



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR – PAU DOS FERROS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

AIRLIS MENDES DE FREITAS JÚNIOR

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS
PRODUZIDA EM OBRA E DE SARRAFEAMENTO**

PAU DOS FERROS – RN
2017

AIRLIS MENDES DE FREITAS JÚNIOR

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS
PRODUZIDA EM OBRA E DE SARRAFEAMENTO**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro Multidisciplinar – Pau dos Ferros para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof^o. Jennef Carlos Tavares – UFERSA.

PAU DOS FERROS – RN
2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F862e Freitas Júnior, Airlis Mendes de.
Estudo comparativo entre as propriedades das
argamassas produzida em obra e de sarrafeamento /
Airlis Mendes de Freitas Júnior. - 2017.
50 f. : il.

Orientador: Jennef Carlos Tavares.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2017.

1. revestimento. 2. resistência de aderência.
3. substrato. I. Tavares, Jennef Carlos, orient.
II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

AIRLIS MENDES DE FREITAS JÚNIOR

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS
PRODUZIDA EM OBRA E DE SARRAFEAMENTO**

Monografia apresentada ao Centro Multidisciplinar –
Pau dos Ferros para a obtenção do título de Engenheiro
Civil.

APROVADA EM: 11 / 10 / 2017

BANCA EXAMINADORA

Jennef Carlos Tavares

Profº. Jennef Carlos Tavares – UFERSA.

Presidente

Marília Cavalcanti Santiago

Profª. Me. Marília Cavalcanti Santiago – UFERSA.

Primeiro Membro

Bruna Monallize Duarte Moura

Bruna Monallize Duarte Moura – Engenheira Civil

Segundo Membro

OFEREÇO

Dedico este trabalho aos meus pais, Airlis Mendes de Freitas e Maria Lucirene Chaves de Freitas e também a minha vó, Maria de Lourdes Chaves que sempre confiaram e acreditaram nessa vitória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado forças para concluir esse trabalho.

Agradeço aos meus amigos e colegas da UFERSA que foram integrantes de um ciclo difícil, mas que juntos conseguimos vencer.

Agradeço a UFERSA por ter me proporcionado a conclusão do ensino superior.

Agradeço ao meu orientador professor Jennef Carlos Tavares, por seu compromisso, ensinamentos e disponibilidade para me ajudar.

Agradeço aos meus pais, que sempre me incentivaram durante toda minha vida de estudante.

Aos membros da banca, por participarem desta defesa, contribuindo com a minha formação acadêmica.

Sou muito grato ao meu amigo Gean Carlos que, mesmo não estando presente fisicamente, contribuiu bastante para a construção desse trabalho e para o término do curso.

A grande família que formamos em Pau dos Ferros (Larissa Maia, Erika Bessa, Juliana Noronha, Jorge Alves, Renata Ianca, Jesus Allan, Victor Sombra, Harranna Ávilla, Hian Macedo, Gabriel Silva, Naieide Batista); vocês são o laço mais bonito que eu levo da UFERSA – Campus Pau dos Ferros.

Muito obrigado Ingrid Lourrany, Aneilton Martins, Antônio Domingos e todos os pedreiros da obra.

Agradeço a empresa BQMIL nas pessoas de Marcelo Rosado, Larissa Rayane, Nayane Sá e Domínicos Sávio pela sua disponibilidade para me ajudar no ensaio de resistência de aderência do revestimento.

A todos meus familiares, por terem me apoiado nos momentos difíceis.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva da minha vida.

RESUMO

Com esse estudo, pode-se avaliar e comparar a qualidade da argamassa da betoneira e da argamassa proveniente da técnica de sarrafeamento, dispondo do mesmo traço 1 : 8,93 : 1,83 (cimento; areia; água) de uma obra localizada no município de Pau dos Ferros/RN. Foi realizada a descrição dos materiais utilizados na produção da argamassa. Em seguida teve-se a produção da alvenaria e a execução do revestimento necessário para o ensaio de resistência de aderência à tração, e seguiu-se com a determinação dos parâmetros de consistência, massa específica e resistência à compressão para a caracterização das duas amostras de argamassa. Dos parâmetros analisados o índice de consistência apresentou valores próximos, porém, o espalhamento da argamassa da betoneira foi 6% maior que a argamassa do sarrafeamento, valor expressivo para o quesito de trabalhabilidade. Com relação à densidade de massa a argamassa da betoneira apresentou um aumento de apenas 2% em comparação à argamassa sarrafeada, sendo classificadas como normal porque estão no intervalo de $1,40 < d < 2,30$ de densidade de massa (d). Os resultados obtidos para o ensaio de resistência à aderência de tração foram abaixo do esperado, isso se deve ao traço utilizado que fez o uso de muita areia. A argamassa da betoneira mostrou resistência maior que a argamassa sarrafeada em 38%, além disso, 80% dos tipos de rupturas ocorreram na interface substrato/argamassa. A resistência à compressão exibiu valores diferentes do esperado, sendo que a argamassa de sarrafeamento apresentou um aumento de 15,17% em comparação com a argamassa da betoneira, isso pode ter ocorrido devido o processo de hidratação do cimento que já havia iniciado durante o tempo de espera até seu reaproveitamento. Com base nos resultados é possível concluir que a argamassa da betoneira mostrou melhor desempenho que a argamassa sarrafeada.

Palavras-chave: Revestimento, Resistência de Aderência e Substrato.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Influencia das características granulométricas da areia nas argamassas de assentamento.....	19
Tabela 2 – Limites de compostos.	20
Tabela 3 – Classificação das argamassas.	21
Tabela 4 – Índice de consistência – argamassa da betoneira e argamassa de sarrafeamento, respectivamente.	40
Tabela 5 – Massa específica – argamassa da betoneira e argamassa sarrafeada, respectivamente.	41
Tabela 6 – Resistência de aderência à tração da argamassa da betoneira.	43
Tabela 7 – Resistência de aderência à tração da argamassa sarrafeada.....	43
Tabela 8 – Médias da resistência de aderência à tração.	43
Tabela 9 – Valores obtidos para a Resistência à Compressão - argamassa da betoneira.	45
Tabela 10 – Valores obtidos para a Resistência à Compressão - argamassa sarrafeada.	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diferentes alternativas de revestimento: (a) emboço + reboco + pintura; (b) camada única + pintura; (c) revestimento decorativo monocamada (RDM).....	27
Figura 2 – Camada de chapisco, emboço e reboco.	27
Figura 3 – Representação de taliscas, prumo e mestras.	28
Figura 4 – Detalhe da execução do sarrafeamento.	28
Figura 5 – Fluxograma do estudo.	30
Figura 6 – Local da obra.	31
Figura 7 – Cimento utilizado na produção da argamassa.	32
Figura 8 – Agregado miúdo utilizado na produção da argamassa.	33
Figura 9 – Processo de mistura dos dois tipos de argamassa.	34
Figura 10 – Alvenaria.	35
Figura 11 – Alvenaria depois de ser executado o reboco.	35
Figura 12 – Ensaio de índice de consistência.	36
Figura 13 – Ensaio de massa específica.	37
Figura 14 – Ensaio de resistência de aderência a tração da argamassa.	38
Figura 15 – Corpos de prova antes de seu rompimento.	39
Figura 16 – Tipos de ruptura no ensaio de resistência de aderência a tração de revestimento de argamassa, considerando o revestimento aplicado diretamente ao substrato (sem chapisco)..	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
PROGRAD	Pró-Reitoria de Graduação
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo geral	14
1.1.2	Objetivos específicos	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	ORIGEM DA ARGAMASSA.....	15
2.2	CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSA E REVESTIMENTO	16
2.3	MATERIAIS CONSTITUINTES DA ARGAMASSA.....	16
2.3.1	Cimento	17
2.3.2	Cal.....	17
2.3.3	Agregado miúdo (areia).....	18
2.3.4	Aditivos	19
2.3.5	Água	20
2.4	CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS.....	21
2.4.1	Argamassa de cimento.....	22
2.4.2	Argamassa de cal	22
2.4.3	Argamassa mista.....	22
2.5	CARECTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO	23
2.5.1	Trabalhabilidade (consistência, plasticidade e coesão)	23
2.5.2	Retenção de água	23
2.5.3	Aderência inicial.....	23
2.5.4	Massa específica	24
2.5.5	Retração	24
2.6	CARECTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO	24
2.6.1	Resistência mecânica.....	24
2.6.2	Elasticidade.....	25
2.6.3	Aderência.....	25
2.6.4	Permeabilidade	25
2.6.5	Durabilidade	25

2.7	ARGAMASSA DE REVESTIMENTO	26
2.8	TÉCNICA DE REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE (SARRAFEAMENTO)....	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1	LOCAL DA PESQUISA	30
3.2	CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAS.....	31
3.2.1	Cimento	31
3.2.2	Agregado miúdo	32
3.2.3	Água	33
3.3	DOSAGEM E PRODUÇÃO DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO	33
3.3.1	Escolha do traço e dosagem.....	33
3.3.2	Produção da argamassa de revestimento	33
3.4	EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO	34
3.5	ENSAIOS DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO	36
3.5.1	Índice de Consistência	36
3.5.2	Massa específica	36
3.6	ENSAIOS DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO	38
3.6.1	Resistência de aderência à tração	38
3.6.2	Resistência à compressão	38
4	RESULTADOS E DISCURSÕES.....	40
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO	40
4.1.1	Ensaio de consistência	40
4.1.2	Ensaio de massa específica.....	41
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO.....	41
4.2.1	Ensaio de resistência de aderência à tração	41
4.2.2	Ensaio de resistência à compressão	44
5	CONCLUSÕES.....	46
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	47
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil é comum a utilização de grande quantidade de argamassa de revestimento em suas obras. O revestimento com argamassa de um substrato interno ou externo de uma construção é fundamental, porque tem finalidade de regularização da superfície, proteção contra intempéries, impermeabilização, durabilidade e até mesmo proteção termoacústica para o ambiente. Vale salientar que a argamassa de revestimento não exerce nenhuma função estrutural nas edificações.

