13 |
| 2.2 TIPOS DE ARGAMASSAS | 14 |
| 2.3 ESTRUTURA DOS REVESTIMENTOS | 14 |
| 2.4 CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS | 15 |
| 2.4.1 Propriedades no estado fresco | 15 |
| 2.4.1.1 Aderência inicial | 15 |
| 2.4.1.2 Retenção de água | 15 |
| 2.4.1.3 Trabalhabilidade | 16 |
| 2.4.2 Propriedades no estado endurecido | 16 |
| 2.4.2.1 Aderência | 16 |
| 2.4.2.2 Capacidade de absorção e deformações | 17 |
| 2.4.2.3 Durabilidade | 17 |
| 2.4.2.4 Retração | 18 |
| 2.4.2.5 Resistência mecânica | 18 |
| 2.5 ARGAMASSA QUANTO AO TIPO DE AGLOMERANTE | 19 |
| 2.6 MATERIAIS DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS | 19 |
| 2.6.1 Cimento | 19 |
| 2.6.1.1 Tipos de Cimento | 19 |
| 2.6.2 Cal | 20 |
| 2.6.3 Agregado | 21 |
| 2.7 ADIÇÕES | 21 |
| 2.7.1 Adições Poliméricas | 21 |
| 2.8 QUITINA E QUITOSANA | 21 |
| 2.9 TIPOS DE PREPARO | 22 |
| 2.9.1 Argamassa dosada na Obra | 22 |
| 2.9.2 Argamassa Industrializada | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 2.8.3 Argamassa semi-industrializada | 23 |
| 2.9 TRABALHOS NA ÁREA DE ESTUDO | 24 |
| 2.9.1 Estudo da Influência da adição da poliuretana em argamassa de cimento | 24 |
| 2.9.2 Efeitos da adição de nanotitânia em uma argamassa de revestimento..... | 24 |
| 3 METODOLOGIA..... | 26 |
| 3.1 ESTUDOS INICIAIS | 26 |
| 3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL | 26 |
| 3.2.1 Caracterização dos Materiais | 27 |
| 3.2.2 Ensaio nas Argamassas | 29 |
| 3.2.2.1 Argamassa no estado fresco | 29 |
| 3.2.2.2 Argamassa no estado endurecido | 30 |
| 4 RESULTADO E DISCUSSÃO..... | 33 |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO | 33 |
| 4.1.1 Análise granulométrica | 33 |
| 4.1.2 Teor de Matéria Orgânica | 34 |
| 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO..... | 35 |
| 4.2.1 Determinação dos tempos de início e fim de pega do cimento Portland | 35 |
| 4.3 ENSAIO DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO | 35 |
| 4.3.1 Determinação do Índice de Consistência..... | 35 |
| 4.4 ENSAIO DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO | 36 |
| 4.4.1 Resistência à Compressão e a tração na flexão | 36 |
| 4.4.2 Determinação da absorção de água | 38 |
| 4.4.3 Resistência da aderência à tração | 39 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 40 |
| 6. REFERÊNCIAS | 41 |

1 INTRODUÇÃO

As argamassas industrializadas apresentam, como grande e principal vantagem técnica, a homogeneidade, tanto na proporção como na qualidade dos insumos empregados. Essas características eliminam a necessidade de correções, adaptações e outras intervenções feitas na obra, em geral sem critério, minimizando a probabilidade de ocorrerem defeitos, principalmente em revestimentos de paredes que, infelizmente, é onde esses defeitos ocorrem de forma mais frequente (RECENA, 2012).

Ripper (1995) diz que sua eficácia, depende da aplicação de traços certos para cada serviço específico. A grande maioria das obras de construção civil tem o costume de usar traços diferentes para uma variedade de serviços, devido a esse motivo, para a aplicação das argamassas, é enumerada, nas obras de construção civil, uma lista de diversos serviços com a indicação dos traços recomendados.

As diferenças de traço e na qualidade das matérias primas utilizadas na composição da argamassa, em paridade também com as outras modalidades de argamassa, resultam diferenças de características mecânicas, desempenho estrutural e durabilidade entre as argamassas cimentícias (PETRUCI, 1998).

Quando o preparo da argamassa é feito na obra, devesse ter cuidado com a dosagem pois, o operário do canteiro de obra pode acrescentar água para melhorar a trabalhabilidade dela, com alteração do traço inicialmente estabelecido, há uma mudança nas características pré-estabelecidas de projeto (RECENA, 2012).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Qual a influência da substituição da casca de caranguejo-uçá na Argamassa de Revestimento pela cal utilizando cimento Portland?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência do uso da casca de caranguejo-uçá na Argamassa de Revestimento utilizando cimento Portland.

1.2.2 Objetivos Específicos

Avaliar a argamassa de revestimento no estado fresco levando em consideração o índice de consistência da argamassa.

Analisar a argamassa em seu estado endurecido: a resistência à Compressão e tração na flexão, a aderência à tração com o substrato, a absorção de água.

1.3 JUSTIFICATIVA

Para argamassas feitas em obras, geralmente faz-se o uso de aditivos para melhor o desempenho das mesmas, uma vez que não se tem o controle rigoroso de um que é industrializada. Para isso é necessário um estudo do comportamento tanto no estado fresco como no estado endurecido com a adição de um novo material na sua composição.

A adição de materiais na mistura na argamassa visa melhorar suas capacidades tanto em estado fresco como no endurecido, a busca por novos materiais naturais tem crescido bastante uma vez que são mais compatíveis e causam menos impacto em sua produção do que produtos sintéticos.

A casca de caranguejo-uçá é um item que após tratamento (desproteínização e desmineralização) é obtido a quitosana que seria o segundo biopolímero maior do mundo em quantidade além de ser renovável ela apresenta a possibilidade de formar filmes poliméricos na matriz cimentícia e possivelmente melhorar a energia de fratura da pasta (KELLY, 2009).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

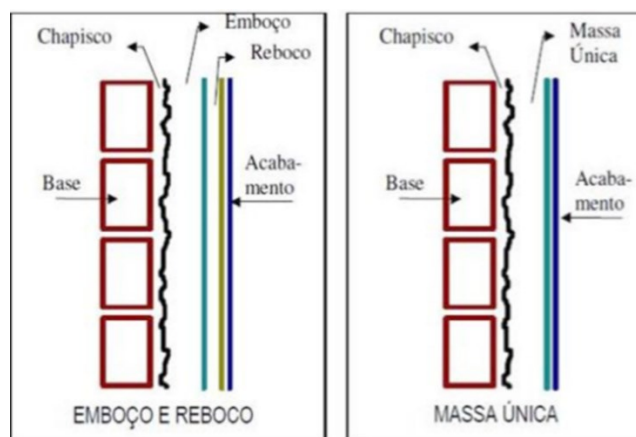
A NBR 13281(ABNT,2005) relata que a argamassa é uma mistura homogênea de água, aglomerante inorgânico e agregado miúdo, composta ou não por aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, sendo dosada em obra ou em instalação própria.

Segundo Petrucci (1998), os aglomerantes podem ser adicionados em materiais inertes ou usados isolados, as argamassas possuem diversas utilidades, elas são classificadas segundo o seu emprego sendo, em refratárias ou comuns. As argamassas comuns são aquelas aplicadas no revestimento, rejuntamento das alvenarias, para injeções, para pisos e outros, já as refratárias são aquelas capazes de resistir a elevadas temperaturas sendo empregadas de agregados especiais, como argila refratária, vermiculite, etc.

Os revestimentos de argamassa têm como finalidade, ajudar as vedações no cumprimento das suas funções, preservar os elementos de vedação das edificações da ação de diversos agentes agressivos, regularizar a superfície dos elementos de vedação, servir de base para aplicação de outros revestimentos.

