

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**JUSSARA RODRIGUES DA SILVA
MICHELE APARECIDA BAO**

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE AREIA
DE BRITAGEM COM GRANULOMETRIA OTIMIZADA EM
ARGAMASSA DE CHAPISCO E EMBOÇO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PATO BRANCO
2014**

JUSSARA RODRIGUES DA SILVA

MICHELE BAO

ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE AREIA DE
BRITAGEM COM GRANULOMETRIA OTIMIZADA EM ARGAMASSA
DE CHAPISCO E EMBOÇO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato
Branco.

Orientador: Prof.Dr. Mario Paz

PATO BRANCO

2014



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE AREIA DE BRITAGEM COM GRANULOMETRIA OTIMIZADA EM ARGAMASSA DE CHAPISCO E EMBOÇO

MICHELE APARECIDA BAO

E

JUSSARA RODRIGUES DA SILVA

Aos 30 dias do mês de julho do ano de 2014, às 16h30min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº 31-TCC/2014.

Orientador : Prof. Dr. MARIO ARLINDO PAZ IRRIGARAY (DACOC / UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Dr. VOLMIR SABBI (DACOC / UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Msc. NORMELIO VITOR FRACARO (DACOC / UTFPR-PB)

AGRADECIMENTOS

É difícil agradecer a todas as pessoas que de algum modo, nos momentos serenos e ou apreensivos, fizeram ou fazem parte da nossa vida.

Primeiramente agradecemos a Deus por nos proporcionar a chance de viver momentos tão intensos, nos fortificando para que pudéssemos ir além dos nossos limites. Por nos conceder a oportunidade da vida e do progresso, pela sabedoria e vitória nessa etapa, e por suas diversas manifestações de bondade em nossas vidas.

Aos nossos pais pela determinação e luta em nossa formação, por ensinar-nos a viver a vida com dignidade e perseverar diante das dificuldades. Agradecemos a nossas mães pelo incentivo incansável nos momentos de desânimo e cansaço.

Agradecemos às nossas irmãs, que por mais difíceis que fossem as circunstâncias, sempre tiveram paciência e depositaram em nos confiança e estímulo para enfrentar as barreiras da vida.

Agradecemos às nossas sobrinhas que nos momentos de nossa ausência dedicadas ao estudo, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da conquista do presente; o amor e o carinho a nos dedicados, nos deram forças para alcançar esta vitória.

Agradecemos a todos os familiares que mesmo de longe torceram por esta realização.

O nosso grande agradecimento ao orientador Prof. Dr. Mario Arlindo Paz Irrigaray, que não mediu esforços para nos ajudar, obrigada pela, dedicação, amizade, paciência e grande colaboração, sem a qual não seria possível a realização do trabalho.

Agradecemos imensamente a todos os professores que passaram pela nossa formação e que foram os grandes construtores do nosso conhecimento
Muito obrigada a todos os amigos e colegas que participaram da nossa vida acadêmica, em especial a Andreza Frare elsabela Caroline Gagliotto Galvan que nos ajudaram nesta etapa.

Por fim, nosso agradecimento a todos que com boa intenção colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

RESUMO

As indústrias de mineração, principalmente as de rochas, geram um elevado volume de resíduos, boa parte desse resíduo não possui finalidade específica. A utilização desses resíduos como areia proveniente da britagem de rocha, adotando procedimentos e equipamentos adequados, pode ser uma alternativa viável tanto para que esse material tenha uma correta destinação e uso, quanto para a substituição da areia natural na produção de argamassas para assentamento e revestimento de alvenarias. Este trabalho caracterizou e avaliou o emprego de resíduo de britagem em substituição ao agregado miúdo natural para a produção de argamassas de chapisco e emboço no estado fresco e endurecido. Estudaram-se diversos traços de argamassas (cimento: areia) assim como a combinação para esses materiais para isso foram produzidas 8 argamassas de chapisco e 3 argamassas de emboço que foram aplicadas em uma parede de alvenaria. Para cada chapisco havia três combinações de emboço que teve como intuito comparar as combinações e analisar o desempenho técnico. Com as argamassas no estado fresco, foram determinados: a densidade de massa, o teor de ar incorporado e a retenção de água. Com as argamassas no estado endurecido foi feito o ensaio de resistência de aderência à tração. E, finalmente, conclui-se que as argamassas confeccionadas com o agregado alternativo mostraram nos quesitos trabalhabilidade e resistência à tração que são perfeitamente aceitáveis e podem sim substituir as argamassas produzidas com areia natural.

Palavras-chave: Argamassas, chapisco, emboço, areia natural, areia de britagem.

ABSTRACT

The mining industries, mainly of rocks, generate a high volume of waste, much of this residue has no specific purpose. The use of this waste as sand from the crushing of rock, adopting appropriate procedures and equipment, can be a viable alternative to both that this material has a proper allocation and use, as well as for the replacement of natural sand to produce mortar for laying and masonry coating. This study characterized and evaluated the use of waste crushing replacing natural aggregate to produce roughcast and plaster mortars in fresh and hardened state. Were studied many traces of mortar (cement: sand) as well as the combination for these materials, for this were produced 8 roughcast mortar and 3 mortar plaster which were applied in a masonry wall. For each roughcast had three combinations of plaster that had the intention to compare the combinations and analyze technical performance. With the fresh mortars were determined: the mass density, content of incorporated air and the water retention. With the mortar in the hardened state was done the strength test of adhesion in tensile. Finally, it is concluded that the mortars made with the alternative aggregation showed in the requirements workability and tensile strength that are perfectly acceptable and can indeed replace the mortar produced with natural sand.

Keywords: Mortars, roughcast, plaster, natural sand, sand crushing

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mecanismo de aderência da argamassa.....	34
Figura 2 - (a) Argamassa com boa aderência inicial; (b) Perda de aderência inicial por descontinuidade da argamassa.	35
Figura 3 - Fissura da argamassa por retração na secagem argamassa.....	36
Figura 4 - Camadas do revestimento de argamassa da vedação vertical:	41
Figura 5 - Fluxograma	45
Figura 6 - (a) Descartado (b) Chapisco (c) emboço.	48
Figura 7 - Curva granulométrica das areias utilizada na pesquisa.....	51
Figura 8 - Paredes de alvenaria de 3x 2 m.	53
Figura 9 - (a) Disposição do chapisco, (b) Disposição do emboço.	54
Figura 10 - (a) Disposição do chapisco, (a) Disposição do emboço.	54
Figura 11 - Betoneira de eixo inclinado com capacidade de 320 litros.	55
Figura 12 - Chapisco T ₁ , T ₃ , T ₄ , T ₆	56
Figura 13 - Chapisco T ₈ , T ₇ , T ₅ , T ₂	56
Figura 14 - Disposição emboço.....	57
Figura 15 - Disposição emboço.....	57
Figura 16 - Equipamento de arrancamento à tração.	62
Figura 17 - Forma de ruptura no ensaio de resistência de aderência a tração.....	62
Figura 18 - Forma de ruptura no ensaio de resistência de aderência a tração.....	63
Figura 19 - Equipamento para determinação do Índice de Retenção de água.	64
Figura 20 - (a) Areia de Britagem (b) areia natural e (c) argamassa estabilizada	66
Figura 21 - Espalhamento da areia de britagem com o passar das horas.....	67
Figura 22 - Espalhamento da areia de britagem com incorporador de ar	67
Figura 23 - Espalhamento com o passar das horas para argamassa com IAR e sem IAR. ...	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades físicas e mecânicas de cada tipo de cimento	21
Tabela 2- Propriedades das argamassas nos estados fresco e endurecido	30
Tabela 3 - Fatores que influenciam a consistência e plasticidade	32
Tabela 4 - Limites da resistência de aderência à tração.	38
Tabela 5 - Exigências Reológicas e Mecânicas das Argamassas.	39
Tabela 6 - Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos.	44
Tabela 7 - Características química, físicas e mecânicas do cimento do cimento CP II Z 32.	46
Tabela 8 - Características da cal CH III.	46
Tabela 9 - Características Técnicas do aditivo incorporador de ar.	47
Tabela 10 - Análise granulométrica para caracterização da areia Natural usada no chapisco e emboço – (NM 248-2003).	48
Tabela 11 - Análise granulométrica para caracterização da areia Natural usada no chapisco – (NM 248-2003).	49
Tabela 12 - Análise granulométrica para caracterização da areia britada usada no chapisco – (NM 248-2003).	49
Tabela 13 - Análise granulométrica para caracterização da areia Natural usada no chapisco – (NM 248-2003).	50
Tabela 14 - Análise granulométrica para caracterização da areia britada utilizada no emboço – (NM 248-2003).	50
Tabela 15 - Traços das argamassas ensaiadas.	51
Tabela 16 - Nomenclaturas e respectivos traços para argamassa de chapisco.	52
Tabela 17 - Nomenclaturas e composições das argamassas para o emboço.	52
Tabela 18 - Caracterização dos tijolos cerâmicos utilizados na construção da parede.	53
Tabela 19 - Disposição de como ficou as combinações de chapisco e emboço.	57
Tabela 20 - Índice de consistência.	66
Tabela 21 – Espalhamento argamassa com areia de britagem com o passar das horas.	67
Tabela 22 - Massa específica e teor de ar incorporado das argamassas de areia natural, areia de britagem e argamassa estabilizada.	69
Tabela 23 - Índice de retenção de água nas argamassas.	70
Tabela 24 – Resumo de grupos que apresentaram discrepância	71
Tabela 25 – Comparação entre o valor obtido teste de aderência de resistência a tração solicitados pela NBR 13749 (1996).	72
Tabela 26 - Consumo de material para 1m ³ de chapisco.	73
Tabela 27 - Consumo de material para 1m ³ de emboço.	73
Tabela 28 – custo para combinação de chapisco e emboço que apresentarm maior resistência de aderência a tração	74

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

IAP	INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ
NBR	NORMA BRASILEIRA
ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ABCP	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND
A.B	AREIA DE BRITAGEM
A.E	ARGAMASSA ESTABILIZADA
A.N	AREIA NATURAL
A.N. F	AREIA NATURAL FINA
A.N. M	AREIA NATURAL MÉDIA
ASTM	AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
CP	CIMENTO PORTLAND
MF	MÓDULO DE FINURA
NM	NORMAS DO MERCOSUL
T1/T10	TRAÇO 1 AO TRAÇO 10

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 OBJETIVO GERAL	12
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 HISTÓRICO DAS ARGAMASSAS.....	15
2.2 CONCEITO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO	15
2.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS	16
2.3.1 Argamassa de Cal comum.....	16
2.3.2. Argamassa de Cal hidráulica.....	16
2.3.3 Argamassa de Cimento	17
2.3.4 Argamassa Mista	17
2.3.4.1 Materiais Constituintes da Argamassa Mista.....	17
2.3.4.1.1 Cimento Portland	17
2.3.4.1.1.1 Composição do Cimento Portland	18
2.3.4.1.1.2 Propriedades do cimento	19
2.3.4.1.1.3 Classificação dos Cimentos.....	22
2.3.4.1.2 Cal	23
2.3.4.1.2.1 Cal hidratada	23
2.3.4.1.2.2 Aplicação da cal.....	24
2.4 Agregado Miúdo.....	26
2.4.1 Agregado Miúdo de Britagem de Rochas.....	27
2.5 FUNÇÕES DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA.....	30
2.6.1 Propriedade da Argamassa no Estado Fresco	30
2.6.1.1 Massa Específica e Teor de Ar Incorporado.....	31
2.6.1.2 Consistência.....	31
2.6.1.3 Trabalhabilidade	32
2.6.1.4 Retenção de Água	33
2.6.1.5 Aderência Inicial	34
2.6.1.6 Retração na Secagem.....	35
2.6.2 Propriedades da Argamassa no Estado Endurecido.....	36
2.6.2.1 Aderência	37
2.6.2.3 Resistência Mecânica.....	39
2.6.2.4 Permeabilidade.....	39
2.6.2.5 Durabilidade	40
2.7 CLASSIFICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS	40

2.7.1 Chapisco	42
2.7.2 Emboço	43
2.7.3 Reboco	43
2.7.4 Massa Única.....	44
3.1.1 Cimento.....	45
3.1.2 Cal.....	46
3.1.4 Agregado Miúdo	48
3.1.5 Argamassa Estabilizada	51
3.2 Definição dos Traços em Volume de Materiais.....	51
3.2.1 Chapisco	51
3.3 CONFECÇÃO DA PAREDE DE ALVENARIA	52
3.4 PREPARO DAS ARGAMASSAS PARA O CHAPISCO E EMBOÇO.....	55
3.5.1 Índice de Consistência.....	58
3.5.2 Densidade de massa e teor de ar incorporado.....	58
3.5.4 Retenção de água	63
4.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS NO ESTADO FRESCO	66
4.1.2 Índice de consistência.....	66
4.1.3 Teor de ar incorporado das argamassas (argamassa em pasta).....	69
A tabela a seguir mostra os valores obtidos nos testes de massa específica e teor de ar incorporado.....	69
4.1.4 Retenção de água	70
4.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO	71
4.2.1 Resistência à Tração de Arracamento.....	71
APÊNDICE A	83
APÊNDICE B.....	87
APÊNDICE C.....	95

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo expor a utilização de areia britada de rocha na composição de argamassas demonstrando algumas de suas principais características no estado fresco e endurecido com intuito de que este novo material venha a ser utilizado como agregado na produção de argamassas em obra, além de conhecimentos técnicos para a correta dosagem, devem-se romper alguns preconceitos, tais como aceitação desse produto.

Considerando as consequências oriundas da geração de resíduos e o *déficit* nas tecnologias ambientalmente sustentáveis, faz-se necessário o desenvolvimento de estratégias com o objetivo de minimizar seus efeitos.

No que se refere à extração de areia natural dos leitos dos rios, constatam-se grandes prejuízos ambientais que resultam em danos, muitas vezes, irreversíveis, como: a perda da biodiversidade, o comprometimento do regime de vazão dos cursos de água, o assoreamento pela destruição das margens e das matas ciliares, dentre outros. Um desses reflexos se mostra, por exemplo, com as imposições do Ministério Público e do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) que suspendeu a liberação de licenças ambientais para a exploração de areia nos aluviões do rio Iguaçu, pois o Código Florestal considera como áreas de preservação permanente as florestas e demais vegetações naturais situadas ao longo dos rios. (MINERAIS DO PARANÁ S.A, 2004). Este e outros motivos fazem com que a areia que abastece a construção civil venha, de regiões mais afastadas, ocasionando um aumento no preço do agregado.

Alternativas viáveis para o abastecimento de areia para o setor da construção civil e para substituição das areias extraídas dos rios pode ser a utilização dos resíduos e a produção de areia proveniente de britagem de rochas.

Nesse cenário, a possibilidade de incorporação desses agregados na construção é extremamente benéfica do ponto de vista econômico e ambiental, não só por aportar destino final ao resíduo, como por reduzir os gastos com destinação adequada, promovendo ainda a redução no custo ao promover a possibilidade de materiais de construção ecologicamente sustentáveis.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo é estudar a viabilidade técnica e econômica da substituição da areia natural de extração por areia de britagem (peneirada), na confecção de argamassas de revestimento.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar o desempenho da argamassa de chapisco produzida com areia de britagem com granulometria passante na 4,8 mm e retido na peneira 2,4. (Material que foi excluído quando da produção da argamassa de emboço).

Comparar o desempenho técnico das argamassas de chapisco produzidas com areia natural no traço 1:3:x₁ e areia de britagem no traço 1:3:x₂, 1:3,5:x₃; 1:4,0:x₃; 1:4,5:x₃, além disso, produzir uma argamassa de chapisco a partir da argamassa estabilizada e determinar seu desempenho.

Determinar o consumo de cimento e o custo total por metro cúbico das argamassas de chapiscos produzidas com areia natural, areia de britagem e argamassa estabilizada e fazer a comparação de custo determinando qual apresenta menor custo.

Analisar os aspectos reológicos da argamassa produzida com areia de britagem (com material passante na peneira 2,4), sem adição de cal, e sem adição de ar incorporado, (*Flow table*).

Determinar e comparar a massa específica e o ar incorporado das argamassas de emboço e comparar a trabalhabilidade dessas argamassas por meio do ensaio de espalhamento, *Flow-table*.

Determinar a aderência das argamassas de emboço produzidas com argamassa estabilizada, argamassa com areia natural e argamassa com areia de britagem.

Determinar o consumo de cimento e custo total por metro cúbico das argamassas de emboço e fazer a comparação de custo determinando qual apresenta menor custo.

1.2 JUSTIFICATIVA

O aproveitamento de resíduos desperta grande interesse na medida em que pode contribuir para a redução do custo e o desenvolvimento sustentável. Dentro deste contexto, observa-se um aumento no número de pesquisas por materiais alternativos na construção civil; sendo os principais motivos que incentivam esse estudo: a preocupação com o esgotamento de reservas de matéria-prima, se não para o país na sua totalidade, pelo menos para regiões específicas; a preservação do meio ambiente, afetada pelo crescente volume de resíduos sólidos descartados e, finalmente, a necessidade de compensar o desequilíbrio econômico, utilizando resíduos.

Segundo MOURA (2000), os resíduos não só provocam o impacto ambiental, como também a sua redução e o seu aproveitamento podem minimizar o consumo de recursos naturais e energéticos, o que implica, muitas vezes, num menor dispêndio econômico. A construção civil é um dos setores que provoca maior impacto ambiental, devido ao elevado consumo de matéria-prima.

Verifica-se, portanto, a necessidade de inovações tecnológicas que visem incentivar o uso de novos materiais. Esse trabalho focou em utilizar resíduo de britagem na confecção de argamassa e reduzir o consumo de areia natural.

Nas pedreiras, a britagem das rochas (basaltos, calcários, granitos, gnaisses, entre outras) gera basicamente cinco tipos de produtos: pó de pedra, brita 0, brita 1, brita 2 e brita 3. Destes produtos, os únicos que encontram aplicações nobres na construção civil são as britas 1, 2 e 3, sendo a brita 0 e o pó de pedra utilizados apenas em aplicações marginais, sem muito valor comercial. Desta maneira, esses finos ficam estocados em pilhas nas pedreiras e acabam provocando graves problemas ambientais, como assoreamento dos rios, poluição visual e gerando, principalmente, muita poeira. Estes finos, devidamente processados, podem vir a substituir a areia natural (ALMEIDA, 2000).

Segundo Cincotto;Silva;Carasek. (1995) a substituição da areia natural pela areia artificial na indústria da construção civil foi a solução encontrada pelos principais países do mundo. Nestes países o processo de substituição iniciou-se há mais de 30 anos. Hoje há uma tendência mundial no uso da areia artificial, com produção em alta escala. Várias são as vantagens na utilização da areia artificial; entre elas destacam-se (ALMEIDA; BISPO, 2003):

- aproveitamento integral das pedreiras;
- obtenção de areia com características físicas e químicas constantes;
- teor de umidade praticamente zero;
- solução de problemas ambientais.

A inovação a partir da utilização de resíduos permite a longo tempo, alterar o volume de matéria prima extraída e a quantidade de materiais a reciclar. Este processo tende a convergir para um menor consumo de energia e para o desenvolvimento sustentável.

Três grandes aspectos justificam o objetivo desta pesquisa: a conservação do meio-ambiente, o qual atualmente sofre grandes danos pela extração da areia natural; a viabilidade técnica, a fim de revelar quais os resultados, quais as resistências são características das argamassas de areia artificial, e a viabilidade econômica, que atualmente pela produção de areia artificial não agrega grandes custos em sua produção, podendo assim ter preço mais baixo que areia natural, no mercado da construção civil.

Diante disto, evidencia-se a grande importância deste trabalho em prol do desenvolvimento tecnológico e da inovação, com a criação de uma argamassa mais eficiente, com desempenho igual ou superior as existentes, possibilitando o emprego de um material (rejeito) com pouca utilização comercial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRICO DAS ARGAMASSAS

Segundo Silva (apud Selmo,1989) nos livros de Boltshauer constam, que na Grécia, no período Micênio (por volta de 2000 a.C.), a argila crua foi empregada em construções de taipa ou pau-a-pique, envolvendo as estruturas resistentes de madeira. Técnica idêntica foi utilizada pela arquitetura romana etrusca (séculos VII ao VI a.C). Nas construções egípcias modestas, de 1600 a 1100 a.C., a argila em pasta era utilizada envolvendo a armação estrutural das casas, feita de caules de plantas ou de tronco de palmeiras. A argila, cozida em placas molduradas e com baixos relevos foi também empregada na arquitetura grega para revestir os paramentos de pedra das fachadas. Os gregos e os romanos preparavam misturas de cal, areia e água, ou adicionavam gesso para obter o estuque, que constitui uma especialidade para revestimentos internos. Em certos casos, adicionavam também na mistura o pó de mármore. Os romanos fizeram uso amplo das argamassas, tanto no assentamento das alvenarias, como nos revestimentos de seus edifícios. Portanto, há mais de 2.000 anos, a argamassa vem sendo utilizada para assentamento e revestimento dos blocos de pedra que constituem as paredes das edificações.

As argamassas estão associadas à arquitetura e à construção de edifícios há milhares de anos. Tradicionalmente utilizadas para a construção de muros e paredes e para revestimento das mesmas (MIRANDA, 2009).

2.2 CONCEITO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

Segundo a NBR 7200 (ABNT, 1998), argamassa é a mistura de aglomerantes, agregados e água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência.

A NBR 13281(ABNT, 2005) prescreve que argamassa é a mistura homogênea de agregado(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos e adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalações próprias (argamassas industrializadas).

2.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS

2.3.1 Argamassa de Cal comum

É a argamassa composta por cal, agregado miúdo e água onde os vazios entre os grãos são preenchidos pela pasta de cal melhorando a plasticidade e a retenção de água(SILVA, 2006).

As argamassas de cal comum possuem dois métodos de obtenção, a partir de cal em pasta ou em pó. O preparo da argamassa de cal depende da necessidade de uso podendo ser preparada com menor ou maior antecedência. Para as cales produzidas em fornos e que não oferecem confiança as argamassas devem ser produzidas com antecedência e em grandes quantidades para que os nódulos de pederneira sejam neutralizados. Porém, quando existem garantias de qualidade, a argamassa pode ser produzida à medida que se é utilizada (SILVA, 2006).

Para a cal em pasta, deve-se fazer uma homogeneização do material junto ao fundo para que os nódulos de cozedura depositados se misturem bem a pasta. É normal que o processo de amassadura seja feito com dois ou três dias de antecedência mas, com o passar do tempo a massa tende a endurecer, o que torna necessário a adição de mais água para que a argamassa adquira a plasticidade necessária para utilização (MIRANDA, 2009).

2.3.2. Argamassa de Cal hidráulica

São as argamassas produzidas com aglomerantes hidráulicos, como a cal hidráulica e os cimentos, recebem esse nome pelo fato de endurecer tanto ao ar como na água.

Suas dosagens variam conforme granulometria e qualidade da areia, características dos aglomerantes, plasticidade desejada, resistência ou compacidade requerida, e o grau de hidraulicidade (MIRANDA, 2009).

As argamassas destinadas a revestimentos que requeiram resistência mecânica e grande compacidade devem ter os traços ricos em cimento. (MIRANDA, 2009).

Segundo o autor citado acima, a quantidade de água varia com as condições climáticas e com a necessidade de água nos materiais a ligar, sendo que tanto a falta como o excesso de água prejudicam a resistência das argamassas.