No Brasil, o sistema mais utilizado para revestimentos é de multicamadas (chapisco, emboço, reboco e camada decorativa) que faz a utilização de grande volume de argamassa, pois desempenham função de cobrimento de superfícies de concreto e alvenaria das construções. O sucesso desse tipo de sistema está aliado a muitos fatores, como: qualidade dos materiais, processo de produção, tipo de substrato, técnica de aplicação e ambiente de exposição.

A atividade de construir é bastante antiga e vem passando constantemente por mudanças para obtenção de melhorias nos materiais utilizados, na proporção de cada material na mistura, na técnica de aplicação e destino final de seus resíduos. Visto como uma dos setores que mais consome recursos naturais, a construção civil também é bastante citada em questões de poluição ambiental e geração de resíduos sólidos na sociedade atual.

Dentro desse cenário é recorrente a busca por evoluções nas tecnologias construtivas do país, em especial no ramo de revestimentos da construção civil, garantindo redução no tempo de construção, diminuindo despesas e mostrando qualidade nas estruturas para seus usuários por muitos anos (SALGADO, 2013).

A técnica empregada no processo de regularização da superfície (sarrafeamento) provoca perdas da argamassa produzida, elevando os custos de uma obra e causando desperdícios dos recursos naturais usados na fabricação da argamassa de revestimento. Além disso, na maioria das obras se faz a utilização dessa argamassa sem sua caracterização.

O processo de aproveitamento da argamassa sarrafeada surge como uma excelente alternativa tanto na redução dos gastos, como na busca da sustentabilidade ambiental. Entretanto, antes de sua utilização em revestimentos deve ser realizada a caracterização física e mecânica (trabalhabilidade, aderência, resistência, retração, permeabilidade) dessa mistura. A proposta de analisar e comparar a argamassa da betoneira e a argamassa de sarrafeamento

se dá pela possibilidade de reutilização da argamassa sarrafeada na construção civil sem causar problemas para a edificação.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Realizar estudo comparativo entre a argamassa da betoneira e a argamassa que é desperdiçada no processo de regularização da superfície (sarrafeamento).

1.1.2 Objetivos específicos

- Fazer a caracterização dos materiais;
- Realizar os ensaios de índice de consistência, massa específica, resistência à compressão e resistências de aderência a tração para determinação das propriedades da argamassa da betoneira e da argamassa de sarrafeamento;
- Quantificar e comparar os resultados dos ensaios da argamassa da betoneira com a argamassa de sarrafeamento;
- Analisar a viabilidade de reutilização da argamassa de sarrafeamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ORIGEM DA ARGAMASSA

Desde a antiguidade que as civilizações egípcia, romana e grega faziam o uso de materiais ligantes na argamassa que era empregada nas suas construções, com o objetivo de melhorar as suas propriedades. Os primeiros aglutinantes usados foram argila, gesso, e posteriormente, a cal calcinada (RODRIGUES, 2013).

Segundo Silva (2006), na Grécia no período de 1600 a 1100 a.C., os gregos em suas construções utilizavam a argila em pasta para envolver a armadura estrutural das casas construídas a partir de caule de plantas ou troncos de madeiras. A arquitetura grega também fazia o uso de placas moldadas de argila cozidas com acabamentos que apresentassem baixos relevos no revestimento de fachadas.

Os gregos e romanos, em suas técnicas e especialidades para os revestimentos internos de suas construções, empregavam uma mistura conhecida como estuque, constituída por água, areia, cal e gesso, e em alguns casos eram utilizados também o pó de mármore. Os romanos são conhecidos por utilizem a argamassa de forma ampla, tanto para o assentamento de blocos como para o revestimento das construções. Conforme os registros existentes. Há mais de 2000 anos, utilizavam-se na construção das edificações as argamassas para assentamentos, bem como, para revestimento de blocos de pedra (SILVA, 2006).

Rodrigues (2013), expõe que os romanos contribuíram de forma significativa com a arte de construir, pois sempre estavam na procura por uma argamassa que apresentasse maior resistência. Assim, eles misturavam agregados reativos e substâncias pozolânicas à argamassa de cal. Os agregados utilizados por eles tinha a presença de fragmentos cerâmicos, tijolos ou pó destes materiais, que em sua estrutura molecular contém alumina e sílica que reagem com o calcário a temperaturas elevadas e contribui para elevar a resistência e oferecer maior durabilidade às construções.

O uso da argamassa no Brasil se deu no século XVI para o assentamento de blocos e pedras (materiais muito utilizados na construção civil). Desde a colonização ocorrida no Brasil que a cal foi importada de Portugal e depois era obtida por meio da queima de mariscos e conchas, e o óleo de baleia era utilizado como aglomerante (OLIVEIRA; LIMA; JONES, 2014). Rodrigues (2013) afirma que o tipo de revestimento utilizado nas primeiras

construções no Brasil no século XVI dependia das características do substrato, já que seu uso estava baseado no procedimento de construção da obra.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSA E REVESTIMENTO

De acordo com Silva (2006), a argamassa é definida como um material complexo, composto basicamente de materiais inertes com granulometria pequena (agregado miúdo) e de uma pasta que contém água e um ou mais aglomerantes. Além disso, podem ser adicionados produtos especiais, conhecidos por aditivos.

Para a NBR 13281 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2005) o conceito de argamassa para o revestimento é de que ela é uma mistura homogênea de aglomerante(s) inorgânico(s), água e agregado(s) miúdo(s), contando ou não com a presença de aditivos e adições que deve a possuir propriedades de aderência e endurecimento.

Ainda conforme a NBR 13281 (ABNT, 2005), o revestimento é a cobertura de uma superfície lisa ou áspera que podem apresentar uma ou mais camadas sobrepostas de argamassa, com espessura regular e pronta para receber o acabamento final.

De acordo com Carasek (2010), a classificação das argamassas depende de critérios relacionados à natureza dos materiais, a consistência, o tipo e a quantidade de aglomerantes, a plasticidade, a densidade e sua forma de preparo. Já o revestimento argamassado é composto das camadas: chapisco, emboço, reboco e camada única.

2.3 MATERIAIS CONSTITUINTES DA ARGAMASSA

Segundo Marques (2005), os estudos e pesquisas referentes às argamassas são, na maioria dos casos, para a melhoria em suas propriedades, principalmente nos quesitos desempenho, durabilidade e qualidade. As proporções de cada constituinte (cimento, cal, agregado miúdo, água, aditivos) na mistura, sua natureza e a forma de preparo são os principais responsáveis pela qualidade de suas propriedades. Esses materiais devem ser obtidos preferencialmente na mesma região ou em regiões próximas, pois assim, tem-se redução dos custos, facilidade na sua extração e transporte.

2.3.1 Cimento

Conforme a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2002), o cimento é um aglomerante hidráulico em pó fino, com propriedades ligantes ou aglutinantes que endurece na presença de água. É produzido através da junção de argila e rocha calcária. Por meio do processo de calcinação desse composto é obtido o clínquer, uma substância granulosa, de constituição química basicamente de silicatos hidráulicos de cálcio, podendo conter outros componentes, que mudam suas propriedades e ajudam em suas aplicações.

Hagemann (2011) afirma que os principais componentes do cimento (cerca de 95%,) são:

- Cal (CaO);
- Sílica (SiO_2);
- Alumina (Al_2O_3);
- Óxido de Ferro (Fe_2O_3);
- Magnésia (MgO);
- Impurezas.

Silva (2006), expõe que os cimentos Portland mais utilizados para produção de argamassas são cimento portland CII-Z (com adição de material pozolânico) e o CII-F (com adição de material carbonático – fíler).

