



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL*

José Humberto Rodrigues Nolêto

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO EM
ARGAMASSA DE REVESTIMENTO TIPO ESTABILIZADA**

**Palmas
2016**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL*

José Humberto Rodrigues Nolêto

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO EM
ARGAMASSA DE REVESTIMENTO TIPO ESTABILIZADA**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor MSc. Fabricio Bassani.

**Palmas
2016**

José Humberto Rodrigues Nolêto

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO EM
ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO TIPO ESTABILIZADA, DA
CIDADE DE PALMAS-TO PELO MÉTODO DE ENSAIO DE
ARRANCAMENTO**

Projeto apresentado como requisito parcial
da disciplina TCC II do Curso de
Engenharia Civil, orientado pelo Professor
MSc. Fabricio Bassani.

Aprovada em ___ de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. MSc. Fabricio Bassani.

Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. M.Sc. Fábio Henrique de Melo Ribeiro

Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior

Centro Universitário Luterano de Palmas

**Palmas
2016**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela realização deste trabalho por que sem ele nada seria possível.

Agradeço também em especial toda a minha família, em especial minha esposa, que tem me dado muito apoio e vem me acompanhando sem medir esforço nessa empreitada árdua, sempre com incentivos positivos para que possamos almejar bastante sucesso na vida profissional.

Ao professor Fabrício Bassani, pelas orientações e pelo apoio dado a parte técnica e teórica.

Aos amigos do laboratório, Miller, André, João e alguns colegas de aula pelo apoio de ordem física, ajudando-me na realização dos ensaios.

E também ao engenheiro João Paulo Vasconcelos que me ajudou dando apoio ao meu trabalho profissional quando eu estava ausente e com informações necessárias para auxiliar na conclusão da minha pesquisa.

E também não poderia deixar de lembrar das empresas que me ajudaram fornecendo o material para a realização deste trabalho, que é o caso da N&F Concretagem, a Supermix, a Premol e a Ciplan.

*Se ouço esqueço, se escrevo me lembro,
se faço aprendo.*

Confúcio

RESUMO

NOLETO, José Humberto Rodrigues. Trabalho de Conclusão de Curso. 2016. **AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO TIPO ESTABILIZADA, DA CIDADE DE PALMAS-TO PELO MÉTODO DE ENSAIO DE ARRANCAMENTO** do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – Tocantins

Com a praticidade e as tecnologias cada vez mais moderna na construção civil, a argamassa estabilizada está sendo cada vez mais consumida no Brasil. Isso tudo devido à necessidade de diminuir o prazo das construções e manter um padrão de qualidade e industrialização em cada etapa da construção. E em Palmas não é diferente, a procura pela argamassa estabilizada está aumentando cada vez mais. O grande foco desse trabalho foi analisar as argamassas produzidas pelas usinas de concreto de Palmas, verificando a eficácia em relação à aderência à tração de cada uma delas, bem como a resistência à compressão e também os índices de consistência se comparando com os dados das Normas de cada item. Primeiramente foi executado um painel de blocos cerâmicos com dimensões de 3,20m de comprimento por 1,40m de altura. Esse painel foi dividido ao meio através de um pequeno risco formando assim quatro partes para que fosse aplicado as quatro argamassas distintas, ou seja uma amostra de cada empresa. Toda a base a ser revestida foi preparada com chapisco para então receber o reboco, após 28 dias foram extraídos no teste de arrancamento 12 corpos de provas em diferentes pontos do painel, esse procedimento foi repetido para as quatro amostras. Os resultados da empresa A, B, C e D, não atenderam as normas prescritas, já os corpos de provas para ensaios de compressão foram moldados 6 de cada amostra e os resultados de todas as quatro empresas se encaixaram na classe II da norma NBR 13281/2001. Por fim os ensaios de consistência foram realizados no laboratório da instituição através do *flow table* e com a argamassa fresca, isso antes da aplicação do reboco no painel, e também todas as amostras analisadas, estão dentro do limite representado pela norma.

Palavras-chave: argamassa estabilizada, ensaio de aderência, ensaio de Consistência, ensaio de compressão.

ABSTRACT

NOLETO, José Humberto Rodrigues. Completion of course work. 2016. **EVALUATION OF THE RESISTANCE OF TENSION ADEQUENCY IN STABILIZED TYPE COATING OF THE CITY OF PALMAS-TO, BY THE TESTING METHOD OF THE Civil Engineering Course**, Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – Tocantins.

With the practicality and the technologies more and more modern in the civil construction, the stabilized mortar is being increasingly consumed in Brazil. This is all due to the need to shorten the construction period and maintain a standard of quality and industrialization at each stage of construction. And in Palmas is no different, the demand for stabilized mortar is increasing. The main focus of this work was to analyze the mortars produced by the Palmas concrete plants, verifying the effectiveness in relation to the adhesion to the traction of each of them, as well as the resistance to compression and also the consistency indexes when comparing with the data of the Standards Of each item. Firstly, a panel of ceramic blocks with dimensions of 3.20m long and 1.40m high was executed. This panel was divided in half through a small scratch forming four parts to apply the four different mortars, ie a sample of each company. The entire base to be coated was prepared with slab to then receive the plaster, after 28 days were extracted in the tear test 12 test bodies at different points of the panel, this procedure was repeated for the four samples. The results of the company A, B, C and D did not meet the prescribed standards, since the test bodies for compression tests were molded 6 test bodies of each sample and the results of all four companies fit into class II of the NBR standard 13281/2001. Finally the consistency tests were performed in the laboratory of the institution through the *flow table* and with the fresh mortar, that before the application of the plaster in the panel, and also all the samples analyzed, are within the limit represented by the standard

Keywords: mortar stabilized, test grip, consistency assay, compression test.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de areia quanto às dimensões.	15
Figura 2 - Britas de dimensões variadas.	16
Figura 3 - Argamassa de revestimento em diferentes camadas.	17
Figura 4 - Implicações dos diferentes movimentos da argamassa e substrato.	19
Figura 5 - Paquímetro Digital	35
Figura 6 - Realização da marcação dos CP's	36
Figura 7 - Escova de Aço	37
Figura 8 - Aparelho dinamômetro devidamente aferido para a execução do ensaio de arrancamento.	37
Figura 9 - Pastilhas de Alumínio	38
Figura 10 - Aplicação da Cola	38
Figura 11 - Blocos cerâmicos	39
Figura 12 - Execução do Chapisco	39
Figura 13 - Recebimento das argamassas	40
Figura 14 - Corpos de prova para ensaio de resistência à compressão	40
Figura 15 - Planejamento das variáveis do projeto.	41
Figura 16 - Equipamentos utilizados para realização do ensaio de consistência.	43
Figura 17 - Ensaio de Consistência	44
Figura 18 - Ensaio de Consistência	44
Figura 19 - Corpos de Prova para ensaio de Compressão	46
Figura 20 - Ensaio de Compressão do CP 06 da Empresa (A)	47
Figura 21 - Ensaio de Compressão do CP 05 da Empresa (B)	48
Figura 22 - Ensaio de Compressão do CP 01 da Empresa (C)	49
Figura 23 - Ensaio de Compressão CP 01 da Empresa (D)	50

Figura 24 - Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco.	51
Figura 25 - Resultado do Ensaio no CP 10 da Empresa (A)	52
Figura 26 - Painel após ensaio de arranchamento	53
Figura 27- Caracterização da ruptura dos pontos de ensaio.	53
Figura 28 - Balança de Precisão	57
Figura 29 - CP's Selecionados para determinação do teor de umidade do revestimento	57
Figura 30 – CP´s dentro da estufa à 105 ^o c conforme a norma	58
Figura 31 – Ensaio de resistência de aderência à tração	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única aplicados sobre paredes	20
Tabela 2 - Classificação das argamassas	22
Tabela 3 - Classificação das argamassas	23
Tabela 4 - Classificação das argamassas segundo as suas funções na construção	23
Tabela 5 - Classificação das argamassas segundo as suas funções na construção	24
Tabela 6 - Manifestações patológicas nos revestimentos: causas prováveis.....	31
Tabela 7 - Resultados de Consistência.....	43
Tabela 8 - Ensaio de Compressão Empresa (A)	46
Tabela 9 - Ensaio de Compressão Empresa (B)	47
Tabela 10 -Ensaio de Compressão Empresa (C)	48
Tabela 11 - Ensaio de Compressão Empresa (D)	49
Tabela 12 - Ensaio de Resistência de Aderência à tração Empresa (A)	52
Tabela 13 - Ensaio de Resistência de Aderência à tração Empresa (B)	54
Tabela 14 - Ensaio de Resistência de Aderência à tração Empresa (C).....	55
Tabela 15 - Ensaio de Resistência de Aderência à tração Empresa (D).....	56
Tabela 16 - Exigências mecânicas e reológicas para argamassas	61
Tabela 17 - Limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única aplicados sobre paredes	62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Objetivos	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
1.2. Justificativa e importância do trabalho	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1. História do Cimento	14
2.2. Agregados.....	14
2.2.1. Definição	14
2.2.2. Origem.....	14
2.2.3. Dimensões	15
2.3. Argamassa de revestimento.....	16
2.3.1. Definição	16
2.3.2. Trabalhabilidade.....	17
2.3.3. Mecanismo de aderência argamassa/substrato	17
2.3.4. CAPACIDADE DE ADERÊNCIA	18
2.3.5. Aderência mecânica.....	18
2.3.6. Avaliação da aderência a tração	19
2.4. Propriedades dos substratos intervenientes na aderência	20
2.4.1. Capilaridade do substrato e porosidade	20
2.4.2. Capacidade de sucção de água	21
2.4.3. Efeitos da molhagem do substrato.....	21
2.4.4. Aditivos:	21
2.5. Classificação das argamassas.....	22
2.5.1. Classificação das argamassas segundo as suas funções:	23
2.6. Principais funções de um revestimento de argamassa de parede	24
2.7. Argamassa Estabilizada.....	25
2.8. Traços.....	25
2.8.1. Definição	25
2.9. Propriedades importantes dos materiais	27
2.9.1. Massa específica	27
2.9.2. Massa unitária.....	27

2.9.3.	Umidade	27
2.9.4.	Inchamento	28
2.10.	Manifestações patológicas	28
2.10.1.	PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES	29
2.10.2.	Manifestações patológicas em revestimentos de fachadas:.....	31
3.	METODOLOGIA	32
3.1.	Classificação da Pesquisa.....	32
3.2.	Projeto Metodológico.....	32
3.3.	Equipamentos utilizados para o ensaio de aderência a tração segundo NBR. 33	
3.4.	Execução do Programa Experimental	34
3.5.	Definição das Variáveis	41
3.5.1.	Objeto de estudo: Argamassa Estabilizada	41
3.5.2.	Argamassas A, B, C e D.....	42
3.5.3.	Ensaio de Consistência	42
3.5.4.	Ensaio de Resistência à Compressão	42
3.5.5.	Ensaio de Aderência à tração.....	42
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1.	Estado Fresco.....	43
4.2.	Estado Endurecido.....	45
4.2.1.	Resistência à Compressão	45
4.2.2.	Resistência de aderência à tração	51
5.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	61
5.1.	Estado Fresco.....	61
5.2.	Estado Endurecido.....	61
5.2.1.	Resistência à Compressão	61
5.2.2.	Resistência de aderência à tração	61
5.3	Sugestões para trabalhos Futuros	62
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

1. INTRODUÇÃO

As exigências atuais do mercado da construção civil tendo obras com projetos cada vez mais ousados e/ou tamanhos maiores, aliado ao controle de custos cada vez mais restritivos faz com que a Engenharia Civil busque evoluções tecnológicas para atendimento destas necessidades e desempenhando construções com alta tecnologia aliado à performance e estéticas cada vez mais modernas.