Conforme a NBR 13749 (ABNT, 2013), a argamassa de revestimento deve ser compatível com o acabamento decorativo, apresentar textura uniforme, sem imperfeições, tais como: fissuras, cavidades, eflorescência e manchas, devendo ser prevista na especificação de projeto a aceitação ou rejeição, conforme níveis de tolerâncias admitidas, podendo ser constituída por uma ou mais camadas conforme figura 1.

Figura 1 - Camadas das argamassas de revestimento



Fonte: BAÍA; SABBATINI, 2000

2.2 TIPOS DE ARGAMASSAS

De acordo com Lopes (2013), as argamassas podem ser empregadas de diversas formas, sendo elas ligadas às trabalhabilidades de cada tipo, sendo elas:

As argamassas de assentamento têm as seguintes funções:

Unir solidamente os componentes da alvenaria:

- Absorver as deformações naturais;
- Distribuir uniformemente as cargas;
- Selar as juntas contra a penetração de água de chuva.

As argamassas de revestimento têm com função aprimorar o acabamento e aumentar o conforto termo acústicos de uma edificação, sendo utilizadas com chapisco, emboço e reboco.

Argamassas prontas, conhecidas como argamassas colantes, vêm substituindo as argamassas tradicionalmente utilizadas na construção civil. As argamassas colantes, uma mistura de aglomerantes, agregados e aditivos, tem, como principal característica, necessitar apenas da adição de água para ser prontamente utilizada em obra.

2.3 ESTRUTURA DOS REVESTIMENTOS

A NBR 13529 (ABNT,2013) descreve que o sistema de revestimento é um conjunto formado por revestimento de argamassa compatível com a natureza da base, desempenho, acabamento decorativo e condições de exposição previstas em projeto. Podendo ser divididas em camadas:

Substrato ou base – parede ou teto constituído por material inorgânico, não metálico, sobre os quais o revestimento é aplicado.

Chapisco é a camada de preparo da base, aplicada de forma descontínua ou contínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.

Emboço é a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, proporcionando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou revestimento decorativo ou acabamento.

Reboco é uma camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, proporcionando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou acabamento.

2.4 CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS

O desempenho dos revestimentos de fachada de argamassa depende das propriedades específicas do material no estado fresco e no estado endurecido. O entendimento dessas propriedades e dos fatores que influenciam a sua obtenção permite avaliar o comportamento do revestimento nas diferentes situações de uso.

2.4.1 Propriedades no estado fresco

É de extrema importância o conhecimento do comportamento da argamassa no estado plástico, para que se possa analisar e corrigir as deficiências geradas nessa fase e evitar prejuízos no produto final como qualidade e durabilidade (GOMES, 2005)

Gomes (2005) menciona que o desempenho das argamassas no estado fresco está diretamente ligado aos materiais empregados, ao traço, à mistura, ao tipo de transporte, à espessura das camadas e até a forma de aplicação.

A seguir são apresentadas as principais propriedades da argamassa para revestimento de fachada no estado fresco.

2.4.1.1 Aderência inicial

Segundo Recena (2012), uma das características mais considerável das argamassas é com certeza, sua eficácia ao continua aderida no substrato, seja no assentamento, de uma alvenaria, ou em revestimentos. Devido à importância dessa característica, é necessário conhecer o mecanismo de funcionamento e as variáveis intervenientes no processo.

Segundo SELMO (1989), adesão inicial ou a aderência da argamassa no estado fresco ao substrato a revestir, deve-se, em princípio, às características reológicas da pasta aglomerante; a baixa tensão superficial da pasta, sendo função inversa do consumo de aglomerantes, é o que propicia a sua adesão física ao substrato, assim como aos próprios grãos do agregado miúdo.

2.4.1.2 Retenção de água

De acordo com Recena (2012), a retenção de água é a capacidade de uma argamassa de ceder a água de sua preparação no substrato mais devagar. Se a argamassa apresenta grande capacidade de retenção de água, a perda da água de amassamento é lenta, sendo desencadeado em conjunto ao progressivo ganho de resistência o que garante a estruturação do material

minimizando a diminuição de volume e a probabilidade de instalação de processos de fissuração.

A capacidade das argamassas em reter água é de muita importância na garantia da aderência aos substratos, evitando o deslocamento de porções de argamassa empregadas em revestimentos de paredes e garantindo a homogeneidade das alvenarias pela manutenção da união dos vários elementos que a compõem na formação de um todo compacto.

A influência da retenção de água na eficácia dos sistemas das argamassas aos substratos de aplicação será mais bem compreendida no texto referente à aderência apresentada adiante.

De acordo com CARASEK (1996), em seus experimentos utilizando argamassas com diferentes retenções de água aplicadas em diferentes tipos de substratos, que aquelas com menores capacidades de retenção de água produziam maior resistência de aderência do revestimento.

2.4.1.3 Trabalhabilidade

Conforme Recena (2012), a trabalhabilidade de uma argamassa é um conceito subjetivo que deve ser entendido como a maior ou menor facilidade de dispor a argamassa em sua posição final, cumprindo adequadamente sua finalidade, sem comprometer o bom andamento da tarefa em termos de rendimento e custo.

Assim, uma argamassa para assentamento de alvenarias de pedra deverá apresentar um comportamento diferente daquele exigido de uma argamassa de assentamento de alvenarias clássicas de tijolos ou blocos cerâmicos; e estas, de uma argamassa desenvolvida para a função específica de revestimento de paredes.

A trabalhabilidade das argamassas é função da quantidade de água utilizada na sua composição, da proporção entre a pasta (cimento e água) e areia e da granulometria da areia. Portanto, para se obter a trabalhabilidade desejada, pode-se variar a quantidade de pasta em relação à quantidade de areia ou ajustar a granulometria do agregado miúdo (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 1993).

2.4.2 Propriedades no estado endurecido

2.4.2.1 Aderência

Segundo SABBATINI (1984), aderência da argamassa na base pode ser determinada como sendo a capacidade que a conexão entre o substrato e a argamassa, devendo absorver tensões de cisalhamento e tensões de tração a ela, sem se romper. Segundo ele, aumentando o

teor relativo de cimento no aglomerante pode-se aumentar ou diminuir a capacidade de aderência, dependendo das características da superfície.

A resistência de aderência à tração do revestimento pode ser medida através do ensaio de arrancamento de aderência por tração. De acordo com a norma NBR 13749 (ABNT, 2013), o limite de resistência de aderência à tração para o revestimento de argamassa varia de acordo com o local de aplicação, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Limites da resistência de aderência à tração

| Local | | Acabamento | Ra (MPa) |
|--------|---------|-----------------------------|----------|
| Parede | Interna | Pintura ou base para reboco | > 0,2 |
| | | Cerâmica ou laminado | >0,3 |
| | Externa | Pintura ou base para reboco | >0,3 |
| | | Cerâmica | >0,3 |
| Teto | | | > 0,2 |

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 2013).

2.4.2.2 Capacidade de absorção e deformações

A capacidade de absorver deformações, também chamada ou comparada a resiliência, é a capacidade que a argamassa possui de absorver tensões, sem se deformar excessivamente, não causando ruptura ou fissuras prejudiciais e voltando ao seu estágio original quando do cessar das solicitações (SABBATINI, 1986).

As fissuras são decorrentes do alívio de tensões originadas pelas deformações da base. Elas são consideradas prejudiciais quando permitem a percolação de água no revestimento (SABBATINI e BAIA, 2008).

2.4.2.3 Durabilidade

Nenhum material mantém suas características e funções iniciais. Como resultado de interações ambientais, a microestrutura e, conseqüentemente, as suas propriedades mudam com o tempo. Mehta e Monteiro (2008) diz que um material atingiu o fim de sua vida útil quando suas propriedades, sob determinadas condições de uso, deterioram de tal forma que a continuação do seu uso é considerada insegura e antieconômica.

As argamassas podem ter sua integridade comprometida por diversos fatores, dentre os quais se podem citar a retração por secagem, absorção de água de chuva, temperaturas de congelamento, choque térmico, agentes corrosivos atmosféricos e agentes agressivos biológicos (SANTOS, 2008).