2.3.2 Cal

As argamassas a base de cal são bastante utilizadas por conseguir manter suas características durante muito tempo. É uma argamassa que não altera seu comportamento facilmente e, relacionada a estética (acabamentos), é bastante aceita pelos usuários. São materiais de muita plasticidade que favorecem a restauração de diversos tipos de edificações (KANAN, 2008).

Conforme a NBR 7175 (ABNT, 2003), através do processo adequado de hidratação da cal virgem é possível produzir o pó seco de cal hidratada. Sabe-se que a cal é um aglomerante formado principalmente por hidróxido de cálcio. Todavia, pode ser constituído pela combinação do hidróxido de cálcio e do hidróxido de magnésio, bem como, mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

Segundo Silva (2006) a cal é classificada pela sua composição química em relação a quantidade de óxidos totais em:

- Cállica: teor de $\text{CaO} \geq 90\%$ e;
- Magnesianas: $65\% < \text{CaO} < 90\%$;
- Dolomítica: teor de $\text{CaO} \leq 65\%$.

Além das vantagens já citadas acima, argamassas com cal em sua constituição desenvolvem elevada resistência mecânica, inércia térmica, durabilidade e não condensa umidade nos espaços. Apresenta processo de cura lento; aplicação em muitas construções e, além disso, atua como material de sacrifício protegendo a estrutura da edificação (KANAN, 2008).

2.3.3 Agregado miúdo (areia)

Conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2003) são classificados como agregado miúdo as areias que passam na malha de abertura de 4,75 mm e ficam retidas na malha de 0,075 mm.

Segundo Rodrigues (2013), o tipo de areia é classificado pelo módulo de finura (MF), ou seja, areia fina ($\text{MF} < 2,0$), média ($3,0 \geq \text{MF} \geq 2,0$) e grossa. ($\text{MF} > 3,0$). O módulo de finura nada mais é do que a soma das porcentagens retidas acumuladas, em massa de um agregado, nas peneiras da série normal (somente) dividida por 100. Dessa forma sabe-se que quanto maior o valor do módulo de finura, maior serão seus grãos, implicando em uma textura mais áspera da argamassa.

Através da análise dos agregados seguindo a NBR 7389-1 (ABNT, 2009) é possível saber a forma das partículas que é intimamente ligada ao grau de arredondamento (arredondado, ângulos, lamelar) e também pelas dimensões (alongadas, achatadas).

A Tabela 1 mostra a interferência das características do agregado miúdo nas propriedades das argamassas de assentamento.

Tabela 1 – Influencia das características granulométricas da areia nas argamassas de assentamento.

Propriedades	Características da areia		
	Quanto ao módulo de finura	Quanto mais descontinua for à granulometria	Quanto ao maior teor de grãos angulosos
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior
Retenção de água	Melhor	Variável	Melhor
Resiliência	Variável	Pior	Pior
Retração na secagem	Aumenta	Aumenta	Variável
Porosidade	Variável	Aumenta	Variável
Aderência	Pior	Pior	Melhor
Resistência	Variável	Pior	Variável
Impermeabilidade	Pior	Pior	Variável

Fonte: Silva (2006).

O agregado miúdo mais utilizado na fabricação das argamassas é a areia quartzosa proveniente de rios, britagem, erosão de rochas e sedimentação mineral. As propriedades das argamassas (textura, cor, porosidade, resistência mecânica) são bastante controladas pela escolha dos agregados, sendo indispensável o conhecimento sobre características da composição química e mineralógica (tipo de agregado); granulometria (tamanho, forma e cor) e distribuição granulométrica (distribuição dos grãos) (KANAN, 2008; DUBAJ, 2000).

2.3.4 Aditivos

A NBR 13281 (ABNT, 2005) classifica os aditivos que são utilizados para revestimentos de paredes e tetos de argamassa inorgânica, como produtos inorgânicos em pó, de origem natural ou artificial, que são misturados à argamassa com a finalidade melhorar suas características.

Nos dias de hoje, os aditivos são materiais de origem química, usados para modificar as propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido, ampliando suas aplicações e desempenho. Os mais conhecidos são os retentores de água, incorporadores de ar e plastificantes (RODRIGUES, 2013).

2.3.5 Água

De acordo com a Amthauer (2001), na produção de argamassas é recomendado o uso de água potável que tenha pH de 5,8 a 8. Valores fora dessa faixa interferem na qualidade da argamassa, prejudicando as estruturas de alvenaria armada, assim como, não deve apresentar composto de cloretos e sulfatos que pode causar corrosão das estruturas.

A Tabela 2 expõe os limites máximos de compostos que a água pode apresentar para produção de argamassa:

Tabela 2 – Limites de compostos.	
Matéria Orgânica (expressa em oxigênio consumido)	3mg/l
Resíduo sólido	500mg/l
Sulfatos (expressos em íons SO_4^{4-})	300mg/l
Cloretos (expressos em íons Cl^-)	500mg/l
Açúcar	5mg/l

Fonte: Amthauer (2001).

2.4 CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS

Silva (2006) afirma que nas obras as principais classificações utilizadas são a do tipo de aglomerante usado para produzir a argamassa (cimento e/ou cal), do número de aglomerantes que constituem a argamassa simples (cimento ou cal) ou a argamassa mista (cimento e cal) e da função que a argamassa vai desempenhar, pois a partir dessas classificações é possível desenvolver uma mistura com as propriedades desejadas.

A Tabela 3 mostra os critérios utilizados para classificar as argamassas.

Tabela 3 – Classificação das argamassas.

Crítérios de classificação	Tipo de argamassa
Natureza do aglomerante	Argamassa aérea
	Argamassa hidráulica
Tipo de aglomerante	Argamassa de cal
	Argamassa de cimento
	Argamassa de cal e cimento
	Argamassa de gesso
	Argamassa de cal e gesso
Número de aglomerantes	Argamassa Simples
	Argamassa Mista
Densidade da argamassa	Argamassa Leve
	Argamassa Normal
	Argamassa Pesada
Consistência da argamassa	Argamassa Seca
	Argamassa Plástica
	Argamassa Fluida
Forma de preparo ou fornecimento	Argamassa preparada em obra
	Mistura semipronta para argamassa
	Argamassa Industrializada
	Argamassa dosada em central
Função	Construção de alvenarias
	Revestimentos de paredes e tetos
	Revestimentos de pisos
	Revestimento cerâmico
	Recuperação de estruturas

Fonte: Carasek, 2010.

2.4.1 Argamassa de cimento

A argamassa de cimento é uma pasta feita com os seguintes componentes, cimento, água, agregado miúdo (areia). Sua principal propriedade é o fato de ela conseguir adquirir elevada resistência em pouco tempo, assim, suporta com facilidade as cargas de uma edificação. Existem algumas limitações para o uso dessa argamassa, como por exemplo: velocidade de cura rápida, perda de trabalhabilidade em pouco tempo, custos elevados e rigidez alta. Suas melhores aplicações são em construção de fundações e assentamentos de blocos de grande resistência (AMTHAUER, 2001).

2.4.2 Argamassa de cal

Essa argamassa é constituída de uma mistura de agregado miúdo, água e cal. A pasta que é formada por água e cal promove o preenchimento dos vazios presentes entre os grãos de agregado, favorecendo a plasticidade e retenção de água. Para esse tipo de argamassa, a manutenção da umidade é extremamente importante para a propriedade de resistência, visto que ela perde água para blocos, não sendo usada na aplicação de assentamentos de blocos (SILVA, 2006; AMTHAUER, 2001). Argamassas a base da cal são utilizadas no emboço e reboco dos revestimentos pela sua elevada plasticidade, capacidade de absorver deformações e condições de endurecimento que proporciona um acabamento esmerado, retangular e plano (DUBAJ, 2000).

2.4.3 Argamassa mista

Para obter a argamassa mista é necessário realizar uma mistura com agregado miúdo, cal, cimento e água, podendo ou não conter aditivos. Os traços para essa mistura já são bastante consagrados pela normatização estrangeira, entretanto, devem ser corrigidos em função das características da cal e areia utilizadas na obra. No Brasil, os traços usuais são 1 : 1 : 6 (cimento : cal : areia) para revestimentos externos e 1 : 2 : 9 para revestimentos internos. Essas proporções são semelhantes a que os ingleses utilizam: 1 : 3 (aglomerante : areia seca) em volume como traço básico, porque se acredita que nessa quantidade os vazios da areia são ocupados pela pasta aglomerante (cimento, cal e água) (SILVA, 2006).

2.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

2.5.1 Trabalhabilidade (consistência, plasticidade e coesão)

Conhecida como a mais importante propriedade do estado plástico, a trabalhabilidade da argamassa não é fácil de ser quantificada e avaliada. As propriedades que caracterizam efetivamente a trabalhabilidade são consistência, plasticidade e coesão, e a melhor maneira de determinação é em laboratório através do índice de consistência NBR 13276 (ABNT, 2016), pois não existe ensaio direto para a determinação dessa propriedade (SOUZA, 2013).