Para garantir a proteção e estanqueidade à água dos elementos de vedação, segurança ao fogo nas edificações são feitos revestimentos e um destes revestimentos é também conhecido como argamassa.

Argamassas são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura de um ou mais aglomerantes, areia e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais.

Para confecção de uma argamassa de qualidade deve ser dosada e produzida para obter o melhor desempenho e durabilidade. Deve-se ter como prioridade, algumas propriedades, tais como: trabalhabilidade, aderência no estado fresco e endurecido, ausência de fissuras, resistência à abrasão e compressão, dentre outras qualidades. A qualidade da argamassa depende de uma escolha criteriosa dos materiais, como do preparo e manuseio adequados como o tempo de mistura, tempo de utilização, aplicação e acabamento.

Para que ocorra uma aderência adequada da argamassa de revestimento e o substrato, a mesma deve possuir boa adesividade, ou seja, capacidade de aderência da argamassa ao substrato no estado fresco. A aderência ao substrato é uma das principais propriedades exigidas por norma ABNT, a NBR 13528/2010, para argamassa de revestimento no estado endurecido, pois a aderência é a resistência de arrancamento de argamassa endurecida do substrato que é influenciada pela condição superficial do mesmo, pela qualidade e dosagem correta dos materiais, pela capacidade de retenção de água, pela espessura do revestimento, entre outras.

Os substratos devem ter superfícies sólidas, limpas, dimensionalmente estáveis e geometricamente planas. Tendo em vista as características das edificações, a grande maioria dos substratos, são constituídos por alvenarias cerâmicas ou de concreto.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a resistência de aderência à tração da argamassa de revestimento tipo estabilizada da cidade de Palmas-TO, pelo método do ensaio da ABNT NBR 13528:2010.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar e classificar as argamassas ensaiadas de acordo com a normativa existente da ABNT (ABNT NBR 13530:1995 e NBR 13529:2013).
- Analisar as propriedades das argamassas no estado fresco e no estado endurecido, sendo que no estado fresco será executado ensaio de consistência e no estado endurecido serão executados os ensaios de aderência e de resistência à compressão;
- Avaliar a resistência de aderência à tração das argamassas pelo método do arrancamento com aparelho (dinamômetro) digital.

1.2. Justificativa e importância do trabalho

Os revestimentos representam uma parcela significativa do custo de construção de edifícios. Segundo a Revista Construção Mercado (março 2003), tais custos representam cerca de 10 a 30% do total da construção, dependendo do tipo da edificação e do seu padrão. Os revestimentos de argamassa, muitas vezes, podem representar a maior fração dos custos citados, com isso mostra-se a importância de se estudar os revestimentos das construções buscando sempre a melhor técnica, aliada com a melhor qualidade. Além disso há também outros aspectos relevantes relativos à qualidade estética e principalmente a questão de segurança e patologias que podem comprometer a estrutura da obra.

E com o significativo aumento da demanda e consumo da argamassa estabilizada na construção civil na região de Palmas, e com a preocupação e curiosidade em se ter uma visão sobre a qualidade e eficácia da argamassa estabilizada que até então ainda é novo no mercado de Palmas no que diz respeito ao controle tecnológico, resolvemos então realizar um estudo para compararmos três aspectos da eficácia desse produto.

O crescimento da construção civil, juntamente com o surgimento da NBR 15575/2013 tem aumentado a exigência e o controle das obras de engenharia civil, daí a necessidade de cada vez mais testar a qualidade e a eficiência de cada material, com isso a importância de testes como o ensaio de aderência à tração em argamassas de revestimento para controle de qualidade deste material. Para tanto o presente trabalho propõe estudar e verificar qual tipo de argamassa tem melhor desempenho e aderência aos substratos, que são constituídos por alvenarias cerâmicas ou de concreto.

Com essa pesquisa pretendemos enfatizar a importância do controle tecnológico da argamassa estabilizada, dada a sua grande relevância como parte da estrutura de uma obra civil, pois assim como se controla o concreto, o aço e outros componentes, também se faz necessário um mínimo de rigor no controle do revestimento propriamente dito, pois a argamassa estabilizada é uma evolução tecnológica derivada da argamassa comum que tem sido usada com grande frequência em nossas obras, com isso nada melhor do que estudar este tipo de argamassa para controle tecnológico do mesmo, sendo esta uma tecnologia com grandes possibilidades de aplicação e evolução deste material.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. História do Cimento

A palavra cimento deriva do latim *caementum*, que significa união. O cimento pode ser definido como um aglomerante hidráulico constituído de óxidos (cálcio, silício, ferro e alumínio) que em contato com a água tem a capacidade de endurecer (MEHTA & MONTEIRO, 1994).

A ASTM C 150 define Cimento Portland como um aglomerante hidráulico produzido pela moagem do clínquer, que consiste essencialmente de silicatos de cálcio hidráulicos, usualmente com uma ou mais formas de sulfatos de cálcio como um produto de adição.

Uma das mais antigas, ou talvez as mais antigas, evidências de uso de cimento se encontra nas pirâmides do Antigo Egito. Nesta época eles produziam uma liga formada por uma mistura de gesso calcinado. Mais adiante, os romanos e os gregos começaram a utilizar um material obtido da queima de um gesso composto de calcário e cinzas vulcânicas, e este era misturado com areia e cacos de telhas. Essa argamassa foi utilizada em construções que existem até os dias atuais. Um exemplo de construção romana, que resiste até hoje é o Panteão, que foi construído em 27 a.C.

2.2. Agregados

2.2.1. Definição

Material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula (inerte), constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos (NEVILLE,1997).

2.2.2. Origem

Os naturais de densidade média: são encontrados na natureza já fragmentados sob a forma particulada: areias de barranco, minas, rios e mar; seixos rolados ou pedregulhos extraídos das jazidas de rios, mar ou das jazidas de solos (NEVILLE,1997).

Os naturais de densidade leve: inorgânicos celulares granulados constituídos da matéria prima por fontes naturais como: pedras polmes, escórias vulcânicas ou tufo.

Os artificiais de densidade média: são aqueles que a matéria prima necessita ser triturada ou britada, ou seja, receber tratamento de alguma maneira para chegar a forma das partículas dos agregados miúdos e graúdos em condições apropriadas para utilização em concreto normal. Os mais conhecidos são formados através da moagem da britagem de rocha estáveis (NEVES, 2009).

2.2.3. Dimensões

Quanto a dimensões, os agregados são classificados em dois grupos. Os miúdos: areias; os graúdos: seixo rolado, cascalho, britas, conforme estabelecidas especificações da ABNT- NBR- 7211/2009 e 9935/2011.

Os agregados inorgânicos leves, celular granulado, segundo as especificações Brasileira, encontra-se em dois grupos: o grupo I, os miúdos cujos grãos passam pelo menos 98% na peneira de 4,8mm. No grupo II, os graúdos cujos grãos passam pelo menos 90% na peneira de 12,5mm, conforme os limites estabelecidos através da ABNT- NBR- 7213/2013.

Os agregados miúdos de densidade leve, média ou alta são: a areia de origem natural ou artificial resultante do esmagamento a moagem de vermiculita expandida, rochas estáveis, minério de bário além de outros ou a mistura de todos, cujos grãos passam pelo menos 95% na peneira 4,8 mm conforme NBR-5734, a melhor definição é apresentada nas faixas dos limites granulométricos estabelecidos para agregados miúdos: areia muito fina, fina, media ou grossa, conforme as especificações da ABNT- NBR- 7211/2009 para agregado normal e pesado, quanto aos agregados leve, conforme os limites estabelecidos através da NBR-7213/2013 (NEVES, 2009).

Figura 1 - Tipos de areia quanto às dimensões.



Fonte: Grupo Aleixo.

Figura 2 - Britas de dimensões variadas.



Fonte: Sucess Engenharia.

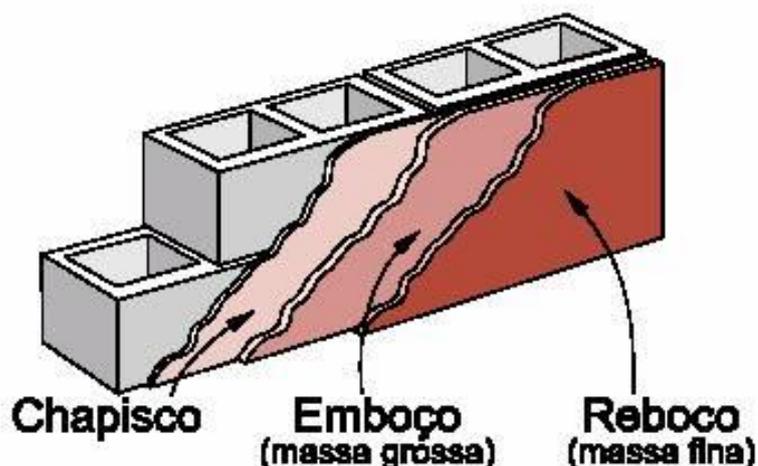
2.3. Argamassa de revestimento

2.3.1. Definição

O revestimento em argamassa é definido pela NBR 13529 (ABNT, 2013) como sendo “o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo, ou constituir-se em acabamento final” formando, junto com a decoração, um sistema de revestimento que deve ser compatível com a natureza da base, as condições de exposição, o acabamento final e o desempenho previsto em projeto. De acordo com a figura 3 os revestimentos podem se constituir de algumas camadas como, emboço, reboco e preparação de base.

Argamassas são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais (MEHTA & MONTEIRO, 1994).

Figura 3 -Argamassa de revestimento em diferentes camadas.



Fonte: PRÉ-FORTE, 2005.

Os revestimentos em geral têm como finalidade proteção à edificação através do aumento da resistência a impactos, boa aparência, redução de problemas com pintura de acabamento, melhoria do conforto acústico e menor capacidade de absorção de águas da chuva.

2.3.2. Trabalhabilidade

A trabalhabilidade da argamassa incorpora características da argamassa no estado fresco, como a consistência e a coesão.

A consistência da argamassa está diretamente ligada a umidade da mistura, quanto maior o fator água/cimento, maior o abatimento da argamassa. A coesão, por sua vez, é a medida da facilidade de acabamento e adensamento, avaliada pela capacidade de desempenamento e pela avaliação visual de resistência à segregação (SANTOS, 2003).

2.3.3. Mecanismo de aderência argamassa/substrato

A adesão inicial é a propriedade da argamassa que lhe permite permanecer aderida ao substrato momentaneamente após a aplicação, não significando a completa adesão do sistema a longo prazo; podendo, também, ser resultante das forças de dispersão entre a argamassa fresca e o substrato (SANTOS, 2003). A ocorrência de falhas nessa propriedade pode levar a deslocamentos e/ou escorrimientos da argamassa recém-lançada (primeiros minutos).

A forma como ocorre essa adesão inicial depende tanto das características de trabalhabilidade da argamassa, quanto das características de porosidade ou rugosidade da base ou de tratamento prévio que aumente a superfície de contato entre os materiais (CINCOTTO *et al*, 1995). Esta propriedade determina o desempenho do conjunto base-revestimento.