2.3.3 Argamassa de Cimento

A argamassa de cimento é basicamente composta por cimento, agregado miúdo e água.

Tem como principais características elevada resistência mecânica inicial, pouca trabalhabilidade e baixa retenção de água, além de ser mais propícia à retração. Este tipo de argamassa pode ser utilizada na confecção de pisos como argamassa armada e na confecção de chapisco para aumentar a resistência de aderência do revestimento de argamassas mistas. As argamassas de cimento são raramente utilizadas em revestimentos de alvenaria (SILVA, 2006).

2.3.4 Argamassa Mista

É a argamassa constituída essencialmente por cimento, cal, agregado miúdo e água.

Segundo SABBATINI (1984), “os ingleses utilizam a proporção 1: 3 (aglomerante: areia seca) em volume como traço básico, pois partem do princípio de que com esta proporção os vazios da areia são preenchidos pela pasta aglomerante (cimento e cal). Esta proporção é muito utilizada também no Brasil, com os tradicionais traços em volume 1: 1: 6 (cimento: cal: areia) para revestimentos externos e 1: 2: 9 para revestimentos internos”.

2.3.4.1 Materiais Constituintes da Argamassa Mista

2.3.4.1.1 Cimento Portland

É o nome dado para o material usualmente conhecido na construção civil como cimento, que é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água e após esse endurecimento mesmo sendo novamente molhado, o cimento não se decompõe (ABCP, 2002).

Por definição, é um “aglomerante hidráulico resultante da mistura homogênea de clínquer portland, gesso e adições normatizadas finamente moídas”. Aglomerante porque tem a propriedade de unir outros materiais, hidráulico porque reage (hidrata) ao se misturar com água e depois de endurecido ganha características de rocha

artificial, mantendo suas propriedades, principalmente se permanecer imerso em água por aproximadamente sete dias (MARTINS et al., 2008).

2.3.4.1.1.1 Composição do Cimento Portland

As matérias primas utilizadas na fabricação do cimento portland consistem principalmente de calcário, sílica, alumina e óxido de ferro. Estes compostos interagem entre si no forno formando uma série de produtos mais complexos e, com exceção de um pequeno resíduo de cal, que não teve tempo suficiente para reagir, atingindo um estado de equilíbrio químico (NEVILLE, 1997).

Os principais componentes químicos do cimento, presentes em maior ou menor proporção são: os silicatos tricálcicos (C_3S), os silicatos dicálcicos (C_2S), os aluminatos tricálcicos (C_3A), ferroluminato tetracálcico (C_4AF) e gipsita (C_5H_2) (SOUZA;RIPPER,1998). No cimento portland é ainda encontrado clínquer e adições, sendo o clínquer o principal componente e está presente em todos os tipos de cimento. As adições podem variar de um tipo de cimento para outro e são principalmente elas que definem os diferentes tipos de cimento. As principais matérias-primas adicionadas ao clínquer são: o gesso, as escórias de alto-forno, os materiais pozolânicos e os materiais carbonáticos (CAVALCANTE JUNIOR, et al, 2011).

A contribuição de cada uma destas adições às propriedades finais do cimento pode ser resumida da seguinte forma:

GESSO: É adicionado na moagem final do cimento e tem como função básica controlar o início do endurecimento (tempo de pega) do clínquer moído quando misturado com água. Caso não se adicione o gesso ao clínquer, quando o cimento entrasse em contato com a água endureceria quase que instantaneamente, e seu uso nas obras se tornaria inviável. Por isso, o gesso é uma adição presente em todos os tipos de cimento portland (ABCP, 2002).

ESCÓRIA DE ALTO FORNO : A escória de alto-forno é obtida durante a produção de ferro-gusa nas indústrias siderúrgicas e possuem aspecto semelhante a grãos de areia. A escória de alto-forno passou a ser utilizada após a descoberta de sua propriedade de ligante hidráulica muito resistente e por sua característica aglomerante muito semelhante a do clínquer. Foi devido a essa descoberta que a escória de alto-forno passou a ser adicionada à moagem do clínquer com gesso, sendo obtido como resultado um tipo de cimento que, além de atender aos usos mais comuns, apresenta

melhoria de algumas propriedades, como maior durabilidade e maior resistência final (ABCP, 2002).

CLÍNQUER: É o principal item na composição de cimentos portland suas matérias-primas são o calcário e a argila. O clínquer é fonte de Silicato tricálcico e Silicato dicálcico que trazem acentuada característica de ligante hidráulico e estão diretamente relacionados com a resistência mecânica do material após a hidratação. O clínquer em pó desenvolve uma reação química em presença de água, na qual primeiramente, torna-se pastoso e, em seguida, endurece, adquirindo elevada resistência e durabilidade (ABCP, 2002).

MATERIAIS POZOLÂNICOS: São rochas vulcânicas ou matérias orgânicas fossilizadas que se encontram na natureza, e ainda certos tipos de argilas queimadas em elevadas temperaturas e derivados da queima de carvão mineral nas usinas termelétricas, entre outros (ABCP, 2002).

A pozolana pode ser também produzida artificialmente queimando-se argilas ricas em alumínio a temperaturas próximas de 700°C. A adição de pozolana confere ao cimento maior resistência a meios agressivos como esgotos, água do mar, solos sulfurosos e agregados reativos. O calor de hidratação, permeabilidade e segregação é diminuída e ainda proporciona maior trabalhabilidade e estabilidade de volume, o que torna o cimento pozolânico adequado para as aplicações que exijam baixo calor de hidratação, como concretagens de grandes volumes (MARTINS et al., 2008).

MATERIAIS CARBONÁTICOS: São rochas moídas, que apresentam em sua constituição carbonato de cálcio esse material é adicionado ao cimento com intuito de diminuir a porcentagem de vazios, melhorar a trabalhabilidade, o acabamento e até elevar a resistência inicial do cimento (MARTINS et al., 2008).

2.3.4.1.1.2 Propriedades do cimento

Para Bauer (1994), as propriedades físicas são consideradas sob três aspectos distintos: das propriedades do produto na sua condição natural em pó; da mistura da pasta de cimento e água e, por último, da mistura da pasta com agregado padronizado. Assim, podem-se considerar, basicamente, seis propriedades físicas:

DENSIDADE: A densidade absoluta do cimento é usualmente considerada 3,15 Kg/m³ podendo variar para valores ligeiramente inferiores. Já a densidade aparente do

mesmo é da ordem de 1,5 Kg/ m³. Na pasta do cimento, o valor da densidade é variável com o tempo, aumentando à medida que progride o processo de hidratação. Tal fenômeno é conhecido como retração e ocorre nas pastas, argamassas e concretos (BAUER, 1994).

FINURA: Está relacionada com o tamanho dos grãos do produto e pode ser definida de duas maneiras:

- Pelo tamanho máximo dos grãos, quando as especificações estabelecem uma proporção em peso do material retido na operação de peneiramento em malha de abertura definida,
- Pelo valor da superfície específica (soma das superfícies dos grãos contidos em um grama de cimento).

A finura é o fator que rege a velocidade de reação de hidratação do produto e tem influência em muitas qualidades da pasta nas argamassas e dos betões. O aumento da finura melhora a resistência, diminui a exsudação e outros tipos de segregação, aumenta a impermeabilidade, a trabalhabilidade e a coesão dos betões e diminui a expansão em autoclave (BAUER, 1994).

TEMPO DE PEGA: Compreende o início do processo de endurecimento do cimento e a evolução das propriedades mecânicas da pasta, propriedades essencialmente físicas, devido ao processo químico de hidratação (BAUER, 1994).

RESISTÊNCIA: A resistência mecânica dos cimentos é determinada pela ruptura de provetes realizados com argamassa. A forma do provete e dimensões, o traço da argamassa, areia utilizada e sua consistência são definidos nas especificações correspondentes, e constituem características que variam de um país para outro (BAUER, 1994).

EXSUDAÇÃO: Fenômeno de segregação que ocorre nas pastas de cimento devido aos grãos de cimento serem mais pesados que a água e, por gravidade tendem a sedimentar, devido à movimentação dos grãos para baixo ocorre um afloramento do excesso de água, antes do início da pega. A água que se acumula sobre a pasta de cimento é chamada exsudação e é expressa como percentagem do volume inicial da mesma na mistura. O processo de exsudação prejudica a uniformidade, a resistência e a durabilidade dos concretos (BAUER, 1994).

PEGA DO CIMENTO: A pega do cimento deve ser regulada levando-se em consideração o uso a que se destina o material. Sendo que, dependendo do caso o

tempo de pega deve ser diminuído ou aumentado, empregando-se para isso aceleradores ou retardadores de pega (BAUER, 1994).

Segundo Bauer (1994) as propriedades químicas do cimento estão ligadas ao processo de endurecimento por hidratação e podem ser:

ESTABILIDADE: Esta característica está ligada a expansões volumétricas que ocorrem devido à hidratação da cal e magnésia presentes no cimento após o endurecimento que acaba criando tensões internas causando microfissuração que pode terminar na desagregação mais ou menos completa do material (BAUER, 1994).

CALOR DE HIDRATAÇÃO: ocorre devido às reações de hidratação durante o processo de endurecimento do cimento desenvolvendo calor. Essas energias térmicas produzidas principalmente pela elevação da temperatura causa o aparecimento de fissuras de contração após o arrefecimento da massa. O desenvolvimento de calor varia especialmente com as proporções de silicato e aluminato tricálcicos encontrados na composição do cimento (BAUER, 1994).

RESISTÊNCIA AOS AGENTES AGRESSIVOS: Os concretos que estão em contato com a água e com a terra estão em meios agressivos, pois nelas podem ser encontradas substâncias químicas que combinadas a certos constituintes do cimento presentes no concreto podem causar reações. Sendo nesse processo o cimento o mais susceptível ao ataque (BAUER, 1994).

REAÇÃO ÁLCALI – AGREGADO: Consiste na formação de produtos gelatinosos causando uma grande expansão de volume pela combinação dos álcalis do cimento com a sílica ativa presente nos agregados (BAUER, 1994).

A tabela 1 mostra de modo simplificado as propriedades físicas e mecânicas dos cimentos.

Tabela 1 - Propriedades físicas e mecânicas de cada tipo de cimento

(continua)

EXIGÊNCIAS FÍSICAS									
Tipos	Classe (Mpa)	FINURA		Tempo de pega		Resistência a compressão			
		#200 (75µm)	Blaine (m ² -Kg)	Início(h)	Fim(h)	1 dia (MPa)	3 dias (MPa)	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)
CPI CPI-S	25	≤ 12,0	≥240	≥ 1	≤ 10,0	-	≥8,0	≥15,0	≥25,0
	32	≤12,0	≥260	≥ 1	≤10,0	-	≥10,0	≥20,0	≥32,0
	40	≤10,0	≥280	≥ 1	≤10,0	-	≥15,0	≥25,0	≥40,0
CP II-E CPII-Z CPII-F	25	≤ 12,0	≥240	≥ 1	≤ 10,0	-	≥8,0	≥15,0	≥25,0
	32	≤12,0	≥260	≥ 1	≤10,0	-	≥10,0	≥20,0	≥32,0
	40	≤10,0	≥280	≥ 1	≤10,0	-	≥15,0	≥25,0	≥40,0
CPIII	25	≤ 8,0	≥240	≥ 1	≤ 12,0	-	≥8,0	≥15,0	≥25,0
	32	≤8,0	≥260	≥ 1	≤12,0	-	≥10,0	≥20,0	≥32,0
	40	≤8,0	≥280	≥ 1	≤12,0	-	≥12,0	≥23,0	≥40,0

Tabela 1 - Propriedades físicas e mecânicas de cada tipo de cimento

(conclusão)

EXIGÊNCIAS FÍSICAS									
Tipos	Classe (Mpa)	FINURA		Tempo de pega		Resistência a compressão			
		#200 (75µm)	Blaine (m2-Kg)	Início(h)	Fim(h)	1 dia (MPa)	3 dias (MPa)	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)
CP IV	25	≤ 8,0	≥240	≥ 1	≤ 12,0	-	≥8,0	≥15,0	≥25,0
	32	≤8,0	≥260	≥ 1	≤12,0	-	≥10,0	≥20,0	≥32,0
CPIV-ARI		≤6,0	≥300	≥ 1	≤10,0	≥ 14,0	≥24,0	≥34,0	-
CPIV-ARI-RS		≤6,0	≥300	≥ 1	≤10,0	≥ 11,0	≥24,0	≥34,0	-

Fonte: ABCP, (2002).

2.3.4.1.1.3 Classificação dos Cimentos

Primeiramente, a fabricação dos cimentos se dava segundo as especificações dos consumidores que encomendavam o produto com as características convenientes para um trabalho, diretamente nas fábricas. A partir de 1904, quando as primeiras especificações da ASTM foram introduzidas, a indústria limitou-se a produzir alguns tipos de cimento (BAUER, 1994).

De acordo com Bauer (1994), os cimentos mais comuns encontrados no mercado são:

Tipo I – cimento mais frequentemente usado para a execução de estruturas correntes sem quaisquer adições além do gesso.

Tipo II – cimento modificado para situações em que sejam previstas exposições moderadas ao ataque por sulfatos ou em que seja recomendável um baixo calor de hidratação. Obtido limitando as percentagens de Ca₃ Si e Ca₃ Al, este cimento ganha resistência mais lentamente que o de tipo I, mas a resistência tende para valores equivalentes aos de tipo I ao fim de 28 dias.

Tipo III – cimento que atinge elevada resistência em pouco tempo, já aos três dias, a resistência do concreto é praticamente igual à de um feito com cimentos do tipo I ou tipo II aos 28 dias. Porém, devido sua maior finura e maior percentagem de Ca₃ Si e Ca₃ Al, o cimento tipo III desenvolve um grande calor de hidratação, não devendo ser usado em grandes massas. Além disso, tem uma fraca resistência ao ataque pelos sulfatos.

Tipo IV – cimento com baixo calor de hidratação que foi desenvolvido para construção com grandes massas de concreto (por exemplo barragens), limitando o fendilhamento por retração termohigrométrica.

Na sua composição os maiores responsáveis pelo calor de hidratação são Ca_3Si e Ca_3Al .

Tipo V – cimento especial adequado para utilizações que necessitam de grande resistência ao ataque por sulfatos tais como a água do mar e algumas águas naturais.

2.3.4.1.2 Cal

A cal é um aglomerante simples, gerado através da calcinação de rochas calcárias, se apresentando sob diversas formas. Tem características que variam de acordo com a natureza da matéria-prima empregada e do processo de fabricação (MIRANDA, 2009).

Para a obtenção de uma cal de boa qualidade, indica-se utilizar pedras não excessivamente grandes e um aquecimento gradual e prolongado, que permite que a calcinação seja completa e uniforme. Estas condições são habitualmente reunidas nos processos de fabrico semi-artesanais, intermitentes, com aquecimento proporcionado por combustão de madeira (MIRANDA, 2009).

2.3.4.1.2.1 Cal hidratada

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

A cal hidratada se apresenta com 17% a 19% de água combinada (quando dolomítica normal) e 24% a 27% de água combinada (quando cálcica ou hidratada sobre pressão) (GUIMARÃES, 2002).

A cal hidratada é um ligante que endurece lentamente ao ar por reação com o dióxido de carbono não possuem propriedades hidráulicas, por isso não endurecem em água (GUIMARÃES, 2002).

De acordo com a quantidade de água utilizada na reação, o produto final pode ser: seco; com aspecto cremoso; líquido ou soluções saturadas; (GUIMARÃES, 2002).

De acordo com Carasek; Cascudo; Scartezini, (2001), as cales podem ser classificadas, segundo a sua composição química, em:

- Cálctica: teor de CaO \geq 90% em relação aos óxidos totais;
- Magnesianas: 65% < CaO < 90%;
- Dolomítica: teor de CaO \leq 65%.

A cal hidratada é o nome genérico para todas as formas de hidratos. Mas a cal hidratada, propriamente dita, se apresenta como pó seco, com 17% a 19% de água combinada (quando dolomítica normal) e 24% a 27% de água combinada (quando cálcica ou hidratada sobre pressão) (GUIMARÃES, 2002).

2.3.4.1.2.2 Aplicação da cal

Nos dias atuais veem sendo cada vez mais difundida a utilização de aditivos que melhoram as propriedades das argamassas fazendo com isso que a cal seja abandonada em muitos casos. No entanto, sabe-se que essa prática afeta a durabilidade do revestimento, como já observado em alguns países da Europa (RAGO; CINCOTTO, 1999).

Dentre vários produtos de origem mineral, a cal tem uma ampla aplicação no Brasil tais como, na construção civil, na indústria (celulose, tintas, cerâmica, etc.), estabilização de solos, misturas asfálticas, na proteção do meio ambiente, tratamento de água, e também na obtenção de outros materiais (GUIMARÃES, 2002).

Segundo Rago e Cincotto (1999), a cal no estado fresco contribui para uma maior plasticidade da argamassa, permitindo melhor trabalhabilidade e, conseqüentemente, maior produtividade na execução do revestimento. Outra característica proporcionada pela cal no estado fresco, com base nesses autores, é a maior retenção de água, por não permitir sucção excessiva de água pela base.

Já no estado endurecido, a cal apresenta a capacidade de absorver deformações devido ao seu módulo de deformação.

A adição de cal hidratada em argamassas de cimento CP I reduz significativamente o módulo de elasticidade, sem afetar na mesma proporção a resistência à tração, que em última análise é a máxima resistência de aderência da argamassa e, assim, tende a aumentar a vida útil do revestimento (JOHN, 2003). Segundo Carasek; Cascudo; Scartezini, (2001), diversos estudos indicam que à medida que se aumenta a percentagem de hidróxido de magnésio na composição da

cal, em relação ao hidróxido de cálcio, há também um aumento na capacidade de aderência da argamassa.

2.3.4.1.2.3 Propriedades da Cal

A cal viva é um produto de cor branca que se pode apresentar sob a forma de grãos de grande tamanho e estrutura porosa, ou em pó (BAUER, 1994).

A cal hidratada apresenta-se sob a forma de flocos ou pó de cor branca (BAUER, 1994).

Segundo Bauer (1994) a cal apresenta várias propriedades, sendo elas:

- **Plasticidade:** é a propriedade que avalia a menor ou maior facilidade na aplicação das argamassas como revestimento. Diz-se que a cal é plástica quando se espalha facilmente, resultando numa superfície lisa sob o rasto da colher do pedreiro. Se ela é arrastada por se agarrar à colher, conduz à produção de fendas ou mesmo descolamento da parede nesse caso é considerada não plástica.
- **Retração:** a carbonatação do hidróxido realiza-se com perdas de volume, razão pela qual o produto está sujeito à retração, cuja consequência é o aparecimento de fendas nos revestimentos. Sendo a cal normalmente usada em mistura com o agregado miúdo na elaboração de argamassas, a introdução deste produto em proporções convenientes reduz os efeitos da retração.
- **Rendimento:** entende-se por rendimento em pasta o valor do volume de pasta de cal obtido com uma tonelada de cal viva. Para a determinação do rendimento é importante definir a consistência da pasta, que segundo Bauer, “trata-se de uma consistência arbitrária, usualmente determinada pelo abatimento de um cilindro de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, que se deforma para 8,7 cm pela remoção do molde. Cal de variedade cálcica oferece melhores rendimentos que cal magnesiana.”
- **Endurecimento:** para que ocorra o endurecimento da cal aérea é necessária a absorção de CO₂, logo não é possível o seu endurecimento na água. Quando se usam argamassas de cal e areia para revestimento, é necessário aplicá-las em camadas, pois o endurecimento que depende do ar atmosférico é muito lento, fazendo com que camadas espessas permaneçam fracas no seu interior durante longo período de tempo. O processo de endurecimento ainda continua durante o tempo em que a argamassa permanece em contato com o ar.

2.4 Agregado Miúdo

Os agregados são materiais granulares, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas para uso em argamassas e concretos. Podem ser classificados quanto à sua origem (naturais/artificiais), à sua densidade (leves/normais/pesados) e ao tamanho dos fragmentos (grãos/miúdos), sendo esta última a mais importante classificação para fins de utilização prática (FRAZÃO, 2005).

Segundo Neville (1997), todas as partículas de agregados são originárias de fragmentação de rochas, seja por meios naturais através de intemperismo e abrasão, seja a partir da fragmentação de rochas por meio de britagem. Isto faz com que muitas das propriedades dos agregados dependam inteiramente das propriedades da rocha-mãe, como cor, densidade, composição química e mineralógica, características petrográficas, densidade de massa, dureza, resistência, estabilidade química e física e estrutura dos poros. Em contrapartida, existem algumas propriedades dos agregados que não dependem da rocha-mãe, como a forma e o tamanho das partículas, a textura superficial e a absorção.

O termo agregado é definido pela NBR 9935 (2005), como sendo: “Material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para a preparação de argamassa e concreto”.

De acordo com a referida norma, agregado miúdo é o agregado cujos grãos passam na peneira com abertura de malha 4,8 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha 150 µm, em ensaio realizado conforme NBR NM 248:2003.

a) Caracterização do agregado miúdo

A caracterização da areia para utilização em argamassas tem sido motivo de estudo, por representar em torno de 80%, em massa, da composição de uma argamassa (CINCOTTO e CARNEIRO, 1999).

Segundo Angelin; Angelin; Carasek (2003), a distribuição granulométrica do agregado miúdo/areia influencia diretamente no desempenho da argamassa produzida, afetando e/ou interferindo em suas propriedades, como por exemplo, na trabalhabilidade e no consumo de água e aglomerantes, no estado fresco. Já no estado endurecido, no caso do revestimento acabado, pode contribuir para o aumento de fissuração, na permeabilidade e na resistência de aderência.

Bauer (1980), explica que a composição granulométrica de um agregado é a

proporção relativa, expressa em percentagem, em que se encontram os grãos de determinado agregado dos diferentes tamanhos, que constituem o material. Esta composição granulométrica tem grande influência nas propriedades futuras das argamassas e concretos confeccionados com este agregado.

De acordo com Selmo (1989), a classificação das areias segundo o módulo de finura (MF) é dividida em alguns intervalos, conforme segue abaixo:

- MF < 2.0 - areia fina;
- 2.0 < MF < 3.0 - areia média;
- MF > 3.0 - areia grossa.

O agregado miúdo tem função de estruturação (enchimento), constituindo um material pouco deformável que suporta a retração de volume do cimento, reduzindo fissuras. Deve ser composto de partículas inócuas que reduzem o custo da mistura (ARAÚJO, 1995).

b) Classificação dos agregado

Quanto à origem, segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009):

Naturais: encontrados na natureza e requerem processos simples de lavagem ou seleção. Ex: areia e pedregulho.

Artificiais: materiais processados industrialmente, incluindo-se britagem, a partir de matérias-primas naturais. Ex: brita, pedrisco, argila expandida, EPS, concreto reciclado de demolições, etc.

Quanto às dimensões:

Miúdos: agregados cujos grãos passam pela peneira 4,75 mm e ficam retidos na peneira 150 mm, em ensaio realizado de acordo com NM 248:2003

Graúdos: agregados cujos grãos passam pela peneira 75 mm e ficam retidos na peneira 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a NM 248:2003

2.4.1 Agregado Miúdo de Britagem de Rochas

O agregado miúdo é denominado de areia de britagem, quando proveniente do processo de cominuição mecânica de rocha NBR 9935 (2005)

A produção de areia de brita continua crescendo no país, tanto em volume quanto na distribuição geográfica, e já constitui uma realidade consolidada no mercado brasileiro. O grande eixo produtor ainda se concentra nas regiões Sul e

Sudeste, mas o interesse e a produção nas demais regiões do Brasil têm aumentado, ainda que elas registrem um volume não tão expressivo.