O significado prático para trabalhabilidade é o fácil manuseio. Uma argamassa é dita trabalhável quando, favorece sua distribuição no assentamento, não segrega ao ser transportada, não adere nas ferramentas no momento da aplicação, não endurece quando entra em contato com substrato absorvivo e permanece plástica durante o tempo necessário para o fim da construção (SILVA, 2014).

2.5.2 Retenção de água

Entendida como a capacidade da argamassa fresca não perder água de amassamento por absorção do substrato, ainda que, a superfície apresente elevado poder de absorção ou o ambiente favoreça a evaporação, conservando a trabalhabilidade da argamassa (CARASEK 2010). A NBR 13277 (ABNT, 2005) é a norma responsável pela determinação da retenção de água da argamassa.

A adição da cal as argamassas favorece a retenção de água pelas características de superfície específica e eficiência no poder de absorção de seus cristais, que conseguem melhorar as ligações entre os constituintes da argamassa por serem pequenos e lamelares (SILVA, 2014).

2.5.3 Aderência inicial

Segundo Carasek (2010) a adesão inicial também conhecida por “pegajosidade”, é a propensão de união inicial que a argamassa no estado plástico deve apresentar a base. Souza (2013) afirma que existem diversas condições que a base pudesse intervir nessas propriedades, como exemplo: porosidade, rugosidade e limpeza da superfície.

2.5.4 Massa específica

Sendo a razão entre a massa da argamassa por seu volume, a massa específica pode ser expressa de duas formas: massa específica absoluta (não considera os vazios presentes no volume da argamassa) e massa específica reativa (considera os vazios presentes no volume da argamassa). A quantidade de ar existente na argamassa interfere de maneira representativa na massa específica relativa. Esse teor de ar confere melhoria na trabalhabilidade no estado fresco da argamassa e diminui a resistência mecânica no estado endurecido da argamassa (SOUZA, 2013).

2.5.5 Retração

Representa a variação de volume da pasta aglomerante e tem interferência direta no desempenho das argamassas aplicadas, em especial na propriedade de durabilidade. A predisposição às fissuras e mudança de dimensão, está ligado as condições de exposição (temperatura, umidade), as proporções de materiais (ralação a/c, consumo de cimento, e quantidade de água de amassamento) e das características particulares de cada material (características de retenção de água em função da finura, da forma e da textura; distribuição granulométrica do agregado miúdo) (DUBAJ, 2000).

2.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO

2.6.1 Resistência mecânica

Maria (2011) afirma que a argamassa deve apresentar resistência capaz de sustentar-se em casos de deslocamento da base, provocados por variação dimensional (umidade), recalques no solo, contração devido à temperatura e de retornar a dimensão original quando cessam os esforços sem se romper.

As solicitações em que a argamassa esta exposta provoca variação na resistência, causando fissuras ou falhas na aderência da interface argamassa/substrato e até mesmo nas camadas de argamassa. A verificação dessa propriedade é necessária, visto que, em casos de falhas, prejudica a durabilidade do revestimento (MARIA, 2011).

2.6.2 Elasticidade

A capacidade de deformação suportada antes da ruptura na presença de tensões variadas e o retorno à dimensão inicial quando é retirada essas solicitações, denomina-se de elasticidade. Para argamassa a alteração de sua forma no estado endurecido causa fissuras microscópicas ou capilares no revestimento que interferem na aderência, portanto na estanqueidade da superfície e durabilidade (SILVA, 2006).

Maria (2011), afirma que a maneira de avaliar a elasticidade dos materiais é através do módulo de elasticidade, podendo ser obtido pelo método elástico ou dinâmico. Assim, quanto menor o valor do módulo, menor a capacidade do revestimento absorver deformações.

2.6.3 Aderência

Dubaj (2000), define aderência como a resistência que a argamassa apresenta de receber tensões normais (tração) e tangenciais (cisalhantes) na interface argamassa/substrato. A aderência é considerada essencialmente mecânica, porque acontece pela adesão da argamassa nas saliências da superfície e penetração da pasta aglomerante nos poros da base. Ela está intrinsicamente ligada a trabalhabilidade que a argamassa apresenta, as formas de execução e as características do substrato, como porosidade, absorção de água, textura superficial e limpeza da base.

2.6.4 Permeabilidade

Segundo Maria (2011), a permeabilidade é a passagem de água mediante a argamassa, provocada por infiltração sob pressão, pela capilaridade, absorção dos materiais quando em contato com a água. A penetração da água pela argamassa deve ser menor que a quantidade suportada pela base, para argamassas de revestimento o quão menor for a permeabilidade maior será proteção do substrato.

2.6.5 Durabilidade

Para Amatheur (2001), a durabilidade das argamassas de revestimento é a capacidade de elas resistirem a fatores internos e externos que são submetidos ao longo do tempo. Os principais agentes que causam danos às argamassas são: agentes externos agressivos de

natureza biológica e atmosférica, retração por secagem que podem causar fissuras, choque térmico, a cultura e a proliferação de micro-organismos, a qualidade da argamassa, absorção de água das chuvas e a falta de manutenção.

2.7 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

De acordo com a NBR 13749 (ABNT, 2013), a argamassa de revestimento é utilizada para paredes, muros, tetos, pisos, como revestimento de camada única ou em chapisco, emboço e reboco. Permitindo que a superfície de acabamento seja apenas sarrafeada para aplicação posterior de reboco; caso o reboco represente a única camada de revestimento é necessário ser desempenado ou chapiscado e ainda sarrafeado e desempenado para revestimentos seguidos com placas cerâmicas.

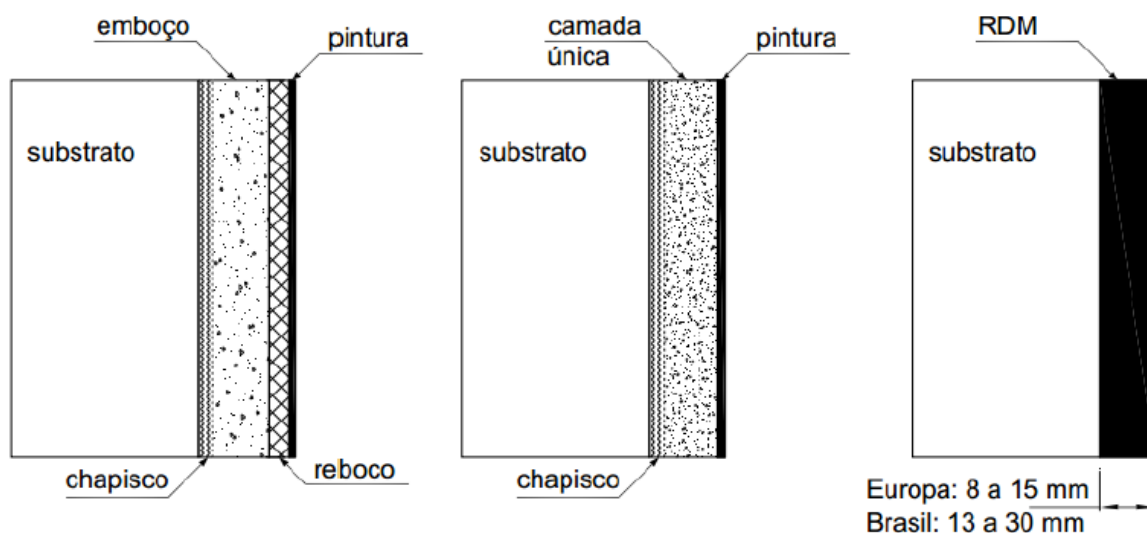
Exposto por Silva (2006) e Carasek (2010), os usos e funções das camadas de revestimento são as seguintes:

- Chapisco: responsável pelo preparo da base, utilizada de maneira contínua e descontínua, tem o objetivo de melhorar a aderência do revestimento ao substrato. Aplicado principalmente a superfícies lisas, de alta porosidade e revestimentos externos e de teto.
- Emboço: chamado também de massa grossa, considerada uma das principais camadas do revestimento e feito para cobrir e regularizar a base (com ou sem chapisco). O emboço deve ter espessura média de 15 mm a 25 mm e ser apropriado para receber as camadas subsequentes do revestimento (reboco, cerâmica, revestimento decorativo). Seu desempenho está diretamente associado à granulometria dos materiais e modo de aplicação pelo pedreiro.
- Reboco: a camada de reboco ou massa fina é posta sobre o emboço, para proporcionar uma superfície lisa, contínua e íntegra, capaz de receber o acabamento final (pintura) do revestimento de múltiplas camadas. Tem espessura média de 5 mm e não deve apresentar fissuras; a argamassa desse tipo de camada deve ter capacidade de acomodar deformações que venha a ocorrer.
- Camada única: popularmente conhecida por massa única ou reboco paulista, a camada única é a opção mais empregada no Brasil. É um revestimento que utiliza apenas um único tipo de camada sobre a base, que deve ser capaz de substituir as funções do

chapisco (quando necessário), emboço e reboco, isto é, regularização do substrato e acabamento, para somente assim, receber a camada decorativa.