A adesão inicial, também denominada de “pegajosidade”, está diretamente ligada às características reológicas da pasta aglomerante, sendo a responsabilidade pela adesão física ao substrato e aos grãos do agregado atribuída à baixa tensão superficial da pasta (ROSELLO, 1996).

A fim de melhorar a adesão adota-se um valor reduzido de tensão superficial da pasta aglomerante, favorecendo, portanto, a molhagem da base e reduzindo o ângulo de contato entre as superfícies. Para modificar essa tensão superficial pode-se alterar a composição da argamassa, adicionando cal, assim como aditivos incorporadores de ar e retentores de águas.

2.3.4. CAPACIDADE DE ADERÊNCIA

De acordo com o Manual de Revestimento de Argamassa ABCP (s.d), conceitua-se aderência como a propriedade que possibilita à camada de revestimento resistir às tensões normais e tangenciais atuantes na interface com a base. O mecanismo de aderência se desenvolve principalmente: a) pela ancoragem da pasta aglomerante nos poros da base, ou seja, parte da água de amassamento contendo os aglomerantes é succionada pelos poros da base onde ocorre o seu endurecimento; b) e por efeito de ancoragem mecânica da argamassa nas reentrâncias e saliências macroscópicas da superfície a ser revestida.

Segundo Santos (2008), aderência é a resistência de arrancamento da argamassa endurecida do substrato que é influenciada pela condição superficial do mesmo, pela qualidade 9 e dosagem correta dos materiais, pela capacidade de retenção de água, pela espessura do revestimento, entre outras, (SELMO, 1989).

2.3.5. Aderência mecânica

De acordo com os autores Kampf, ValdehitaRosello,Chase e Addleson – citados por Carasek, Cascudo&Scartezini (2001) – a aderência da argamassa ao

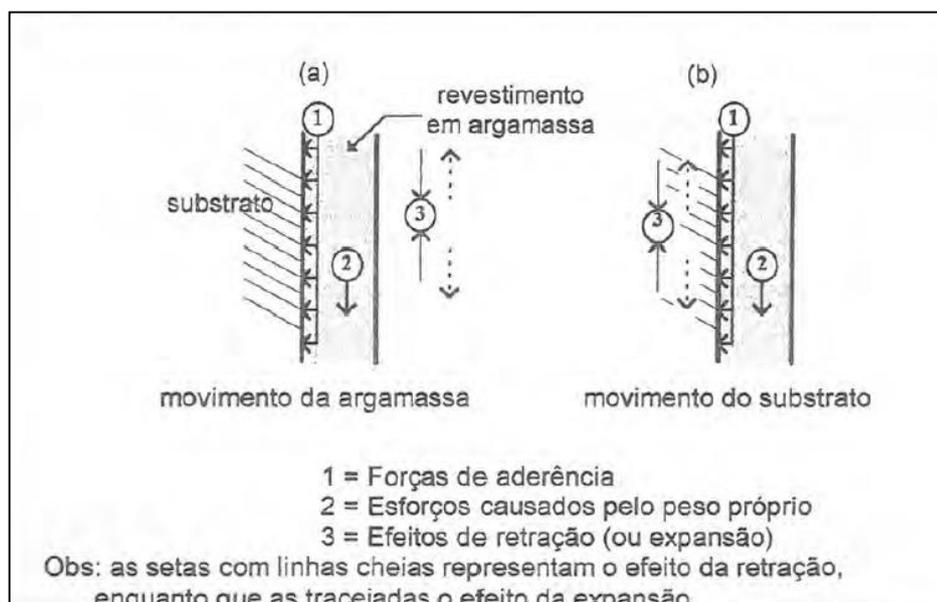
substrato é um fenômeno essencialmente mecânico devido, basicamente, à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação, e à precipitação dos produtos de hidratação do(s) aglomerante(s) exercendo ação de ancoragem da argamassa à base após a cura.

Uma vez que a argamassa toca a base e a molha através da pasta, parte da água de amassamento contendo os aglomerantes em dissolução é succionada pelos poros da base. No interior destes, ocorrerá precipitação e hidratação dos silicatos e hidróxidos, seu consequente endurecimento progressivo e a ancoragem da argamassa à base (SELMO, 1989).

A extensão de aderência também é um fator muito importante e que deve ser considerado. Essa extensão é à medida que corresponde à razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de ser unida entre a argamassa e uma base porosa. E é inversamente proporcional a ocorrência de falhas de contato na interface argamassa substrato. Assim quanto menor a extensão maior é a ocorrência de falhas.

A figura 4 mostra que se as forças de aderência forem superiores a soma das forças do peso próprio e da retração a aderência será mantida, no entanto se a soma superar a resistência de aderência se terá a perda de durabilidade do revestimento.

Figura 4-Implicações dos diferentes movimentos da argamassa e substrato.



Fonte: CARASEK *apud* ADDLESON, 1996

2.3.6. Avaliação da aderência a tração

A avaliação da aderência dos revestimentos é feita através de ensaios destrutivos de resistência de aderência, por tração ou por cisalhamento, de corpos de

prova cortados transversalmente nos revestimentos obtendo-se valores de resistência à tração ou ao cisalhamento, dependendo da direção de solicitação (SELMO, 1989).

A resistência de aderência à tração representa a máxima tensão que um revestimento suporta quando submetido a um esforço normal de tração. Essa resistência pode ser medida por diversos tipos de aparelho e consiste na imposição de um esforço de tração perpendicular ao revestimento a ser ensaiado.

As especificações normativas de aderência prescrevem níveis mínimos de resistência de aderência tração, conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única aplicados sobre paredes

LOCAL		ACABAMENTO	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA (Mpa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	≥ 0,20
		Cerâmica ou laminado	≥ 0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	≥ 0,30
		Cerâmica	≥ 0,30

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 2013)

2.4. Propriedades dos substratos intervenientes na aderência

Para o estudo específico argamassa/substrato poroso tem-se que a influência da base é bem grande relativo à aderência, uma vez que a mesma se processa por fenômenos mecânicos. Sendo assim os substratos são caracterizados pela porosidade, capacidade de sucção de água e pela textura superficial, referentes à aderência um enfoque maior será dado para a capacidade de sucção de água e a porosidade, uma vez que essas propriedades são as maiores intervenientes no processo de aderência da argamassa ao substrato (CARASEK, 2007).

2.4.1. Capilaridade do substrato e porosidade

Carasek *apud* Haynes (1996) estabelece que as três propriedades estruturais indispensáveis que definem os materiais porosos são porosidade, distribuição do tamanho dos poros e superfície ou área específica. A primeira propriedade é a relação entre o volume de vazios e o volume total do material, a segunda geralmente é determinada por porosimetria com intrusão de mercúrio e a terceira é a superfície compreensível contida em unidade de massa do volume do sólido, considerada também de menor relevância para o estudo do mecanismo de aderência.

2.4.2. Capacidade de sucção de água

A água responsável pela aderência imediata do bloco/argamassa é transportada para o interior dos poros através da sucção capilar. Quando se diz respeito à capacidade de aderência sabe-se que a velocidade de sucção é de maior relevância que a quantidade total de água que um bloco cerâmico pode absorver quando mergulhado por um longo tempo, para esse processo dá-se a denominação de absorção total. Relativa à avaliação da caracterização de sucção dos blocos o ensaio mais utilizado é o IRA (Initial Rate Absorption), também conhecido como AAI, que consiste em determinar a quantidade de água absorvida por uma face do tijolo após a mesma ter ficado submersa em água entrementes um minuto.

2.4.3. Efeitos da molhagem do substrato

Para diminuir a absorção de água dos substratos pode-se optar pela molhagem ou pré-umedecimento com intuito de obter de forma geral uma evolução na resistência de aderência. Opta-se por esse método, pois como a absorção excessiva influi diretamente no surgimento de microfissuras que podem vir afetar a aderência através da retração plástica.

2.4.4. Aditivos:

A linha de aditivos usados pelas usinas de argamassas de Palmas é o EUCON – MT, que é uma linha de aditivos composta por matérias primas de origem natural, que possuem grande poder de plastificação e incorporação de ar, mantendo a trabalhabilidade por mais tempo e pega controlada. O conjunto com os dois aditivos da linha, formam um sistema que possibilita a estabilização de argamassa de 12 até 72 horas.

Os aditivos da linha EUCOM são compatíveis com todos os tipos de cimento Portland e atende os requisitos das normas NBR 11768/2011, ASTM C 494 (TIPO B) e ASTM C260.

Esses aditivos usados pelas usinas de concreto de Palmas atribui uma linha de vantagens bastante significantes, tais como:

- Alta manutenção de trabalhabilidade
- Moderada redução da água de amassamento
- Aumento das resistências mecânicas finais
- Redução da densidade da argamassa

- Redução da permeabilidade
- Redução da segregação e exsudação (aumento da coesão)
- Redução do potencial de retração e a formação de fissuras
- Maior facilidade de bombeamento e projeção.

Utilização:

- Argamassas de assentamento de tijolos cerâmicos, blocos de concreto, etc;
- Argamassas de regularização;
- Argamassas de revestimento;
- Rebocos internos e externos;
- Argamassas autonivelantes;

2.5. Classificação das argamassas

A classificação das argamassas em relação a alguns parâmetros que podem ser observados na tabela 2 e 3:

Tabela 2 - Classificação das argamassas

Critério de classificação	Tipo
Quanto à natureza do aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa aérea • Argamassa hidráulica
Quanto ao tipo de aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa de cal • Argamassa de cimento • Argamassa de cimento e cal • Argamassa de gesso • Argamassa de cal e gesso
Quanto ao número de aglomerantes	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa simples • Argamassa mista
Quanto à consistência da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa seca • Argamassa plástica • Argamassa fluida

Fonte: CARASEK, (2007)

Observando a tabela 2 dois podemos ver os parâmetros de classificação das argamassas de acordo com o aglomerante utilizado e quando a sua consistência. Já na tabela 3 podemos observar a classificação conforme a sua plasticidade, densidade e forma de preparo.

Tabela 3 - Classificação das argamassas

Critério de classificação	Tipo
Quanto à plasticidade da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa pobre ou magra • Argamassa média ou cheia • Argamassa rica ou gorda
Quanto à densidade de massa da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa leve • Argamassa normal • Argamassa pesada
Quanto à forma de preparo ou fornecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa preparada em obra • Mistura semipronta para argamassa • Argamassa industrializada • Argamassa dosada em central

Fonte: CARASEK, (2007)

2.5.1. Classificação das argamassas segundo as suas funções:

Os revestimentos de argamassa, para cumprir adequadamente as suas funções, devem possuir características e propriedades que sejam compatíveis com as condições a que estarão expostos, com as condições de execução, com a natureza da base, com as especificações de desempenho, e com o acabamento final previsto. As funções das argamassas podem ser observadas na tabela 4 e 5.

Tabela 4 - Classificação das argamassas segundo as suas funções na construção

Função	Tipos
Para construção de alvenarias	Argamassa de assentamento (elevação da alvenaria)
	Argamassa de fixação (ou encunhamento) – alv. de vedação
Para revestimento de paredes e tetos	Argamassa de chapisco
	Argamassa de emboço
	Argamassa de reboco
	Argamassa de camada única
	Argamassa para revestimento decorativo monocamada

Fonte: CARASEK, (2007)

Tabela 5 - Classificação das argamassas segundo as suas funções na construção

Função	Tipos
Para revestimento de pisos	Argamassa de contrapiso
	Argamassa de alta resistência para piso
Para revestimentos cerâmicos (paredes/ pisos)	Argamassa de assentamento de peças cerâmicas – colante
	Argamassa de rejuntamento
Para recuperação de estruturas	Argamassa de reparo

Fonte: CARASEK, (2007)

2.6. Principais funções de um revestimento de argamassa de parede

O revestimento de argamassa pode ser entendido como a proteção de uma superfície porosa com uma ou mais camadas superpostas, com espessura normalmente uniforme, resultando em uma superfície apta a receber de maneira adequada uma decoração final (CARASEK, 2007).