Segundo Valverde, (2014), os recursos em agregados para a indústria da construção civil são abundantes no Brasil. Em geral, os grandes centros consumidores encontram-se em regiões geologicamente favoráveis à existência de reservas de boa qualidade. A participação dos tipos de rochas utilizadas na produção de pedra britada é a seguinte: granito e gnaisse (85,0%); calcário e dolomita (10,0%); basalto e diabásio (5,0%). Algumas regiões, entretanto, apresentam pouca quantidade de rochas adequadas para britagem. Entre elas, podemos citar as cidades situadas na Bacia do Paraná, a pedra britada tem que ser transportada por distâncias superiores a 100 km. O número de empresas que produzem pedra britada é da ordem de 250, na maioria de controle familiar, e são responsáveis por cerca de 15.000 empregos diretos. Do total das pedreiras, 60,0% produz menos que 200.000 t/ano; 30,0% produz entre 200.000 t/ano e 500.000 t/ano e 10,0% produz mais que 500.000 t/ano.

Segundo Valverde (2014), a quantidade de areia consumida anualmente na construção civil brasileira é de 320 milhões de m³. Quase toda essa areia é retirada nas baixadas e leitos de rios. O resultado desse grande consumo é que esse agregado, em volta das grandes cidades, está ficando escasso. Em São Paulo, por exemplo, a areia natural, em sua grande maioria, é transportada por distâncias superiores a 100 km. Desse modo, tem-se um aumento do custo do material, pois, além da maior distância do local de extração, pode-se mencionar ainda o incremento dos custos de transporte (com mais gastos com pedágio, por exemplo). O transporte responde por cerca de 2/3 do preço final do produto, o que impõe a necessidade de produzi-las o mais próximo possível do mercado, ou seja, em áreas urbanas.

“Os agregados miúdos de britagem diferem dos naturais pela forma e textura superficial de suas partículas e pela granulometria do material mais fino” (DAMO, 2011).

De acordo com Almeida (2005), as vantagens dessa substituição são inúmeras, e dentre elas destacam-se as seguintes:

- Redução do impacto ambiental decorrente da extração da areia do leito dos rios, solução de problemas ambientais;
- As jazidas de origem basáltica são fartas em várias regiões do sul do Brasil (Planalto Serra Geral), ao contrário a areia de extração é um recurso natural que esta se tornando a cada dia mais escasso;

- Maior proximidade entre produção e utilização final dos agregados miúdos;
- Redução dos custos da construção civil;
- Obtenção de areia com características constantes;
- Baixo teor de umidade.

Segundo Bianchi (2003), as características da argamassa serão alteradas com a utilização de pó de pedra (ou areia artificial) em função da granulometria (em geral, mais fina) e da forma dos grãos, predominantemente lamelares, ao contrário das areias naturais cujos grãos tendem a ser arredondados. Assim sendo, para uma determinada plasticidade (argamassa no estado fresco), as areias artificiais exigirão, como regra, maior consumo de água, o que deverá repercutir, em ambos os casos, em maior retração e maior possibilidade do aparecimento de fissuras.

E segundo Kuck (2004), a areia artificial é tecnicamente mais uniforme que as areias naturais, facilitando sua associação à argamassa e ao concreto. Já a areia natural, por causa das diferenças geológicas, sofre variações. Por isso é promissor o mercado para areia artificial. Economicamente, uma das grandes vantagens da areia artificial é sua produção próxima ao mercado consumidor, o que reduz o custo do material.

Segundo Silva, Buest e Campitelli (2005) as partículas da areia de britagem em comparação com a areia natural são mais angulosas, portanto menos esféricas, influenciando negativamente na trabalhabilidade da argamassa, sendo esta uma das dificuldades na sua utilização.

A seleção adequada do processo de britagem/peneiramento pode determinar o sucesso da geração de um produto que atenda as especificações necessárias. Com efeito, muito embora algumas das características da areia de britagem estejam relacionadas à composição da rocha-mãe, tais como: dureza, absorção de água, presença de contaminantes; outras podem ser controladas durante o processo de produção: distribuição granulométrica, forma e o módulo de elasticidade (ALMEIDA *et. al.*, 2005).

De acordo com Faganello (2006), o formato das partículas é determinado pelo material que a constitui, pelas máquinas que a particularizam e pelo fluxograma de produção utilizado pela empresa, ou seja, a sequência de britamento e peneiramento.

2.5 FUNÇÕES DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

Conforme Baía e Sabbatini (2002), as principais funções do revestimento de argamassa em uma edificação são:

- proteger os elementos de vedação da ação direta dos agentes agressivos;
- auxiliar as vedações no cumprimento de suas funções, como o isolamento termo acústico e a estanqueidade à água e aos gases;
- regularizar a superfície dos elementos de vedação para o recebimento de revestimentos ou para constituir-se no acabamento final;
- contribuir para a estética da fachada;

2.6 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

Para que os revestimentos de argamassa possam cumprir adequadamente as suas funções eles precisam apresentar um conjunto de propriedades específicas, que são relativas à argamassa nos estados fresco e endurecido. As propriedades que as argamassas devem possuir, conforme Baía e Sabbatini (2002), estão apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2- Propriedades das argamassas nos estados fresco e endurecido

ESTADO FRESCO	ESTADO ENDURECIDO
Massa específica e teor de ar	Aderência
Trabalhabilidade	Capacidade de absorver deformações
Retenção de água	Resistência mecânica
Aderência inicial	Resistência ao desgaste
Retração na secagem	Durabilidade

Fonte: Baía e Sabbatini, 2002.

2.6.1 Propriedade da Argamassa no Estado Fresco

Gomes (2008) 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. Conseqüentemente 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.

De acordo com Baía e Sabbatini (2002), as principais propriedades das argamassas no estado fresco são a massa específica, teor de ar incorporado, trabalhabilidade, retenção de água, aderência inicial e retração na secagem.

2.6.1.1 Massa Específica e Teor de Ar Incorporado

Conforme afirmam Maciel, Barros e Sabbatini (1998), massa específica é a relação entre a massa da argamassa e o seu volume, podendo ser absoluta ou relativa. Na determinação da massa específica absoluta não são considerados os vazios existentes no volume da argamassa, em contrapartida, para determinação da massa relativa e/ou massa unitária, consideram-se os vazios.

A massa unitária e o teor de ar estão diretamente ligados e interferem na trabalhabilidade da argamassa. Quanto menor a massa específica maior é o teor de ar e resulta numa melhora da trabalhabilidade. Para aumentar o teor de ar da argamassa pode-se fazer uso de aditivos incorporadores de ar. Este tipo de adição deve ser de forma cautelosa visto que o excesso de incorporador de ar pode prejudicar a resistência mecânica a compressão e a aderência da argamassa (BAÍA e SABBATINI, 2002).

De acordo com Carasek (2007), a massa específica varia com o teor de ar (principalmente se for incorporado por meio de aditivos) e com a massa específica dos materiais constituintes da argamassa, prioritariamente do agregado. Quanto mais leve for a argamassa, mais trabalhável será a longo prazo, reduzindo esforço em sua aplicação e resultando em maior produtividade.

2.6.1.2 Consistência

Segundo Baía e Sabbatini (2002) a consistência é a propriedade da argamassa relacionada à trabalhabilidade. Alguns aspectos interferem nessa propriedade, como as características dos materiais constituintes da argamassa e o seu proporcionamento.

Segundo Cincotto; Sila; Cascudo (1995), a consistência é a propriedade pela qual a argamassa no estado fresco tende a resistir à deformação. Diversos autores classificam as argamassas segundo a consistência em: secas (a pasta preenche os vazios entre os grãos), plásticas (a pasta forma uma fina película e atua como

lubrificante na superfície dos grãos dos agregados) e fluídas (os grãos ficam imersos na pasta). A consistência é diretamente determinada pelo conteúdo de água, sendo influenciada pelos seguintes fatores: relação água/aglomerante, relação aglomerante/areia, granulometria da areia, natureza e qualidade do aglomerante.

2.6.1.3 Trabalhabilidade

Segundo Carasek (2007), trabalhabilidade é a propriedade das argamassas no estado fresco que determina a facilidade com que elas podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, consolidadas e acabadas em uma condição homogênea. A trabalhabilidade é uma propriedade complexa, resultante da conjunção de diversas outras propriedades, tais como: consistência, plasticidade, retenção de água, coesão, exsudação, densidade de massa e adesão inicial.

Para Baía e Sabbatini (2002), uma argamassa é considerada trabalhável quando:

- Deixa penetrar facilmente a colher de pedreiro, sem ser fluída;
- Mantém-se coesa ao ser transportada, mas não adere à colher ao ser lançada;
- Distribui-se facilmente e preenche todas as reentrâncias da base;
- Não endurece rapidamente quando aplicada.

Conforme Silva (2011), a avaliação da trabalhabilidade das argamassas através de ensaios é uma tarefa muito difícil, pois ela depende, além das características dos materiais constituintes da argamassa, também da habilidade do oficial que está executando o serviço e de diversas propriedades do substrato, além da técnica de aplicação.

Segundo Bauer et. al. (2005), duas propriedades são interligadas e, em determinados momentos, não podendo ser tratadas independentemente quando se analisa uma condição de trabalhabilidade. Os fatores que influenciam estas propriedades, em geral, são os mesmos, conforme estão apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 - Fatores que influenciam a consistência e plasticidade

(continua)

Fatores Internos	Fatores Externos
Teor de água muitas vezes definida em função da consistência necessária	Tipo de mistura
Proporção entre aglomerantes e agregado	Tipo de transporte
Natureza e teor dos plastificantes (cal, finos argilosos, etc)	Tipo de aplicação no substrato

Tabela 3 - Fatores que influenciam a consistência e plasticidade

(conclusão)

Fatores Internos	Fatores Externos
Distribuição granulométrica, forma e textura dos grãos do agregado	Operações de sarrafeamento e desempenho
Natureza e teor de aditivos	Características da base de aplicação – tipo de preparo, rugosidade, absorção, etc.

Fonte: Bauer et. al. 2005.

2.6.1.4 Retenção de Água

Para Bauer et. al (2005), a retenção de água corresponde à propriedade que confere à argamassa a capacidade de essa não alterar sua trabalhabilidade, mantendo-se aplicável por um período adequado de tempo quando sujeita a solicitações que provoquem perda de água, seja ela por evaporação, sucção do substrato ou reações de hidratação.

A retenção de água é a capacidade da argamassa no estado fresco de manter sua consistência ou trabalhabilidade quando sujeita a situações que provocam principalmente a perda de água por evaporação e sucção do substrato. A retenção de água é uma propriedade importante da argamassa, pois a água deve permanecer em seu interior o tempo necessário de modo a permitir a hidratação do cimento e manter a plasticidade da argamassa até o momento de sua aplicação (SILVA, 2006).

Conforme Baía e Sabbatini (2002), a rápida perda de água compromete a aderência, a capacidade de absorver deformações, a resistência mecânica e, com isso, a durabilidade e a estanqueidade do revestimento.

Segundo Cincotto; Silva; Cascudo, (1995) a retenção de água pode ser definida como a capacidade da argamassa fresca em manter sua consistência ou trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam perda de água (evaporação, sucção, absorção pelo componente). Sem retenção adequada de água além de não se manter plástica o tempo suficiente para seu manuseio adequado, terá menor resistência quando endurecida (devido à umidade da argamassa garantida por tempo insuficiente para as completas reações de hidratação do cimento e carbonatação da cal). Argamassas de cal tem maior capacidade de retenção de água que as de cimento (maior finura, maior superfície específica, maior capacidade de adsorção de suas partículas → formação de um gel na superfície das partículas com até 100% de água em função do volume da partícula). O aumento da capacidade de

retenção de água pode ser obtido com aditivos (a base de celulose ou incorporadores de ar).

Da mesma forma que na trabalhabilidade, os fatores que influenciam na retenção de água são as características dos materiais constituintes da argamassa e a relação de proporção entre eles (traço). A presença da cal e de aditivos pode melhorar essa propriedade (BAIA ;SABBATINI, 2002).

2.6.1.5 Aderência Inicial

Após lançar a argamassa fresca sobre a alvenaria que se pretende revestir, espera-se que ela fique aderida à base, sem se desprender. Esta aderência inicial irá refletir no desempenho da ligação que se dá entre a base e o revestimento, quando a argamassa estiver endurecida (GOMES, 2008).

Segundo Baía e Sabbatini (2002), a aderência inicial está relacionada ao fenômeno mecânico da ancoragem da argamassa na base, por meio da entrada da pasta nos poros, reentrâncias e saliências, seguido do endurecimento progressivo da pasta, Figura 1.

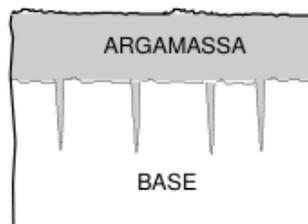


Figura 1 - Mecanismo de aderência da argamassa.
Fonte: Baía e Sabbatini (2002).

Para Baía e Sabbatini (2002), para se obter uma adequada aderência inicial, uma argamassa deve apresentar trabalhabilidade e retenção de água adequadas à sucção da base e às condições de exposição. A base deve estar limpa, com rugosidade adequada e sem oleosidade Figura 2(A). Se a sucção da base for maior que a retenção de água da argamassa, a perda de aderência em razão da entrada da pasta nos poros da base, causando descontinuidade da camada de argamassa como ilustra a Figura 2(B).



Figura 2 - (a) Argamassa com boa aderência inicial; (b) Perda de aderência inicial por descontinuidade da argamassa.

Fonte: Baía e Sabbatini (2002).

Para Baía e Sabbatini (2002), a aderência inicial depende dos seguintes fatores:

- Propriedades da argamassa no estado fresco;
- Características da base de aplicação (porosidade, rugosidade);
- Condições de limpeza do substrato (isenção de poeiras, partículas soltas e gorduras);
- Contato efetivo entre a superfície de argamassa e a base;

2.6.1.6 Retração na Secagem

A retração é um fenômeno que ocorre pela redução do volume da argamassa devido à perda de água para o substrato por sucção, por evaporação ou pela reação química dos componentes do cimento e da cal (SILVA, 2006).

Os fatores que influenciam essa propriedade são: as características e o proporcionamento dos materiais constituintes da argamassa; a espessura e o intervalo de aplicação das camadas; o respeito ao tempo de sarrafeamento e desempenho (BAÍA e SABBATINI, 2002).

Argamassas com alto teor de cimento, denominada “fortes” – estão mais sujeitas às tensões e causadoras de fissuras durante a secagem, além da possibilidade da ocorrência de trincas e descolamentos no estado endurecido. Já as argamassas mais “fracas” estão menos sujeitas ao aparecimento de fissuras prejudiciais, como ilustra a Figura 3 (BAÍA e SABBATINI, 2002).

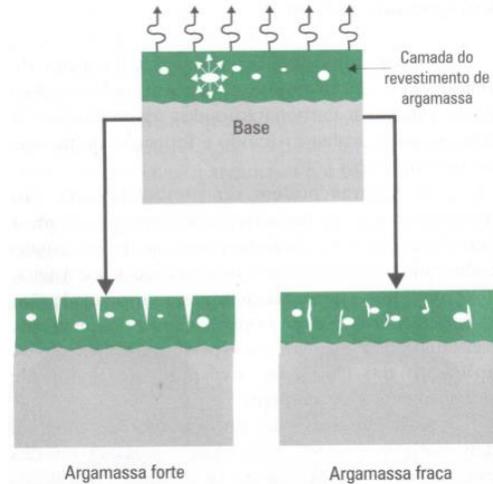


Figura 3 - Fissura da argamassa por retração na secagem argamassa forte x argamassa fraca.

Fonte: Baía e Sabbatini (2002).

SILVA (2006) menciona que além da perda da água, a retração pode ter outras causas, tais como: retração térmica, por carbonatação, por hidratação do cimento e autógena, que podem ocorrer ao mesmo tempo ou em fases diferentes da vida útil da argamassa de revestimento. Acrescentam-se ainda os fatores que influenciam a retração, tais como: tipo de aglomerante, temperatura ambiental, incidência da radiação solar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, dentre outros.

Segundo o mesmo autor, a retração por secagem das argamassas de revestimento, na maioria das vezes, é a principal causa de fenômenos patológicos, sendo os principais fatores que a influenciam.

2.6.2 Propriedades da Argamassa no Estado Endurecido

Segundo Cincotto, Silva e Carasek (1995) as propriedades da argamassa no estado endurecido apresentam-se intimamente relacionadas aos componentes da base e à forma como ocorre a ligação entre a argamassa e os componentes da base.

Após a mistura dos constituintes da argamassa, esta encontra-se no estado plástico, passando pouco tempo até a consistência deixar de ser constante. Com as reações iniciais de hidratação do cimento, em que parte da água é absorvida e outra parte se evapora, a massa plástica passa para o estado semi-sólido, com o aumento da consistência (fase da pega). Após o qual a argamassa passa ao estado sólido, caracteriza-se pelo crescimento da resistência (GOMES, 2008).

Conforme o autor supracitado, o manuseio da argamassa durante a fase de pega afeta a qualidade do revestimento executado. Como, geralmente, os operários não são informados dos mecanismos que conduzem à solidificação, é costume fazerem uso das argamassas após o início da pega, acrescentando-lhe água para amolecê-la, e fazendo com que os cristais, já formados devido às reações químicas da pasta de cimento, sejam destruídos, comprometendo o desempenho do revestimento a ser executado. As principais propriedades serão descritas a seguir.

2.6.2.1 Aderência

É a propriedade de adesão das argamassas, influenciada pela condição superficial do substrato, pelos materiais componentes da argamassa, de retenção de água e pela espessura do revestimento (SANTOS , 2008).

Baía e Sabbatini (2002), afirmam que a aderência é uma propriedade que o revestimento tem em manter-se fixo ao substrato, através da resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-revestimento. É resultante da resistência de aderência à tração, da resistência de aderência ao cisalhamento e da extensão de aderência da argamassa.

Carasek (2007) informa que a aderência da argamassa endurecida ao substrato é um fenômeno essencialmente mecânico devido, basicamente, a penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação.

De acordo com Cincotto, Silva e Carasek (1995), a aderência é influenciada pelos seguintes fatores:

- Condições da base, como a porosidade e absorção de água, resistência mecânica, textura superficial e pelas próprias condições de execução do assentamento de componentes da base;
- Natureza do aglomerante (argamassas de cal dolomítica apresentam maior resistência que as de cal cálcica);
- Capacidade de retenção de água, da consistência e do conteúdo de ar da argamassa;
- A granulometria fina do agregado influencia favoravelmente a aderência.

A resistência de aderência à tração do revestimento pode ser medida pelo ensaio de arrancamento por tração, método prescrito pela NBR 13528 (2010). De

acordo com a norma NBR 13749 (1996), o limite de resistência de aderência à tração (Ra) para o revestimento de argamassa (emboço e massa única) varia de acordo com o local de aplicação e tipo de acabamento, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Limites da resistência de aderência à tração.

Local		Acabamento	Ra (Mpa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	≥ 0,20
		Cerâmica ou laminado	≥ 0,30
	Externo	Pintura ou base para reboco	≥ 0,30
		Cerâmica	≥ 0,30
Teto		-----	≥ 0,20

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 1996).

2.6.2.2 Capacidade de Absorver Deformações

De acordo com Maciel, Barros e Sabbatini (1998) capacidade de absorver deformações é a propriedade que o revestimento apresenta quando exposto a pequenas tensões, devendo suportar as mesmas sem apresentar rupturas ou deformações que comprometam sua estrutura, aderência, estanqueidade e durabilidade.

Segundo Carasek (2007) as deformações podem ser de grande ou de pequena amplitude. O revestimento só tem a responsabilidade de absorver as deformações de pequena amplitude que ocorrem em função da ação da umidade ou da temperatura e não as de grande amplitude, provenientes de outros fatores, como recalques estruturais, por exemplo.

Segundo Baía e Sabbatine (2002), a capacidade de absorver deformações depende dos seguintes fatores:

- Do módulo de deformação da argamassa - quanto menor for o módulo de deformação (menor teor de cimento), maior a capacidade de absorver deformações;
- Da espessura das camadas - espessuras maiores contribuem para melhorar essa propriedade; entretanto, devem-se tomar cuidado para não se ter espessuras excessivas que poderão comprometer a aderência;
- Das juntas de trabalho do revestimento - as juntas delimitam panos com dimensões menores, compatíveis com as deformações, contribuindo para a obtenção de um revestimento sem fissuras prejudiciais;

- Da técnica de execução - a compressão após a aplicação da argamassa e, também, a compressão durante o acabamento superficial, iniciado no momento correto, vão contribuir para o não aparecimento de fissuras. O aparecimento de fissuras prejudiciais compromete a aderência, a estanqueidade, o acabamento superficial e a durabilidade do revestimento.

2.6.2.3 Resistência Mecânica

O revestimento pode estar sujeito a tensões de tração, compressão, cisalhamento e também ao desgaste superficial. A resistência mecânica diz respeito à capacidade das argamassas de resistirem a estes esforços, decorrem de fenômenos térmicos ou climáticos, os quais dependem das condições de exposição das superfícies e do uso da edificação (CINCOTTO; SILVA; CARASEK, 1995).

Segundo Baía e Sabbatini (2002), a resistência mecânica aumenta com a redução da proporção de agregado na argamassa e varia inversamente com a relação água/cimento da argamassa. A NBR 13281 (ABNT, 2005) prescreve que os requisitos mecânicos e reológicos das argamassas devem estar em conformidade com as exigências indicadas na tabela 5:

Tabela 5 - Exigências Reológicas e Mecânicas das Argamassas.

Características	Identificação	Limites	Método
Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	I	$\geq 0,1$ e $< 4,0$	NBR 13279
	II	$\geq 4,1$ e $\leq 8,0$	
	III	$> 8,0$	
Capacidade de Retenção de Água (%)	Normal	≥ 80 e ≤ 90	NBR 13277
	Alta	> 90	
Teor de Ar Incorporado (%)	A	< 8	NBR 13278
	B	≥ 8 e ≤ 18	
	C	> 18	

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005).

2.6.2.4 Permeabilidade

A permeabilidade está relacionada à passagem de água pela argamassa endurecida, que é um material poroso, por meio de infiltração sob pressão, capilaridade ou difusão de vapor de água. O revestimento deve ser estanque à água, impedindo a sua percolação, mas é recomendável que ele seja permeável ao vapor, para favorecer a secagem de umidade de infiltração (como a água da chuva) ou

decorrente da ação direta do vapor de água (principalmente nos banheiros) (BAÍA;SABBATINI, 2002).

2.6.2.5 Durabilidade

De acordo com Maciel, Barros e Sabbatini (1998), durabilidade é uma propriedade do período de uso do revestimento no estado endurecido e que reflete o desempenho do revestimento frente às ações do meio externo ao longo do tempo. Alguns fatores prejudicam a durabilidade dos revestimentos, tais como: fissuração, espessura excessiva, cultura e proliferação de microorganismos, qualidade das argamassas e a falta de manutenção, e fatores externos, destacam-se o clima, a localização e a topografia.