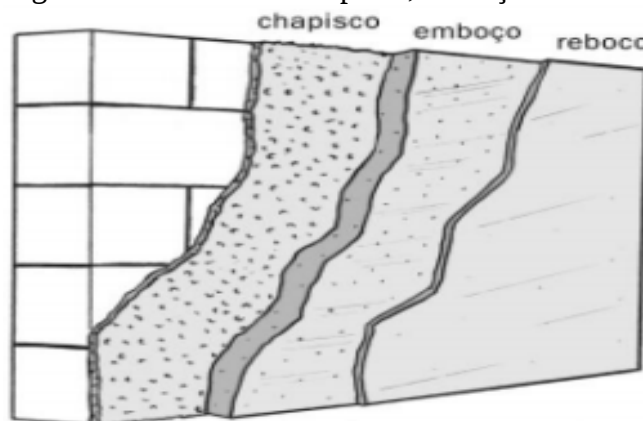
As Figuras 1 e 2 mostram o substrato de uma alvenaria com as possíveis combinações para a formação do revestimento:

Figura 1 – Diferentes alternativas de revestimento: (a) emboço + reboco + pintura; (b) camada única + pintura; (c) revestimento decorativo monocamada (RDM).



Fonte: Netto (2015).

Figura 2 – Camada de chapisco, emboço e reboco.



Fonte: Netto (2015).

2.8 TÉCNICA DE REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE (SARRAFEAMENTO)

Conforme Netto (2015) e Barros (2017), a técnica de regularização da superfície é realizada depois da aplicação do emboço, reboco, contrapiso e laje, tem a finalidade de conferir espessura uniforme à face e ficar pronta para receber o acabamento final (decorativo).

No caso de ser executado de forma inadequada gera fissuras, mas existem boas técnicas que garantem sua qualidade.

Barros (2017), expõe que o primeiro passo para a execução do sarrafeamento é a aplicação das taliscas que garante a espessura e prumo da parede, o segundo é a retirada da argamassa que sobra da faixa de mestras (plano do revestimento), quando este, já estiver apresentando boa aderência à base e ótima consistência, para o processo de regularização da superfície.

As Figuras 3 e 4 mostram as etapas e processos para o sarrafeamento da argamassa:

Figura 3 – Representação de taliscas, prumo e mestras.

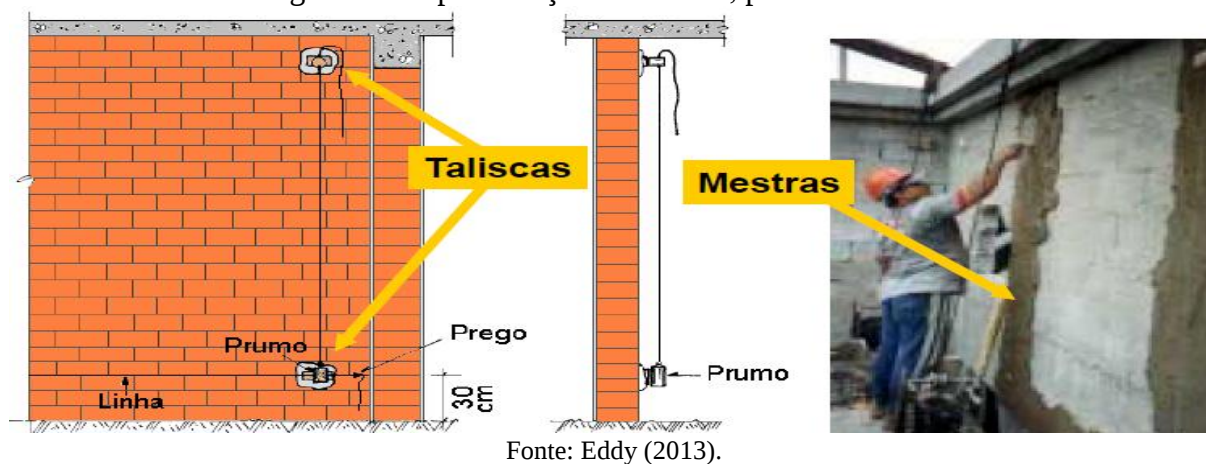
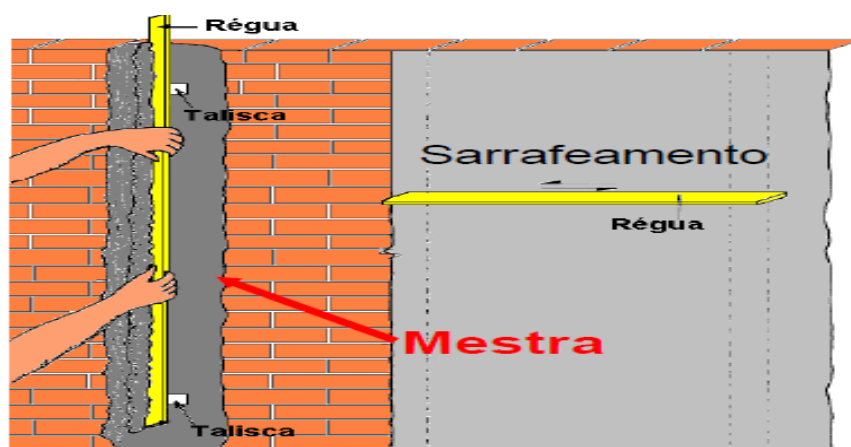


Figura 4 – Detalhe da execução do sarrafeamento.



No processo de sarrafeamento existe as sobras de argamassa que necessitam de um destino sustentável, que não gere muito custo e que tenha finalidade adequada. Elas devem ser empregadas no preenchimento de furos e rasgos da alvenaria; para casos de apresentar grande

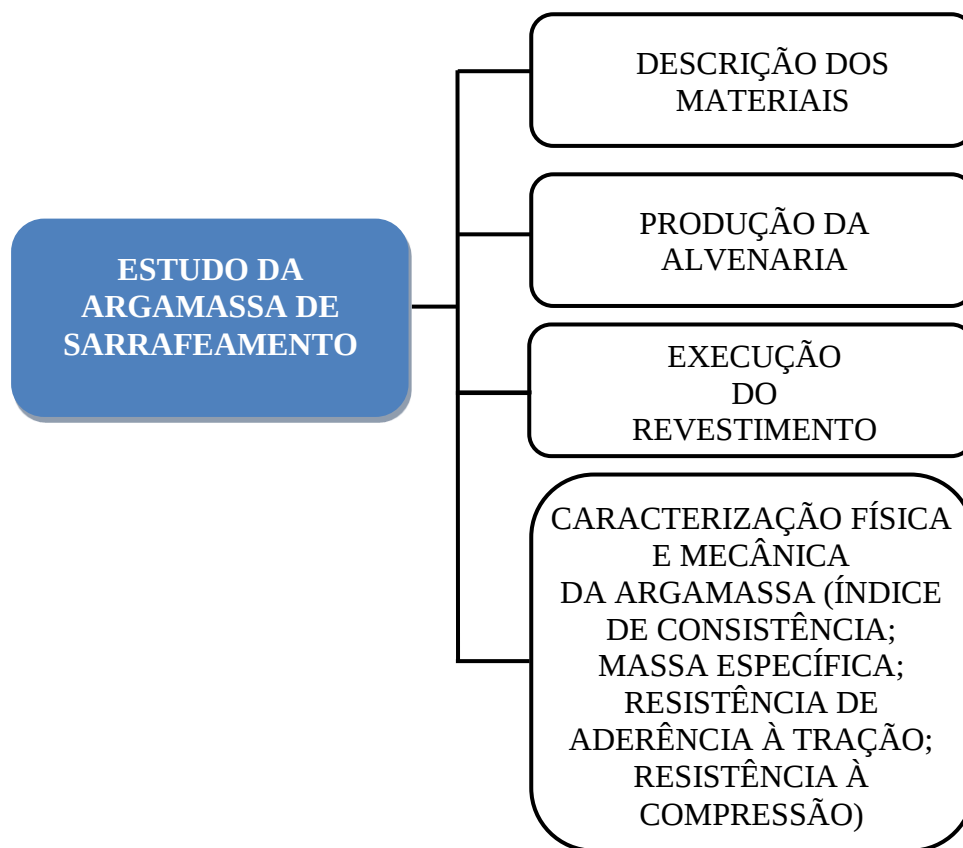
volume. Seu uso pode ser feito em revestimento interno (escadas e pilares de preferência), mas nunca para revestimentos externo (MOR; CUNHA, 2016).