As principais funções de um revestimento de argamassa são:

- ✓ Proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo, no caso dos revestimentos externos;
- ✓ Integrar o sistema de vedação dos edifícios, contribuindo com diversas funções, tais como: isolamento térmico (~30%), isolamento acústico (~50%), estanqueidade à água (~70 a 100%), segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais;
- ✓ Permitir que o acabamento final resulte numa base regular, adequada ao recebimento de outros revestimentos, de acordo com o projeto arquitetônico, por meio da regularização dos elementos de vedação.

Para se ter uma ideia numérica da importância do revestimento como elemento isolante, um revestimento de argamassa com espessura entre 30 a 40% da espessura da parede, pode ser responsável por 50% do isolamento acústico, 30% do isolamento térmico e contribui em 100% pela estanqueidade de uma vedação de alvenaria comum (CARASEK, 2007).

2.7. Argamassa Estabilizada

A tradição brasileira mostra que muitos consumidores de argamassa produzem seu próprio produto em obra. Outra parte corresponde a um mercado recente de argamassas industrializadas secas, quase prontas para uso. Ainda, uma ínfima minoria desfruta do uso e da potencialidade da argamassa úmida estabilizada pronta para uso.

A argamassa estabilizada úmida para revestimento é praticamente constituída pelos mesmos materiais e possui a mesma finalidade de outra argamassa para revestimento, porém com pequenos ajustes nas composições dos constituintes e incluindo uma dosagem de aditivo retardador que permite sua aplicação durante um período desejado, podendo variar de 12 a 72 horas, antes que se inicie o processo de endurecimento da mesma. Esse intervalo de tempo, de 12 a 72 horas, é o que o mercado produtor recomenda para aplicação em obra.

A argamassa estabilizada tem como grande característica positiva que leva a sua utilização o aumento da produtividade da obra, pois com uma grande quantidade de argamassa pronta e com período da mesma prolongado, não há necessidade de ter pausa para produção de argamassa em betoneiras, ou seja, sua utilização coopera para industrialização na construção civil (CAPUZZO NETO, 2008):

2.8. Traços

2.8.1. Definição

O traço é a proporção dos materiais que compõe o concreto ou a argamassa. O traço pode ser classificado em 3 (três) diferentes tipos (CAPUZZO NETO, 2008):

- Traço em massa: é quando as proporções estão associadas à massa dos materiais;
- Traço em volume: é quando as proporções estão associadas ao volume dos materiais;
- Traço misto: é quando a quantidade de um material é fornecida em massa enquanto os demais materiais são fornecidos em volume.

Quando utilizar cada tipo de traço:

2.8.1.1 Traço em massa

Vantagem: O traço em massa proporciona uma maior precisão na determinação das quantidades de materiais (CAPUZZO NETO, 2008).

Quando utilizar: É indicado para obras que necessitam de um controle mais rigoroso da dosagem do concreto. De acordo com a NBR 12655(1996), deve-se utilizar esse tipo de traço para concretos acima da classe C25 (25 MPa).

Desvantagem: São necessários equipamentos de pesagem materiais, o que não é comum na grande maioria das obras.

Onde é utilizado: Usinas de concretagens, obras de grande porte e laboratórios técnicos.

2.8.1.2 Traço em volume

Vantagem: O traço em volume proporciona uma maior facilidade na determinação das quantidades dos materiais (CAPUZZO NETO, 2008).

Quando utilizar: Não é indicado para a dosagem de concreto com fins estruturais. A NBR 12655(1996) não permite quantificar o cimento em volume.

Desvantagem: A imprecisão nas medidas de volume pode levar a um maior gasto de cimento ou a um concreto com menor resistência que a necessária.

Onde é utilizado: Deve ser usado somente em casos de emergência ou em locais de pouca importância.

2.8.1.3 Traço misto

Vantagem: O traço misto proporciona uma maior precisão na determinação da quantidade de cimento, mas os agregados continuam sendo determinados por meio de volumes (CAPUZZO NETO, 2008).

Quando utilizar: A NBR 12655(1996) permite utilizar esse tipo de traço para concreto até a classe C25, desde que sejam tomados alguns cuidados na determinação dos volumes de agregados.

Desvantagem: A imprecisão nas medidas dos volumes dos agregados pode levar a um maior gasto de cimento ou a um concreto com menor resistência que a necessária. Para algumas situações é necessário a existência de balanças com capacidade e precisão necessárias para a conversão de massa para volume de agregados.

Onde é utilizado: É o traço usual na maioria das obras.

2.9. Propriedades importantes dos materiais

2.9.1. Massa específica

Dá-se o nome de massa específica de um material granular ou pulverulento (pó) à massa deste em relação ao volume das partículas sólidas (volume dos grãos, dos cheios ou volume real), sem contar os vazios, isto é, da unidade de volume deste material compactado.

Normas:

- NBR 9776– Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman
- NBR 9937– Agregados - Determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo
- NBR 6474 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica - método de ensaio

2.9.2. Massa unitária

A massa unitária é definida como a massa pelo volume do material granular ou pulverulento (pó), considerando-se os vazios. Designa-se por “ δ ” e deve ser menor que “ γ ” do mesmo material, pois o volume é maior. É utilizado para transformações de medidas de materiais de volume para massa e vice-versa.

Normas:

- NBR 7251– Agregado no estado solto - Determinação da massa unitária
- Não existem normas específicas para a determinação da massa unitária da cal e do cimento.

2.9.3. Umidade

Umidade é a relação entre a quantidade de água existente e a massa seca de material. Em termos de dosagem de concretos, os dados relativos à umidade dos agregados são indispensáveis para a correção das proporções da água de mistura e

dos agregados adicionados, pois a quantidade de água transportada pelos mesmos para o concreto altera substancialmente a relação água/cimento.

Normas:

- NBR 9775 – Agregados – Determinação da umidade superficial em agregados miúdos por meio do frasco Chapman. 1987.

2.9.4. Inchamento

Dependendo do teor de umidade e da composição granulométrica do agregado, pode ocorrer um aumento considerável do volume aparente da areia, pois a tensão superficial da película de água presente ao redor dos grãos mantém as partículas afastadas uma das outras. Esse aumento de volume é considerado o inchamento do agregado miúdo (areia).

O inchamento está associado a uma determinada umidade, e através dos valores de cada par de teores de umidade/inchamento do agregado miúdo (h, i), traça-se uma curva de inchamento, de modo a representar graficamente o fenômeno.

Com esta representação gráfica, duas novas determinações importantes são definidas: umidade crítica, definida como teor de umidade acima do qual o coeficiente de inchamento pode ser considerado constante e igual ao coeficiente de inchamento médio; e coeficiente de inchamento médio, valor médio entre o coeficiente de inchamento máximo e o correspondente à umidade crítica.

2.10. Manifestações patológicas

Os sistemas de revestimentos de argamassa são integrantes das vedações e fundamentais para a durabilidade dos edifícios, desempenham as funções de absorver as deformações naturais a que as alvenarias estão sujeitas, de revestir e de proteger de maneira uniforme as alvenarias contra agentes agressivos externos. Apesar do intenso uso dos revestimentos argamassados, é muito frequente a ocorrência de patologias nos mesmos, o que ocasiona prejuízos aos diversos setores envolvidos, podendo, em algumas circunstâncias, causar graves acidentes. Pesquisadores como Bauer (1997) e Cincotto et al., (1995) atribuem os problemas das argamassas de revestimento a diversos fatores. A inexistência de projeto, desconhecimento das características dos materiais empregados, utilização de materiais inadequados, erros de execução, desconhecimento ou não observância de Normas Técnicas e falhas na manutenção são indicados por Bauer. Para Cincotto

além das características dos materiais e da mistura dos mesmos, a ação de fatores externos sobre o revestimento e a inter-relação entre os diversos fatores afetam a durabilidade e o desempenho das argamassas.

Para Carasek (2007), a deterioração prematura dos revestimentos de argamassa é decorrente de processos físicos, mecânicos, químicos e biológicos. No entanto a autora afirma que os fenômenos frequentemente se sobrepõem sendo necessário considerar também as suas interações. A ação destes processos sobre as argamassas se manifesta através de efeitos físicos nocivos como a desagregação, descolamento do revestimento, vesículas, fissuração e aumento da porosidade e da permeabilidade.

2.10.1. PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES

Para Verçosa (1991) a patologia das edificações se resume ao estudo da identificação das causas e dos efeitos de problemas encontrados nas edificações, elaborando seu diagnóstico e correção. Helene (1993), descreve a patologia como sendo o estudo dos sintomas, dos mecanismos, das causas e das origens dos defeitos das construções civis, ou seja, como o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema. Inúmeras são as manifestações patológicas que afetam os edifícios. Entre elas, Thomaz (1992) destaca a evolução tecnológica da construção civil no Brasil, que induziu a realização das obras em um tempo menor, utilizando estruturas e materiais cada vez mais leves. Tais fatos, juntamente com o despreparo dos profissionais, tanto de projeto quanto de produção, vêm provocando a queda gradativa da qualidade das construções no país. O autor complementa ainda que as incompatibilidades dos projetos, bem como o seu pouco detalhamento, juntamente com a falta de planejamento e de fiscalização das obras, colaboram para o agravamento do quadro atual.

2.10.1.1 Causas

A causa das manifestações patológicas, de acordo com Helene (1993), está relacionada a vários fenômenos que influenciam no surgimento das anomalias. Merecem destaque cargas excessivas, variação de umidades, variações térmicas, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, agentes atmosféricos entre outros.

2.10.1.2 Consequências

Um bom diagnóstico deve ter condições de prever as consequências futuras que o problema poderá trazer no comportamento geral do edifício. Helene (1993) separa estes prognósticos em dois tipos: os que afetam as condições de segurança da estrutura (mais urgentes), e os que comprometem somente as condições de estética, denominadas condições de serviços, associadas aos estados limites de utilização. Segundo Thomas (1992) e Helene (1993), os problemas patológicos são evolutivos e tendem a se agravar com o passar do tempo, podendo até ser gerado novos problemas em decorrência dos primeiros. Por esse motivo, pode-se afirmar que as correções serão mais duráveis, mais efetivas, mais fáceis e mais baratas se forem executadas, quanto mais cedo, como expressa a lei de Sitter, junto a qual pode-se constatar os custos crescentes numa progressão geométrica de fator cinco, conforme o tempo da realização de cada etapa construtiva:

Os revestimentos de argamassa estão sujeitos a vários fenômenos, como se pode verificar neste capítulo, sejam eles decorrentes do meio ambiente, de modo como foi projetado e construído o edifício, das propriedades químicas e físicas dos componentes empregados na construção; do tipo de revestimento superficial, da manutenção, bem como do uso inadequado dos edifícios. Na tabela 6, pode-se ter uma noção mais ampla das manifestações patológicas mais frequentes das fachadas.