Os mecanismos de degradação que comprometem a durabilidade consistem numa sequência de alterações químicas, mecânicas ou físicas que geram mudanças prejudiciais em uma ou mais propriedades. A durabilidade não se configura como um atributo do material, já que uma mesma argamassa de revestimento, em condições de exposição distintas e aplicada em edificações com características diferentes, apresentará durabilidades também distintas (CINCOTTO; SILVA; CARASEK, 1995).

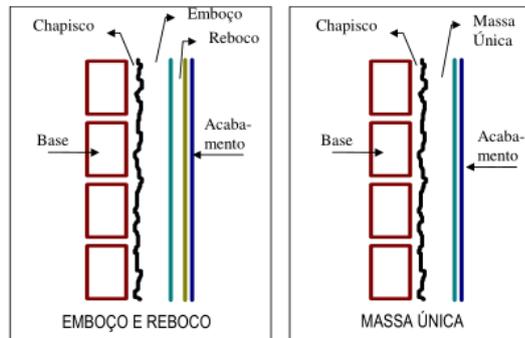
2.7 CLASSIFICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS

Conforme Baía e Sabbatini (2002), os revestimentos podem ser classificados quanto ao número de camadas. De acordo com esse critério, o revestimento pode ser: de uma única camada, denominado massa única; e de duas camadas, denominado emboço e reboco.

Segundo Nascimento (2008), os revestimentos constituídos por duas camadas, emboço e reboco, cada uma delas cumpre funções específicas, sendo o emboço uma camada de regularização da base e o reboco uma camada de acabamento. Já nos revestimentos constituídos por uma única camada, esta cumpre ambas as funções de regularização e acabamento. Cada uma das camadas é constituída por argamassas com propriedades específicas para o cumprimento de suas funções.

A Figura 04 ilustra os tipos de revestimento da vedação vertical, que podem ser aplicados sobre o chapisco, camada de preparo da base que tem a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.

Por fim, pode ser aplicada, ainda, uma camada de acabamento decorativo (BAÍA; SABBATINI, 2002).



**Figura 4 - Camadas do revestimento de argamassa da vedação vertical:
emboço reboco; massa única.**

Fonte: Baía e Sabbatini, 2002.

Segundo a NBR 13530 (1995), os revestimentos são considerados como sistemas constituídos de uma ou mais camadas de argamassa, podendo cada uma delas ter uma função característica; são aplicadas sobre paredes ou tetos, objetivando uma aparência desejada. Em casos específicos, atendem às exigências de conforto térmico e de proteção contra radiação e umidade. Esta norma classifica os revestimentos de argamassa de acordo com os seguintes critérios:

- a) quanto ao número de camadas de aplicação:
 - revestimento de camada única;
 - revestimento de duas camadas;
- b) quanto ao ambiente de exposição:
 - revestimentos de paredes internas;
 - revestimentos de paredes externas;
 - revestimento com contato com o solo;
- c) quanto ao comportamento à umidade:
 - revestimento comum;
 - revestimento de permeabilidade reduzida;
 - revestimento hidrófugo;
- d) quanto ao comportamento à radiação:
 - revestimento de proteção radiológica;
- e) quanto ao comportamento ao calor:

- revestimento termoisolante;
- f) quanto ao acabamento de superfície:
- camurçado;
 - chapiscado;
 - desempenado;
 - sarrafeado;
 - imitação travertino;
 - lavado;
 - raspado.

2.7.1 Chapisco

Segundo a NBR 13529 (1995) chapisco é a camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.

Segundo a NBR 7200 (1998), deve-se fazer a aplicação previa de argamassa de chapisco quando a superfície a revestir for parcialmente ou totalmente não absorvente (de pouca aderência) ou quando a base não apresentar rugosidade superficial.

Carasek (2007) define chapisco como a camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.

Segundo Yazigi (2006), o substrato precisa ser abundantemente molhado antes de receber o chapisco, para que não ocorra absorção da água necessária à cura da argamassa do chapisco. Entretanto, o autor observa que o excesso de água (saturamento), pode ser prejudicial, uma vez que os poros saturados irão inibir o microagulhamento da pasta de aglomerante dentro dos mesmos (mecanismo que configura a aderência sobre substratos porosos). Neste caso, o chapisco precisa ser feito com argamassa fluida de cimento e areia no traço 1:3 em volume, à qual é adicionado aditivo adesivo (aplicado sobre a alvenaria e estrutura).

Bauer et. al. (2005), menciona a necessidade de cura do chapisco em climas quente e secos. A cura por aspersão de água deve se iniciar imediatamente assim que não houver lavagem do chapisco pela água de cura. Resultados muito bons são relatados pelo emprego de névoa sobre o chapisco. A duração da cura (ou seja,

manter o chapisco molhado) deve ser no mínimo de 24 horas, recomendando-se estendê-la para 48 horas em condições de clima quente e seco. Falhas de cura geralmente são: pulverulência, fissuração intensa e desagregação. Segundo Yazigi (2006), a espessura máxima do chapisco deverá ser de 5 mm.

2.7.2 Emboço

Carasek (2007) define emboço como a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a base, propiciando uma superfície que permita receber outra camada de reboco ou de revestimento decorativo.

Segundo a NBR 13529 (1995) emboço é a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final. O emboço é uma argamassa de aglomerantes e agregados, com água e possíveis adições.

Segundo Yazigi (2006), o emboço somente poderá ser aplicado após a pega completa do chapisco. A NBR 7200 (1998) explicita que este chapisco deverá apresentar idade mínima de três dias antes da aplicação do emboço, sendo que para climas quentes e secos, com temperaturas acima de 30 °C, este prazo pode ser reduzido para dois dias.

Silva (2006), o emboço, também conhecido por massa grossa, é uma camada cuja principal função é a regularização da superfície de alvenaria, devendo apresentar espessura média entre 15 mm e 25 mm. É aplicado diretamente sobre a base previamente preparada (com ou sem chapisco) e se destina a receber as camadas posteriores do revestimento (reboco, cerâmica, ou outro revestimento final). Para tanto, deve apresentar porosidade e textura superficiais compatíveis com a capacidade de aderência do acabamento final previsto. Ambas são características determinadas pela granulometria dos materiais e pela técnica de execução.

2.7.3 Reboco

A NBR 13529 (1995) conceitua reboco como a camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber

o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final. O reboco é uma argamassa de aglomerantes e agregados, com água e possíveis adições.

O reboco só poderá ser aplicado 24 h após a pega completa do emboço. Nos locais expostos à ação direta e intensa do sol ou do vento, o reboco terá de ser protegido de forma a impedir que a sua secagem se processe demasiadamente rápida. O reboco precisa apresentar aspecto uniforme, com superfície plana, não sendo tolerado empeno algum (YAZIGI, 2009).

A NBR 7200 (1998) prescreve que para cada aplicação de nova camada de argamassa exige, de acordo com a finalidade e com as condições do clima, a umidificação da camada anterior. A argamassa de revestimento não deve ser aplicada em ambientes com temperatura inferior a 5 °C. Em temperatura superior a 30 °C, devem ser tomados cuidados especiais para a cura do revestimento, mantendo-o úmido pelo menos nas 24 horas iniciais através da aspersão constante de água. Este procedimento deve ser adotado em situações de baixa umidade relativa do ar, ventos fortes e insolação forte e direta sobre os planos revestidos.

A NBR 13749 (1996) estabelece as seguintes espessuras para revestimento interno e externo de paredes e tetos conforme a Tabela 06:

Tabela 6 - Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos.

Revestimento	Espessura (mm)
Interno	$5 \leq e \leq 20$
Externo	$20 \leq e \leq 30$
Teto (interno e externo)	$e \leq 20$

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 1996).

2.7.4 Massa Única

A massa única, ou emboço paulista, é o revestimento com acabamento em pintura executado em uma única camada. Neste caso, a argamassa utilizada e a técnica de execução deverão resultar em um revestimento capaz de cumprir as funções tanto do emboço quanto do reboco, ou seja, regularização da base e acabamento (SILVA, 2006).

3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para a realização do trabalho fez-se necessário a realização de estudo experimentais feitos no canteiro de obras e laboratório de materiais da UTFPR Campus Pato Branco-PR, bloco J, os passos e ensaios estão apresentados na Figura 05, abaixo, de forma resumida e explicados mais detalhadamente no decorrer deste trabalho.

Este capítulo descreve a escolha e caracterização dos materiais, aos traços dosagem adotados, assim como se especifica os métodos de ensaios para as argamassas, as normas técnicas e os procedimentos envolvidos.

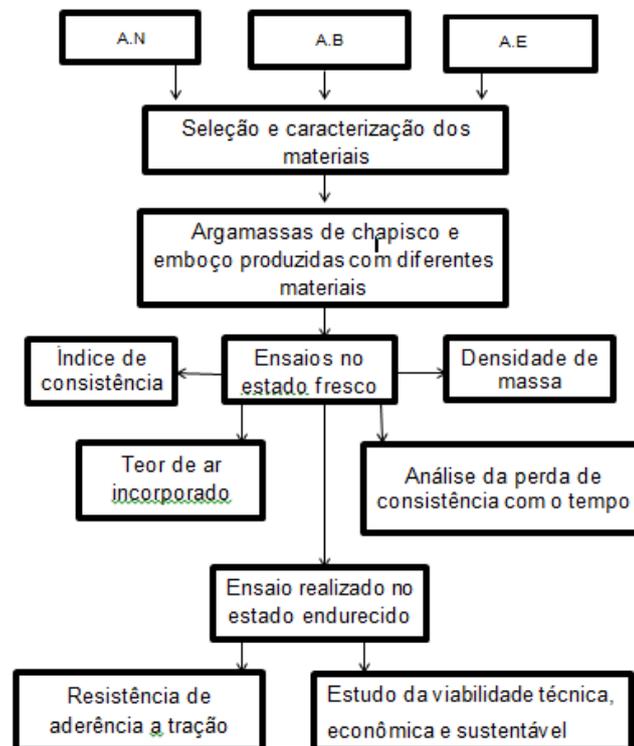


Figura 5 - Fluxograma

3.1 ESCOLHA E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

3.1.1 Cimento

Para a produção da argamassa e do chapisco foi utilizado o cimento Portland composto (CP-II Z 32), fabricado pela Votorantim. Optou-se pela utilização do referido cimento devido a sua grande utilização em obras da região. A Tabela 6 a seguir mostra as características desse cimento. As características químicas, físicas e mecânicas do

cimento constam na Tabela 7. Estes dados foram fornecidos pelos fabricantes, com exceção da massa específica que foi determinada.

Tabela 7 - Características química, físicas e mecânicas do cimento do cimento CP II Z 32.

Características	Determinações		Resultados
Química	Composição do potencial Clínquer	C3S	68,33%
		C2S	5,02 %
		C3A	9,0%
		C4AF	9,07%
	Resíduo insolúvel		12,91%
	Perda ao fogo (MgO)		3,82%
	Oxido de magnésio (SO3)		3,25%
Física	Trióxido de enxofre (CO2)		3,42%
	Finura	Resíduo na peneira 75 µm	2,3%
	Área específica		560,5 m ² /kg
	Massa específica		2,91 kg/ dm ³
	Início de pega		2:35 h
Mecânicas	Fim de pega		4:15 h
	Resistência à compressão	3 dias	18,9 Mpa
		7 dias	32,9 Mpa
		28 dias	38,0 Mpa

Fonte: Votorantim.

3.1.2 Cal

Para assentamento da alvenaria a cal utilizada foi CH III hidratada fabricada pelo Ouro Branco, esta foi adicionada para melhorar a plasticidade e durabilidade da argamassa. As características da cal constam na Tabela 08 e foram fornecidas pelo fabricante.

Tabela 8 - Características da cal CH III.

Tipo de Produto:	Cal
Nome Químico:	Hidróxido de cálcio.
Sinônimo:	Cal hidratada; Cal Química; Cal Extinta; Cal Apagada.
Concentração %	90,00
Estado físico:	Sólido.
Forma:	Pó.
Cor:	Branca.
Odor:	Inodoro.
pH:	12,5 (concentração de 10g de cal em 90g de água).
Ponto de fulgor:	Produto não inflamável. Não aplicável.
Limites de explosividade:	Produto não inflamável. Não aplicável.
Densidade:	0,5 g/ml.
Solubilidade:	Solúvel em água (0,11g/100g de água) e glicerol. Insolúvel em álcool.

Fonte: Ouro Branco.

3.1.3 Incorporador de Ar

Foi utilizado o aditivo incorporador de ar MATXCHEM AE 10, é um aditivo incorporador de ar, líquido, composto por matérias primas de origem natural, que promovem altas taxas de incorporação de ar sem alterar as características originais do tempo de pega da argamassa. MATXCHEM IAR atua incorporando microbolhas de ar que se distribuem homogeneamente na argamassa reduzindo a exsudação da água de amassamento e aumentando a trabalhabilidade, obtendo assim argamassas mais coesas, o que facilita sua aplicação. Pode ser utilizada para a fabricação de argamassa destinada á: assentamento em geral, emboço, chapisco, revestimentos internos e externos. Este aditivo é compatível com todos os tipos de cimento Portland, conferindo a argamassa propriedades como:

- Maior trabalhabilidade, mesmo com falta de materiais finos;
- Maior coesão;
- Melhor acabamento;
- Maior aderência da argamassa em diversos substratos;
- Aumento da resistência à agentes agressivos;
- Aumento da resistência a ciclos de gelo-degelo;
- Redução da fissuração
- Aumento da durabilidade.

Tabela 9 - Características Técnicas do aditivo incorporador de ar.

Aspecto	Líquido
Cor	Marrom avermelhada
pH (25°C)	10,00 a 12,00
Massa específica (25°C)	1,010 a 1,050 kg/L
Viscosidade a (25°C)	< 20 Cp
Teor de cloretos	Não contém cloretos

Fonte: MATXCHEM, 2014.

Segundo ABESC (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil) podem ser citadas algumas desvantagens:

- A alta porcentagem de ar incorporado causa diminuição sensível da resistência mecânica;
- A adição de ar incorporado requer cuidados no controle da porcentagem de ar incorporado e do tempo de mistura;
- O aumento da trabalhabilidade pode se tornar inaceitável.

3.1.4 Agregado Miúdo

Como agregado foi empregado areia natural (AN) e areia de britagem (AB), para que a utilização de AB seja viável tanto no aspecto técnico como no aspecto de acabamento, é necessário que se faça a separação do material utilizando peneiras. Sendo que para a argamassa do chapisco executado com a areia de britagem foi utilizado o material passante na peneira 4.8mm e retido na peneira 2.4 mm, e para a argamassa de emboço foi utilizado o material passante na peneira 2.4 mm, os materiais retidos na peneira 4.8mm e acima foram descartados. Figura 6 (a) material descartado, (b) material para chapisco e (c) material para emboço.



Figura 6 - (a) Descartado (b) Chapisco (c) emboço.

A granulometria das areias foi determinada conforme a NBR NM 248 – 2005, as Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14 fornecem os resultados da análise granulométrica e caracterização da areia natural e areia britada usada nas argamassas de chapisco e emboço.

Tabela 10 - Análise granulométrica para caracterização da areia Natural usada no chapisco e emboço – (NM 248-2003).

(continua)

Composição Granulométrica - Areia Natural							
Peneiras ABNT (#mm)	Amostra 1		Amostra 2		Médias % Retidas	% Retida Acumulada	Métodos de ensaios (NBR)
	Massa Retida (g)	% Retida	Massa Retida (g)	% Retida			
9.5	0	0	0	0	0	0	NM2482003
4,8	0	0	0	0	0	0	
2,4	1	0,33	0.8	0,26	0,295	0,295	
1,2	0,5	0,18	0.5	0,16	0,16	0,455	
0,6	10	3,34	9,5	3,17	3,255	3,71	
0,3	140.5	46,84	138,6	46,2	46,52	50,23	
0,15	132.5	44,16	133	44,34	44,25	94,48	
Fundo	15,5	5,17	17,6	5,87	5,52	100	
Total (g)	300	100	300	100	100	149,17	

Tabela 10 - Análise granulométrica para caracterização da areia Natural usada no chapisco e emboço – (NM 248-2003).

(conclusão)

Modulo de Finura	1,49	7217/2003
Diâmetro máximo característico (mm)	2,40	7217/2003
Massa específica absoluta (g/cm ³)	2,64	7223:2001
Massa específica unitária	1,64	7251/1982
Massa específica aparente (g/cm ³)	2,99	
Teor de material pulverulento %	1,49	(ABNT NM 49:2001)
Gradação	Areia fina	7211/2005

Tabela 11 - Análise granulométrica para caracterização da areia Natural usada no chapisco – (NM 248-2003).

Composição Granulométrica - Areia Natural

Peneiras ABNT (#mm)	Amostra 1		Amostra 2		Médias % Retidas	% Retida Acumulada	Métodos de ensaios (NBR)
	Massa Retida (g)	% Retida	Massa Retida (g)	% Retida			
6,3	7,51	1,502	13,26	2,652	2,077	2,077	NM2482003
4,8	7,93	1,586	8,56	1,712	1,649	3,726	
2,4	19,00	3,8	22,24	4,448	4,124	7,85	
1,2	29,08	5,816	31,82	6,364	6,09	13,94	
0,6	61,08	12,216	63,40	12,68	12,448	26,388	
0,3	209,54	41,908	167,97	33,594	37,751	64,139	
0,15	126,25	25,25	149,45	29,89	27,57	91,709	
Fundo	39,61	7,922	43,30	8,66	8,291	100	
Total (g)	500	100	500		100	492,065	
Modulo de Finura					2,098		
Diâmetro máximo característico (mm)					6,3		7217/2003
Massa específica aparente (g/cm)					3,0		(ABNT NM 52:2001)
Massa específica absoluta (g/cm ³)					2,6		7223:2001
Massa unitária					1,47		7251/1982
Teor de material pulverulento %					4,5		(ABNT NM 49:2001)
Gradação					Areia média		7211/2005

Tabela 12 - Análise granulométrica para caracterização da areia britada usada no chapisco – (NM 248-2003).

(continua)

Composição Granulométrica - Areia de britagem

Peneiras ABNT (#mm)	Amostra 1		Amostra 2		Médias % Retidas	% Retida Acumulada	Métodos de ensaios (NBR)
	Massa Retida (g)	% Retida	Massa Retida (g)	% Retida			
4,8	0,2	0,066	0,4	0,133	0,0995	0,0995	NM2482003
2,4	43	14,33	44,5	14,83	4,58	14,6795	
1,2	79,8	26,6	80,5	26,83	6,715	41,3945	
0,6	55,5	18,5	54,8	18,26	8,38	59,7745	
0,3	41,5	13,84	40,5	13,5	13,67	73,4445	
0,15	29,5	9,84	27,5	9,2	9,52	82,9645	
Fundo	50,5	16,83	51,8	17,26	17,045	100,0095	
Total (g)	300	100,006	300	100,013	-	272,357	

Tabela 12 - Análise granulométrica para caracterização da areia britada usada no chapisco – (NM 248-2003).

		(conclusão)
Modulo de Finura	2,72	7217/2003
Diâmetro máximo característico (mm)	4,80	7217/2003
Massa específica aparente (g/cm)	1,8	(ABNT NM 52:2001)
Massa específica absoluta (g/cm ³)	2,99	7223:2001
Massa unitária	1,99	7251/1982
Teor de material pulverulento %	7,916	(ABNT NM 49:2001)
Graduação	Areia média	7211/2005

Tabela 13 - Análise granulométrica para caracterização da areia Natural usada no chapisco – (NM 248-2003).

Composição Granulométrica - Areia de Chapisco							
Peneiras ABNT (#mm)	Amostra 1		Amostra 2		Médias % Retidas	% Retida Acumulada	Métodos de ensaios (NBR)
	Massa Retida (g)	% Retida	Massa Retida (g)	% Retida			
4,8	-	-	-	-	-	-	NM 248-2003)
2,4	1	0,33	0,5	0,16	0,245	0,245	
1,2	271	90,3	279,5	93,16	91,73	91,975	
0,6	25,5	8,5	20	6,68	7,59	99,565	
0,3	2,5	0,87	0	0	0,435	100	
0,15	0	0	0	0	0	100	
Fundo	0	0	0	0	0	100	
Total (g)	300	100	300	100	-	391,785	
Modulo de Finura					3,917		7211/2003
Diâmetro máximo característico (mm)					2,4		7211/2003
Graduação					Areia grossa		7211/2005

Tabela 14 - Análise granulométrica para caracterização da areia britada utilizada no emboço – (NM 248-2003).

Composição Granulométrica - Areia de Emboço							
Peneiras ABNT (#mm)	Amostra 1		Amostra 2		Médias % Retidas	% Retida Acumulada	Métodos de ensaios (NBR)
	Massa Retida (g)	% Retida	Massa Retida (g)	% Retida			
4,8	-	-	-	-	-	-	NM 248-2003)
2,4	-	-	-	-	-	-	
1,2	95	31,6	113	37,66	4,63	34,63	
0,6	98,5	32,83	89	29,66	1,245	65,875	
0,3	60	20	55,5	18,5	19,25	85,125	
0,15	46,5	15,57	42,5	14,18	14,875	100	
Fundo	0	0	0	0	0	100	
Total (g)	300	100	300	100		285,63	
Modulo Finura					2,8563		7211/2003
Diâmetro Máximo Característico (mm)					1,2		7211/2003
Graduação (zona)					Areia média		7211/2003

A Figura 7 ilustra a distribuição granulométrica das areias empregadas, bem como os limites ótimos e utilizáveis, conforme prescrito na ABNT NBR NM 248 (2003). Pode-se observar que nenhuma das areias se enquadra adequadamente nos limites prescritos.

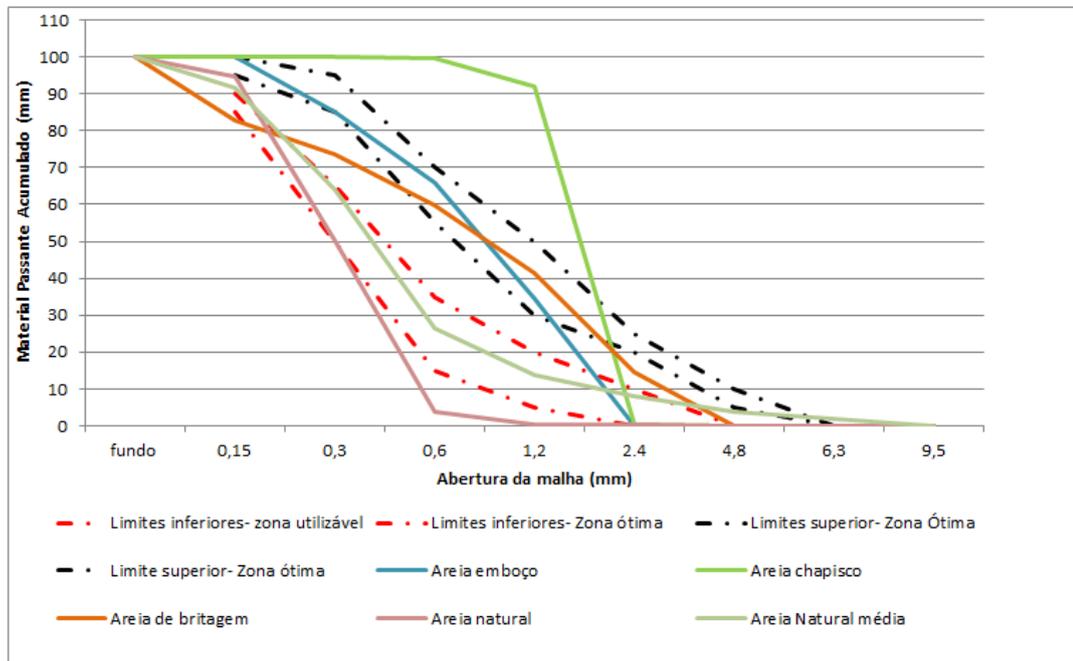


Figura 7 - Curva granulométrica das areias utilizada na pesquisa.