Em hipótese alguma o resto de argamassa obtida depois do processo de sarrafeamento, que já tenha iniciado o processo de hidratação (cerca de 2 horas) poderá ser utilizada e jamais para execução de cheias (MOR; CUNHA, 2016).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para realização do estudo obedece a Figura 5 que ilustra um fluxograma das etapas de produção do trabalho. O primeiro passo foi fazer a caracterização dos materiais constituintes (agregado miúdo, cimento e água) da argamassa, o segundo passo, a produção alvenaria, em seguida a execução do revestimento e por último a caracterização física e mecânica da argamassa da betoneira e da obtida pelo sarrafeamento.

Figura 5 – Fluxograma do estudo.



Fonte: Autor (2017).

3.1 LOCAL DA PESQUISA

A produção da argamassa e a execução do revestimento foram realizadas em um canteiro de obras de uma construção de apartamentos no município de Pau dos Ferros/RN ilustrado na Figura 6. Já os ensaios de caracterização da argamassa e a construção da

alvenaria foram feitos no laboratório de matérias de construção da UFERSA – Campus Pau dos Ferros.

Figura 6 – Local da obra.



Fonte: Autor (2017).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAS

3.2.1 Cimento

Para produção da argamassa de revestimento utilizou-se o cimento Portland CPII – Z – 32 - RS da marca Apodi. Foi feita a opção por esse aglomerante devido o seu corrente uso nas obras do município de Pau dos Ferros-RN e também pelo fato da obra de onde foi colhida a argamassa, fazer a utilização do mesmo. Esse tipo de cimento apresenta bom desempenho nas estruturas de concreto que entram em contato com ambientes agressivos, como aqueles sujeitos ao ataque de sulfatos, esgotos, água do mar. Além disso, seu elevado teor de pozolana trás estabilidade na utilização com agregados reativos, ambientes que possa ser ataca por ácidos (sulfatos), é bastante eficiente para produção de argamassa de revestimento e assentamentos, solo-cimento, concreto armado e sapatas.

Na Figura 7 é mostrada a imagem do cimento utilizado na produção da argamassa.

Figura 7 – Cimento utilizado na produção da argamassa.



Fonte: Autor (2017).

3.2.2 Agregado miúdo

O agregado miúdo utilizado foi proveniente de uma pesquisa nas lojas de materiais de construção da cidade de Pau dos Ferros-RN, com intuito de saber qual era a mais vendida para a produção de argamassa no município, para assim, ter-se uma melhor caracterização.

A granulometria do agregado miúdo exerce grande influência nas propriedades futuras das argamassas. Para produção da argamassa foi utilizada areia fina e foi feito o peneiramento da areia para retirada de raízes e outros materiais que pudesse vir causar algum problema para a mistura. Obtendo assim, um material mais uniforme que garante o desempenho da argamassa na construção.

Na Figura 8 é ilustrado o tipo a areia usada na produção da argamassa.

Figura 8 – Agregado miúdo utilizado na produção da argamassa.



Fonte: Autor (2017).

3.2.3 Água

A água de amassamento usada na mistura foi a de abastecimento do condomínio, que é proveniente de um poço no terreno.

3.3 DOSAGEM E PRODUÇÃO DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

3.3.1 Escolha do traço e dosagem

Com finalidade de avaliar e comparar as propriedades da argamassa de revestimento com a argamassa de sarrafeamento foi adotado um traço padrão de 1 : 8,93 : 1,83 (cimento; areia; água), em volume. A utilização dessa proporção decorre do fato de ser a empregada na obra que foi obtida argamassa e isso ser frequente nas obras da cidade, visto que, a dosagem da argamassa não detém de métodos consensuais reconhecidos como o concreto.

3.3.2 Produção da argamassa de revestimento

A preparação da argamassa ocorreu para o caso de uma argamassa feita em obra, à base de cimento e areia, sem adições ou aditivos. A mistura dos materiais para obtenção da argamassa foi realizada na betoneira que garante uma mistura homogênea, mas para a mistura da argamassa sarrafeada foi utilizado o método manual com o auxílio de enxada e adição de mais água.

Na Figura 9 pode ser conferido o processo de mistura da argamassa da betoneira e da argamassa sarrafeada.

Figura 9 – Processo de mistura dos dois tipos de argamassa.



Fonte: Autor (2017).

3.4 EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO

O revestimento foi executado pelo pedreiro da obra, na alvenaria ilustrada na Figura 10. A mesma foi feita no laboratório de materiais de construção da UFERSA, depois transportada até a obra para execução do revestimento e novamente retornou ao laboratório. Em um dos lados da alvenaria foi aplicada a argamassa que saiu da betoneira, e do outro a argamassa obtida pelo sarrafeamento, para depois de 28 dias ser realizado o ensaio de resistência de aderência à tração para os dois tipos de argamassa. Vale ressaltar que para ser feito o reboco teve que se esperar 14 dias da construção da alvenaria, que é o recomendado pela NBR 13749 (ABNT, 2013).

Nas Figuras 10 e 11 é mostrada a alvenaria antes e depois do revestimento.

Figura 10 – Alvenaria executada em laboratório.



Fonte: Autor (2017).

Figura 11 – Alvenaria depois de ser executado o reboco.



Fonte: Autor (2017).

3.5 ENSAIOS DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

3.5.1 Índice de Consistência

A consistência influi diretamente na trabalhabilidade da argamassa que é mensurada de acordo com a facilidade de transporte, aplicação, consolidação e acabamento em condições homogêneas.

Há alguns ensaios que possibilitam a avaliação da consistência da argamassa, podendo ser citados: mesa de consistência (flow table), penetração de cone e squeeze-flow. No entanto, para este estudo, o ensaio realizado foi através da mesa de consistência estabelecido pela NBR 13276 (ABNT, 2016) que trata do método de determinação do índice de consistência da argamassa.

Na figura 12 têm-se a ilustração de parte do experimento de realização do índice de consistência.

Figura 12 – Ensaio de índice de consistência.



Fonte: Autor (2017).

3.5.2 Massa específica

Na determinação da massa específica foram utilizadas as orientações da NBR 13278 (ABNT, 2005). O procedimento foi realizado imediatamente após preparo dos dois tipos de argamassa. Com o auxílio de uma colher, foram colocadas porções de argamassa em um

recipiente cilíndrico calibrado com capacidade de aproximadamente 387cm^3 , altura aproximada de 90mm e diâmetro aproximado de 75mm.

A massa específica da argamassa no estado fresco foi calculada através da equação 01:

$$d = \frac{(M_c - M_v) \cdot 1000}{V_r} \quad 01$$

Em que:

d = densidade de massa da argamassa no estado fresco (kg/m^3);

m_c = massa do recipiente cilíndrico contendo a argamassa de ensaio (g);

m_v = massa do recipiente cilíndrico vazio (g);

v_r = volume do recipiente cilíndrico (cm^3)

Na figura 13 é mostrado como foi determinada densidade de massa para os dois tipos de argamassa.

Figura 13 – Ensaio de massa específica.



Fonte: Autor (2017).

3.6 ENSAIOS DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO

3.6.1 Resistência de aderência à tração

O procedimento adotado para a determinação da resistência a tração desse trabalho segue a metodologia da NBR 13528 (ABNT, 2010).

Na Figura 14 são mostradas as imagens do ensaio de resistência de aderência à tração.

Figura 14 – Ensaio de resistência de aderência a tração da argamassa.



Fonte: Autor (2017).

3.6.2 Resistência à compressão

A resistência à compressão da argamassa pode ser mencionada como uma das três principais propriedades mecânicas da mesma. Esta pode ser medida a partir de ensaios em laboratórios, que são regidos por critérios estabelecidos pelas normas técnicas e estão submetidos a condições específicas. Geralmente, ensaios de argamassa são realizados para controle de qualidade e para verificar se ele atende às especificações de um determinado projeto.

Todos os materiais e métodos utilizados neste ensaio estão conforme as recomendações da NBR 13279 (ABNT, 2005) que especifica o método de determinação da resistência à compressão de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos.

Na Figura 15 são ilustrados os corpos de prova antes da realização do rompimento para os dois tipos de argamassas.

Figura 15 – Corpos de prova antes de seu rompimento.



Fonte: Autor (2017).

4 RESULTADOS E DISCURSÕES

Nesta sessão são apresentados e discutidos os resultados referentes aos ensaios de índice de consistência, massa específica, resistência à compressão e resistência de aderência à tração para os dois tipos de argamassa em estudo. Ainda nesse tópico é feita a comparação dos dois tipos de argamassa através resultados obtidos nos ensaios de caracterização da argamassa no estado fresco e endurecido.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

4.1.1 Ensaio de consistência

São apresentados na Tabela 4 os valores dos diâmetros de espalhamento após os 30 golpes na mesa de consistência para a argamassa da betoneira e para a argamassa sarrafeada.