Tabela 6 - Manifestações patológicas nos revestimentos: causas prováveis

Manifestação patológica	Efeitos	Causas prováveis
Eflorescência	- manchas de umidade - pó branco acumulado na superfície	- umidade constante - sais solúveis nas alvenarias e água de amassamento
Bolor (fungos, algas, líquens etc)	- manchas esverdeadas, avermelhadas ou escuras - revestimento em desagregação	- umidade constante - área não exposta ao sol
Vesículas	- empolamento da pintura - bolhas com umidade	- hidratação retardada da CaO (hidróxido de cálcio/cor branca) - pirita ou matéria orgânica na areia (cor escura) - concentrações ferruginosas na areia - aplicação prematura de tinta impermeável
Descolamento do reboco com empolamento	- descolamento do emboço formando bolhas - reboco com som cavo	- infiltração de umidade - hidratação retardada do MgO (hidróxido de magnésio)
Descolamento do reboco em placas	- placa endurecida quebrando com dificuldade - som cavo	- placas freqüentes de mica na camada interior - argamassa muito rica ou espessa - superfície com substâncias hidrófugas - falta de aderência da superfície
	- placa endurecida e desagregando-se - som cavo	- argamassa magra - ausência de chapisco
Fissuras horizontais	- ao longo da parede - descolamento do revestimento com som cavo	- expansão da argamassa por hidratação retardada do MgO - expansão da argamassa por reação cimento-sulfatos ou de argilo-minerais nos agregados
Fissuras mapeadas	- forma variada e em toda a superfície	- retração da argamassa de base

Fonte: (CINCOTTO, 1988 adaptado)

2.10.2. Manifestações patológicas em revestimentos de fachadas:

O índice de problemas em revestimentos de fachada tem sido elevado, principalmente no que se refere à aderência argamassa/substrato/revestimento e fissuração. Esses defeitos, muitas vezes ocultos, geram prejuízos econômicos a construtores, fabricantes e usuários. Eliminar esses riscos por meio de técnicas capazes de atuar de forma não destrutiva na prevenção/correção de falhas durante a execução dos revestimentos ou na identificação dos defeitos ocultos antes do agravamento do problema é fator crítico para evitar prejuízos ao desempenho técnico dos materiais aplicados e na vida útil das edificações.

3. METODOLOGIA

3.1. Classificação da Pesquisa

A pesquisa é classificada como aplicada, pois tem o intuito de avaliar quatro tipos de argamassas produzidas no município de Palmas-Tocantins por quatro tipos de centrais dosadoras diferentes, demonstrando assim se as argamassas comercializadas na cidade de Palmas atendem os parâmetros normativos quanto a resistência de aderência à tração.

Quanto ao procedimento metodológico é uma pesquisa experimental, pois utiliza-se de experimentos laboratoriais (ensaios), objetivando avaliar as variáveis de pesquisa (dependentes), para assim com estudos chegar as variáveis de resposta (independentes).

Tem caráter quantitativo e qualitativo, pois se utiliza de resultados numéricos gerados por ensaios, para avaliação dos resultados e tratamento destes, para assim chegar ao objetivo final de diagnosticar a qualidade das argamassas comercializadas no município de Palmas-Tocantins. Tendo assim o intuito de utilizar os dados tratados para gerar gráficos e tabelas para o melhor entendimento dos resultados da pesquisa.

O objeto de estudo é a argamassa estabilizada de revestimento fabricada em Palmas Tocantins.

3.2. Projeto Metodológico

Nessa parte do trabalho é apresentado os métodos para avaliar as características das argamassas das quatro centrais de concreto.

Para tanto, a pesquisa é desenvolvida para verificar a resistência à aderência e a conformidade das argamassas comercializadas no município de Palmas Tocantins.

Os ensaios de caracterização dos materiais e, propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido, foram realizados seguindo as recomendações das Normas Brasileiras (NBRs), no Laboratório de Engenharia Civil do CEULP-ULBRA (Centro Universitário Luterano de Palmas).

A pesquisa é realizada a fim de verificar-se a argamassa estabilizada fornecida por quatro centrais dosadoras de Palmas-Tocantins, qual delas tem a melhor performance referente ao ensaio de arrancamento. Nesse estudo, foram feitos os

ensaios de consistência de cada argamassa testada e também os ensaios de compressão.

Os materiais foram cedidos por empresas locais, com o objetivo de colaborar com a pesquisa.

Termos e definições:

Relacionam-se a seguir, termos e definições referentes ao procedimento em estudo.

- Aderência: propriedade do revestimento de resistir às tensões atuantes na interface com o substrato, A aderência não é uma propriedade da argamassa, sendo a interação entre as camadas constituintes do sistema de revestimento que se pretende avaliar (base, preparo da base e revestimento).
- Resistência de aderência à tração (R_a): tensão máxima suportada por uma área limitada de revestimento (corpo de prova), na interface de avaliação, quando submetido a um esforço normal de tração.
- Corpo-de-prova: parte do revestimento de argamassa, de seção circular, delimitado por corte com equipamento chamado serra copo diamantado.
- Substrato ou base: superfície sobre o qual está aplicado o revestimento de chapisco e argamassa. Pode ser por exemplo, parede de alvenaria, componentes de alvenaria (bloco ou tijolo) e superfície de concreto (estrutura ou painéis).

3.3. Equipamentos utilizados para o ensaio de aderência a tração segundo NBR.

Foram empregados um aparelho dinamômetro da marca Solotest, equipado com um indicador digital de leitura de força, com capacidade de 1200kgf e com resolução do display de 1Kgf. O equipamento apresentava as características necessárias ao procedimento, permitia a aplicação contínua de carga, possuía fácil manuseio, baixo peso e era dotado de dispositivo para leitura de carga com erro máximo de 2% e com a disposição de três pontos de apoio ajustáveis. Foram empregadas também pastilhas de alumínio com seção circular de (50 ± 1) mm de diâmetro e com um dispositivo no centro sendo um furo com rosca para a fixação do

parafuso de encaixe, as quais foram coladas ao revestimento com o uso da cola à base epóxi (araldite).

Na figura 5 mostra um paquímetro digital com escala em milímetros e resolução de 0,1mm, que foi usado para determinar a espessura do revestimento e o diâmetro de cada CP.

3.4. Execução do Programa Experimental

O primeiro procedimento, foi a aquisição dos blocos cerâmicos de 8 furos e dimensões de 9x19x29cm conforme figura 9 e o cimento CII E 32 da marca Tocantins para a execução do painel.

O painel foi executado com as seguintes dimensões: 3,20m de comprimento por 1,40m de altura. Três dias após executado o painel, foi lançado o chapisco como pode ser observado na figura 12, sempre obedecendo rigorosamente às normas de execução.

O próximo passo foi providenciar as amostras de argamassa estabilizada das usinas de concreto de Palmas, sendo recolhidas em dias diferentes para que o ensaio de aderência não fosse realizado num mesmo dia. Primeiramente foi recolhida a amostra de argamassa da empresa **A**.

Todo material foi colocado em um tambor conforme figura 13 devidamente livre de sujeira ou óleos, em seguida envelopado e encaminhado para o laboratório da Ulbra para que fosse realizado as devidas execuções de revestimento e os ensaios de consistência e a moldagem dos cps para o ensaio de compressão conforme figura 14. Depois foi recolhida a amostra de argamassa da usina de concreto **B**, sendo feito o mesmo procedimento para não sair dos padrões dos outros, no próximo dia foi recolhido a amostra de argamassa da empresa **C**, sendo feito o mesmo procedimento, e por último foi recolhido a amostra de argamassa da empresa **D** e fazendo sempre o mesmo procedimento de transporte e acomodação da amostra. Este ensaio de aderência será realizado após 28 dias de seu lançamento no painel.

Todos os ensaios de aderência foram feitos no final da tarde de cada dia especificado, este procedimento se repetiu para todas as amostras estudadas.

Figura 5 - Paquímetro Digital



Foi utilizado uma furadeira da marca skil de 500watts de potência composta com uma serra copo com borda diamantada e com altura superior à espessura do revestimento ensaiado, garantindo as confecções dos corpos de provas livre de vibrações que pudesse comprometer a integridade dos CPs, conforme figura 6.

Figura 6 - Realização da marcação dos CP's



Foi utilizado também um esquadro para gabaritar a firmeza da furadeira para que não houvesse falhas nas confecções dos corpos de provas.

Foi utilizado uma escova de aço para fazer a limpeza do CP conforme figura 7, removendo qualquer tipo de pó ou material solto. Também foi utilizado um pedaço de papelão na parte inferior de cada corpo de prova para ajudar na sustentação e evitar o escorrimento da cola.

Figura 7 - Escova de Aço



Figura 8 - Aparelho dinamômetro devidamente aferido para a execução do ensaio de arrancamento.



Na figura 9, podemos observar as pastilhas devidamente coladas aos corpos de provas, com 12 peças para cada argamassa. Na figura 10 está mostrando a cola utilizada e a forma de espalhamento para que não aconteça o escorrimento.

Figura 9 - Pastilhas de Alumínio



Figura 10 - Aplicação da Cola



Figura 11 – Blocos cerâmicos



Figura 12 - Execução do Chapisco



Figura 13 - Recebimento das argamassas



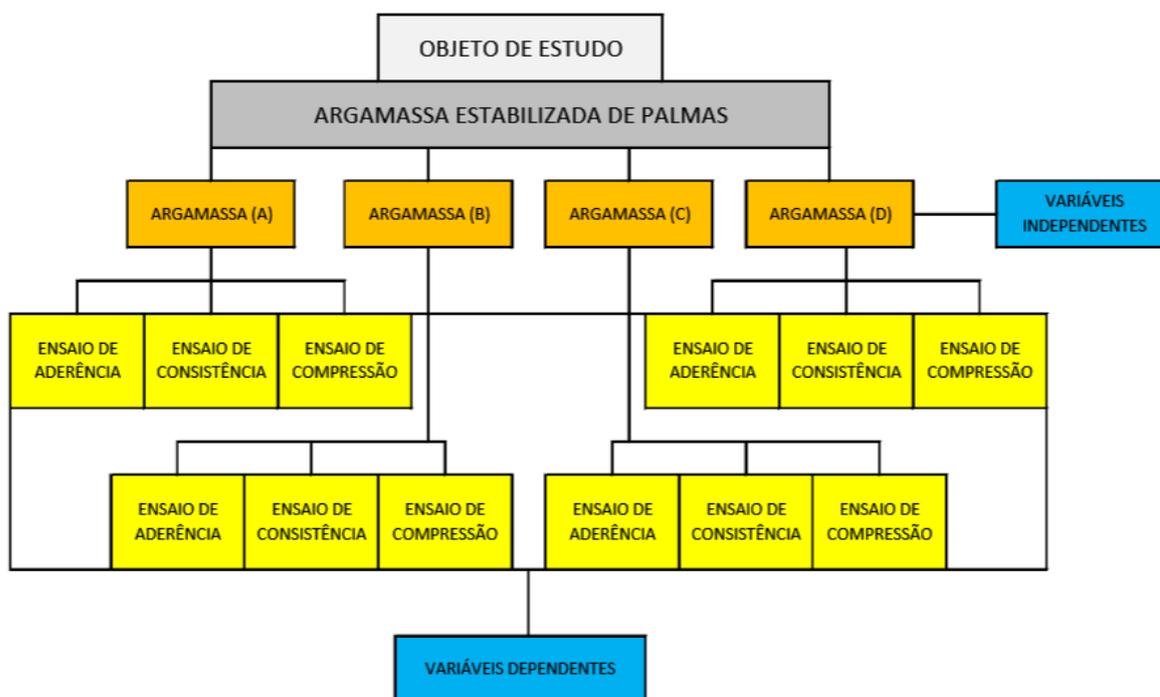
Figura 14 - Corpos de prova para ensaio de resistência à compressão



3.5. Definição das Variáveis

As variáveis independentes, dependentes estão descritos nos itens abaixo. A Figura 15 ilustra o planejamento das variáveis.