3.1.5 Argamassa Estabilizada

Foi utilizada argamassa estabilizada, dosada para 36 horas. Segundo a empresa que forneceu a argamassa, as mesmas foram compostas de cimento, areia, água e aditivos onde a quantidade foi nos fornecida em quilos de materiais sendo necessária a converção para traco. As proporções estão apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Traços das argamassas ensaiadas.

Componente	Proporções (traços)
Cimento Portland	1
Areia Natural	5,76
Incorporador de ar	0,3%
Estabilizador	0,8%
Água	1,0131

3.2 Definição dos Traços em Volume de Materiais

3.2.1 Chapisco

Para este projeto na execução do chapisco foram adotadas diferentes relações (cimento: areia) a partir de um traço fixo de A.N usualmente utilizado em

chapisco foi estabelecido substituir a A.N 1: 3 por A.B 1:3, 1:3,5, 1:4 1:4,5. Esse processo teve como intuito comparar quais as alterações na aderência ocorrem entre a A.N e A.B.

A Tabela16 mostra as nomenclaturas adotadas e os respectivos traços em massa.

Tabela 16 - Nomenclaturas e respectivos traços para argamassa de chapisco.

Argamassa	Proporções dos materiais em massa				
	(cimento :Areia: água)			Argamassa estabilizada	Argamassa estabilizada
	Areia natural fina	Areia natural média	Areia britada		
T ₁	1:3:0,88	-	-	-	-
T ₂	-	1:3:0,84		-	-
T ₃	-	-	1:3:0,75	-	-
T ₄	-	-	1:3,5:0,8	-	-
T ₅	-	-	1:4,0:0,8	-	-
T ₆	-	-	1:4,5:0,8	-	-
T ₇	-	-	-	1:5,76:1,35	
T ₈	-	-	-	-	1:3,33:1,008

3.2.2 Emboço

Para a argamassa de emboço adotou-se uma relação (cimento: areia: incorporador de ar) para a areia natural e areia de britagem e para a argamassa estabilizada (cimento: areia: incorporador de ar: estabilizador: água), conforme Tabela 17.

Tabela 17 - Nomenclaturas e composições das argamassas para o emboço.

Argamassa	Proporções em materiais secos, em volume.		
	Areia natural fina	Areia de britagem	Argamassa estabilizada
T ₉	1: 5:0,95	1:5:0,95	-
T ₁₀	-	-	1:5,76: 1,0131

3.3 CONFECÇÃO DA PAREDE DE ALVENARIA

Para viabilizar o estudo foi necessária a construção de uma parede, Figura 08, de alvenaria sendo esta executada no canteiro de obras da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Pato Branco-PR Bloco J, a parede foi feita sobre o piso com dimensões de 3x2m, blocos cerâmicos de 6 furos assentados com

a argamassa no traço 1:1:5:1,64 e junta de assentamento de aproximadamente um centímetro. A caracterização dos blocos cerâmicos está apresentada na Tabela 18 e a , Figura 8 mostra a parede finalizada sem chapisco.

Tabela 18 - Caracterização dos tijolos cerâmicos utilizados na construção da parede.

Característica determinada	Dados	Tolerância
Absorção total de água %	≤18	8 a 22
Resistência à compressão (Mpa)	≥1,5	≥1,5
Dimensões	Largura (mm)=115,0	+ 5(mm)
	Altura (mm)= 190,0	+ 5(mm)
	Comprimento (mm)=240	+ 5(mm)
Peso queimado em (g)	3.600	= 360g

Fonte: Cerâmicas princesas, 2013.



Figura 8 - Paredes de alvenaria de 3x 2 m.

Após a conclusão da parede a mesma foi dividida nas duas faces em quatro painéis de 1,5x1m para que fossem aplicados os diferentes chapiscos. Após quinze dias da realização do chapisco, a parede foi novamente dividida, mas desta vez em 8 painéis de 0,5x1m para a aplicação do emboço, Figura 09(a) disposição do chapisco, (b) disposição do emboço, (a/b) combinação do chapisco com o emboço e Figura 10(a) disposição do chapisco, (b) disposição do emboço, (a/b) combinação do chapisco com o emboço.

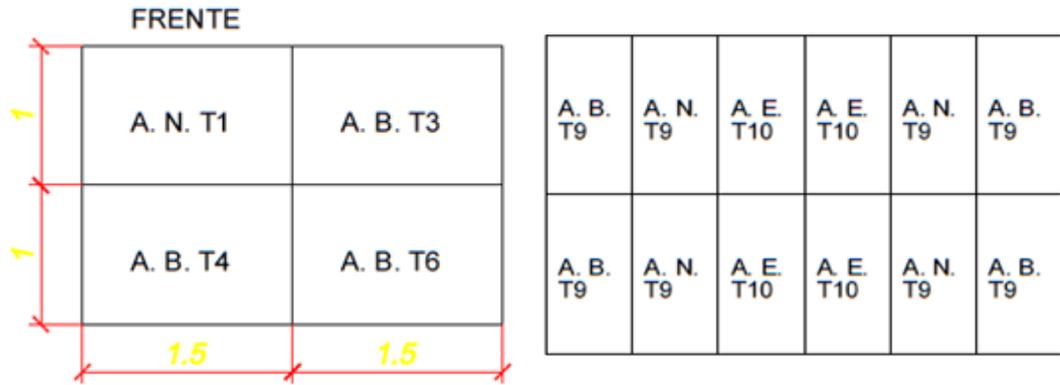


Figura 9 - (a) Disposição do chapisco, (b) Disposição do emboço.

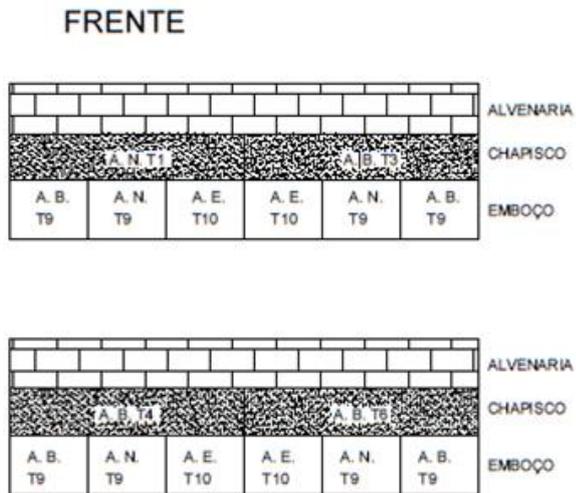


Figura 9 - (a/b) Combinação do chapisco com o emboço.

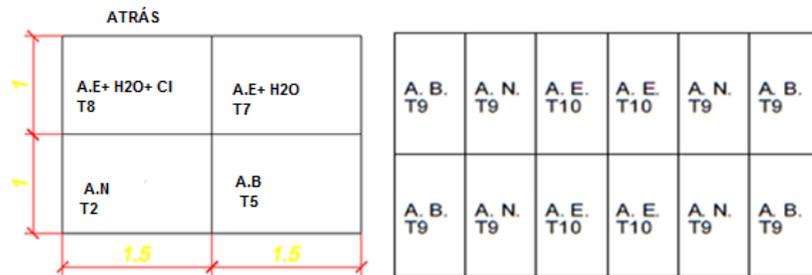


Figura 10 - (a) Disposição do chapisco, (a) Disposição do emboço.

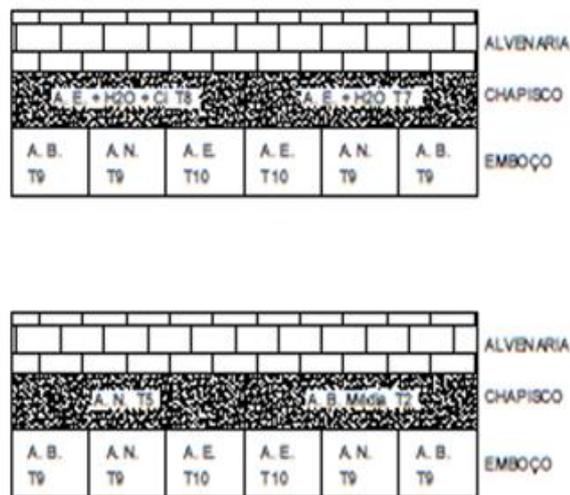


Figura 10 - (a/b) Combinação do chapisco com o emboço.

3.4 PREPARO DAS ARGAMASSAS PARA O CHAPISCO E EMBOÇO

As argamassas para o chapisco foram preparadas fazendo a mistura do cimento, areia e água em betoneira de eixo inclinado com capacidade de 320 litros, Figura 11, utilizando a seguinte sequência: areia e cimento onde se fez uma mistura a seco, depois acrescentada a água deixando a massa misturar por aproximadamente 5 minutos.



Figura 11 - Betoneira de eixo inclinado com capacidade de 320 litros.

Foram chapiscado os painéis com areia natural fina T₁, areia natural média T₂, com areia de britagem T₃, T₄, T₅ e T₆, com argamassa estabilizada com adição de água T₇ e argamassa estabilizada com adição de água e cimento T₈. Como mostra a Figura 12 e 13.



Figura 12 - Chapisco T₁, T₃, T₄, T₆.

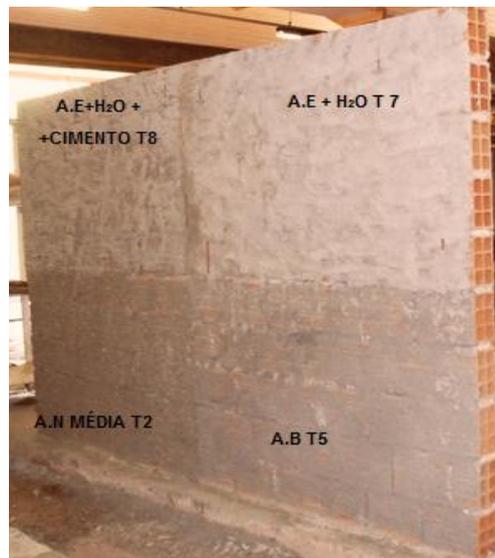


Figura 13 - Chapisco T₈, T₇, T₅, T₂.

A argamassa para o emboço foi feita da mesma forma descrita acima para o chapisco porém no emboço adicionou-se 0,5% de incorporador de ar e usados os seguintes traços: Areia natural fina T₉; Areia de britagem T₉; Argamassa estabilizada T₁₀. Figuras 14 e 15.



Figura 14 - Disposição emboço



Figura 15 - Disposição emboço

A Tabela 19 mostra a disposição entre as combinações de chapisco e emboço.

Tabela 19 - Disposição de como ficou as combinações de chapisco e emboço.

Material/Traço chapisco	Material/Traço emboço	Material/Traço emboço	Material/Traço emboço
A.N fina 1:3	A.B 1:5	A.N1:5	A.E 1:5,76
A.B 1:3	A.B 1:5	A.N1:5	A.E 1: 5,76
A.B 1: 3,5	A.B 1:5	A.N1:5	A.E 1: 5,76
A.B 1:4	A.B 1:5	A.N1:5	A.E 1: 5,76
A.B 1: 4,5	A.B 1:5	A.N1:5	A.E 1: 5,76
A.N média 1:3	A.B 1:5	A.N1:5	A.E 1: 5,76
A.E +H2O	A.B 1:5	A.N1:5	A.E 1: 5,76
A.E+H2O +CIMENTO	A.B 1:5	A.N1:5	A.E1: 5,76

3.5 ENSAIOS REALIZADOS

3.5.1 Índice de Consistência

A aparelhagem necessária à execução do ensaio de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2005) é a seguinte:

- Balança com resolução de 0,1 g;
- Mesa para índice de consistência, conforme a NBR 7215;
- Molde tronco cônico, conforme a NBR 7215;
- Soquete metálico, conforme a NBR 7215;
- Misturador mecânico, conforme a NBR 7215;
- Paquímetro para medições até 300 mm, com resolução de pelo menos 1mm.

Este ensaio consiste em preencher com argamassa um molde metálico tronco-cônico, previamente umedecido, e posicioná-lo no centro da mesa de consistência também previamente umedecida. O preenchimento do molde se faz em três camadas de alturas aproximadamente iguais e em cada camada são aplicados golpes uniformes com o auxílio de um soquete metálico sendo 15 golpes para a primeira camada 10 golpes para a segunda e 5 golpes para a terceira, após este processo a superfície superior do molde é então rasada com movimentos de vai-e-vem de uma régua metálica e a manivela da mesa de consistência é acionada aplicando à argamassa 30 quedas em um período de 30 segundos. Logo após são realizadas as medições do diâmetro da argamassa ensaiada. O índice de consistência será a média das medidas efetuadas.

3.5.2 Densidade de massa e teor de ar incorporado

A aparelhagem necessária à execução do ensaio de acordo com a NBR 13278 (ABNT, 2005) é a seguinte:

- Balança com resolução de 0,1g;
- Recipiente cilíndrico (molde), calibrado, com capacidade aproximada de 400mL;
- Espátula com lâmina com 152 mm de comprimento e 13 mm de largura, com bordas retas e cabo de madeira;
- Régua com comprimento mínimo de 102 mm e com espessura entre 1,6 mm e 3,2 mm;

- Soquete de material não absorvente, conforme a NBR 7215;
- Utensílio que permita a colocação de argamassa no recipiente, como colher com comprimento mínimo de 230 mm ou concha com comprimento mínimo de 100 mm.

Este ensaio se resume na pesagem da argamassa no estado fresco introduzida em um recipiente cilíndrico, seguindo o procedimento padrão descrito pela norma brasileira NBR 13278 (ABNT, 2005). Primeiramente preparou-se a argamassa a ser utilizada, e em seguida a mesma foi introduzida suavemente, com uma colher, no recipiente cilíndrico calibrado, formando três camadas de alturas aproximadamente iguais. Em cada camada, foram aplicados 20 golpes uniformemente distribuídos ao longo do perímetro da argamassa. Segundo especificações da NBR 13278 (2005), na primeira camada, o soquete não deve bater fortemente contra o fundo do recipiente, e nas demais camadas, a força deve ser aplicada somente para penetrar na superfície da camada imediatamente inferior. Após o golpeamento da última camada foram aplicados ao redor da parede externa do recipiente cinco golpes com o soquete, a intervalos regularmente distribuídos após o processo descrito acima não devem ficar vazios entre a argamassa e a parede do recipiente sendo conferido o item anterior o recipiente deve ser rasado com auxílio de uma régua. A operação deve ser realizada em no máximo 90 s, contados a partir do enchimento do recipiente. Após a eliminação de qualquer partícula ou água aderida à parede externa do recipiente, pesar e registrar a massa do molde com a argamassa (M_c).

Para o cálculo da densidade de massa da argamassa (A), no estado fresco, utilizou-se da Equação 1.

$$A = \frac{M_c - M_v}{V_r}$$

(Eq. 01)

onde:

- A = densidade de massa no estado fresco em g/cm^3 , arredondada ao 0,01 g/cm^3 mais próximo;
- M_c = massa do recipiente cilíndrico, contendo a argamassa de ensaio, em g;
- M_v = massa do recipiente cilíndrico vazio, em g;
- V_r = volume do recipiente cilíndrico, em cm^3 ;

Para o cálculo do teor de ar incorporado na argamassa (AI) utilizou-se da Equação 02.

$$AI = 100\left(1 - \frac{A}{B}\right)$$

(Eq. 02)

Onde:

- AI = teor de ar incorporado na argamassa, expresso em porcentagem, arredondado ao número inteiro mais próximo;
- A = densidade de massa obtida pela Equação 01;
- B = densidade de massa teórica da argamassa, sem vazios.

3.5.3 Resistência de aderência a Tração

A aparelhagem necessária à execução do ensaio, de acordo com a NBR 13528 (ABNT, 2010) é a seguinte:

- Dinamômetro de tração que permita a aplicação contínua de carga dotado de dispositivo para leitura de carga com erro máximo de 2%.
- Pastilha metálica de seção circular, com diâmetro de 50 mm, e quadrada com área de 100 mm com um dispositivo no centro para acoplar o equipamento de tração;
- Dispositivo de corte de revestimento de altura superior à espessura do sistema de revestimento ensaiado (Serra de copo para as pastilhas metálicas; Circulares);
- Furadeira elétrica;
- Paquímetro com resolução de 0,1 mm;
- Cola a base de resina epóxi, poliéster ou similar;
- Materiais para sustentação das pastilhas para evitar o deslocamento da pastilha durante o período de secagem da cola;
- Pastilha metálica de seção quadrada, com 100 mm de lado, com um dispositivo no centro para acoplar o equipamento de tração;
- Dispositivo de corte de revestimento de altura superior à espessura do sistema de revestimento ensaiado (disco de corte para corpos-de-prova de seção quadrada);

Para o restante do ensaio utilizou-se as especificações da NBR 13528 (2010) tanto para o corpo de prova circular como quadrado.

A NBR 13528 (2010) indica ensaiar pelo menos 12 corpos-de-prova para cada situação, espaçados entre si cerca de 50 mm, e com o mesmo espaçamento dos cantos, quinas e bordos. O ensaio deve ser realizado no revestimento com idade de 28 dias, no caso de argamassas mistas ou de cimento e areia, e de 56 dias para argamassas de cal e areia, contados após a aplicação da argamassa sobre o substrato. A norma permite a realização do ensaio em outra idade, caso seja do interesse do construtor, mas, nesses casos, a idade deverá ser registrada em relatório.

Para as argamassas testadas respeitou-se a cura de 28 dias e realizaram-se os ensaios de resistência de aderência à tração (Ra), conforme prescreve a NBR 13528 (2010).

Para os corpos de prova, cortou-se a superfície do revestimento a ser testado, com auxílio de uma serra-copo acoplada a uma furadeira para as peças circulares, e com disco de corte para as peças quadradas.

O corte pode ser executado a seco ou com água, conforme as características da argamassa. Quando o corte é feito a úmido, fazê-lo com antecedência suficiente para que o revestimento esteja seco no momento da colagem da pastilha o teste não deve ser executado em revestimento úmido, pois poderá ter influência nos valores. O corte deve ser feito no mínimo até a superfície do substrato e estendido de 1 mm a 5 mm dentro do substrato, no caso da avaliação da aderência entre duas ou mais camadas de revestimento, aprofundar o corte no máximo a 5mm além da camada de interesse, o corte não deve comprometer a integridade do revestimento.

Antes da colagem, os revestimentos e as pastilhas foram limpas e livres de poeiras, óleos, graxas, natas de cimento e ferrugens. Para a colagem das pastilhas foi necessário colocar uma tira de papelão ao redor do furo para impedir o deslizamento da pastilha. A cola foi aplicada na pastilha com auxílio de uma espátula e o excesso foi removido, a espessura da camada de cola não deve ser superior a 5 mm.

A ancoragem das pastilhas foi efetuada com auxílio de cola a base de epóxi sua cura inicial se dá com 24 horas após a aplicação, após esse período a resistência à compressão do adesivo é de aproximadamente 25 Mpa. A cura final da pasta se dá com 7 dias, com resistência à compressão correspondente a 60 Mpa. Foi verificada

também a temperatura do dia em que foi realizada a colagem, não sendo esta inferior a 10°C e maior que 35°C, para a promoção de aderência.

Após a cura inicial da cola realizou-se o teste de arrancamento acoplando-se o equipamento de tração à pastilha conforme indicado na Figura 16.



Figura 16 - Equipamento de arrancamento à tração.

De acordo com a NBR 13528 (ABNT, 2010), registra-se a carga de ruptura, e analisa-se o rompimento, observando-se as situações das Figuras 17 e 18:

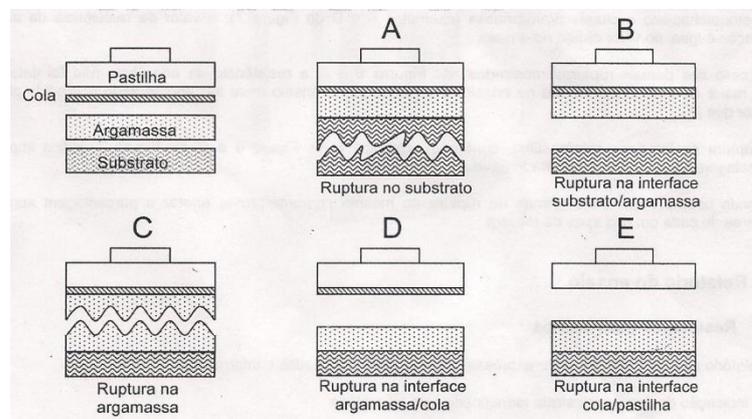


Figura 17 - Forma de ruptura no ensaio de resistência de aderência a tração para um sistema de revestimento sem chapisco.
Fonte: Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010).

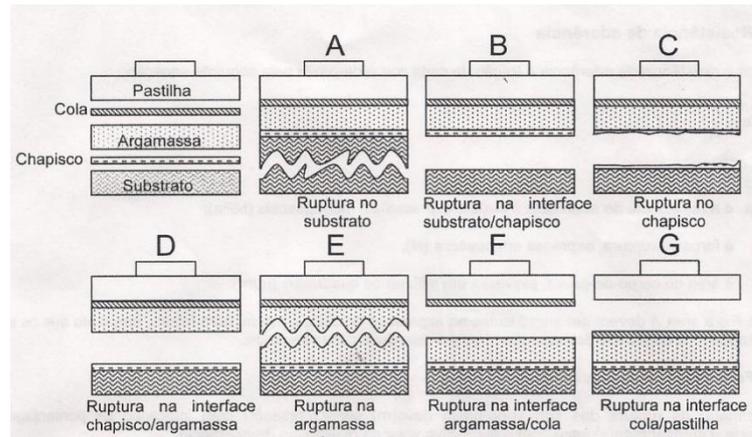


Figura 18 - Forma de ruptura no ensaio de resistência de aderência a tração para um sistema de revestimento com chapisco.
Fonte: Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010).

O registro da resistência de aderência à tração é dado pela relação entre a força necessária para o rompimento do corpo-de-prova com relação à área da pastilha, através da Equação 03, NBR 13528 (ABNT, 2010).

$$RA = \frac{P}{A}$$

(Eq. 03)

Onde:

- Ra: Resistência de aderência à tração, em MPa;
- P: Carga de ruptura, em N;
- A: Área da pastilha, em mm².

3.5.4 Retenção de água

A aparelhagem necessária à execução do ensaio de acordo com a NBR 13277(ABNT, 2005) é a seguinte:

- Funil de Büchner: modificado, conforme ABNT NBR 9290, com bomba de vácuo;
- Discos de papel-filtro: qualitativos, com 200 mm de diâmetro;
- Soquete metálico: conforme ABNT NBR 7215;
- Régua: metálica, bisotada, com comprimento mínimo de 300 mm;
- Balança: com resolução de 0,1 g;

- Cronômetro;
- Utensílios de laboratório;
- Aparelho que consiste numa fonte de aspiração e sub pressão, acoplado com um tubo de vidro e prato com fundo perfurado, conforme indicado na Figura 19.