Tabela 4 – Índice de consistência – argamassa da betoneira e argamassa de sarrafeamento, respectivamente.

Leituras	Espalhamento (mm)	Espalhamento (mm)
Nº 1	278,82	244,50
Nº 2	258,88	258,30
Nº 3	263,95	249,37
Índice de Consistência	267,00	251,00

Fonte: Autor (2017).

Comparando os valores do índice de consistência entre as duas argamassas analisadas, constatou-se que a argamassa da betoneira estava mais plástica e trabalhável do que a proveniente do sarrafeamento, de modo que o espalhamento da primeira foi 6% maior que o da segunda. O percentual de diferença entre as argamassas não foi tão representativo, mas de acordo com os pedreiros da obra e na própria realização dos ensaios é muito perceptível a diferença de trabalhabilidade entre uma e outra. Essa diferença garante maior produção para obra devido à facilidade de manuseio da argamassa.

Esse fenômeno é decorrente do tempo de espera que a argamassa sarrafeada sofre para ser reaproveitada perdendo grande parte da água de amassamento. Também se inicia o processo de hidratação do cimento que leva ao endurecimento da argamassa, e mesmo depois

de ser acrescentada água novamente pelos pedreiros antes de sua aplicação, ela não conseguiu atingir a qualidade da argamassa da betoneira.

4.1.2 Ensaio de massa específica

Na Tabela 5 são mostrados os valores de massa específica encontrado através da metodologia utilizada para os dois tipos de argamassa. Para cada argamassa foi realizado três repetições como forma de obter um valor mais preciso para esse parâmetro, e ao final feito a média das repetições.

Tabela 5 – Massa específica – argamassa da betoneira e argamassa sarrafeada, respectivamente.

Número de Repetições	Massa Específica (g/cm ³)	Massa Específica (g/cm ³)
01	1,94	1,95
02	1,99	1,95
03	1,99	1,93
Média das Repetições	1,97	1,94

Fonte: Autor (2017).

A massa específica obtida para os dois tipos de argamassa são muito próximas. A densidade de massa da argamassa da betoneira apresentou um aumento de apenas 2% com relação à argamassa sarrafeada. Assim, Carasek (2010) classifica as duas como argamassa normal, porque estão dentro do intervalo $1,40 < d < 2,30$ de densidade de massa (d).

A produtividade de uma obra é influenciada diretamente pela massa específica da argamassa utilizada, pois quanto mais leve for à argamassa, mais trabalhável ela será durante o tempo necessário para sua aplicação, reduzindo assim o esforço dos operários e garantindo uma maior produção.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO

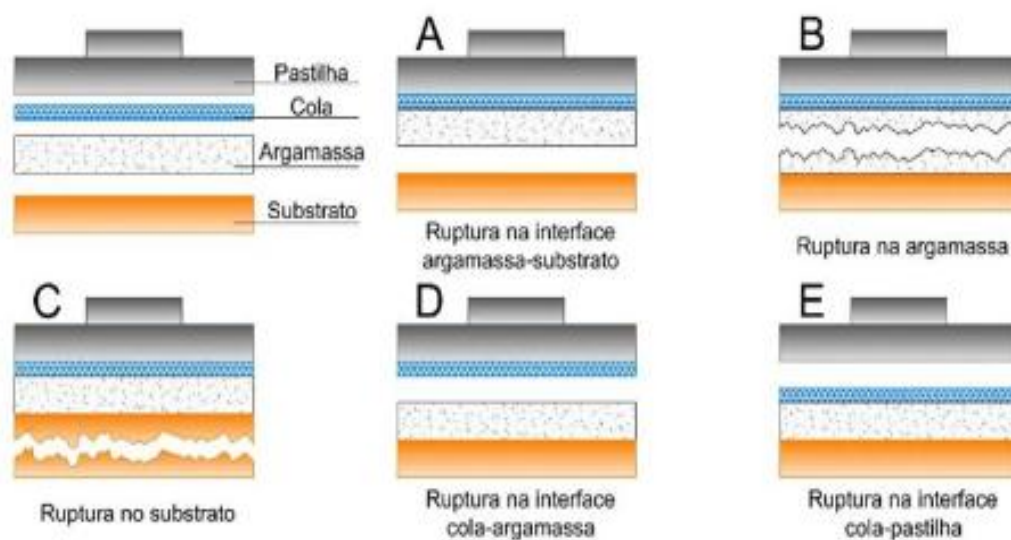
4.2.1 Ensaio de resistência de aderência à tração

Na Tabela 6 e 7 são mostrados os valores do teste a resistência da argamassa da betoneira e da argamassa sarrafeada, respectivamente. A forma de ruptura de cada corpo de prova também é apresentada de acordo com a NBR 13528 (ABNT, 2010), podendo variar de

“a” a “d” para revestimento sem chapisco, como mencionado a seguir. A figura 16 mostra possíveis tipos de ruptura do revestimento de argamassa sem chapisco. Para os casos de falha (-) aconteceu a ruptura no momento de colocar a base de medir a força.

- (a) Ruptura interface argamassa-substrato;
- (b) Ruptura na argamassa;
- (c) Ruptura do substrato;
- (d) Ruptura interface cola-argamassa;
- (e) Ruptura na interface cola-pastilha.

Figura 16 – Tipos de ruptura no ensaio de resistência de aderência a tração de revestimento de argamassa, considerando o revestimento aplicado diretamente ao substrato (sem chapisco).



Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010).

Tabela 6 – Resistência de aderência à tração da argamassa da betoneira.

Argamassa da betoneira				Forma de ruptura				
Diâmetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (N)	Tensão (Mpa)	a	b	c	d	E
4,5	15,9	109,564	0,069	X				
4,5	15,9	191,100	0,120	X				
4,5	15,9	97,706	0,061	X				
4,5	15,9	201,586	0,127		X			
4,5	15,9	156,114	0,098	X	X			
4,5	15,9	5,782	0,004	X	X			
4,5	15,9	27,342	0,017					
4,5	15,9	165,914	0,104	X	X			
4,5	15,9	115,052	0,072		X			
4,5	15,9	163,562	0,103	X				
4,5	15,9	101,866	0,064	X				
4,5	15,9	94,220	0,059	X				

Fonte: Autor (2017).

Tabela 7 – Resistência de aderência à tração da argamassa sarrafeada.

Argamassa da betoneira				Forma de ruptura				
Diâmetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (N)	Tensão (Mpa)	a	b	c	d	E
4,5	15,9	-	-	-	-	-	-	-
4,5	15,9	287,140	0,181	X				
4,5	15,9	69,972	0,044	X				
4,5	15,9	133,182	0,084	X				
4,5	15,9	146,216	0,092	X				
4,5	15,9	-	-	-	-	-	-	-
4,5	15,9	39,396	0,025	X				
4,5	15,9	-	-	-	-	-	-	-
4,5	15,9	40,278	0,025		X			
4,5	15,9	89,866	0,057		X			
4,5	15,9	137,592	0,087	X				
4,5	15,9	83,300	0,052	X				

Fonte: Autor (2017).

Na Tabela 8, pode-se observar a média dos resultados do ensaio de resistência de aderência à tração da argamassa.

Tabela 8 – Médias da resistência de aderência à tração.

Argamassa	Resistência (MPa)
Betoneira	0,08
Sarrafeada	0,05

Fonte: Autor (2017).

As resistências de aderência das duas argamassas foram baixas, considerando que NBR 13528 (ABNT, 2010) recomenda que a resistência de aderência do sistema de revestimento utilizado em ambientes internos seja maior ou igual a 0,20 MPa, e para ambientes externos seja de no mínimo 0,30 Mpa. Isso é decorrente do traço utilizado que contém grande quantidade de areia que contribui bastante na redução da resistência.

A argamassa da betoneira apresentou um aumento de 38% de resistência quando comparada com a argamassa sarrafeada. Todavia como nenhuma das duas mostraram pelo menos o mínimo da resistência de aderência prescrita pela NBR 13528 (ABNT, 2010) elas não podem ser aplicadas para o revestimento.

A partir do arrancamento feito na argamassa foi constatado que 80% das rupturas aconteceu na interface argamassa-substrato para os dois tipos de argamassa, ou seja, o fenômeno mecânico de penetração da pasta ou da própria argamassa nos poros e entre as rugosidades da alvenaria não ocorreu de maneira satisfatória.

Outros fatores que podem ter influência são a forma de execução do revestimento, as condições climáticas que a edificação está submetida e a distribuição granulométrica do agregado miúdo, porque areias com grandes quantidades de finos acarreta uma argamassa com pequena resistência de aderência devido o travamento dos poros e a teoria dos poros ativos.