Alguns fatores prejudicam a durabilidade do revestimento, tais como: a fissuração; a espessura excessiva; a qualidade das argamassas; a falta de manutenção (SABBATINI, 2008).

Outro fator importante a ser considerado quando se trata da durabilidade dos revestimentos deve-se a qualidade dos constituintes. O agregado miúdo, por exemplo, não pode apresentar impurezas orgânicas e, não pode ser potencialmente reativo com álcalis e a cal deve ter sido bem hidratada.

2.4.2.4 Retração

Fenômeno que ocorre devido à evaporação da água de amassamento da argamassa e, também pelas reações de hidratação e carbonatação dos aglomerantes, podendo gerar fissuras no revestimento. Essas fissuras podem se tornar prejudiciais ao revestimento pois permitem a percolação de água, já no estado endurecido, comprometendo toda a estanqueidade à água (BAÍA e SABBATINI, 2008).

Segundo Baía e Sabbatini (2008) as argamassas fortes, ou seja, altos teores de cimento estão mais sujeitos às tensões causadoras do aparecimento de fissuras prejudiciais durante a secagem, além de trincas e possíveis descolamentos da argamassa, já no estado endurecido.

Segundo a NBR 13749 (ABNT, 2013), no caso da necessidade de empregar um revestimento com espessura superior são necessários alguns cuidados de forma a garantir a aderência do revestimento. Esses cuidados referem-se ao tempo de aplicação que essas espessuras são empregadas. A Tabela 2 indica a espessura dos revestimentos externos e internos, de acordo com a norma.

Tabela 2 – Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos

| REVESTIMENTO | ESPESSURA |
|-------------------------|---------------------|
| Parede interna | $5 \leq e \leq 20$ |
| Parede externa | $20 \leq e \leq 30$ |
| Tetos interno e externo | $e \leq 20$ |

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 2013).

2.4.2.5 Resistência mecânica

Segundo Mehta e Monteiro (2008) a resistência é a capacidade de um material resistir a uma tensão sem se romper, sendo esta a propriedade mais valorizada por projetistas e engenheiros para o controle de qualidade da matriz cimentícia. Esta propriedade é inversamente proporcional a porosidade da mistura, que sofre uma grande influência da relação água/cimento adotada.

Para a determinação da resistência mecânica das argamassas, utilizam-se os procedimentos de ensaio apresentados pela NBR 13279 (ABNT,2005), que define o valor da resistência à tração na flexão e da resistência à compressão.

Um dos principais problemas nos revestimentos, associado à resistência mecânica da argamassa, é a baixa resistência superficial, prejudicando a fixação das camadas de acabamento, como a pintura ou, mais grave ainda, as peças cerâmicas (CARASEK, 2007).

As argamassas geralmente são usadas para resistir a esforços de compressão baixos, porém podem resistir a esforços consideráveis. Por exemplo, uma argamassa de cimento e areia com um traço de 1:3 e água suficiente para obtenção de uma adequada trabalhabilidade atinge resistência de compressão e tração de ordem de 25 MPa a 2MPa, respectivamente. (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 1993).

2.5 ARGAMASSA QUANTO AO TIPO DE AGLOMERANTE

Como apresentado na NBR 13529 (ABNT, 2013), as argamassas são classificadas com relação ao tipo de aglomerante, podendo ser com um ou mais aglomerantes (simples ou mista), sendo os mais usuais:

Argamassa de cimento, composto com cimento, areia e água, argamassa de cal, composta por cal e areia e, argamassa mista de cimento, cal e areia.

2.6 MATERIAIS DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS

2.6.1 Cimento

De acordo com Neville (1997), o cimento pode ser considerado todo material com propriedades adesivas e coesivas capaz de unir fragmentos de minerais entre si de modo a formar um todo compactado.

O cimento mais utilizado hoje pelo mercado é o do tipo Portland, que consiste essencialmente de silicatos reativos de cálcio, alumina e óxido de ferro. Eles são os responsáveis pela característica adesiva e estabilidade do cimento em meio aquoso, quando hidratado. O calcário e argila são as principais matérias-primas do cimento, sendo as fontes de cálcio e sílica necessárias para a formação de seus compostos (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

2.6.1.1 Tipos de Cimento

De acordo com Mehta (2008) os tipos de cimento são classificados de acordo com as adições realizadas no processo de moagem e classe de resistência. As siglas correspondem ao

prefixo CP acrescido dos algarismos romanos de I a V, conforme o tipo de cimento, e suas classes são indicadas de acordo com os valores mínimos de resistências à compressão, garantidos pelo fabricante, após 28 dias de cura. Os principais tipos de cimento Portland estão representados na sequência a seguir:

Tipo I – Utilizado quando não são requeridas propriedades especiais especificadas para qualquer um dos outros tipos;

Tipo II – Utilizado quando se deseja moderada resistência ao sulfato ou moderado calor de Hidratação;

Tipo III – Indicado para uso quando se deseja alta resistência inicial;

Tipo IV – Para quando se deseja baixo calor de Hidratação;

Tipo V – Usado quando se deseja alta resistência ao Sulfato.

2.6.2 Cal

A cal é um produto derivado de rochas calcárias constituídas por carbonatos de cálcio e/ou magnésio. Sob rígido controle industrial as rochas são extraídas, selecionadas, britadas e submetidas a altíssimas temperaturas ($\pm 1.000^{\circ}\text{C}$) em modernos fornos industriais. Este processo de “queima” é conhecido como calcinação ($\text{CaCO}_3 + \text{Calor} = \text{CaO} + \text{CO}_2\uparrow$). Daí obtém-se a cal virgem, composta por óxidos de cálcio e de magnésio.

A cal hidratada, segundo a NBR 7175 (ABNT, 2003), é um pó seco obtido pela hidratação de cal virgem, constituída essencialmente de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou, ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

A NBR 6453 (ABNT, 2003) define que a cal virgem é o produto obtido da calcinação de carbonatos de cálcio e/ou magnésio, constituído essencialmente de uma mistura de óxidos de cálcio e óxidos de magnésio, ou ainda uma mistura de óxido de cálcio, óxido de magnésio e hidróxido de cálcio

Nas argamassas, a cal hidratada atua como aglomerante, a exemplo do cimento. A função principal da cal hidratada é unir os grãos de areia presentes nas argamassas de assentamento e de revestimento, contudo, enquanto o cimento necessita de água para reagir e endurecer, a cal hidratada reage com o CO_2 do ar, transformando-se em carbonatos tão sólidos quanto a rocha calcária que a originou (Lopes, 2013).

2.6.3 Agregado

Agregados é a denominação genérica dada aos materiais que são acrescentados ao cimento e à água para se obterem as argamassas e os concretos. Os agregados apresentam-se em forma de grãos, tais como as areias e britas, e devem ser inertes, ou seja, não devem provocar reações indesejáveis. Os agregados constituem aproximadamente 70% do volume total dos produtos em que são utilizados, desempenhando, em consequência, um importante papel do ponto de vista do custo total dos mesmos. Além disso, proporcionam uma menor retração das pastas formadas por cimento e água e aumentam a resistência ao desgaste superficial das argamassas e concretos. (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 1993).

2.7 ADIÇÕES

Segundo Petrucci (1981), entendem-se por aditivos as substâncias que são adicionadas intencionalmente ao concreto, com a finalidade de reforçar ou melhorar certas características do mesmo, inclusive facilitando seu preparo e utilização.

2.7.1 Adições Poliméricas

Aplicações de biopolímeros em materiais de construção são frequentes e diversas. Em alguns casos, eles oferecem diferentes vantagens no desempenho e/ou custo relação aos polímeros sintéticos, enquanto que em outras áreas, podem ser o único produto capaz de fornecer certas propriedades aos materiais de construção. Os biopolímeros também carregam a imagem de serem mais aceitos ambientalmente que os sintéticos. Apesar deste ponto ser discutível, ele influencia na escolha do material utilizado (PLANK, 2004).