Figura 15 - Planejamento das variáveis do projeto.



Fonte: Autor, 2016.

Baseado com o fluxograma acima, a ordem dos ensaios realizados no laboratório do Ceulp Ulbra, foram os seguintes:

1. Primeiro foi realizado o ensaio de consistência que foi realizado com a argamassa no estado fresco.
2. Em seguida foram realizados os ensaios de resistência a aderência e resistência a compressão no estado endurecido.

3.5.1. Objeto de estudo: Argamassa Estabilizada

A argamassa estabilizada dosada em central passa por vários procedimentos controlados desde a sua mistura na central dosadora até à sua aplicação em obra, garantindo assim a qualidade do produto. Para obter essa qualidade necessita-se de um estudo adequado da composição e da mistura dos materiais constituintes, sendo um dos principais componentes o aditivo estabilizador, cuja função determinante é retardar o início de pega do cimento, de modo a permitir que a argamassa permaneça

trabalhável por um longo período determinado antes de ser aplicada em obra, geralmente, maior do que 24 horas.

3.5.2. Argamassas A, B, C e D

As argamassas A, B, C e D são argamassas fornecidas por 4 empresas da cidade de Palmas – TO para realização desta pesquisa.

3.5.3. Ensaio de Consistência

Para avaliar a eficácia da estabilização da argamassa, é fundamental a realização do ensaio de verificação da manutenção da sua consistência. O ensaio de determinação do índice de consistência através da mesa de “flow” consiste em realizar medidas do diâmetro do corpo de prova tronco-cônico normalizado, após o seu abatimento com 30 golpes da mesa, conforme prescreve a NBR 13276: “argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - preparo da mistura e determinação do índice de consistência” (ABNT, 2005b).

3.5.4. Ensaio de Resistência à Compressão

O preparo dos moldes de argamassa para os ensaios de compressão no estado endurecido foi realizado, conforme os itens 5.2, 5.4 e 5.5 da NBR 13279: “argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à tração na flexão e à compressão” (ABNT, 2005c). As amostras foram ensaiadas aos 28 dias de idade.

3.5.5. Ensaio de Aderência à tração

A metodologia de ensaio seguiu a NBR 13528: “revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas –determinação da resistência de aderência à tração” (ABNT, 2010).

Foram preparados 12 corpos-de-prova de mesmas características, para cada amostra ou traço. A distribuição dos pontos de teste foi feita de forma aleatória.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Estado Fresco

Os resultados obtidos no ensaio de flow table podem ser observados na tabela 7 e na figura 16.

Tabela 7 - Resultados de Consistência

Empresas	1ª LEITURA (mm)	2ª LEITURA (mm)	3ª LEITURA (mm)	MÉDIA (mm)
A	296	288	291	292
B	296	294	281	290
C	272	279	286	280
D	288	286	293	289

As figuras 16, 17 e 18 mostram a execução do ensaio de consistência (flow table) em uma das amostras analisadas neste trabalho.

Figura 16 - Equipamentos utilizados para realização do ensaio de consistência.



Figura 17 - Ensaio de Consistência



Figura 18 - Ensaio de Consistência



O gráfico 1 mostra o comparativo das médias obtidas nos ensaios de consistência realizados nas argamassas pesquisadas neste trabalho.

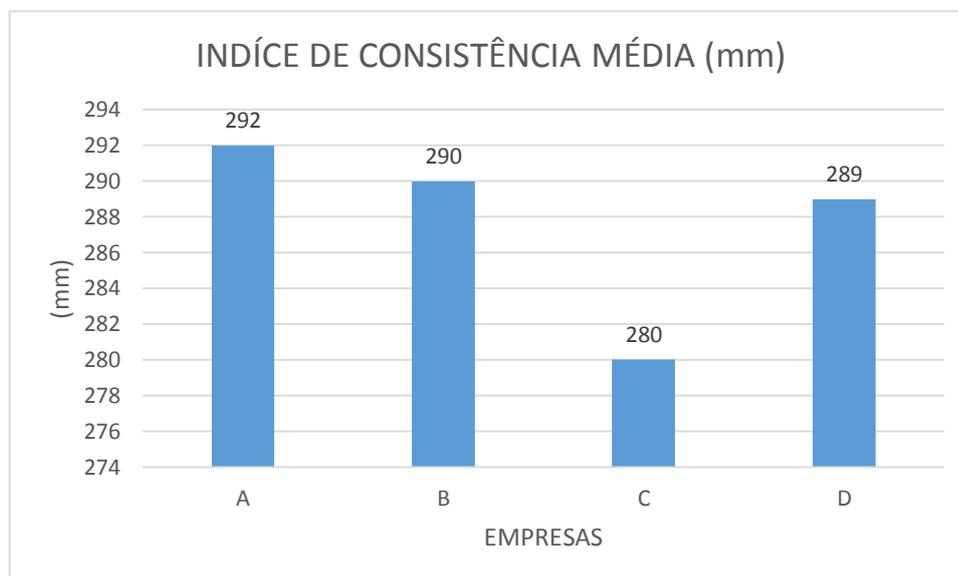


Gráfico 1 – Comparação dos Resultados de Consistência das argamassas

Comparando os quatro ensaios de consistência, podemos observar que a argamassa da empresa (C) se caracterizou menos consistente em relação as demais, isso caracteriza teoricamente um menor consumo de água ou de aditivos na fabricação da argamassa, sendo isso uma característica ruim, pois a ausência de trabalhabilidade pode prejudicar na aplicação da argamassa. É importante ressaltar que os documentos normativos sobre argamassa não estabelecem um intervalo ou valor para os ensaios de consistência, ou seja, não tem como comparar os valores obtidos nem avalia-los segundo as normas de argamassa.

4.2. Estado Endurecido

4.2.1. Resistência à Compressão

Para o ensaio de resistência à compressão foram moldados seis corpos de prova por empresa conforme figura 19.

Figura 19 - Corpos de Prova para ensaio de Compressão



Os ensaios de resistência à compressão foram realizados aos vinte e oito dias de idade e são demonstrados nas tabelas 8, 9, 10 e 11:

Tabela 8 - Ensaio de Compressão Empresa (A)

CP	DATA ENSAIO	AREA DO CP (mm) ²	RESULTADO (N)	RESULTADOS (MPa)
01	06/09/2016	1963	9200	4,7
02	06/09/2016	1963	10300	5,2
03	06/09/2016	1963	8700	4,4
04	06/09/2016	1963	10500	5,3
05	06/09/2016	1963	14600	7,4
06	06/09/2016	1963	14400	7,3
MÉDIA (MPa)				5,7
DESVIO PADRÃO (MPa)				1,31
COEF. VARIAÇÃO (%)				22,98

A figura 20 mostra o ensaio realizado no CP 06 da Empresa (A) tanto o resultado final obtido no leitor da prensa como o como o CP após o rompimento.

Figura 20 - Ensaio de Compressão do CP 06 da Empresa (A)



Tabela 9 - Ensaios de Compressão Empresa (B)

CP	DATA ENSAIO	AREA DO CP (mm) ²	RESULTADO (N)	RESULTADOS (MPa)
01	08/09/2016	1963	11500	5,9
02	08/09/2016	1963	12500	6,4
03	08/09/2016	1963	14700	7,5
04	08/09/2016	1963	10700	5,5
05	08/09/2016	1963	8700	4,4
06	08/09/2016	1963	10000	5,1
MÉDIA (MPa)				5,8
DESVIO PADRÃO (MPa)				1,07
COEF. VARIAÇÃO (%)				18,44

A figura 21 mostra o ensaio realizado no CP 05 da Empresa (B) tanto o resultado final obtido no leitor da prensa como o como o CP após o rompimento.

Figura 21 - Ensaio de Compressão do CP 05 da Empresa (B)



Tabela 10 -Ensaio de Compressão Empresa (C)

CP	DATA ENSAIO	AREA DO CP (mm) ²	RESULTADO (N)	RESULTADOS (MPa)
01	09/09/2016	1963	17500	8,9
02	09/09/2016	1963	11100	5,6
03	09/09/2016	1963	8600	4,4
04	09/09/2016	1963	6800	3,5
05	09/09/2016	1963	9100	4,6
06	09/09/2016	1963	10100	5,1
MÉDIA (MPa)				5,3
DESVIO PADRÃO (MPa)				1,88
COEF. VARIAÇÃO (%)				35,47

A figura 22 mostra o ensaio realizado no CP 01 da Empresa (C) tanto o resultado final obtido no leitor da prensa como o como o CP antes do rompimento

Figura 22 - Ensaio de Compressão do CP 01 da Empresa (C)



Tabela 11 - Ensaio de Compressão Empresa (D)

CP	DATA ENSAIO	AREA DO CP (mm) ²	RESULTADO (N)	RESULTADOS (MPa)
01	21/09/2016	1963	6900	3,4
02	21/09/2016	1963	9800	5,0
03	21/09/2016	1963	13800	7,1
04	21/09/2016	1963	12700	6,5
05	21/09/2016	1963	9500	4,8
06	21/09/2016	1963	11000	5,6
MÉDIA (MPa)				5,4
DESVIO PADRÃO (MPa)				1,31
COEF. VARIAÇÃO (%)				24,26

A figura 23 mostra o ensaio realizado no CP 01 da Empresa (D) tanto o resultado final obtido no leitor da prensa como o como o CP antes do rompimento.

Figura 23 - Ensaio de Compressão CP 01 da Empresa (D)



O gráfico 2 mostra o comparativo das medias obtidas nos ensaios de resistência à compressão realizados nas argamassas pesquisadas neste trabalho.