Figura 19 - Equipamento para determinação do Índice de Retenção de água.

O ensaio foi executado conforme as especificações da NBR 13277 (2005).

Para a execução do ensaio preparou-se a argamassa conforme a NBR 13276 (2005).

O papel filtro foi umedecido e posicionado sobre o fundo do prato, em seguida o prato foi colocado sobre o funil, garantindo-se a estanqueidade entre eles. O conjunto papel-filtro, prato e funil foi ligado à bomba de sucção onde, com a torneira fechada, acionou-se a bomba de vácuo de tal forma que se aplica ao conjunto uma sucção de 51 mm de mercúrio e em seguida a torneira foi aberta durante 90 segundos, para retirar o excesso de água do papel-filtro. Após a sucção por 90 segundos o conjunto úmido foi pesado e registrado sua massa (mv).

Em seguida o prato foi preenchido com a argamassa até pouco acima da borda e aplicado com auxílio de um soquete 16 golpes uniformes junto à borda e 21 golpes aplicados em pontos uniformemente distribuídos na parte central da amostra, assegurando o preenchimento uniforme do prato. O excesso de argamassa do prato foi rasado com uma régua metálica com movimento do centro do prato para a borda, até se obter uma superfície plana.

As bordas do conjunto foram limpas e pesou-se o conjunto com a argamassa registrando-se sua massa (ma) em seguida esse conjunto foi ligado a bomba de vácuo

e abriu-se a torneira para aplicar na amostra a sucção correspondente à coluna de 51 mm de mercúrio durante 15 min. O conjunto então foi removido, pesado e registrado sua massa (m_s).

O valor do índice de retenção de água foi calculado através da equação 04 e 05.

$$Ra = \frac{1[(ma - ms)]}{AF (ma - mv)} * 100 \quad (\text{Eq. 04})$$

$$AF = \frac{mw}{(m + mw)} \quad (\text{Eq. 05})$$

onde:

- ma : é a massa do conjunto com argamassa, em gramas;
- ms : é a massa do conjunto após a sucção, em gramas;
- mv : é a massa do conjunto vazio, em gramas.
- AF : é o fator água/argamassa fresca;
- Mw : é a masa total de água acrescentada à rnistura, em gramas;
- M : é a massa de argamassa industrializada ou a soma das massas dos componentes anidros no caso de argamassa de obra, em gramas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS NO ESTADO FRESCO

4.1.2 Índice de consistência

O índice de consistência foi determinado conforme NBR 13276 (2005), a Figura 20 mostra o aspecto das argamassas produzidas com areia de britagem (a), areia de britagem sem ar incorporado (b), areia natural (c), e argamassa estabilizada.



Figura 20 - (a) Areia de Britagem (b) areia natural e (c) argamassa estabilizada

As argamassas testadas tiveram a quantidade de água a ser adicionada definida em canteiro de obra, portanto a consistência procurada foi estabelecida através de procedimentos empíricos baseada em aspectos de natureza tátil-visual, embasados no conhecimento e experiência do profissional envolvido diretamente no processo de execução do revestimento por esse motivo pode-se haver uma variação.

A tabela 20 apresenta os resultados obtidos para os três tipos de argamassa.

Tabela 20 - Índice de consistência.

Argamassa	Índice de consistência (mm)
(1) Areia Natural T ₉	178
(2) Areia de Britagem T ₉	178,5
(4) Argamassa Estabilizada T ₁₀	165,0

Para os valores obtidos de índice de consistência foi possível conseguir uma argamassa utilizável que atendeu as principais características de trabalhabilidade esperadas para uma argamassa sendo verificados os seguintes aspectos:

- Não apresentou segregação ou exsudação;
- Facilidade de manusear e espalhar sobre a base de aplicação;
- Boa adesão inicial.

Ainda com a finalidade de analisar o comportamento na consistência da argamassa, mas desta vez levando-se em consideração a mudança ocorrida com o

passar das horas foi feito o índice de consistência reológico. A tabela 21 mostra os valores obtidos e as Figuras 21 a, b, c apresentam o aspecto do espalhamento da argamassa de areia de britagem sem incorporador de ar e as figuras 22 a, b e c apresentam o aspecto da areia de britagem com incorporador de ar.

Tabela 21 – Espalhamento argamassa com areia de britagem com o passar das horas.

Horas	Índice de consistência (mm)	
	A.B sem IAR	A.B com IAR
0	175	178
1	160	175
3	115	140
5	Não trabalhável	128



Figura 21 - Espalhamento da areia de britagem com o passar das horas



Figura 22 - Espalhamento da areia de britagem com incorporador de ar com o passar das horas.

Analizando os valores obtidos e as figuras nota-se que:

- Para a argamassa produzida com areia britagem sem incorporador de ar:
 - Em 1 hora já apresentava segregação.

- Em 3 horas a argamassa mostrou-se com aspecto seco e áspero perdendo a propriedade de ser lançada e espalhada contra a base.

- Em 3 horas a consistência e a plasticidade que são as propriedades reológicas básicas, que caracterizam a trabalhabilidade já não eram mais encontradas.

Como a trabalhabilidade é uma das mais importantes propriedades das argamassas no estado fresco, para que possa ser convenientemente utilizada em 3 horas a argamassa tornou-se imprópria para uso.

➤ Para a argamassa produzida com areia britagem com incorporador de ar:

- A argamassa mostrou permanecer úmida por mais tempo sem segregação logo isso leva a crer que as bolhas de ar incorporadas oriundas dos incorporadores de ar, atuam como promotores de plasticidade, agindo também na redução da segregação, sendo possível que essa atuação influencie indiretamente na retenção de água das argamassas.

- Em 1 hora ainda se apresentava homogênea.

- Em 3 horas apresentava pouca segregação.

- Em 5 horas começou a apresentar as mesmas características citadas acima para a AB sem IAR (3 horas), o que indica que essa argamassa passou a ser imprópria para uso.

A figura 23 mostra a diferença de espalhamento com o passar das horas para argamassa com IAR e sem IAR.

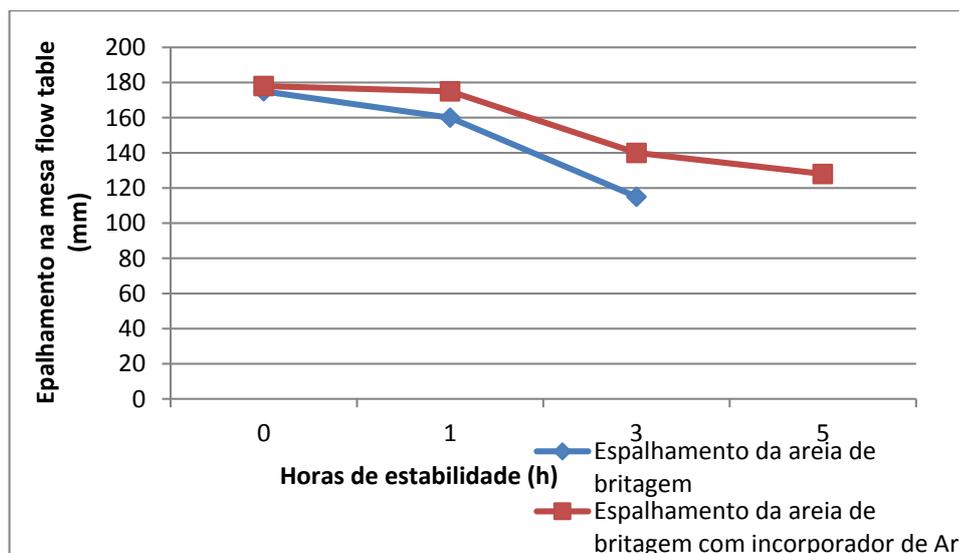


Figura 23 - Espalhamento com o passar das horas para argamassa com IAR e sem IAR.

Fonte: Autoras, 2014.

4.1.3 Teor de ar incorporado das argamassas (argamassa em pasta).

A tabela a seguir mostra os valores obtidos nos testes de massa específica e teor de ar incorporado.

Tabela 22 - Massa específica e teor de ar incorporado das argamassas de areia natural, areia de britagem e argamassa estabilizada.

Argamassa	Massa específica	Teor de ar incorporado (%)
T ₉ Areia natural	1,57	27,98%
T ₉ Areia de britagem	1,57	20,20%
T ₁₀ Argamassa estabilizada	2,198	19,38%
Areia de britagem sem incorporador de ar	2,24	4,40%

Com o teste de teor de ar incorporado e a tabela acima constatou-se que:

- Argamassas produzidas com incorporador de ar possuem maior teor de ar incorporado.

- Argamassas produzidas com areia de britagem sem aditivo incorporador de ar possuem menor teor de ar incorporado.

Isso ocorre porque nas argamassas com incorporador de ar existe o ar aprisionado dos próprios vazios da mistura e ainda o ar do aditivo que como o próprio nome já diz incorpora ar às misturas. Já para misturas sem incorporador de ar estas possuem somente ar aprisionado.

- A quantidade de ar incorporado depende tanto do teor como do tipo do aditivo, ou seja, com o aumento da concentração dos aditivos, ocorre um aumento do teor de ar incorporado, para um mesmo tempo de mistura.

- Com o aumento do tempo de mistura, ocorrerá o aumento do teor de ar incorporado.

- A adição de aditivo incorporador de ar mostrou causar uma grande alteração na trabalhabilidade das argamassas, já que a mesma passa de um aspecto seco e áspero, para um aspecto plástico.

- A presença do ar incorporado permite certa redução da quantidade de água da mistura, para uma mesma condição de aplicação.

Essa capacidade dos aditivos modificar positivamente a trabalhabilidade das argamassas permite a confecção de argamassas sem cal, apenas com o aditivo incorporador de ar como agente plastificante.

- A presença do ar incorporado nas argamassas, no estado fresco, provoca um ganho de consistência e plasticidade e facilita a aplicação do produto.

- A utilização de aditivos incorporadores de ar reduz a massa específica e segregação.
- O rendimento das argamassas com aditivos incorporadores de ar é aumentado, devido à diminuição da massa específica, pela presença de microbolhas de ar no interior da mistura. Com essa diminuição, se consegue um maior volume de argamassa, para uma mesma quantidade de material anidro, ao se comparar com uma argamassa sem aditivos.

4.1.4 Retenção de água

A retenção de água é a capacidade da argamassa em reter água em contato com o substrato, é ela que confere à argamassa a capacidade de não alterar a trabalhabilidade que deve se manter por um período adequado de tempo quando sujeita a solicitações que provoquem perda de água, seja por evaporação, sucção do substrato ou reações de hidratação.

Tabela 23 - Índice de retenção de água nas argamassas

Índice de retenção de água	
Areia natural T ₉	55,49
Areia de britagem T ₉	80,62
Argamassa estabilizada T ₁₀	51,56%

Nota-se que a argamassa produzida com areia de britagem é a que apresentou um maior índice de retenção de água, isso ocorre devido ao alto teor de materiais finos, que proporcionam uma elevada área específica e conseqüentemente a área a ser molhada é maior, aparecendo tensões superficiais que tendem a manter a água absorvida nas partículas.

A NBR 13281(2005) cuja classificação encontra-se no anexo C, prescreve que para as argamassas possuírem um bom desempenho e durabilidade as mesmas devem apresentar retenção de água adequada devendo estar classificadas nas faixas mais altas da tabela de classificação que vai da U1 a U6. Como os valores obtidos no ensaio foram classificados nas faixas U1 e U2 fica claro que as argamassas estudadas não estão em conformidade com o estabelecido pela norma visto que não foram classificadas nas faixas mais altas da tabela.

4.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO

4.2.1 Resistência à Tração de Arracamento

A Tabela do apêndice A, apresenta um resumo das tensões de aderência encontradas através do ensaio de arrancamento à tração nas argamassas aplicadas sobre o chapisco e diretamente sobre a alvenaria, e as figuras do apêndice A mostram a forma da parede após ser submetidos ao ensaio de tração ao arrancamento.

Como os valores obtidos no teste de resistência a tração mostraram-se com variação para um mesmo material fez-se necessário o tratamento de dados utilizando para isso a ferramenta do Excel ANOVA, esta ferramenta permite analisar os valores encontrados e avaliar se, entre as médias, existe uma variação significativa porém não indica qual dos grupos possui discrepância com os demais.

Para as combinações onde acusava existir diferença significativa entre as médias foi necessário fazer o teste de *scheffe* para que fosse possível dizer qual entre os grupos é o que possui discrepância com os demais

Para o teste de *scheffe* foi utilizado o intervalo de 95 % de confiança e 5% de significância, que mostra que para valores com P- valor menor que 5% rejeita a hipótese inicial que as médias são iguais e para valores com P- valor maior que 5% aceita a hipótese inicial em que as médias são iguais. A tabela 24 feita através dos dados das tabelas Anova evidência de forma simplificada se ocorreu ou não variação significativa entre as médias, e em caso afirmativo os grupos que a evidenciaram. Encontram-se no apêndice B as tabelas Anova, *Scheffe* e seu gráfico para cada traço.

Tabela 24 – Resumo de grupos que apresentaram discrepância

Chapisco	Diferença na média	Grupo que apresenta discrepância
T1	Sim	3
T2	Não	-
T3	Sim	1
T4	Sim	1
T5	Não	-
T6	Não	-
T7	Sim	1
T8	Sim	3

Sendo que o emboço representa os grupos:

Grupo 1 : A.E

Grupo 2 : N.A

Grupo 3 : A.B

Para os valores de resistência de aderência a tração foi feito ainda intervalo de confiança das médias, onde indicou um valor máximo e mínimo possível de ocorrer na amostra testes no apêndice C.

Após teste de intervalo de confiança das medias foi elaborada a tabela 25 com um resumo das combinações de argamassa de chapisco e emboço que atenderam os valores de referência da NBR 13749 (1996) em Mpa.

Tabela 25 – Comparação entre o valor obtido teste de aderência de resistência a tração solicitados pela NBR 13749 (1996).

Traço Emboço	Material emboço	Limite superior (Mpa)	Limite inferior (Mpa)	Valores de referência NBR (MPa)	
				≥ 0,20	≥ 0,30
				Atende	Atende
T1	A.E	1,45	0,70	Sim	Sim
	A.N	1,82	1,07	Sim	Sim
	A.B	1,01	0,26	Sim	Não
T2	A.E	1,04	0,61	Sim	Sim
	A.N	0,97	0,54	Sim	Sim
	A.B	0,73	0,30	Sim	Sim
T3	A.E	1,17	0,74	Sim	Sim
	A.N	0,75	0,32	Sim	Sim
	A.B	1,05	0,63	Sim	Sim
T4	A.E	3,06	1,93	Sim	Sim
	A.N	1,30	0,17	Nao	Não
	A.B	2,03	0,90	Sim	Sim
T5	A.E	1,01	0,43	Sim	Sim
	A.N	1,10	1,10	Sim	Sim
	A.B	1,23	1,23	Sim	Sim
T6	A.E	2,43	1,34	Sim	Sim
	A.N	2,11	1,03	Sim	Sim
	A.B	1,73	0,65	Sim	Sim
T7	A.E	1,26	0,77	Sim	Sim
	A.N	0,79	0,30	Sim	Sim
	A.B	0,84	0,35	Sim	Sim
T8	A.E	1,19	0,55	Sim	Sim
	A.N	1,20	0,55	Sim	Sim
	A.B	1,25	1,25	Sim	Sim

Para os valores de resistência de aderência a tração quando comparado com a NBR 13749 (1996), observa-se que somente para a combinação chapisco T₄ e emboço AN a resistência de aderência fica abaixo dos valores estabelecidos pela norma logo essa composição de argamassa de revestimento não é indicada para nem um tipo de ambiente.

Já para combinação chapisco T₁ com emboço AB mostra que o valor obtido só atende alguns pontos da norma podendo essa combinação de argamassa de

revestimento ser usada em ambientes onde a tensão requerida for menor ou igual a 0,20 MPa.

Para os demais traços e combinações todos se mostraram dentro da norma podendo ser usado como argamassa de revestimento em qualquer ambiente.

4.3 COMPARATIVO ENTRE O CONSUMO DE CIMENTO E CUSTO PARA DIFERENTES MATERIAS

Com a finalidade de analisar a viabilidade econômica das argamassas de chapisco e emboço produzidas com os diferentes materiais fez-se o consumo de cimento/areia sendo possível calcular o custo total por m³. As tabelas 26 e 27 mostram os valores obtidos.

Tabela 26 - Consumo de material para 1m³ de chapisco.

Traços	Materiais (Kg)		Custos R\$		Total R\$/ m ³
	Cimento	Areia	Cimento	Areia	
A.N fina T ₁	426,23	1278,68	213,11	88,65	301,76
A.N média T ₂	408,33	1225	204,16	84,99	289,15
A.B T ₃	471,58	1414,74	235,79	47,158	282,95
A.B T ₄	426,41	1492,45	213,20	49,74	262,94
A.B T ₅	394,83	1579,32	191,41	52,64	244,05
A.B T ₆	330,93	1489,18	165,46	49,64	215,10
A.E + H ₂ O T ₇	230,00	1324,00	-	-	315,00
A.E + H ₂ O+ cimento T ₈	398,00	1324,00	-	-	399,00

Tabela 27 - Consumo de material para 1m³ de emboço.

Traços	Materiais (Kg)			Custos R\$			Total R\$/ m ³
	Cimento	Areia	IAR	Cimento	Areia	IAR	
A.N fina T ₉	225,73	1128,68	1,13	112,86	90,29	3,84	206,99
A.N fina sem IAR	225,89	1129,50	1,13	112,95	90,35	3,84	207,14
A.B T ₉	322,07	1610,35	1,61	161,035	53,68	5,47	220,19
A.B sem IAR	322,08	1610,04	1,61	161,04	53,66	5,47	220,17
A.E 10	230,00	1324,00	-	-	-	-	315,00

As tabelas acima deixam claro que para a A.B, tanto para o chapisco (T₃) como para o emboço (T₉), foram as que tiveram o maior consumo de cimento, mas também o menor custo total por metro cúbico. O que deixa claro do ponto de vista econômico é mais viável utilizar a areia de britagem como agregado.

A seguir encontra-se uma tabela das combinações entre argamassa de chapisco e emboço que apresentaram maior média na resistência e o custo total para essas combinações.

Tabela 28 – custo para combinação de chapisco e emboço que apresentarm maior resistência de aderência a tração

Combinação		Limites resistência a tração (Mpa)		Custo total R\$/m ³
Chapisco	Emboço	Inferior	Superior	
A.N fina T ₁	A.N	1,07	1,82	508,15
A.B T ₄	A.E	1,93	3,06	577,94
A.B T ₆	A.E	1,34	2,42	530,10
A.B T ₆	A.N	1,03	2,11	422,02
A.E+H ₂ O+cimento T ₈	A.B	1,25	1,89	619,19

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a utilização de areia de britagem deve seguir uma metodologia adequada, para que os produtos desenvolvidos apresentem um desempenho compatível com os padrões técnicos.

Neste trabalho elaboramos apenas testes que respondem a alguns aspectos de qualidade da argamassa produzida com areia de britagem sendo que para o seu desempenho com o passar do tempo avaliações adicionais deverão ser executadas.

Com relação aos aspectos reológicos da argamassa produzida com areia de britagem com IAR versus sem IAR fica claro que ao ser adicionado IAR a argamassa permaneceu úmida por mais tempo sem apresentar segregação aumentando o tempo de trabalhabilidade significativamente em relação à argamassa sem IAR.

Os teores de ar incorporado mostram uma diferença para as argamassas com aditivo IAR em relação ao sem IAR, isso ocorre porque nas argamassas com incorporador de ar existe o ar aprisionado dos próprios vazios da mistura e ainda o ar do aditivo que como o próprio nome já diz incorpora ar às misturas. Já para misturas sem incorporador de ar estas possuem somente ar aprisionado.

Para a trabalhabilidade das argamassas de emboço utilizadas, por meio do ensaio de espalhamento *flow-table* não houve diferenças significativa.

Para o teste de resistência a aderência a tração todas as argamassas produzidas atendem a NBR 13749 (1996), o que evidencia ser possível a utilização de qualquer argamassa de areia de britagem, como todas as combinações foram aceitas no quesito aderência logo posso dar ênfase no aspecto econômico.

Do ponto de vista econômico foi determinado o custo por metro cúbico dos chapiscos produzidos com ANF, ANF, ANM, AB, AE+água, AE+água+cimento e emboço produzidas com AN, AB, AE.

Para o chapisco, a argamassa que se apresenta com menor custo foi a areia de britagem 1:4,5:0,8 e a mais cara foi argamassa estabilizada com adição de cimento e água 1:3,327:1,008 sendo que a diferença entre elas é de R\$ 183,90/m³. Já para o emboço a mais econômica é areia natural fina 1: 5:0,95 e a mais cara é argamassa estabilizada 1:5,76:1,0131 sendo que a diferença entre elas é de R\$ 108,01/ m³. Esses valores mostram ser uma grande diferença principalmente em obras de grande porte.

Porém, do ponto de vista ambiental o consumo de cimento para as areias de britagem 1:3:0,75 e 1: 5:0,95 mostraram ser um pouco superior às demais. Mas

mesmo assim ainda é viável ambientalmente, pois diminui impactos ambientais causados por extração de areia natural e ainda possibilita um destino útil da areia de britagem.

Para a areia de britagem, objeto deste estudo, constatou-se que os resultados técnicos foram compatíveis com a norma demonstrando os grandes benefícios adquiridos por este novo produto, na confecção de argamassas, pois além do ponto de vista técnico ser atendido do ponto de vista ambiental e econômico ela demonstra ser superior tornando-se mais competitiva no mercado.

No decorrer do trabalho percebe-se que o produto desenvolvido com areia de britagem, dos pontos de vista social (aproveitamentos de resíduos), ambiental (redução da extração das areias naturais), econômico (valorização de produto atualmente descartado pelas mineradoras) e técnico (estudo da viabilidade técnica), pode sim substituir a Areia natural.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. L. M. **Aproveitamento de rejeitos de pedreiras de Santo Antônio de Pádua, RJ para produção de brita e areia.** São Paulo, 2000. Departamento de Engenharia e Minas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ALMEIDA, S. L. M.; BISPO, L. H. O. **Obtenção de areia artificial a partir de finos de pedreiras – análises de ensaios.** Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral – Ministério da Ciência e Tecnologia, 2003. Boletim Técnico.

ALMEIDA, S. L. M. et al. **Produção de areia manufaturada em usina piloto.** Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral – Ministério da Ciência e Tecnologia, 2005.

ANGELIM, R.R.; ANGELIM, S.C.M. e CARASEK, H. 2003. **Influência da distribuição granulométrica da areia no comportamento dos revestimentos de argamassa.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, V. Anais... São Paulo. USP/ANTAC.

ARAÚJO, G. A. B. C. **Contribuição ao estudo das propriedades de argamassas com saibro da região de Maceió (AL) para revestimentos.** Porto Alegre, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Guia básico de utilização do cimento portland.** 7.ed. São Paulo: ABCP, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL (ABESC). **Manual do concreto** Disponível em: <<http://www.abesc.org.br>>. Acesso em: 11 de maio de 2014.