2.8 QUITINA E QUITOSANA

De acordo com Kelly (2009),

A quitina é um polímero obtido da casca de crustáceos, apresentando cerca de 26% a 30% de sua composição e pode ser considerado o segundo polímero mais abundante do planeta, logo atrás de celulose.

Ela é separada de outros componentes da carapaça de crustáceos por um processo químico que envolve as etapas de desmineralização e desproteínização das carapaças (AZAVEDO, 2007).

A desmineralização visa a remoção de impurezas minerais onde em um béquer de 400 ml de ácido clorídrico (0,55 mol/l), é adicionado 20 g de carapaça triturada e peneirada (passados pela peneira de 63 μm) e sob agitação por 20 min, logo após é adicionando 400 ml de água e agitando por 1 min, passado esse tempo, filtrasse a solução. Levando o material filtrado para uma estufa na temperatura de 60 °C por 24 horas, passando esse tempo, deve novamente passar o material na peneira 63 μm .

Na desproteínização em um béquer de 400 ml de hidróxido de sódio, adiciona 20 g de carapaça desmineralizada, durante 20 min na temperatura de 80 °C, após a solução se esfriar, acrescentar 400 ml de água deionizada e agitar por 1 min, após colocar na estufa novamente obtendo a quitina (KUGELMEIER, 2013).

A quitosana é um biopolímero do tipo polissacarídeo e por ser derivada diretamente da quitina, sua estrutura molecular é quimicamente similar à celulose. O uso da quitosana junto ao cimento ajuda a melhorar as propriedades das pastas cimentícias, diminuindo a fragilidade intrínsecas (KELLY, 2009).

No estado sólido a quitosana é um polímero semicristalino, sendo a aplicação e características da quitosana dependem fundamentalmente o grau de desacetilação e do tamanho da cadeia polimérica. A atividade da quitosana aumenta à medida que o PH do meio diminui, como consequência da ionização dos grupos de amino na cadeia (CAMPELO, 2015).

2.9 TIPOS DE PREPARO

2.9.1 Argamassa dosada na Obra

Recena (2012) diz que as argamassas tradicionais são preparadas no canteiro de obra, sendo compostas por materiais aglomerantes, agregados e água, podendo ou não ser aditivadas. Estas argamassas são produzidas a partir de proporções preestabelecidos de acordo com uma dosagem pré-determinada. Como ela é feita é grande quantidade e algumas vezes sem acompanhamento técnico, a dosagem é feita de forma inadequada sem cuidados necessários para manter as características pré-estabelecida inicialmente e, sem o cuidado necessário por meio de pás, baldes ou, até mesmo, capacetes, podendo variar as dosagens de uma remessa para outra, ficando com características diferentes.

Elas podem ser preparadas com cimento e areia, com ou sem o emprego de aditivos incorporadores de ar, como mistas de cimento e cal. Em ambos os casos uma dosagem prévia deve ser realizada para a garantia do bom desempenho do material no atingimento das características exigidas para cada emprego (RECENA, 2012).

2.9.2 Argamassa Industrializada

Por argamassas industrializadas o mercado identifica aquelas argamassas que chegam à obra necessitando apenas do acréscimo de água para serem utilizadas. São produzidas por processos bem controlados, dosadas em massa e fornecidas ensacadas.

Existem no mercado argamassas industrializadas à base de cimento Portland, aditivos e adições e outras que também utilizam cal na sua composição. O agregado empregado pode ser com areia natural ou com areia artificial (obtida de operações de diminuição de rochas). Em função de sua homogeneidade, este tipo de argamassa vem sendo cada vez mais aceito no mercado.

Estas argamassas industrializadas são especificadas em função do uso, havendo, além das várias categorias de argamassa colante para aplicação de revestimentos cerâmicos tanto internos como externos, argamassas para assentamento de elementos em alvenarias estruturais, em alvenarias de fechamento e em revestimentos internos e externos, além de contrapisos e regularizações onde a resistência mecânica é uma das exigências principais (RECENA, 2012).

2.8.3 Argamassa semi-industrializada

Elas são argamassas de cal e areia que são vendidas para posteriormente ser introduzida o cimento Portland na obtenção das argamassas finais. Podem ser empregadas em variadas composições com cimento Portland na formação de argamassas finais com diferentes características.

A obtenção de argamassas intermediárias de boa qualidade definida dependerá da qualidade dos insumos empregados em sua produção, pelo processo de dosagem, da eficiência da mistura, mas principalmente da composição com areia, ou seja, do traço. Na obra, posteriormente, condições adequadas de estocagem e proporções adequados com cimento Portland, determinarão a qualidade do produto final.

É um material largamente empregado apresentando como vantagem o menor custo frente as argamassas industrializadas, mas exigem conhecimento e cuidado para que sejam empregadas corretamente. A idoneidade do fabricante e seu compromisso com a qualidade são aspectos fundamentais para a escolha do fornecedor (RECENA, 2012).

2.9 TRABALHOS NA ÁREA DE ESTUDO

2.9.1 Estudo da Influência da adição da poliuretana em argamassa de cimento

A utilização de resinas poliméricas em atrizes de cimento abre um novo campo de aplicação na construção civil. No contexto atual, o concreto é uma das matérias primas mais consumidas mundialmente. Entretanto, mesmo com o crescente consumo este apresenta certas limitações. O desenvolvimento de argamassas com o uso de materiais não convencionais instiga os pesquisadores no mundo inteiro, pela busca por novas técnicas e aplicações que viabiliza sua utilização, melhoria de desempenho e consequentemente, o aumento da durabilidade.

Neste Trabalho, que foi apresentado pelo acadêmico Paulo Roberto Axt Júnior, concluinte do curso de Engenharia de Infraestrutura, tem como objetivo principal, estudar argamassas reforçadas com esferas micrométricas de poliuretanas.

Na metodologia após a produção das microesferas, ela foi adicionada na argamassa com proporções de 0%, 0,5%, 1% e 2%(em massa de cimento), buscando avaliar a influência da referida adição sobre as propriedades no estado fresco (Índice de consistência) e endurecido (Resistência a compressão axial, absorção de água, densidade aparente e retração).

Isso permitiu verificar que com a adição houve um aumento da porosidade e consequentemente da absorção de água, e uma redução da densidade. Houve uma pequena melhora na trabalhabilidade com a adição e um comportamento similar no ensaio de resistência à compressão. A variação de retração do material com o uso das adições foi irrelevante. Sendo o percentual de 1% que mostrou melhor melhoria, para trabalhos futuros foi indicado um estudo mais aprofundado sobre os percentuais entra 1% a 2% e aumentar o número dos corpos de provas para melhor análise.

2.9.2 Efeitos da adição de nanotitânia em uma argamassa de revestimento

Com a descoberta da atividade fotocatalítica do dióxido de titânio, o emprego da titânia na forma de nano partícula (nano-TiO₂) tem-se tornado cada vez mais ampla na construção civil com o objetivo de desenvolver materiais que atuem como agentes purificadores de ar.

Neste trabalho apresentado por Alex Francisco Folster, para obtenção da graduação em Engenharia de infraestrutura, ele avaliou o efeito da adição de nano-TiO₂ em uma argamassa comercial, em relação às propriedades físicas (densidade aparente, absorção de água, porosidade aberta, retração) e mecânica (resistência à compressão) até 28 dias de cura.

Para tal, dosagens 0, 0,5, 1,0, 1,5 % (em massa) foram adicionadas as misturas mantendo a trabalhabilidade constante pelo uso de quantidades distintas de água. Em geral, os resultados obtidos mostraram que a presença de nano-TiO₂ afetou as propriedades físicas e mecânica em diferentes níveis.