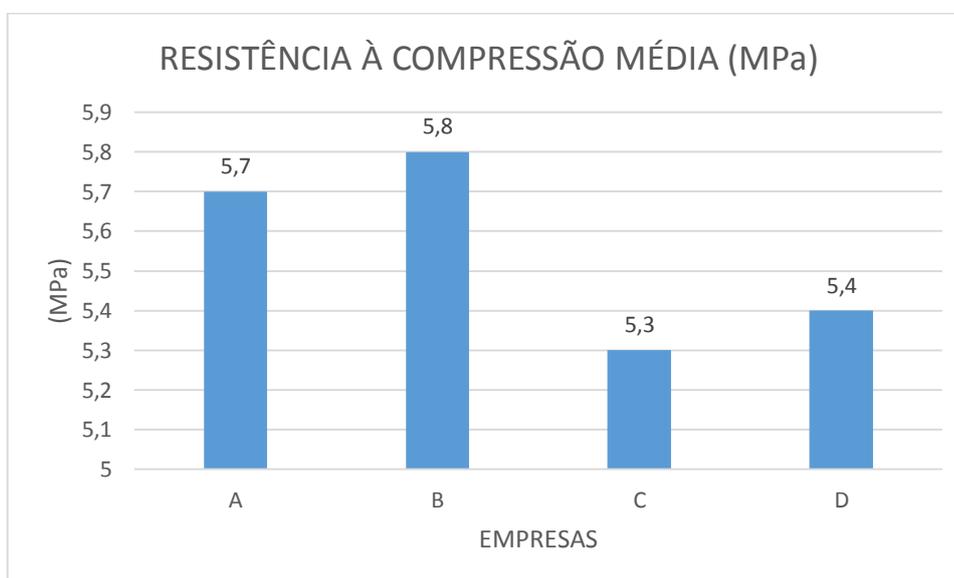


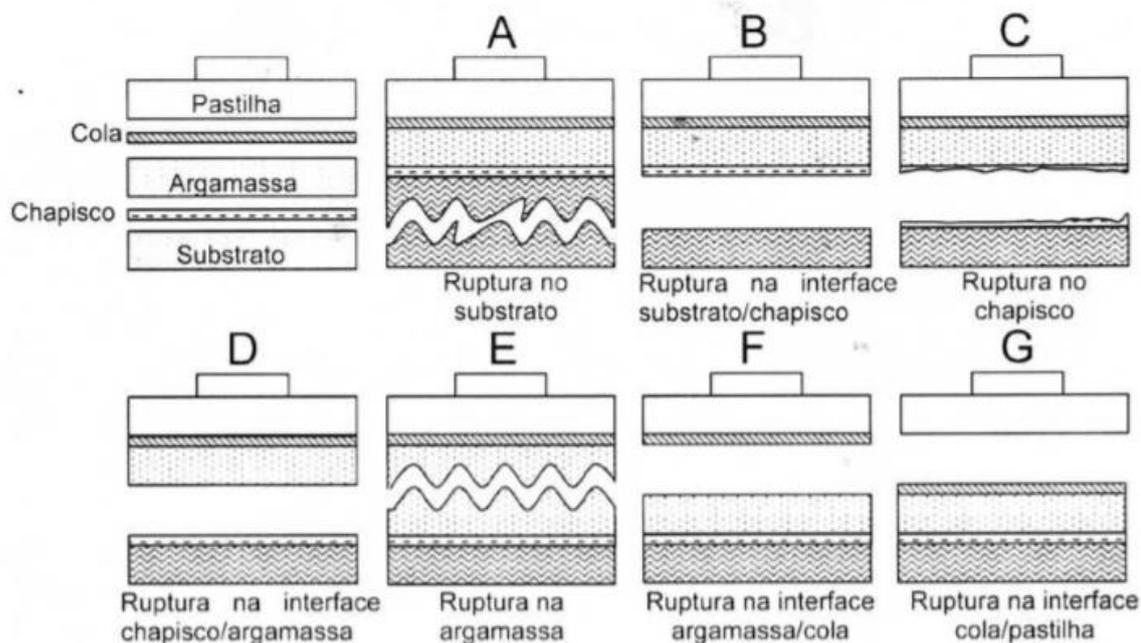
Gráfico 2 – Comparação dos Resultados de Resistência à Compressão

Os resultados de compressão quando avaliados segundo a NBR 13281/2001 que identifica a argamassa segundo a sua resistência obtida aos 28 dias de idade, podemos observar que todas as argamassas ensaiadas ficam dentro do grupo II, com uma resistência $\geq 4,0$ e $\geq 8,0$ MPa.

4.2.2. Resistência de aderência à tração

A figura 24 mostra as formas de ruptura para o ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco.

Figura 24 - Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco.



Fonte: NBR 13528/2010

A tabela 12 mostra os resultados obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração realizada na argamassa fornecida pela empresa **(A)**, bem como as formas de ruptura. Na figura 25 podemos observar o resultado do ensaio do corpo de prova 10 no ensaio de aderência à tração. A figura 26 mostra os locais de extração dos 12 CP's, e a figura 25 mostra a caracterização da ruptura e dos pontos de ensaios.

Tabela 12 - Ensaio de Resistência de Aderência à tração Empresa (A)

Corpo de Prova	Área (mm ²)	Carga Ruptura (N)	Local do Ensaio		Tensão (MPa)	Forma de Ruptura						Espessura Revestimento (mm)
			BLOCO	JUNTA		A	B	C	D	E	F	
01	1963	290	X		0,15				X			20
02	1963	330	X		0,17				X			20
03	1963	270	X		> 0,14			X				20
04	1963	750		X	> 0,38			X				20
05	1963	480		X	0,24		X					20
06	1963	520	X		0,26		X					20
07	1963	770		X	> 0,39	X						20
08	1963	380	X		0,19				X			20
09	1963	470			0,24				X			20
10	1963	690		X	> 0,35			X				20
11	1963	570	X		0,29		X					20
12	1963	770		X	> 0,39	X						20
MÉDIA DE TENSÃO (MPa)					0,27	OBSERVAÇÕES: Todos os CPs foram ensaiados com 28 dias.						
DESVIO PADRÃO (MPa)					0,09							
COEF. DE VARIAÇÃO (%)					35,34							
TEOR DE UMIDADE NO REVESTIMENTO NO DIA DO ENSAIO (%)					0,93							
FORMA DE RUPTURAS	A	RUPTURA NO SUBSTRATO										
	B	RUPTURA NA INTERFACE SUBSTRATO / CHAPISCO										
	C	RUPTURA NO CHAPISCO										
	D	RUPTURA NA INTERFACE CHAPISCO / ARGAMASSA										
	E	RUPTURA NA ARGAMASSA										
	F	RUPTURA NA INTERFACE ARGAMASSA / COLA										

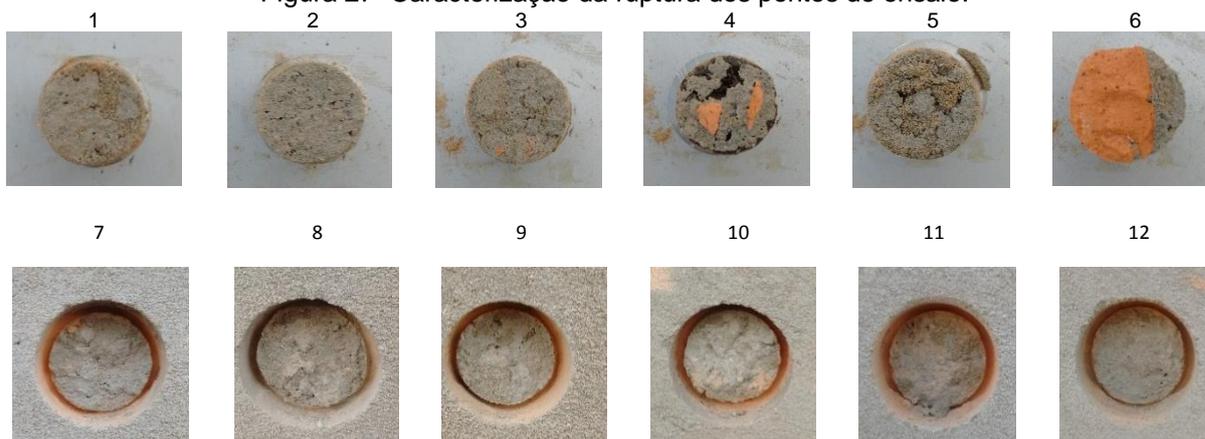
Figura 25 - Resultado do Ensaio no CP 10 da Empresa (A)



Figura 26 - Painel após ensaio de arranchamento



Figura 27- Caracterização da ruptura dos pontos de ensaio.



Nas fotos 1, 2, 3 e 5, observa-se que os rompimentos foram nas interfaces argamassa/chapisco. Nas fotos 4 e 6 os rompimentos foram realizados diretamente no substrato cerâmico. Já nas fotos de 7 a 12, todos os rompimentos foram diretamente na argamassa.

A tabela 13 mostra os resultados obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração realizada na argamassa fornecida pela empresa **(B)**, bem como as formas de ruptura

Tabela 13 - Ensaio de Resistência de Aderência à tração Empresa (B)

Corpo de Prova	Área (mm ²)	Carga Ruptura (N)	Local do Ensaio		Tensão (MPa)	Forma de Ruptura						Espessura Revestimento (mm)
			BLOCO	JUNTA		A	B	C	D	E	F	
01	1963	620	X		0,31				X			20
02	1963	380		X	0,19				X			20
03	1963	410	X		> 0,20					X		20
04	1963	750	X		> 0,38	X						20
05	1963	460	X		0,23		X					20
06	1963	230	X		0,11				X			20
07	1963	820		X	> 0,42		X					20
08	1963	540	X		> 0,28		X					20
09	1963	450			> 0,23					X		20
10	1963	490		X	> 0,25					X		20
11	1963	240	X		0,12				X			20
12	1963	710		X	> 0,36					X		20
MÉDIA DE TENSÃO (MPa)					0,26	OBSERVAÇÕES: Todos os CPs foram ensaiados Com 32 dias devido ao feriado.						
DESVIO PADRÃO (MPa)					0,10							
COEF. DE VARIAÇÃO %					38,11							
TEOR DE UMIDADE NO REVESTIMENTO NO DIA DO ENSAIO (%)					0,84							
FORMA DE RUPTURAS	A	RUPTURA NO SUBSTRATO										
	B	RUPTURA NA INTERFACE SUBSTRATO / CHAPISCO										
	C	RUPTURA NO CHAPISCO										
	D	RUPTURA NA INTERFACE CHAPISCO / ARGAMASSA										
	E	RUPTURA NA ARGAMASSA										
	F	RUPTURA NA INTERFACE ARGAMASSA / COLA										

A tabela 14 mostra os resultados obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração realizada na argamassa fornecida pela empresa **(C)**, bem como as formas de ruptura

Tabela 14 - Ensaio de Resistência de Aderência à tração Empresa (C)

Corp o de Prova	Área (mm ²)	Carga Ruptura (N)	Local do Ensaio		Tensão (MPa)	Forma de Ruptura						Espessura Revestimento (mm)
			BLOCO	JUNTA		A	B	C	D	E	F	
01	1963	550		X	> 0,28					X		20
02	1963	430	X		0,22				X			20
03	1963	540	X		0,28				X			20
04	1963	220		X	0,11				X			20
05	1963	750		X	> 0,38			X				20
06	1963	540	X		> 0,28			X				20
07	1963	450	X		> 0,23					X		20
08	1963	290	X		0,15				X			20
09	1963	740		X	0,38				X			20
10	1963	560		X	> 0,29					X		20
11	1963	400	X		0,20		X					20
12	1963	470		X	> 0,24					X		20
MÉDIA DE TENSÃO (MPa)					0,25	OBSERVAÇÕES: Todos os CPs foram ensaiados Com 33 dias devido ao feriado.						
DESVIO PADRÃO (MPa)					0,08							
COEF. DE VARIAÇÃO %					31,81							
TEOR DE UMIDADE NO REVESTIMENTO NO DIA DO ENSAIO (%)					0,73							
FORMA DE RUPTURAS	A	RUPTURA NO SUBSTRATO										
	B	RUPTURA NA INTERFACE SUBSTRATO / CHAPISCO										
	C	RUPTURA NO CHAPISCO										
	D	RUPTURA NA INTERFACE CHAPISCO / ARGAMASSA										
	E	RUPTURA NA ARGAMASSA										
	F	RUPTURA NA INTERFACE ARGAMASSA / COLA										

A tabela 15 mostra os resultados obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração realizada na argamassa fornecida pela empresa **(D)**, bem como as formas de ruptura

Tabela 15 - Ensaio de Resistência de Aderência à tração Empresa (D)

Corpo de Prova	Área (mm ²)	Carga Ruptura (N)	Local do Ensaio		Tensão (MPa)	Forma de Ruptura						Espessura Revestimento (mm)
			BLOCO	JUNTA		A	B	C	D	E	F	
01	1963	0,35	X		0,18				X			20
02	1963	0,33	X		0,17				X			20
03	1963	0,40		X	0,20				X			20
04	1963	0,41		X	>0,21					X		20
05	1963	0,66		X	>0,34					X		20
06	1963	0,27	X		0,14				X			20
07	1963	0,45		X	0,23				X			20
08	1963	0,36	X		>0,18			X				20
09	1963	0,44	X		0,22	X						20
10	1963	0,36		X	0,18				X			20
11	1963	0,32	X		0,16				X			20
12	1963	0,47	X		0,24				X			20
MÉDIA DE TENSÃO (MPa)					0,20	OBSERVAÇÕES: Todos os CPs foram ensaiados Com 28 dias.						
DESVIO PADRÃO (MPa)					0,07							
COEF. DE VARIAÇÃO %					35,00							
TEOR DE UMIDADE DO REVESTIMENTO NO DIA DO ENSAIO (%)					0,99							
FORMA DE RUPTURAS	A	RUPTURA NO SUBSTRATO										
	B	RUPTURA NA INTERFACE SUBSTRATO / CHAPISCO										
	C	RUPTURA NO CHAPISCO										
	D	RUPTURA NA INTERFACE CHAPISCO / ARGAMASSA										
	E	RUPTURA NA ARGAMASSA										
	F	RUPTURA NA INTERFACE ARGAMASSA / COLA										

As figuras 28, 29 e 30 mostram os procedimentos e equipamentos para obtenção do teor de umidade do revestimento no dia do ensaio de resistência de aderência à tração. Foram selecionados três CP's de forma aleatória conforme a figura 20, essa quantidade de três CP's para determinação de umidade é dada pela NBR 13528/2010.