_____. **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, 1995.

_____. **NBR 13529:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995b. 8p.

_____. **NBR 13530:** Revestimentos de paredes e tetos de argamassa inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 13749:** revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - especificação. Rio de Janeiro, 1996. 6p.

_____. **NBR 7215**: Cimento Portland - determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997. 4p.

_____. **NBR 7200:1998**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003 a. 6p.

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

_____. **NBR 9935:2005**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005. 3p.

_____. **NBR 13277**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005 a. 3p.

_____. **NBR 13279**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005c. 9p.

_____. **NBR 13281**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - requisitos. Rio de Janeiro, 2005 d. 7p.

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

_____. **NBR 13528**: revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010. 11p.

BAÍA, L. L. M; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2002. 82p. (Primeiros passos da qualidade no canteiro de obras).

BAUER, L.A. F. **Materiais de Construção 1**. São Paulo : Editora Afiliada, 5ª ed. 1994.

BAUER, Elton; RAMOS, Daiane V. M.; SANTOS, Carla C. N.; PAES, Isaura L.; SOUSA, José. G. G. de ; ALVES, Nielsen J. D.; GONCALVES, Sérgio R.; LARA, Patrícia. L. O. **Revestimentos de argamassa - características e peculiaridades**. 1. ed. BRASÍLIA: LEMUnB- SINDUSCON/DF, 2005. v. 1. 92 p.

BIANCHI, Alessandra de Costa. Pó-de-pedra. *Téchne*, São Paulo, ed. 79, p. 13, outubro 2003.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L. M. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, IV., 2001, Brasília. Anais... Brasília: ANTAC, 2001.p. 43-67.

CARASEK, Helena. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo, IBRACON, 2007.

CAVALCANTE JUNIOR, Carmin Ademir et al 2011. **Cimento portland** Universidade Federal Do Pará Faculdade De Engenharia De Minas E Meio Ambiente. Marabá 2011. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAe6iEAF/cimento-portland>>. Acesso em: 11 de maio de 2014.

CERÂMICA PRINCESA. **Tijolos - Linha Vedação - Produtos Certificados**. Disponível em: <http://www.princesa.ind.br/produtos>. Acesso em 27 de fevereiro de 2014.

CINCOTTO, M. A.; CARNEIRO, A. M. P. **Discussão dos métodos de determinação da massa unitária da areia para argamassas**. Vitória, 1999.

CINCOTTO, M. A., SILVA, M. A. C., CARASEK, H. **Argamassas de revestimento; Características, propriedades e métodos de ensaio**. (Publicação IPT 2378). 1.ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: Instituto de PesquisasTecnológicas, 1995.

DAMO, GABRIELA FERREIRA. **Avaliação do desempenho de diferentes agregados miúdos de britagem em concreto de cimento Portland**. 2011. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

FRAZÃO, E. B. **Panorama da produção e aproveitamento de agregados para construção**. 2005. 45f. Monografia – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais,

Belo Horizonte, 2005. Disponível em: < www.cetec.br/agregados/conteudo>. Acesso em: 10 de março de 2014.

FAGNELLO, A. M. P. **Rejeitos de britagem de origem basáltica: caracterização e utilização em solo-cimento na região de Londrina** – Pr. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

GOMES, Adailton. O. **Propriedades das Argamassas de Revestimentos e Fachadas**. Escola Politécnica da UFBA. Comunidade da Construção, Salvador, 2008. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/comunidades/salvador/ciclo3/htms/download/Propriedades_das_argamassas_de_revestimento_2008.pdf>. Acesso em: 9 de janeiro de 2014.

GUIMARÃES, J. E. P. **A cal – fundamentos e aplicações na engenharia civil**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2002.

JOHN, V. M. **Repensando o papel da cal hidratada nas argamassas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, V., 2003, São Paulo. Anais... São Paulo: ANTAC, 2003. p. 47-63.

KUCK, Denis Weiz. **Areia artificial para construção de edifícios**. Disponível em <www.cienciaevida.com.br> Acesso em 24 de março de 2004.

MACIEL, Luciana Leone. BARROS, Mércia M. S. Bottura. SABBATINI, Fernando Henrique. **Recomendações para Execução de Revestimentos de Argamassa paraparedes de vedação internas e externa e tetos**. São Paulo, 1998.

MARTINS, A. et al. **Apostila de treinamento de mão de obra para construção civil: Cimento.Cia. de Cimento Itambé**. Curitiba, 2008.

MAXCHEM, produtos químicos Ltda. **Ficha técnica do Aditivo incorporador de ar para argamassas AE 10**. Disponível em: <<http://matchem.com.br/wp-content/uploads/2013/09/MATCHEM-IAR-ver-02.pdf>>. Acesso em 19 de junho de 2014.

MINERAIS DO PARANÁ S.A – MINEROPAR. **Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba: MINEROPAR, 2004. 288 p.

MIRANDA, Lina Maria Carvalho da Costa. **Estudo comparativo entre argamassa de revestimento à base de cimento com adição da cal hidráulica e da cal hidratada**. Dissertação para obtenção de grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de

Trás-os-Montes e Alto Douro. Portugal, 2009. Disponível em: <http://repositorio.utad.pt/bitstream/10348/336/1/msc_lmccmiranda.pdf>. Acesso em 8 de janeiro de 2014.

MOURA, W. A. **Utilização de escória de cobre como adição e como agregado miúdo para concreto**. Porto Alegre, 2000. 232 p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

NASCIMENTO, Gizela. B. **Utilização de Pó-De-Pedra em Revestimentos Para Restauração de Edificações Históricas em Estilo Art Déco**. Escola de Engenharia da UFMG 2008. Disponível em: http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/ISMS7G7P5Z/dissertacao_gizela_barbosa_do_nas_cimento.pdf?sequence=1. Acesso em 14 de janeiro de 2014.

NEVILLE, A. **Propriedades do concreto**. 2 ed. São Paulo: Pini, 1997.

OURO BRANCO. **Indústria e Comércio de Cal Ouro Branco Ltda**. Endereço: Rodovia do Calcário, 905 – Colombo/PR Contato anderson@calourobranco.com.br

RAGO, F.; CINCOTTO, M. A. **Influência do tipo da cal hidratada na reologia de pastas**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. Boletim Técnico n. 233.

SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílicocalcária**. São Paulo. 1984. 298 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

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.

SANTOS, Heraldo B. dos. **Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimento**. 2008a. 50 f. Monografia – Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Heraldo%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 1 jun. 2014.

SILVA, Narciso G. da. **Argamassa de Revestimento de Cimento, Cal e Areia Britada de Rocha Calcária**. 2006. 180 f. Dissertação (Mestrado Construção Civil) - Programa de Pós- Graduação em Construção Civil – PPGCC/UFPR, Setor de

Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná, 2006. Disponível em: <<http://www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0070.pdf>>. Acesso em: 9 de janeiro de 2014.

SILVA, N. G.; BUEST, G. T.; CAMPITELLI, V. C. **Argamassas com areia britada: influência dos finos e da forma das partículas**. In: SBTA, 4., 2005, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: ANTAC, 2005.

SILVA, N. G.; CAMPITELLI, V. C. **Influência dos finos e da cal nas propriedades das argamassas**. In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no ambiente contruido. Anais. Florianópolis, 2006.

SILVA, Narciso Gonçalves da. **Avaliação da retração e da fissuração em revestimento de argamassa na fase plástica** [tese]. Florianópolis, SC, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/95497/291207.pdf?sequence=1>>. Acesso em 10 de janeiro de 2014.

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

VALVERDE, Fernando Mendes. **Agregados para a construção civil**. Disponível em <www.dnrm.gov.br/dnrm_legis/suma2000>. Acesso em 24 de março de 2014.

VOTORANTIM CIMENTOS. **Ficha Técnica. Cimento CP II Z 32**. Disponível em: <http://www.vcimentos.com.br/hotsites/cimento/site.swf>. Acesso em: 10 de janeiro 2014.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 10. ed. rev. e atual. São Paulo : PINI : SindusCon, 2009. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAafx_AAK/a-tecnica-edificar-walid-yazigi>. Acesso em 9 de janeiro de 2014.

APÊNDICE A

RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Tabela A1 – Resultados do ensaio de resistência de aderência à tração, realizado aos 28 dias – NBR 13528/2010. Chapisco A.B emboço A.B/A.N/A.E.

Resistência de aderência à tração (MPa)						
CP	A.BT ₆ C / A.B T ₉		A.BT ₃ / A.N T ₉		A.B T ₃ / A.E T ₁₀	
	RA	LR	RA	LR	RA	LR
1	1,63	C	0,70	B	0,70	B
2	0,51	C	1,08	B	1,08	B
3	0,61	A	1,04	B	1,04	B
4	1,37	A	0,79	B	0,79	B
5	0,76	C	0,94	B	0,94	B
6	0,92	C	1,63	B	1,63	B
7	1,53	A	0,72	B	0,72	B
8	0,81	A	1,07	B	1,07	B
9	0,46	C	1,02	B	1,02	B
10	0,92	C	0,78	B	0,78	B
11	0,41	A	0,31	B	0,31	B
12	0,15	A	1,39	B	1,39	B

Legenda:

RA = resistência de aderência à tração (MPa)

LR = local de ruptura

A = ruptura na interface chapisco/emboço

B = ruptura na argamassa de emboço

C = ruptura no chapisco

Tabela A2 – Resultados do ensaio de resistência de aderência à tração, realizado aos 28 dias – NBR 13528/2010. Chapisco A.B emboço A.B/A.N/A.E.

Resistência de aderência à tração (MPa)						
CP	A.BT ₄ C / A.B T ₉ E		A.B T ₄ C / A.N T ₉ E		A.BT ₄ C / A.E T ₁₀ E	
	RA	LR	RA	LR	RA	LR
1	1,48	A	0,26	B	4,48	B
2	2,00	B	0,15	B	3,24	A
3	1,73	B	0,76	B	2,72	B
4	0,51	A	0,15	B	1,27	C
5	0,61	B	0,82	B	1,32	C
6	0,66	B	2,86	B	4,08	B
7	2,60	B	0,31	B	4,38	B
8	1,12	B	1,68	B	1,68	B
9	2,39	B	0,82	B	1,48	B
10	1,01	B	0,51	B	1,32	B
11	1,78	B	0,10	A	2,70	B
12	1,68	B	0,36	B	1,27	B

Tabela A3 – Resultados do ensaio de resistência de aderência à tração, realizado aos 28 dias – NBR 13528/2010. Chapisco A.B emboço A.B/A.N/A.E.

Resistência de aderência à tração (MPa)						
CP	A.B T ₅ /A.B T ₉		A.B T ₅ /A.N T ₉		A.BT ₅ / A.E T ₁₀	
	RA	LR	RA	LR	RA	LR
1	1,17	A	0,79	B	0,28	B
2	1,63	B	1,14	B	0,62	B
3	0,36	A	1,00	B	0,32	B
4	2,70	A	1,24	B	0,97	B
5	0,51	B	0,65	B	0,56	B
6	0,46	A	0,74	B	0,76	B
7	0,76	C	0,84	B	0,22	B
8	0,51	A	1,07	B	1,07	B
9	0,76	C	0,26	B	1,68	B
10	0,92	C	0,78	B	0,34	B
11	1,02	C	0,65	B	0,49	B
12	0,51	A	0,54	B	1,33	B
Média		-		-		-

Tabela A4 – Resultados do ensaio de resistência de aderência à tração, realizado aos 28 dias – NBR 13528/2010. Chapisco A.B emboço A.B/A.N/A.E

Resistência de aderência à tração (MPa)						
CP	A.BT ₆ C /A.B T ₉ E		A.BT ₆ C /A.N T ₉ E		A.BT ₆ C /A.E T ₁₀ E	
	RA	LR	RA	LR	RA	LR
1	0,51	A	3,51	B	1,73	A
2	0,61	A	1,94	B	3,77	B
3	0,10	B	1,02	C	1,32	A
4	0,87	A	1,48	B	2,85	B
5	0,87	A	1,38	B	1,12	C
6	2,49	B	3,24	A	1,50	A
7	1,78	B	0,76	B	2,24	C
8	1,53	A	0,51	B	1,01	A
9	2,90	B	0,51	B	3,41	C
10	0,93	B	1,49	B	1,58	A
11	0,82	A	1,58	B	1,01	B
12	0,92	A	1,46	B	1,01	B

Tabela A5 – Resultados do ensaio de resistência de aderência à tração, realizado aos 28 dias – NBR 13528/2010. Chapisco A.N.F emboço A.B/A.N/A.E.

(continua)

Resistência de aderência à tração (MPa)						
CP	A.N fina T ₁ / A.B T ₉		A.N fina T ₁ /A.N T ₉		A.N fina T ₁ /A.E T ₁₀	
	RA	LR	RA	LR	RA	LR
1	0,19	C	0,87	B	1,56	B
2	0,96	A	0,15	B	1,65	B
3	0,23	B	1,07	B	1,32	B
4	1,23	B	3,00	B	1,50	B
5	0,68	B	2,09	B	0,82	B
6	0,89	B	2,50	B	0,91	B
7	0,42	B	0,51	B	0,8	B
8	0,39	B	0,51	B	0,54	B

Tabela A5 – Resultados do ensaio de resistência de aderência à tração, realizado aos 28 dias – NBR 13528/2010. Chapisco A.N.F emboço A.B/A.N/A.E.

(conclusão)

Resistência de aderência à tração (MPa)						
CP	A.N fina T ₁ / A.B T ₉		A.N fina T ₁ /A.N T ₉		A.N fina T ₁ /A.E T ₁₀	
	RA	LR	RA	LR	RA	LR
9	0,47	B	1,22	B	0,87	B
10	0,68	B	0,76	B	1,21	B
11	1,15	B	1,73	B	1,13	B
12	0,32	B	2,90	B	0,57	B

Tabela A6 – Resultados do ensaio de resistência de aderência à tração, realizado aos 28 dias – NBR 13528/2010. Chapisco A.N.M emboço A.B/A.N/A.E.

Resistência de aderência à tração (MPa)						
CP	A.N média T ₂ /A.B T ₉		A.N média T ₂ /A.N T ₉		A.N média T ₂ /A.E T ₁₀	
	RA	LR	RA	LR	RA	LR
1	0,99	B	0,43	B	1,34	B
2	0,65	B	1,09	B	1,36	B
3	0,47	B	1,55	B	0,95	B
4	0,47	B	0,53	B	0,36	B
5	0,42	B	0,30	B	0,96	B
6	0,30	B	1,07	B	1,55	B
7	0,77	B	0,39	B	0,74	B
8	0,57	B	0,53	B	0,25	B
9	0,18	B	0,86	B	0,22	B
10	0,36	B	1,12	B	0,57	B
11	0,80	B	0,56	B	0,80	B
12	0,17	B	0,60	B	0,82	B

Tabela A7 – Resultados do ensaio de resistência de aderência à tração, realizado aos 28 dias – NBR 13528/2010. Chapisco A.E emboço A.B/A.N/A.E.

Resistência de aderência à tração (MPa)						
CP	A.E+ H ₂ O T ₇ /A.B T ₉		A.E+ H ₂ O T ₇ /A.N T ₉		A.E+ H ₂ O T ₇ /A. ET ₁₀	
	RA	LR	RA	LR	RA	LR
1	0,27	B	0,43	B	0,43	B
2	0,89	B	1,40	B	1,40	B
3	0,20	B	1,69	B	1,69	B
4	1,07	B	0,22	B	0,22	B
5	0,47	B	0,96	B	0,96	B
6	0,76	B	0,42	B	0,42	B
7	0,30	B	1,75	B	1,75	B
8	0,35	B	0,32	B	0,32	B
9	0,67	B	0,91	B	0,91	B
10	0,71	B	1,08	B	1,08	B
11	0,97	B	1,98	B	1,98	B
12	0,45	B	0,99	B	0,99	B
Média		-		-		-

Tabela A8 – Resultados do ensaio de resistência de aderência à tração, realizado aos 28 dias – NBR 13528/2010. Chapisco A.E emboço A.B/A.N/A.E.

Resistência de aderência à tração (MPa)						
CP	A.E+ H ₂ O T ₇ /A.B T ₉		A.E+ H ₂ O + Cimento T ₈ / A. N T ₉		A.E+ H ₂ O + Cimento T ₈ /A.E T ₁₀	
	RA	LR	RA	LR	RA	LR
1	1,17	B	0,81	B	0,81	B
2	0,36	A	1,45	B	1,45	B
3	2,04	B	0,68	B	0,68	B
4	1,37	B	1,14	B	1,14	B
5	0,76	B	0,97	B	0,97	B
6	3,00	B	1,00	B	1,00	B
7	1,22	B	1,09	B	1,09	B
8	2,60	B	0,18	B	0,18	B
9	2,19	B	0,83	B	0,83	B
10	0,56	B	0,12	B	0,12	B
11	1,02	B	1,22	B	1,22	B
12	1,02	B	0,94	B	0,94	B
Média		-		-		-

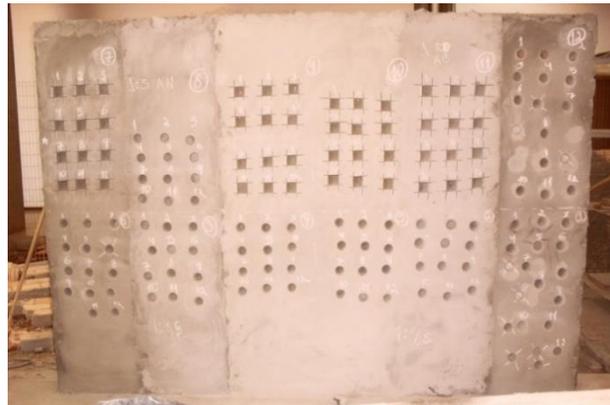


Figura A1 - Aspecto da parede após o ensaio de aderência a tração.

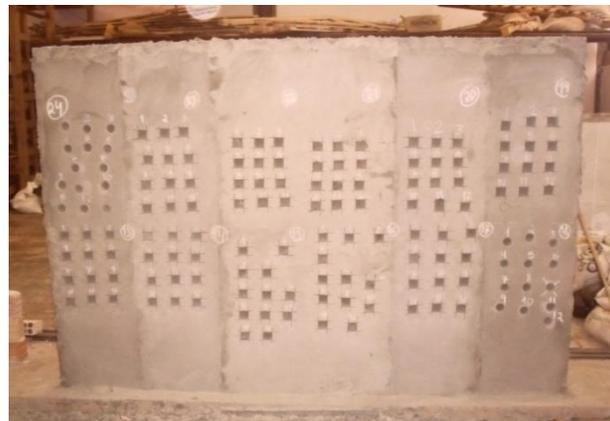


Figura A2 - Aspecto da parede após o ensaio de aderência a tração.

APÊNDICE B

RESULTADOS TABELA A NOVA, SCHEFFE E GRÁFICO

Tabela B1 - Tabela Anova traço1 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	2	3,930216667	1,965108333	4,7931656 16	1,49
Resíduos	33	13,52938333	0,409981313		

Tabela B2 - Teste Scheffe traço1 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

Níveis	Centro	Limite. Inferior	Limite. Superior	P-valor	
2-1	0,369	-0,223	0,961	37,97%	
1-3	0,439	-0,153	1,031	25,82%	
2-3	0,808	0,216	1,400	1,50%	

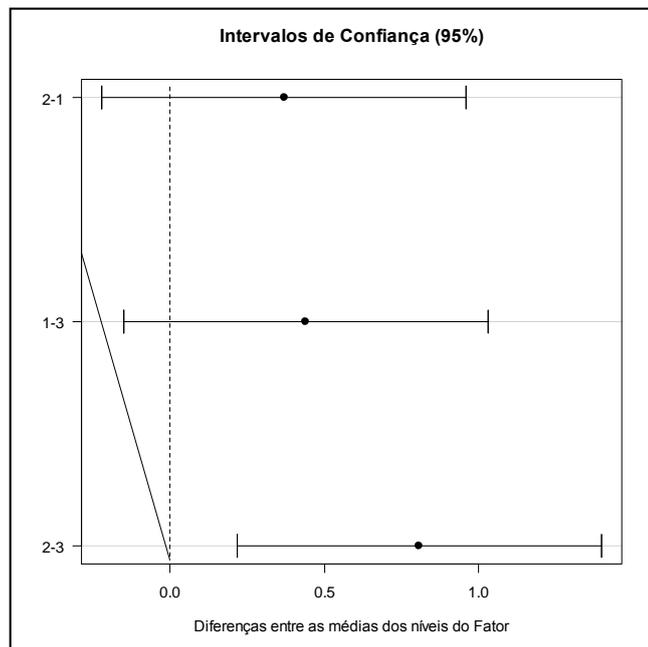


Figura B1 - Diferença entre as médias, teste Scheffe.

Tabela B3 - Tabela Anova traço 2 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	2	0,647205556	0,323602778	2,426405041	10,40%
Resíduos	33	4,401116667	0,133367172		

TabelaB4 - Teste Scheffe traço 2 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

Níveis	Centro	Limite. Inferior	Limite. Superior	P-valor	
2-1	0,369	-0,223	0,961	37,97%	
1-3	0,439	-0,153	1,031	25,82%	
2-3	0,808	0,216	1,400	1,50%	

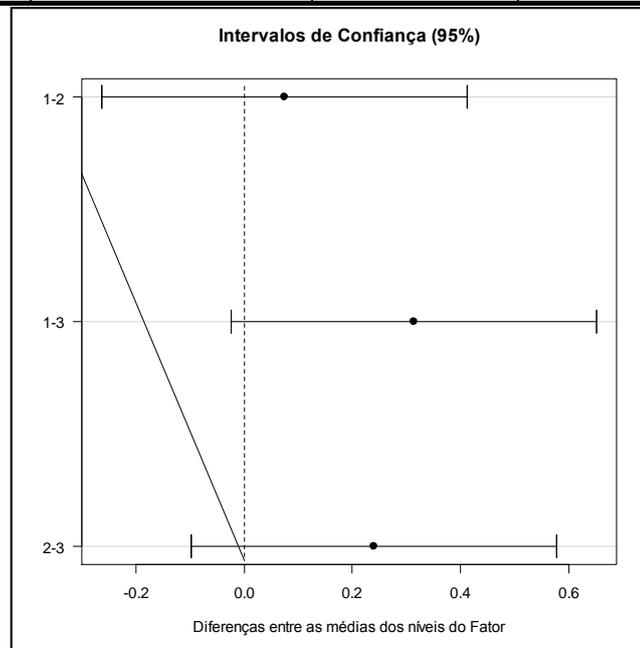


Figura B2: Diferença entre as médias, teste Scheffe.