A densidade aparente sofreu reduções gradativas em relação ao aumento da presença de nano-TiO₂, enquanto a porosidade, absorção de água e retração sofreram um aumento nos resultados. Para a resistência à compressão revelou menores variações. As formulações (0,5nT + 0,67a/c e 1,0nT + 0,69a/c) foram as que atenderam melhor as propriedades avaliadas nesse trabalho o que permite afirmar que em termos práticos de aplicação apresentaram melhores desempenhos quando comparado das demais argamassas produzidas.

3 METODOLOGIA

3.1 ESTUDOS INICIAIS

Este capítulo descreve a metodologia utilizada nos ensaios das argamassas, primeiramente, o agregado miúdo foi caracterizado por meio de ensaios laboratoriais (granulometria, teores de material pulverulento e matéria orgânica); em seguida, as argamassas foram caracterizadas por meio do índice de consistência, da resistência à compressão e da resistência de aderência à tração. A seguir encontra-se a descrição dos materiais e ensaios realizados.

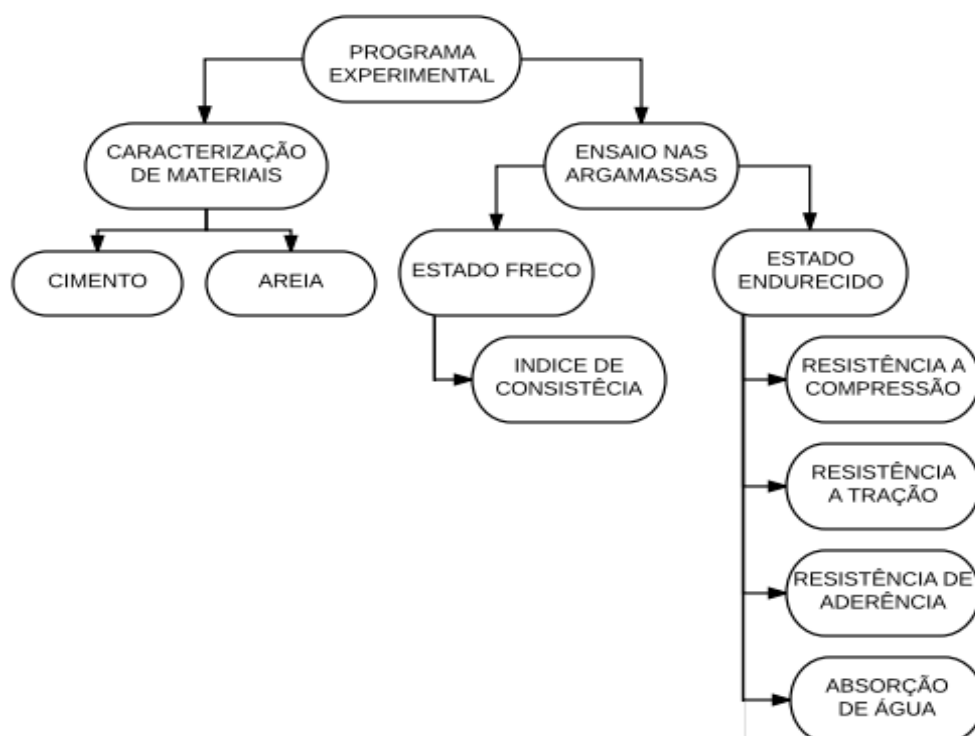
Neste trabalho foi utilizado o traço referência é 1:1:6 (1 de cimento para 1 de cal e 6 de Agregado miúdo em massa), com a utilização do Cimento tipo II F 40 com adição de carapaça do caranguejo-uçá em sua composição Substituindo a cal e variado o fator água cimento para ajustar o índice de consistência para que o espalhamento fixado em $300 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$.

Os percentuais de substituição da cal na argamassa de revestimento se dar através dos percentuais de 0%, 5%, 10%, e 20% de casca de caranguejo.

3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para atingir o objeto deste trabalho, foi estabelecido um roteiro conforme Figura 2:

Figura 2 - Programa Experimental



Fonte: Autor (2018)

3.2.1 Caracterização dos Materiais

Para agregado miúdo, foram executados os seguintes ensaios:

Granulometria:

A composição granulométrica do agregado miúdo foi determinada conforme as prescrições da NBR NM 248 (2003), a série de peneiras de malha quadrada, acoplada a um agitador mecânico é composta das seguintes medidas: (4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3 e 0,15) mm, conforme Figura 3:

Figura 3 - Ensaio de granulométrica



Fonte: Autor (2018)

O agregado foi colocado em estufa à temperatura de $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, por 24 horas. Após esse período, 500 g desta amostra foi levada a bancada do laboratório para determinação da massa (m) à temperatura ambiente. As peneiras, antes de serem acopladas para formarem um conjunto com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo. A amostra foi colocada no sistema de peneira e vibrada por 1 min, sendo as partes resultantes nas diversas peneiras e no fundo pesada.

Teor de matéria orgânica – NM 49 (ABNT, 2001):

O ensaio para verificação das impurezas orgânicas seguiu as prescrições conforme a norma acima. Inicialmente foram preparadas soluções de hidróxido de sódio a 3% (30 g de

hidróxido de sódio e 970 g de água destilada) e de ácido tânico a 2% (2 g de ácido tânico, 10 ml de álcool a 95% e 90 ml de água destilada).

Uma amostra de 200 g, previamente seca ao ar, foi colocada em um bquer, adicionando-se em seguida 100 ml de solução de hidróxido de sódio, para ser agitado vigorosamente. Uma solução padrão com 3 ml da solução de ácido tânico e 97 ml da solução de hidróxido de sódio, também, foi preparada. A mistura e a solução padrão ficaram em descanso por 24 h, em ambiente escuro. Após essa fase, a mistura foi filtrada, ficando as duas soluções em tubos diferentes.

A comparação entre as intensidades de cores das duas soluções, conforme prescreve a norma brasileira, identifica o nível de impureza orgânica.

Início e fim de pega – NBR 16607 (ABNT, 2017):

Após preparar a amostra conforme a NBR 16606, foi colocado a amostra no vecat, passado um tempo de 30 min, foi executado a primeira penetração da agulha permitindo que ela desça verticalmente à pasta, sem choque. O mesmo procedimento ocorreu em intervalos espaçados de tempo com 10 min. A Figura 4 mostra o momento em que estava definindo o fator a/c da pasta.

Figura 4 - Ensaio de Início e fim de pega



Fonte: Autor (2018)

Define-se o início de pega como o intervalo de tempo transcorrido desde a adição de água ao cimento até o momento em que a agulha de Vicat correspondente penetra na pasta até uma distância de (6 ± 2) mm da placa base.

Para fim de pega, a medição foi feita a cada 15 min até que a agulha penetre apenas 0,5 mm da amostra.

Tratamento do produto de Substituição da Cal:

Para produção da quitosana envolve duas etapas, uma seria a desproteíntização e a outra a desmineralização das carapaças de caranguejos ou de outro crustáceo.

Para este trabalho foi executado apenas a desproteíntização onde, após lavar as cascas, foi seca e colocada em um moinho de bolas para triturar a casca, logo após foi colocado em uma solução de Hidróxido de Sódio por um período de 24 h. Passado esse tempo, foi lavado com água e colocado na estufa durante 24 h, depois voltou para o moinho de bolas até o pó passar na peneira de nº 200 conforme Figura 5:

Figura 5 - Moinho de Bolas



Fonte: Autor (2018)

3.2.2 Ensaio nas Argamassas

Para todas as argamassas, procedeu os seguintes ensaios:

3.2.2.1 Argamassa no estado fresco

Determinação da consistência – O método de ensaio está especificado na NBR 13276 (ABNT, 2016):

Para a determinação do índice de consistência, o tronco de cone foi preenchido através de três camadas sucessivas da mistura final, com alturas aproximadamente iguais, sendo aplicados, em cada uma delas, respectivamente, 15, 10 e 5 golpes com o soquete, de maneira a distribuí-las uniformemente. Após a rasadura foi acionada a manivela da mesa para índice de consistência, aplicando-se 30 golpes em 30s de maneira uniforme.