4.2.2 Ensaio de resistência à compressão

Como os corpos de prova produzidos apresentavam uma superfície lisa e plana após serem retirados da cura, não foi necessário a realização do capeamento para regularizar as suas superfícies. Assim, a carga aplicada no ensaio de compressão foi distribuída uniformemente.

Nas Tabelas 9 e 10, são mostrados os resultados dos testes de compressão para os dois tipos de argamassa após os 28 dias de cura.

Tabela 9 – Valores obtidos para a Resistência à Compressão - argamassa da betoneira.

Corpo de prova	Força (kN)	Diâmetro (cm)	Área (cm²)	Tensão (MPa)	Tensão Média (MPa)
I	17,96	5,0	19,63	9,14	8,50
II	13,44			6,84	
III	18,65			9,50	

Fonte: Autor (2017).

Tabela 10 – Valores obtidos para a Resistência à Compressão - argamassa sarrafeada.

Corpo de prova	Força (kN)	Diâmetro (cm)	Área (cm²)	Tensão (MPa)	Tensão Média (MPa)
I	20,58	5,0	19,63	10,48	10,02
II	21,85			11,13	
III	16,57			8,44	

Fonte: Autor (2017).

Os valores obtidos para os testes de compressão são considerados satisfatórios, devido ao tipo de areia utilizado e as condições de realização do ensaio, visto que a resistência que a argamassa deve apresentar não será a mesma do Cimento (no caso, 32 MPa). A argamassa de sarrafeamento apresentou resistência de compressão 15,17% maior do que a argamassa da betoneira, fato que pode ter acontecido devido a perda de bastante água de hidratação com o tempo até ser reaproveitada.

A elevada relação água/cimento para os corpos de prova ensaiados leva a uma redução da resistência a compressão. Essa relação está fora da faixa de valores que costuma ser utilizada. Um dos fatores a ser considerado para a utilização dessa quantidade de água é o tipo de areia que contém muitos finos, assim, necessita da adição de uma maior quantidade de água.

5 CONCLUSÕES

Pela análise feita com os dois tipos de argamassa através dos ensaios necessários para a determinação das características de desempenho da argamassa, foi possível investigar as diferenças, fazer a comparação e citar vantagens e desvantagens das duas argamassas em estudo.

Em relação ao índice de consistência, a diferença entre elas é bastante significativa no critério de trabalhabilidade da argamassa, facilitando o trabalho dos pedreiros, garantindo maior produtividade e reduzindo o custo da obra. A argamassa proveniente da betoneira apresentou um aumento no índice de consistência de 6% quando comparada com a argamassa do sarrafeamento, isso confirma a vantagem de seu utilizar a argamassa da betoneira.

A massa específica das duas argamassas foram praticamente iguais, sendo consideradas como normais, ou seja, apresentam qualidade para utilização na obra. Esse parâmetro assegura que as duas argamassas podem ser aplicadas em usos convencionais da construção civil.

Para o ensaio de resistência de aderência, a argamassa da betoneira e a argamassa sarrafeada apresentaram valores muito abaixo do esperado e do que a literatura cita que a argamassa deve manifestar. Uma justificativa para esse problema é a grande quantidade de areia na composição da argamassa. Percebeu-se também que quase todos os tipos de ruptura foram na interface argamassa-substrato, indicativo de que o substrato não estava pronto para receber o revestimento ou problema proveniente ainda do traço utilizado. A argamassa da betoneira apresentou aumento de resistência de aderência 38% maior em relação à argamassa sarrafeada, confirmando melhor qualidade quando empregada.

No ensaio de resistência a compressão, a argamassa de sarrafeamento apresentou maior resistência que a argamassa da betoneira. Essa diferença é justificada pela parcela de água de amassamento que foi perdida com o tempo de espera no seu reaproveitamento e ao processo de início de hidratação do cimento.

Assim, o presente trabalho mostra que existem vantagens da argamassa da betoneira em relação à argamassa sarrafeada, principalmente no ensaio de consistência e de resistência de aderência à tração que é o de maior relevância para esse estudo. O primeiro desempenha papel fundamental na trabalhabilidade e redução dos custos de uma obra. Já o segundo está

ligado diretamente à durabilidade e qualidade final do estado endurecido do revestimento. Mas isso não inviabiliza a utilização da argamassa sarrafeada na construção civil, porque ela apresenta também qualidade e suas diferenças nos ensaios realizados não foram muito discrepantes.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados obtidos no trabalho, é notória a expectativa de futuros estudos sobre o tema, porque no decorrer da pesquisa viu-se que existem pouquíssimos trabalhos na área de caracterização física e mecânica da argamassa proveniente do sarrafeamento, e a maioria dos que existem não são atuais. Assim, no vasto acervo de pesquisas que podem ser desenvolvidas com o tema em questão, são propostos os seguintes tópicos abaixo listados:

- Fazer a mesma comparação do trabalho com dosagem da argamassa de 1:4 (cimento; areia) que é indicada por muitos autores e verificar se nessa proporção a argamassa de sarrafeamento pode ser reaplicada;
- Realizar a comparação dos parâmetros do trabalho fazendo a utilização do chapisco no sistema de revestimento;
- Avaliação de outros fatores como permeabilidade e durabilidade para a argamassa sarrafeada e fazer a comparação com a argamassa da betoneira.

REFERÊNCIAS

AMTHAUER, Paulo Roberto. **Argamassa de assentamento – uma verificação do estágio atual na cidade de Ijuí**. 2001. 62 f. Monografia - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Fabricação do cimento**. Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em: <http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/pdf/apostila_mcb.pdf>. Acesso em: 13 Jun. 2017.

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

_____. **NBR 13277. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13278. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**. 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 13281. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

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

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

_____. **NBR 7175. Cal hidratada para argamassas – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 7389-1. Agregados - Análise petrográfica de agregado para concreto. Parte 1: Agregado miúdo**. Rio de Janeiro, 2009.

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

BARROS, Paulo. **Sarrafeamento é necessário para a regularização da superfície – Mapa da Obra**. 2017. Disponível em:< <http://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/sarrafeamento-e-necessario-para-regularizar-a-superficie/>>. Acesso em: 17 de jun. de 2017.

CARASEK, H. Argamassas. In: Isaia, G.C. (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010. P. 892-944

DUBAJ, Eduardo. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre**. 2000. 115 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

EDDY, HG. **Emboço: assentamento de taliscas, guias ou mestras – Construção Civil**. 2013. Disponível em:< <http://construcaociviltips.blogspot.com.br/2013/10/emboco-assentamento-da-taliscas-guias.html> >. Acesso em: 17 de jun. de 2017.

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Apostila de Materiais de Construção Básicos**. Rio Grande do Sul. 143 p. Instituto Federal Sul rio-grandense, Rio Grande do Sul, 2011.

KANAN, M. I. C.. **Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos á base de cal**. Cadernos Técnicos 8. IPHAN/Programa Monumenta, Brasília, 2008.

MARIA, Suelen Patrício. **Estudo da adição de cinza de folha de bananeira em argamassas**. 2011. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Concreto, Departamento Acadêmico de Construção Civil - Dacoc, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MARQUES, S. M. F. **Estudo de argamassas de reabilitação de edifícios antigos**. 2005. 148f. Dissertação Mestrado – Universidade de Aveiro, Portugal.

MOR, Felipe de Paiva GÊ Monte; CUNHA, Lucas Zamboni Rodrigues da. **Manual técnico para o controle de argamassa**. 2016. 29 f. Artigo (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016.

NETTO, Ezequiel Pinto da Silva. **Análise das condições ergonômicas de trabalho em atividades típicas na execução de revestimentos em superfícies verticais de edificações**. 2015. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

OLIVEIRA, Klynton Ayalla Souza; LIMA, Tiago D'angelis; JONES, Kimberly Marie. **Análise comparativa entre argamassa de assentamento preparada em obra e argamassa industrializada**. 2014. 7 f. Artigo Científico - Curso de Engenharia Civil, Faculdades Integradas do Norte de Minas, Belo Horizonte, 2014.

RODRIGUES, Paula Nader. **Caracterização das argamassas históricas da ruína de São Miguel Arcanjo/rs.** 2013. 142 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Catarina, 2013.

SALGADO, Bárbara Banczynski. **Comparativo entre sistemas de revestimento de fachada monocapa e convencional: estudo exploratório.** 2013. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

SILVA, Narciso Gonçalves da. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** 2006. 180 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SILVA, Paulo Henrique da. **Patologia em revestimentos argamassados estudo de caso.** 2014. 85 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2014.

SOUZA, Caio Henrique Batista de. **Desenvolvimento de argamassas de revestimento com adição do resíduo do polimento de porcelanato.** 2013. 65 f. Monografia - Curso de Curso de Graduação em Engenharia Civil, Núcleo de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru, 2013.