Tabela B5 - Tabela Anova traço 3 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	2	1,143872222	0,571936111	4,37588658	2,062%
Resíduos	33	4,313158333	0,130701768		

Tabela B6 - Teste Scheffe traço 3 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B

Níveis	Centro	Limite. Inferior	Limite. Superior	P-valor	
2-1	0,423	0,088329026	0,756670974	2,574%	
1-3	0,116	-0,21833764	0,450004307	73,703%	
2-3	0,307	-0,02750431	0,64083764	13,152%	

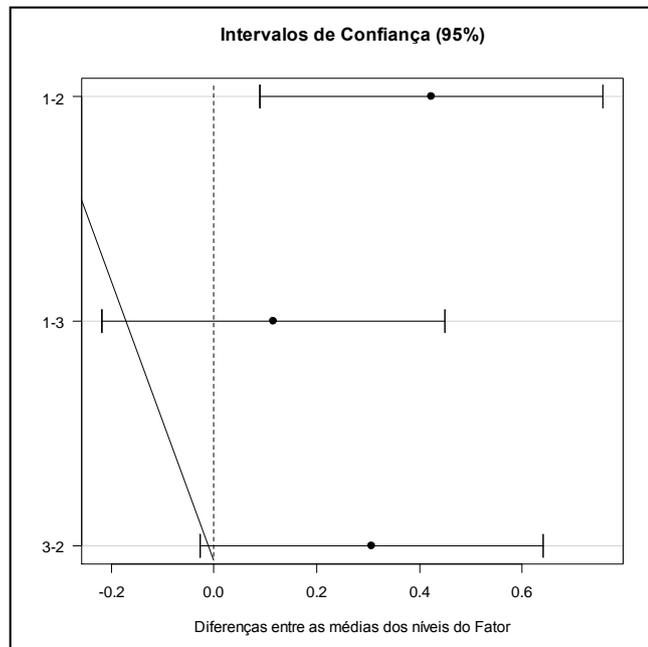


Figura B3 - Diferença entre as médias, teste Scheffe.

Tabela B7 - Tabela da Anova traço 4 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	2	18,83407222	9,417036111	10,19488805	0,000
Resíduos	33	30,48215833	0,923701768		

Tabela B8 - Teste Scheffe traço 4chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B

Níveis	Centro	Limite. Inferior	Limite. Superior	P-valor	
2-1	1,763	0,875	2,652	0,038%	
1-3	1,030	0,142	1,919	4,355%	
2-3	0,732	-0,156	1,621	19,078%	

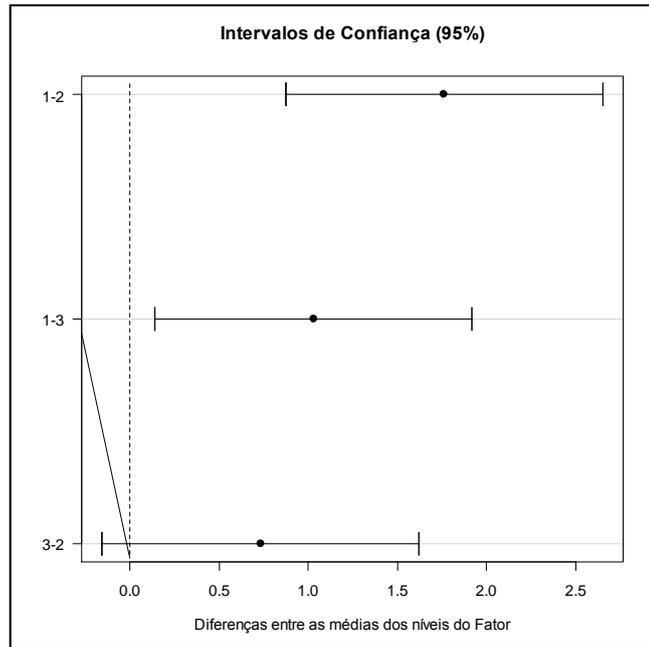


Figura B4 - Diferença entre as médias, teste Scheffe.

Tabela B9 - Tabela da Anova traço 5 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	2	0,301238889	0,150619444	0,623832379	54,21%
Resíduos	33	7,967591667	0,241442172		

Tabela B10 - Teste Scheffe Traço 5 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

Níveis	Centro	Limite. Inferior	Limite. Superior	P-valor	
2-1	0,088	-0,366	0,542	90,79%	
1-3	0,222	-0,232	0,677	54,67%	
2-3	0,134	-0,320	0,588	80,08%	

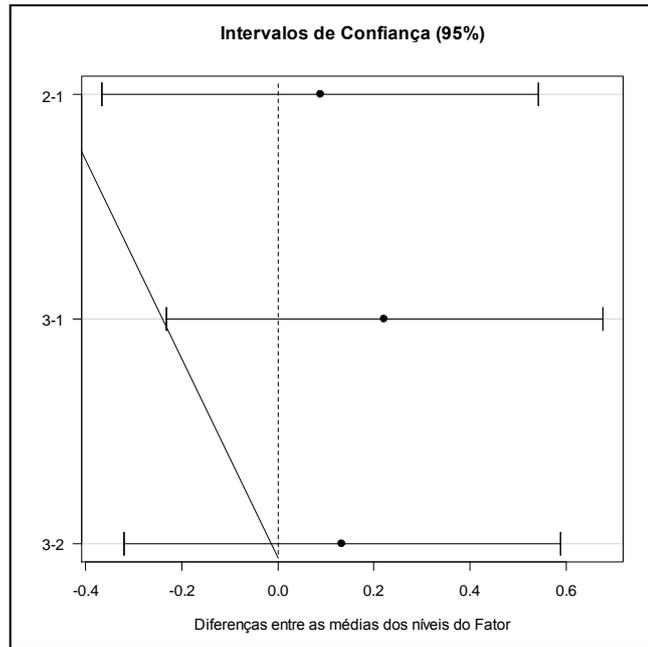


Figura B5 - Diferença entre as médias, teste Scheffe.

Tabela B11 - Tabela da Anova traço 6 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	2	2,826105556	1,413052778	1,670942499	20,36%
Resíduos	33	27,90685	0,845662121		

Tabela B12 - Teste Scheffe traço 6 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B

Níveis	Centro	Limite. Inferior	Limite. Superior	P-valor	
2-1	0,306	-0,544	1,156	72,00%	
1-3	0,685	-0,165	1,535	20,48%	
2-3	0,379	-0,470	1,229	60,51%	

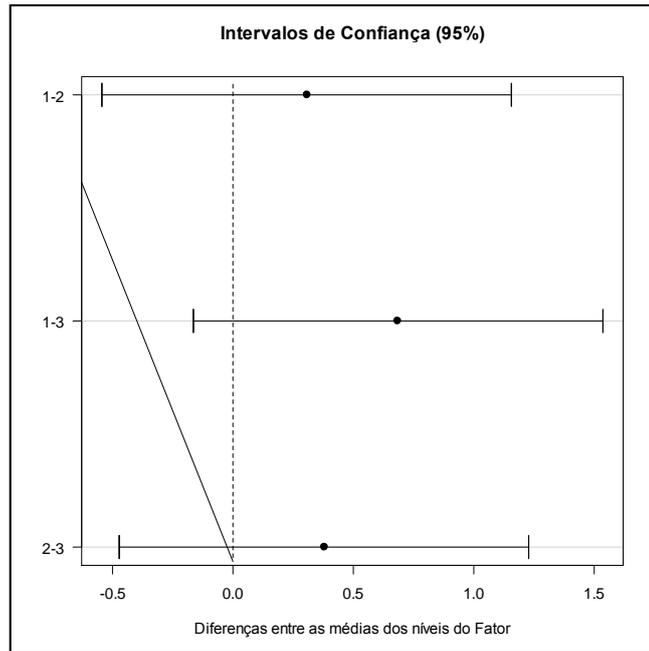


Figura B6 - Diferença entre as médias, teste Scheffe.

Tabela B13 - Tabela da Anova traço 7 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	2	1,5786	0,7893	4,623429644	0,017
Resíduos	33	5,633675	0,170717424		

Tabela B14 - Teste Scheffe traço 7 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B

Níveis	Centro	Limite. Inferior	Limite. Superior	P-valor	
2-1	0,465	0,083	0,847	3,273%	
1-3	0,42	0,038	0,802	5,839%	
2-3	0,045	-0,337	0,427	96,508%	

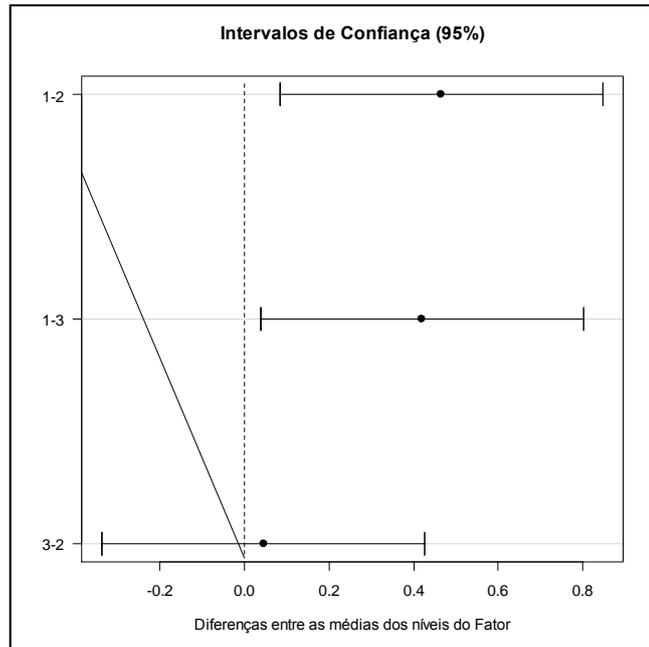


Figura B7 - Diferença entre as médias, teste Scheffe.

Tabela B15 - Tabela da Anova traço 8 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	2	3,901422222	1,950711111	6,460210428	0,004289269
Resíduos	33	9,964608333	0,301957828		

Tabela B16 - Teste Scheffe traço 8 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B

Níveis	Centro	Limite. Inferior	Limite. Superior	P-valor
2-1	0,003	-0,504	0,511	99,99%
1-3	0,7	0,192	1,207	1,40%
2-3	0,003	-0,504	0,511	99,99%

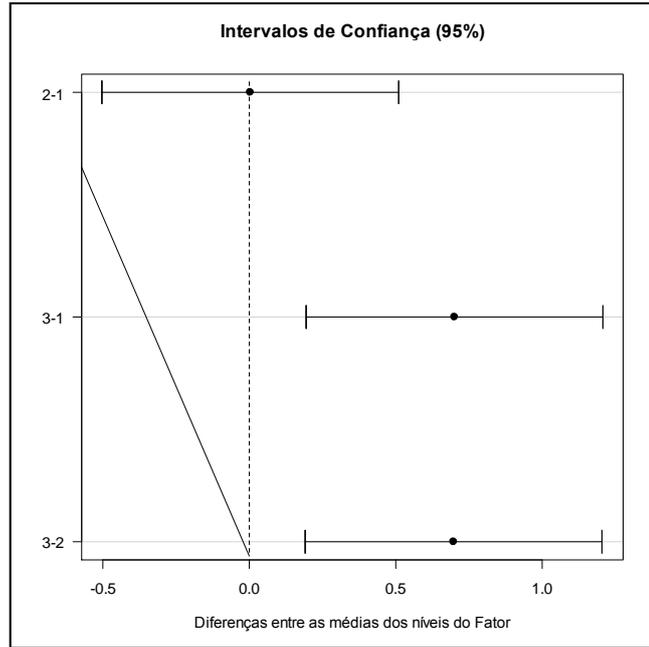


Figura B8 - Diferença entre as médias, teste Scheffe.

APÊNDICE C

RESULTADOS DO INTERVALO DE CONFIANÇA

Tabela C1 - Intervalo de confiança das médias Traço 1 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

Fator	Média	Desvio Padrão	Limite Inferior	Limite Superior
1	1,07	0,64	0,70	1,45
2	1,44	0,64	1,07	1,82
3	0,63	0,64	0,26	1,01

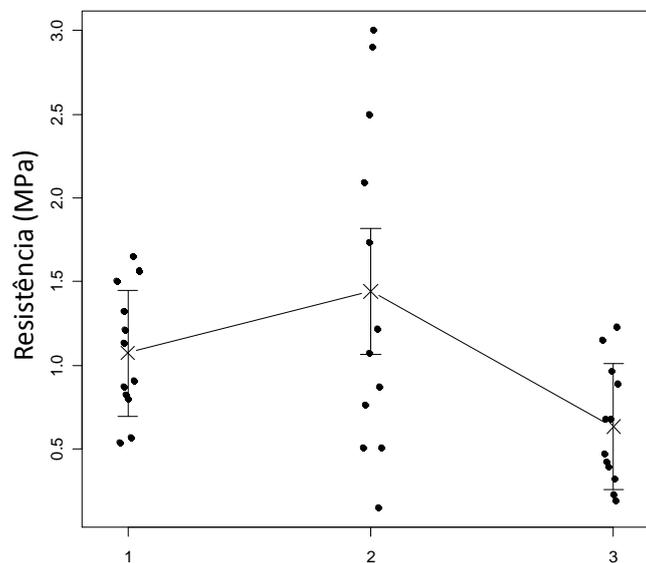


Figura C1 - Intervalo de confiança das médias, limites superiores e inferiores.

Tabela C2 - Intervalo de confiança das médias Traço 2 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

Fator	Média	Desvio Padrão	Limite Inferior	Limite Superior
1	0,83	0,37	0,61	1,04
2	0,75	0,37	0,54	0,97
3	0,51	0,37	0,30	0,73

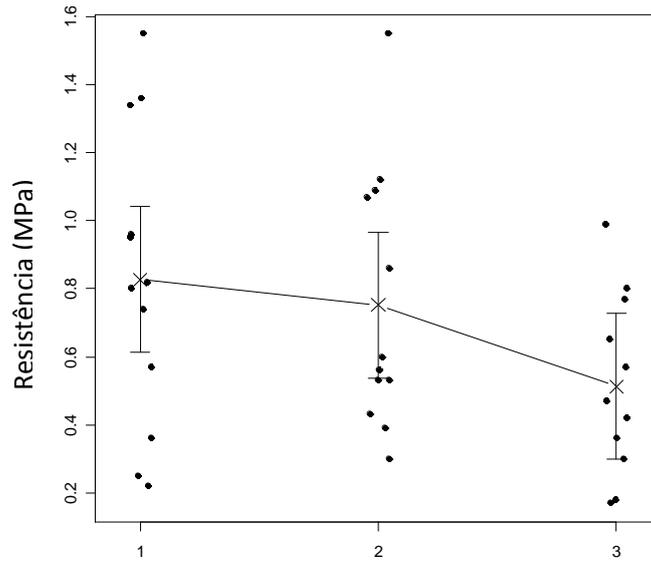


Figura C2 - Intervalo de confiança das médias, limites superiores e inferiores.

Tabela C3 - Intervalo de confiança das médias Traço 3 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

Fator	Média	Desvio Padrão	Limite Inferior	Limite Superior
1	0,96	0,36	0,74	1,17
2	0,53	0,36	0,32	0,75
3	0,84	0,36	0,63	1,05

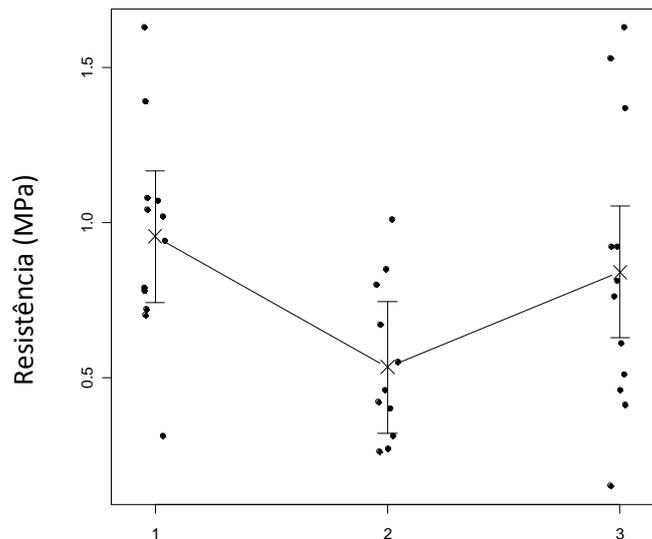


Figura C3 - Intervalo de confiança das médias, limites superiores e inferiores.

Tabela C4 - Intervalo de confiança das médias Traço 4 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

Fator	Média	Desvio Padrão	Limite Inferior	Limite Superior
1	2,50	0,96	1,93	3,06
2	0,73	0,96	0,17	1,30
3	1,46	0,96	0,90	2,03

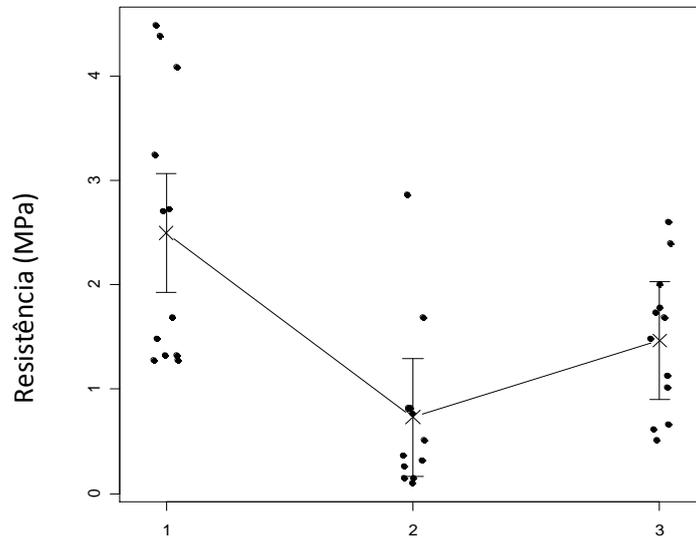


Figura C4 - Intervalo de confiança das médias, limites superiores e inferiores.

Tabela C5 - Intervalo de confiança das médias Traço 5 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

Fator	Média	Desvio Padrão	Limite Inferior	Limite Superior
1	0,72	0,49	0,43	1,01
2	0,81	0,49	0,52	1,10
3	0,94	0,49	0,65	1,23

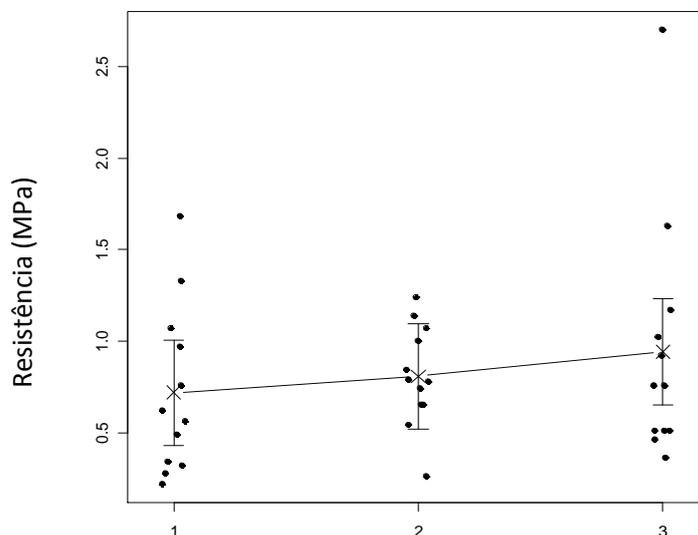


Figura C5 - Intervalo de confiança das médias, limites superiores e inferiores.

Tabela C6 - Intervalo de confiança das médias Traço 6 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

Fator	Média	Desvio Padrão	Limite Inferior	Limite Superior
1	1,88	0,92	1,34	2,42
2	1,57	0,92	1,03	2,11
3	1,19	0,92	0,65	1,73

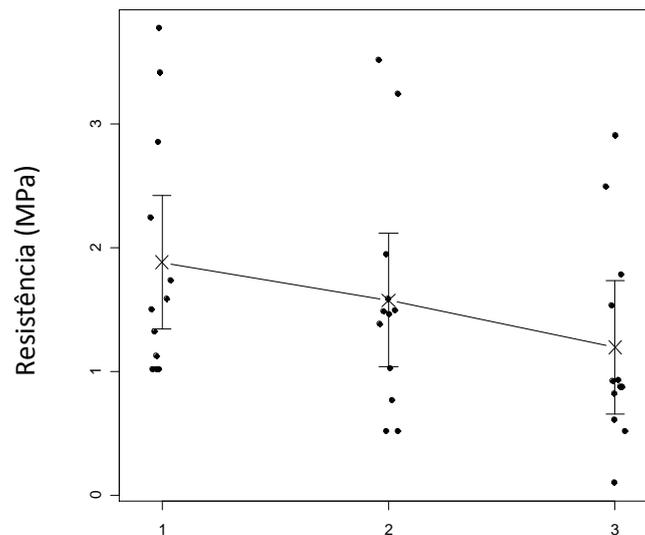


Figura C6 - Intervalo de confiança das médias, limites superiores e inferiores.

Tabela C7 - Intervalo de confiança das médias Traço 7 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

Fator	Média	Desvio Padrão	Limite Inferior	Limite Superior
1	1,01	0,41	0,77	1,26
2	0,55	0,41	0,30	0,79
3	0,59	0,41	0,35	0,84

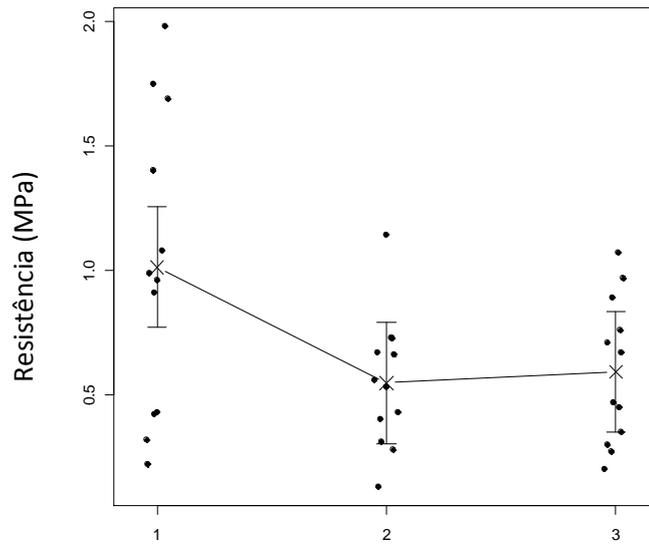


Figura C7 - Intervalo de confiança das médias, limites superiores e inferiores.

Tabela C8 - Intervalo de confiança das médias Traço 8 chapisco combinação do emboço com A.E, A.N e A.B.

Fator	Média	Desvio Padrão	Limite Inferior	Limite Superior
1	0,87	0,55	0,55	1,19
2	0,87	0,55	0,55	1,20
3	1,57	0,55	1,25	1,89

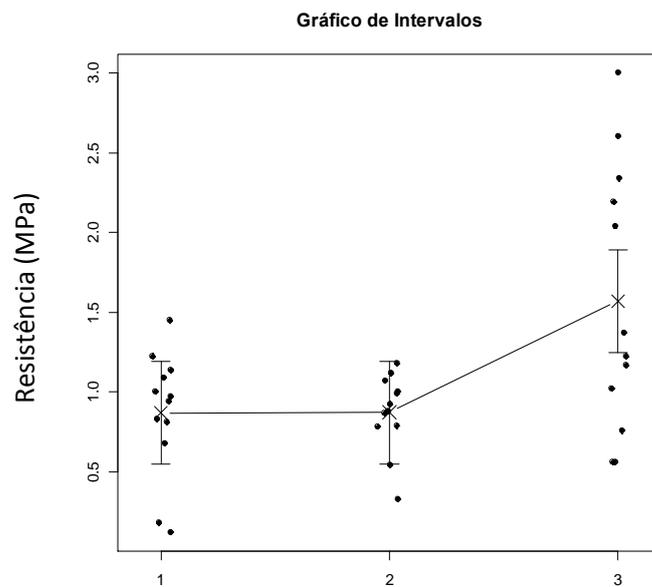


Figura C8 - Intervalo de confiança das médias, limites superiores e inferiores