Imediatamente após a última queda da mesa, foi medido com auxílio de uma régua o espalhamento. Foram registradas três medidas, sendo a média destes três valores o índice de consistência da argamassa, conforme Figura 6.

Figura 6 - Ensaio de consistência



Fonte: Autor (2018)

3.2.2.2 Argamassa no estado endurecido

Determinação da resistência de aderência à tração – NBR 13528 (ABNT, 2010):

O ensaio foi realizado com a colagem das pastilhas cilíndricas, no revestimento executado sobre alvenaria de blocos cerâmicos. Definiu-se a área de utilização para a ancoragem das pastilhas de arrancamento. A norma indica ensaiar pelo menos 12 corpos de prova (furos) para cada situação (no tijolo e entre juntas), na figura 7 temos os cortes feitos na parede.

Figura 7 - Definição dos furos para Ensaio



Fonte: Autor (2018)

O corte no revestimento para colar as pastilhas não deve comprometer a integridade do revestimento. O corte deve ser feito até 5 mm dentro do substrato.

Após o tempo de cura final do adesivo, acoplou-se o dinamômetro de tração à pastilha.

Aplica-se o esforço de tração, perpendicularmente ao corpo de prova, com a taxa de carregamento escolhida, em função da resistência à tração, e de tal modo que o ensaio dure entre 10 e 80 segundos, até a ruptura do corpo de prova.

Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão – NBR 13279 (ABNT, 2005):

Após untar toda a superfície interna e o fundo com uma leve camada de óleo foram preenchidos os moldes com argamassa em quatro camadas de alturas aproximadamente iguais, recebendo cada camada 30 golpes uniformes com o soquete normal, homogeneamente distribuído. Feito a rasadura do topo dos corpos de prova foram acondicionados sobre estas as placas de vidro. Logo após a moldagem, os corpos de prova, ainda nos moldes, foram colocados em câmara úmida.

Após o tempo determinado para o rompimento os corpos de prova foram rompidos em uma célula de carga acoplada a uma prensa manual conforme Figura 8:

Figura 8 - Ensaio de resistência à tração na flexão



Fonte: Autor (2018)

Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica – NBR 9778 (ABNT, 2009):

Após a confecção de 2 corpos de prova, foi executado o ensaio aos 28 dias depois de sua moldagem. Colocando a amostra na estufa e mantendo a temperatura a (105 ± 5) por um período de 72 h e registrado sua massa.

Logo após, foi emergida em água em temperatura ambiente por um período de 72 h e registrado sua massa e, registrado sua massa novamente. A absorção de água sucedeu a partir da relação das massas registradas.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO

Os resultados de caracterização dos agregados são mostrados a seguir:

4.1.1 Análise granulométrica

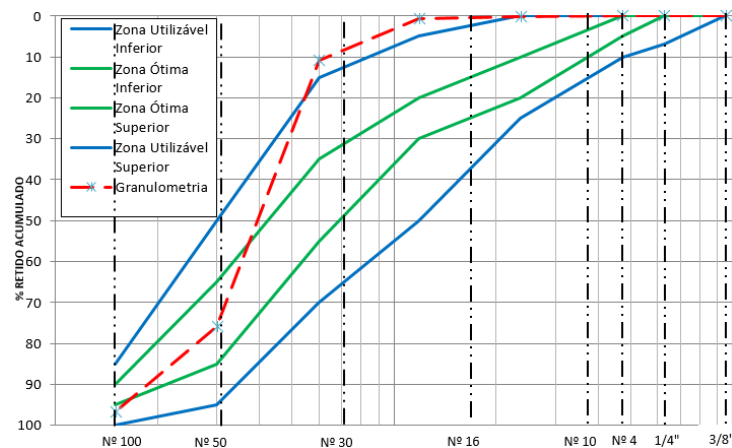
A Tabela 3 apresenta a composição granulométrica do agregado, enquanto a Figura 9 mostra as curvas granulométricas. O Módulo de Finura (MF) dos agregados utilizados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição Granulométrica

| Peneira (mm) | 1ª Determinação | | | 2ª Determinação | | |
|-------------------------|-----------------|----------|---------|-----------------|----------|---------|
| | Massa | % Retida | | Massa | % Retida | |
| | Retida (g) | Simples | Acumul. | Retida (g) | Simples | Acumul. |
| 4,8 | 0 | 0,00% | 0,00% | 0 | 0,00% | 0,00% |
| 2,4 | 0,4 | 0,08% | 0,08% | 0,4 | 0,08% | 0,08% |
| 1,2 | 2,1 | 0,42% | 0,50% | 2,2 | 0,44% | 0,52% |
| 0,6 | 43,6 | 8,72% | 9,22% | 43,3 | 8,66% | 9,18% |
| 0,3 | 356,4 | 71,28% | 80,50% | 357,4 | 71,48% | 80,66% |
| 0,15 | 86,6 | 17,32% | 97,82% | 89,6 | 17,92% | 98,58% |
| Fundo | 10,9 | 2,18% | 100,00% | 7,1 | 1,42% | 100,00% |
| Total | 500 | 100,00% | | 500 | 100,00% | |
| Total da Amostra | 500 | | | 500 | | |
| Dif. Amostra | 0 | | | 0 | | |
| Módulo de Finura | | | | | | 1,89 |

Fonte: Autor (2018)

Figura 9- Curva Granulométrica



Fonte: Autor (2018)

O agregado ensaiado apresentou o módulo de finura de 1,88 na 1ª determinação e 1,89 na 2ª, obtendo a média de 1,89 de módulo de finura.

Em relação aos resultados nos dois ensaios, de acordo com a NBR 7211/2009 o agregado é classificado com muito fino, sendo que o agregado com alto teor de finos necessita de maior quantidade de água para um mesmo abatimento e conseqüentemente há uma perda na resistência.

O agregado apresenta descontinuidade na sua distribuição granulométrica, necessitando de mais pasta de cimento para preencherem os vazios existentes. Logo, percebeu-se que para um mesmo traço, uma areia com descontinuidade granulométrica, provoca uma maior quantidade de vazios. Vazios influenciam negativamente nos valores finais das resistências da argamassa, necessitando de uma maior quantidade de pasta de cimento, ou seja, encarecendo o custo de produção (MARTINS, 2008).

4.1.2 Teor de Matéria Orgânica

Para verificar a presença de matéria orgânica nos agregados, foi feita uma mistura de duas soluções, hidróxido de sódio (NaOH) a 3% e ácido tânico. Nessa nova solução (Figura 10) foram diluídos em recipientes separados 200 g de cada agregado em estudo.

Figura 10 - Solução de hidróxido de sódio



Fonte: Autor (2018)

Após 24 horas, foi feita uma filtração das duas misturas e observou-se a coloração. Percebeu-se que o agregado testado se encontrava em boas condições para a utilização, uma vez que a amostra do ensaio não excedeu os 300 PPM de impureza orgânica. Então a areia está sancionada para o uso do concreto e argamassa. Se o agregado contester excesso de matéria orgânica, e o mesmo for destinado para a preparação de concreto, afeta as reações do cimento, a pega e no endurecimento inicial, enfraquecendo a resistência do concreto.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO

4.2.1 Determinação dos tempos de início e fim de pega do cimento Portland

Para o ensaio padrão sem adição de outros produtos, apenas a pasta de cimento, a água na pasta foi de 140 g em uma massa de 500 g de cimento, onde no aparelho de Vicat ficou com uma consistência com 6 mm de penetração conforme a Tabela 4:

Tabela 4 - Tempo de Pega do Cimento

| Pasta (g) | Qnt. De água (g) | Tempo de Pega | |
|-----------|------------------|---------------|----------|
| | | Início | Fim |
| 500 | 140 | 3h 10min | 4h 30min |
| 525 (5%) | 143 | 3h 15min | 4h 30min |
| 550 (10%) | 180 | 5h 45min | 7h 00min |
| 600 (20%) | 225 | 7h 05min | 8h 30min |

Fonte: Autor (2018)

Pode-se observar que a adição da casca de caranguejo moída na pasta de cimento fez com que a quantidade de água necessária para chegar na penetração adequada do ensaio aumentou.