Figura 28 - Balança de Precisão



Figura 29 - CP's Selecionados para determinação do teor de umidade do revestimento



Figura 30 – CP's dentro da estufa à 105°C conforme a norma



A figura 31 mostra a execução do ensaio de resistência de aderência à tração passo a passo na sua execução, desse a fixação do equipamento a extração do corpo de prova.

Figura 31 – Ensaio de resistência de aderência à tração



Salienta-se que, em geral, resultados de ensaios de resistência de aderência à tração apresentam alta dispersão, resultando em coeficientes de variação da ordem de 10% a 35%, mas chegam muitas vezes à faixa de 50% a 60%. Em geral, na estatística, um CV igual a 25% é considerado como limite para se considerar uma amostra aceitável. No entanto, tendo em vista todos os aspectos que influenciam os resultados, aceitam-se, para resistência de aderência à tração, valores mais elevados. Neste sentido, alguns cuidados adicionais, além dos já alertados na norma, devem ser observados para a correta realização do ensaio (CARASEK, 2007).

O corte é uma operação que pode contribuir para a dispersão dos resultados, uma vez que na sua realização podem ser induzidas tensões (por torção) previamente ao arrancamento. A etapa de corte com a serra copo para delimitação do corpo de prova gera muita poeira. Se o revestimento estiver úmido pode ocorrer formação de uma espécie de pasta dentro da cavidade de corte que provoca o travamento da serra copo, com um tranco que solicita previamente o revestimento a ser testado. Outro aspecto que deve ser observado é a ergonomia do operador no instante do corte. Ele deve estar bem posicionado em frente à parede e a furadeira deve estar perfeitamente na horizontal.

Local sobre o qual o revestimento está aplicado na alvenaria (junta de assentamento ou bloco):

Várias pesquisas têm mostrado que os resultados de resistência de aderência para um mesmo revestimento ensaiado na região da junta de assentamento da alvenaria é superior ao ensaiado sobre o bloco, seja cerâmico ou de concreto. Assim, quando se ensaiam revestimentos cuja base é uma alvenaria esta é mais uma razão de dispersão dos resultados; na realidade porque está se ensaiando sobre substratos distintos (com diferentes porosidade, rugosidade e sucção de água). Neste sentido, torna-se importante que este aspecto seja bem avaliado durante o ensaio e anotado de forma precisa. Para tanto é proposta uma alteração na planilha da norma, com inclusão de colunas específicas para a anotação dos percentuais de rupturas sobre as juntas verticais e/ou horizontais.

Para garantir adequada análise dos resultados é muito importante que os dados de ensaios sejam registrados com detalhe e precisão e que permitam conferência posterior, no escritório. Assim, é muito importante anotar corretamente os resultados

em planilhas e registrar com fotos os tipos de ruptura. Apresentando um modelo de planilha para anotação dos dados. Uma dessas colunas é para a anotação da espessura do revestimento ou altura em que rompeu o corpo de prova (distância desde a superfície da pastilha até a superfície de ruptura), que ajuda na identificação do tipo de ruptura e também na análise das possíveis causas de manifestações patológicas.

Quanto menor o coeficiente de variação, menor a dispersão encontrada. É muito importante que os coeficientes de variações sejam os mais baixos possíveis, pois as manifestações patológicas não ocorrem na média e sim nos valores extremos (mais baixos). Um aspecto que influencia bastante a variabilidade dos resultados é o tipo de aplicação da argamassa de revestimento; um decréscimo do coeficiente de variação geralmente é observado quando se troca a aplicação manual pela aplicação mecanizada. Por esta razão, ressalta-se a importância do emprego em obra de equipamentos de aplicação mecanizados para execução dos revestimentos de argamassas, os quais garantem a redução da dispersão dos resultados, ou seja, maior homogeneidade nas características e propriedades dos revestimentos.

Um aspecto tão importante quanto o valor de resistência de aderência obtido é a análise do tipo de ruptura. Quando a ruptura é do tipo coesiva, ocorrendo no interior da argamassa ou do substrato, os valores são menos preocupantes, a menos que sejam muito baixos. Por outro lado, quando a ruptura é do tipo adesiva, ou seja, ocorre nas interfaces do sistema, os valores devem ser mais elevados, pois existe maior potencial para a ocorrência de manifestações patológicas futuras. A ruptura na interface argamassa-cola significa que a porção mais fraca é a camada superficial do revestimento de argamassa e quando os valores são baixos indica resistência superficial inadequada, pulverulência, que também pode estar associada com patologias, principalmente o descolamento do acabamento decorativo tinta ou placa cerâmica, (Carasek, 2010).

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1. Estado Fresco

As normas não citam parâmetros para este ensaio de limites assim como para o ensaio de aderência o que pode-se observar é que os resultados ficaram dentro da faixa de 280 a 292 mm de consistência.

5.2. Estado Endurecido

5.2.1. Resistência à Compressão

As argamassas devem estar em conformidade com as exigências indicadas na tabela 14. De acordo com os resultados obtidos nessa pesquisa as argamassas em estudo podem ser classificadas de acordo com a tabela 14 da norma 13281/2001 como argamassas do Tipo II pois os resultados obtidos nos ensaios de compressão ficaram entre 4 a 8 Mpa.

Tabela 16 - Exigências mecânicas e reológicas para argamassas

Características	Identificação ¹⁾	Limites	Método
Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	I	$\geq 0,1$ e $< 4,0$	NBR 13279
	II	$\geq 4,0$ 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	

¹⁾ Exemplo de identificação de argamassa: I-Normal-a.

Fonte: NBR 13281/2001.

5.2.2. Resistência de aderência à tração

A tabela 17 mostra os limites de resistência de aderência à tração segundo a NBR 13749/2013. O gráfico 3 mostra a comparação dos resultados obtidos de resistência de aderência à tração das quatro empresas analisadas nesta pesquisa.

Tabela 17 - Limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única aplicados sobre paredes

6. LOCAL		ACABAMENTO	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA (Mpa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
	Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,30$
		Cerâmica	$\geq 0,30$

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 1996)



Gráfico 3 – Comparação dos Resultados de Resistência de aderência à tração

Conforme o descrito no gráfico 3 pode-se observar que nenhuma das empresas atendeu o limite de resistência de aderência à tração, o que é um fato preocupante, quanto a qualidade e durabilidade do revestimento nos quais estas argamassas têm sido utilizadas. Os resultados obtidos neste trabalho serão passados as respectivas empresas analisadas nesta pesquisa, para que as mesmas possam fazer um estudo de dosagem e possam atender os limites normativos para essa característica da argamassa em seu estado endurecido.

5.3 Sugestões para trabalhos Futuros

As sugestões para trabalhos futuros são as seguintes:

- Avaliar os aspectos referentes a aplicação da argamassa estabilizada em substratos de concreto;
- Avaliar os aspectos referentes a influência da aplicação da argamassa estabilizada de forma mecânica;

- Analisar à influência dos tipos de chapiscos na resistência a aderência da argamassa estabilizada.
- Refazer os ensaios de consistência das argamassas usando os materiais e equipamentos apropriados por normas e realizando mais de um ensaio por empresa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**, NBR 13278. Rio de Janeiro, 2005a. 4p.

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

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

ABNT. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração**, NBR 13528. Rio de Janeiro, 2010. 11p.

ABNT. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificação**, NBR 13749. Rio de Janeiro, 2013. 8p.

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

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 7211 – Agregados: Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: **informação e documento trabalhos acadêmicos** - apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. BT 106: **guia básico de utilização do cimento Portland**. São Paulo: ABCP, 2002.

BATTAGIN, A.F. **Uma breve história do cimento Portland**. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland>. Acesso em 15 de abril de 2015.

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

CAPUZZO NETO, Valentim. **NOTAS DE AULA DO CURSO TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES: CONTROLE TECNOLÓGICO**. Palmas: Escola Técnica Federal de Palmas, 2008. 56 p.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Publicação IPT 2378), 1995. 118 p. Boletim Técnico 68 IPT.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L.M.B. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DETECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 4., 2001, Brasília. Anais... Brasília: UnB/ANTAC, 2001. p.43 – 67.

Carvalho Júnior, A. N. **Avaliação da aderência dos revestimentos argamassados: uma contribuição à identificação do sistema de aderência mecânico**. 2005. 331 f.

FIORITO, Antônio J. S. I. **Manual de Argamassas e Revestimentos**. 1ª Ed. São Paulo, PINI, 2003.

KAZMIERCZAK, Cláudio de Souza. BREZEZINSKI, Débora Elisiane. COLLATTO, Décio. **Influência do Substrato na Resistência de Aderência à Tração e na Distribuição de Poros de uma Argamassa**. Estudos tecnológicos, Rio Grande do Sul, v. 3, p. 47-58, jun. 2007.

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

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

NEVES, Idércio França Das. **Materiais de construção: Estudo de dosagem racional de concreto estrutural comum**. Pontifícia universidade católica do Paraná – Curitiba- PR. 2009.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**. Pini, 1997.

SELMO, S. M. S. **Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachada de edifícios**. São Paulo, 1989. 227 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SANTOS, C. C. N. **Crériterios de projetabilidade para as argamassas industrializadas de revestimento utilizando bomba de argamassa com eixo helicoidal**. Brasília, 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Programa de pós-graduação em Estrutura e Construção Civil, Universidade de Brasília, 2003.

SILVA, Moema Ribas. **Materiais de Construção**. 2ª Ed. São Paulo, PINI, 1991.

PRÉ FORTE, Máquinas e Equipamentos para construção. **Argamassa de revestimento**. Disponível em: <http://www.prefort.com.br>. Acesso em: 07 de março de 2016 às 15h:02.

YAZIGI, Walid. **A Técnica de Edificar**, Walid Yazigi. 7ª Ed. São Paulo, PINI, 2006.