A casca de caranguejo presente na pasta foi passada na peneira nº 200, fazendo com que ela fique bem fina, devido a isso ela reteve mais água fazendo com que necessite adicionar mais água na pasta para atingir a mesma penetração da pasta padrão.

Com isso, a água para hidratação do cimento aumentou retardando o processo de cura e à medida que é acrescentado mais material no cimento, o tempo necessário para cura final também aumenta.

4.3 ENSAIO DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

4.3.1 Determinação do Índice de Consistência

Primeiramente foram desenvolvidos traços experimentais para ser ajustado o fator água/cimento para encontrar o traço referência.

A produção dos traços sucedeu através da substituição da cal por casca de caranguejo nas proporções de 5%, 10% e 20% onde se pode verificar o espalhamento na tabela 5 abaixo:

Tabela 5 - Espalhamento da argamassa

| Perc. De Sub. | Fator a/c | Espalhamento (mm) |
|---------------|-----------|-------------------|
| Referência | 0,2 | 296 |
| 5% | 0,19 | 298 |
| 10% | 0,19 | 300 |
| 20% | 0,19 | 307 |

Fonte: Autor (2018)

Os resultados confirmam a influência do teor de cal na plasticidade da argamassa. Os efeitos desta plasticidade podem ser observados da tabela 5. O percentual de 20% apresenta maior espalhamento, desta forma verificasse que, à medida que é feito a substituição da cal pela adição no traço, o espalhamento aumenta.

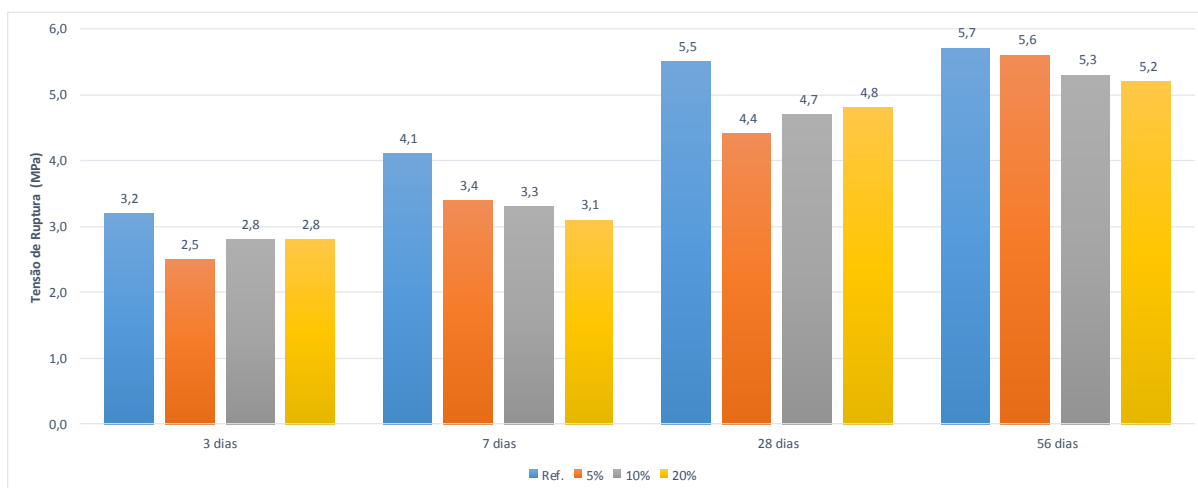
Isso ocorre devido ao fator da cal presente na mistura, tem a capacidade de absorver a água, retendo mais para si mesma fazendo com que diminua o espalhamento, uma vez que ela foi retirada parcialmente, notasse um melhor espalhamento.

4.4 ENSAIO DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO

4.4.1 Resistência à Compressão e a tração na flexão

O ensaio de resistência a compressão foi realizado utilizando o traço 1:1:6 onde abaixo está apresentado o resultado final dos rompimentos:

Figura 11 - Resistência à Compressão



Fonte: Autor (2018)

De acordo com experimentos realizados por Polito 2008, em relação à influência da cal na resistência final dos corpos de provas, indicam que a presença da cal na argamassa, é um dos fatores que influenciam em uma menor resistência conforme tabela 6:

Tabela 6 - Resistência à Compressão

| Tipo de argamassa | Média da resistência à compressão em 4 CPs (MPa) |
|-------------------|--|
| Traço 1 – 1:0:6 | 11,75 |
| Traço 2 – 1:1:6 | 11,25 |
| Traço 3 – 1:2:8 | 5,75 |
| Traço 4 – 1:2:10 | 7,25 |
| Traço 5 – 0:1:6 | * |

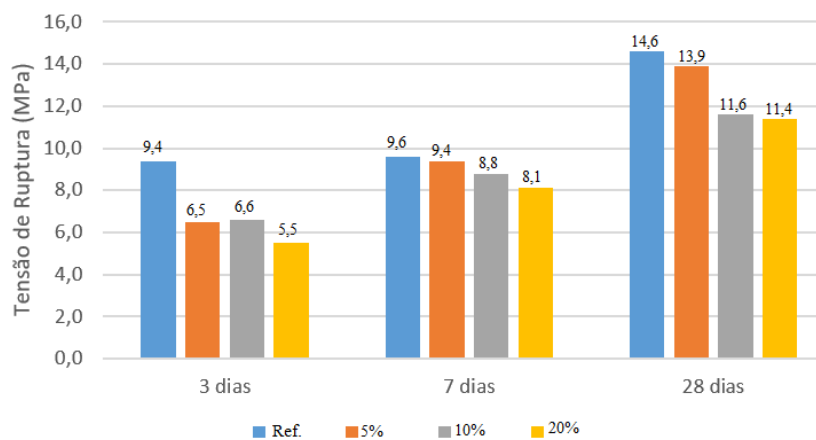
* o corpo de prova rompeu antes da estabilização do carregamento

Fonte: (POLITO, 2008)

Logo, verificasse a influência dos percentuais da casca de caranguejo tratada nos corpos de provas onde, sua presença indica uma resistência à compressão menor do que o corpo de prova referência.

Os resultados de resistência à compressão acompanham uma tendência onde, apesar dos resultados iniciais com substituição parcial da cal derem menor, com o passar do tempo as resistências se aproximam do traço de referência.

Figura 12 - Resistência à tração na Flexão



Fonte: Autor (2018)

Apesar da redução da cal nas amostras, a resistência continuou caindo à medida que foi substituída pela casca de caranguejo.

Através de ensaios feitos inicialmente no cimento, pode se notar que a casca de caranguejo retém parte da água na pasta conforme observado no ensaio de início e fim de pega, uma das razões pela qual a resistência caiu seria devido ao fato da água que seria utilizada para cura inicial do cimento foi absorvida por ela.

4.4.2 Determinação da absorção de água

A Tabela 7 apresenta os resultados de absorção de água realizados em corpos de prova 50 mm x 100 mm aos 28 dias de idade.

Tabela 7 - Ensaio de Absorção de Água

| Perc. De Sub. | Massa (g) | | Asorção de Água |
|---------------|-----------|--------|-----------------|
| Ref. | Seca | 346,5 | 15,44% |
| | Saturada | 400,00 | |
| 5% | Seca | 336,1 | 15,31% |
| | Saturada | 387,55 | |
| 10% | Seca | 326,4 | 14,09% |
| | Saturada | 372,40 | |
| 20% | Seca | 322,2 | 13,04% |
| | Saturada | 364,20 | |

Fonte: Autor (2018)

À medida que aumenta a relação cal/cimento, a absorção de água para as argamassas produzidas com areia natural também ficar maior, devido, possivelmente, ao aumento do consumo de água, pois, o volume de água adsorvida às partículas transformam-se em vazios (SILVA 2006).

Com isso, observa - se que o traço com 20% de substituição apresenta um melhor resultado uma vez que, uma presença menor de cal, fez com que absorvesse menor água que os outros corpos de provas.

4.4.3 Resistência da aderência à tração

O revestimento das paredes foram executados com espessura de 2 cm em camada única em paredes de alvenaria onde, não foi realizado o chapisco na parede, deixando assim a avaliação da aderência do próprio substrato ao revestimento.

O ensaio para determinar a resistência de aderência à tração foi realizado aos 28 dias, os seus resultados estão apresentados na tabela 8. As rupturas dos corpos de prova ocorreram em sua maior parte entre a argamassa e o bloco cerâmico.

Tabela 8 - Ensaio de Aderência à tração

| Corpo de Prova | Ref. Resistência (MPa) | 5% Resistência (MPa) | 10% Resistência (MPa) | 20% Resistência (MPa) |
|----------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 0,25 | 0,20 | 0,31 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | 0,20 | 0,30 | 0,37 |
| 3 | 0,26 | 0,29 | 0,00 | 0,39 |
| 4 | 0,26 | 0,31 | 0,34 | 0,33 |
| 5 | 0,26 | 0,32 | 0,00 | 0,58 |
| 6 | 0,29 | 0,24 | 0,35 | 0,34 |
| 7 | 0,28 | 0,00 | 0,30 | 0,00 |
| 8 | 0,29 | 0,44 | 0,45 | 0,44 |
| 9 | 0,31 | 0,42 | 0,46 | 0,52 |
| 10 | 0,22 | 0,38 | 0,50 | 0,78 |
| 11 | 0,22 | 0,00 | 0,36 | 0,68 |
| 12 | 0,33 | 0,34 | 0,31 | 0,48 |
| Média | 0,27 | 0,32 | 0,37 | 0,5 |

Fonte: Autor (2018)

Através dos dados apresentados, nem todas as argamassas apresentam resistência à tração superior aos limites mínimos presentes nas normas brasileiras. Levando em consideração apenas este aspecto, seria possível aplicar apenas os traços com 10% e 20% em paredes externas de alvenaria, sem prejuízo a aderência dos revestimentos ao substrato.

Apesar de existir uma variação entre as resistências obtidas através do ensaio de arrancamento, mesmo assim é possível verificar que a substituição da cal pela casca de caranguejo-uçá promove um acréscimo na resistência de aderência nas argamassas de revestimento de paredes.

Através de seus experimentos, Silva (2006) ao analisar diferentes traços de argamassa com cal, percebeu que o aumento do teor de cal diminui sensivelmente a resistência de aderência à tração.

Com isso pode – se verificar que quando a cal fica menor através de sua substituição pela casca de caranguejo-uçá, a resistência de aderência à tração aumenta.

5. CONCLUSÃO

A partir do objetivo proposto que foi traçado no programa experimental, no qual os ensaios foram realizados e os resultados obtidos, podemos observar que:

Após a análise e discussão destes, observou-se que a substituição da cal pela casca de caranguejo, obteve efeito positivo em relação à trabalhabilidade onde teve uma redução no fator a/c no traço e um melhor espalhamento. Apesar dos ensaios de compressão sofrem perda inicial de sua resistência, com o passar do tempo elas mostram melhoria e tendem a se aproximar do traço de referência. No entanto esse mesmo comportamento não se mostra na tração à flexão.

À medida que tem uma redução da cal através da substituição pela casca de caranguejo-uçá, a absorção de água para as argamassas produzidas também ficar maior, devido, possivelmente, ao aumento do consumo de água.

Através dos dados apresentados, nem todas as argamassas apresentam resistência à tração superior aos limites mínimos presentes nas normas brasileiras. Levando em consideração apenas este aspecto, seria possível aplicar apenas os traços com 10% e 20% em paredes externas de alvenaria, sem prejuízo a aderência dos revestimentos ao substrato.

Apesar de existir uma variação entre as resistências obtidas através do ensaio de arrancamento, mesmo assim é possível verificar que a substituição da cal pela casca de caranguejo-uçá promove um acréscimo na resistência de aderência nas argamassas de revestimento de paredes.

Através de seus experimentos, Silva (2006) ao analisar diferentes traços de argamassa com cal, percebeu que o aumento do teor de cal diminui sensivelmente a resistência de aderência à tração. Com isso pode – se verificar que quando a cal fica menor através de sua substituição pela casca de caranguejo-uçá, a resistência de aderência à tração aumenta.

Sugestão para trabalhos futuros:

Empregar percentuais diferentes e analisar os resultados dessas variações;

Utilizar traços de argamassa de revestimento diferentes deste trabalho;

Avaliar a influência da areia na argamassa de revestimento;

Analisar as propriedades do Revestimento usando outro parâmetro para índice de consistência.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos** – NBR 13281/2005. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânica – Especificação** – NBR 13279/2013. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânica – Terminologia** – NBR 13529/2013. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão** – NBR 13529/2005. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio de peneira n 200** – NBR 11579/2012. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Cimento Portland – Determinação do tempo de pega** – NBR 16607/2017. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência** – NBR 13276/2016. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado** – NBR 13278/2005. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração** – NBR 13528/2010. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Cal virgem para construção civil – Requisitos** – NBR 6453/2003. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Agregados – Determinação da composição granulométrica** – NBR NM 248/2003. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente** – NBR NM 52/2009. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Agregado fino – determinação de impurezas orgânicas** – NBR NM 49/2001. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Cal hidratada para argamassas – requisitos** – NBR 7175/2003. Rio de Janeiro, 2003.

CAMPELO, Karoline AzerÊdo. **METABOLISMO NITROGENADO DE NOVILHAS JERSEY ALIMENTADAS COM QUITOSANA OU GRÃO DE SOJA CRU NAS DIETAS**. 2015. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2015.

CARASEK, Helena. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência de Engenharia de Materiais: Capítulo 26 – Argamassas**. Vol. 2, Instituto Brasileiro do Concreto, 2007.

CARASEK, H. **Aderência de argamassa à base de cimento portland a substratos porosos – avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação**. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

KUGELMEIER, Cristie Luis. **CATALISADORES SUPOSTADOS EM QUITOSANA APLICADOS À REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO**. 2013. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2013.

LOPES, Bruno Bessa. **AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA EM SISTEMAS DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA SOBRE SUPERFÍCIES DE CONCRETO**. 2013.

78 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. trad. Salvador E. Giammusso. São Paulo: PINI, 1997.

NOBREGA, Andreza Kelly Costa. **Formulação de pastas cimentícias com adição de suspensões de quitosana para cimentação de poços de petróleo**. 2009. 135 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Materiais, Programa de Pós - Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

PETRUCCI, E.G.R. **Materiais de Construção**, São Paulo: Globo, ed. 12^a, p. 354,1998.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Conhecendo Argamassa**. 2. ed. Porto Alegre: Edipicrs, 2012. 189 p.

SELMO, S. M. S. **Dosagem de argamassa de cimento portland e cal para revestimento externo de fachadas dos edifícios**. São Paulo, 1989. 227 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

RIBIERO, Carmem Couto; PINTO, Joana Darc Silva; SATARLING, Tadeu. **Materiais de Construção Civil**. 4. ed. Belo Horizonte: Universidade de Federal de Minas Gerais, 2013. 212 p.

SABBATINI, F. H. **Patologia das argamassas de revestimentos – aspectos físicos**. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO**, 3., 1986, São Paulo. Anais. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986, p. 69-76.

SABBATINI, F. H.; BAÍA L. L. M. **Projeto e Execução de Revestimentos de Argamassa**. 4. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2008. 80p.

SANTOS, M. L. L. O. **Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil.** Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2008.

SILVA, Narciso Gonçalves da. **ARGAMASSA DE REVESTIMENTO DE CIMENTO, CAL E AREIA BRITADA DE ROCHA CALCÁRIA.** 2006. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.