

**UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO  
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA**

**Curso de Engenharia Civil**

**Márcio Montagner**

**ESTUDO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS DE  
ASSENTAMENTO UTILIZANDO AREIA ARTIFICIAL, CAL E  
ADITIVO PLASTIFICANTE**

**Ijuí/RS  
2006**

Márcio Montagner

**ESTUDO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS DE  
ASSENTAMENTO UTILIZANDO AREIA ARTIFICIAL, CAL E  
ADITIVO PLASTIFICANTE**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil  
apresentado como requisito parcial para obtenção do  
grau de Engenheiro Civil.

Orientadora: Cristina Eliza Pozzobon

**Ijuí  
2006**

# **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelos membros da banca examinadora.**

---

Prof. Cristina Eliza Pozzobon, M. Eng. - Orientadora  
UNIJUÍ/Departamento de Tecnologia

Banca Examinadora

---

Prof. Raquel Kohler, M. Sc.  
UNIJUÍ/ Departamento de Tecnologia

---

Prof. Luís Eduardo Azevedo Modler, M. Eng.  
UNIJUÍ/ Departamento de Tecnologia

## RESUMO

Atualmente nossa sociedade vive um momento de conscientização ecológica, principalmente porque está ciente que nossas fontes de matérias-primas são escassas. Nesse contexto, a construção civil está exercendo o papel de absorver novos materiais reciclados, dando ênfase para a sustentabilidade da sociedade em um mundo menos poluído e mais consciente. No Estado do Rio Grande do Sul, 54% do subsolo possuem rocha basáltica, bastante utilizada na produção de concreto. Sabe-se que, na sua britagem, a rocha basáltica forma um material com pouco valor comercial chamada pó-de-pedra ou areia artificial, que fica armazenado em lugares impróprios, de onde pode assorear rios e poluir o ar. O presente trabalho estuda o desempenho das argamassas de assentamento utilizando areia artificial (pó de pedra) em substituição parcial (50%) e total (100%) à areia natural. E, ainda, realiza a comparação dos resultados obtidos em dois traços distintos (1:1:6 e 1:2:9), utilizando cal e utilizando uma marca comercial de aditivo plastificante. Trata-se de uma pesquisa de avaliação das propriedades da argamassa de assentamento no seu estado fresco, através da retenção de água, e no estado endurecido, através da resistência a compressão e aderência. Os materiais utilizados (cimento, a cal, areia natural e areia artificial) foram caracterizados no Laboratório de Engenharia Civil. Para o aditivo plastificante foram utilizados os dados fornecidos pelo seu fabricante. Foram confeccionados corpos de provas de diâmetro 5 cm e altura 10 cm, totalizando 216 unidades para verificação da resistência à compressão de cada traço, nas idades de 3, 7 e 28 dias; também foram confeccionados tripletas e prismas, totalizando 54 corpos de provas para cada um, para rompimento aos 28 dias. Com este trabalho, verificou-se que a utilização da areia artificial irá aumentar a rigidez da argamassa de assentamento no estado endurecido. No estado fresco, verificou-se que a cal retém mais água que o aditivo plastificante. Conforme verificado nas referências bibliográficas, que a cal deverá apresentar os melhores resultados, conclui-se que a utilização da areia artificial na argamassa de assentamento deve-se utilizar a cal.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Tema da Pesquisa .....	10
1.2 Delimitação do Tema .....	10
1.3 Questões de Estudo.....	10
1.4 Objetivos.....	10
1.4.1 Objetivo Geral .....	10
1.4.2 Objetivos Específicos .....	11
1.5 Justificativa.....	11
2 REVISÃO DA LITERATURA .....	13
2.1 Componentes das Argamassas .....	13
2.1.1 Cimento .....	13
2.1.2 Cal.....	14
2.1.3 Areia .....	15
2.1.4 Água .....	17
2.1.5 Aditivos .....	17
2.2 Argamassas.....	18
2.2.1 Função da Argamassa.....	20
2.2.2 Absorção das Movimentações .....	21
2.2.3 Patologias .....	21
2.2.4 Propriedades .....	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1 Plano de Coleta de Dados.....	28
3.2 Materiais Utilizados.....	29
3.3 Métodos de Ensaio e Descrição de Equipamentos.....	29
3.3.1 Ensaio para Caracterização dos Materiais .....	29
3.3.2 Ensaio de Retenção de Água .....	32
3.3.3 Ensaio de Resistência à Compressão da Argamassa Endurecida.....	33
3.3.4 Ensaio de Resistência de Prismas e Tripletas.....	33

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	35
4.1 Resultados dos Ensaios de Caracterização dos Materiais .....	35
4.2 Resultados dos Ensaios de Retenção de Água .....	38
4.3 Resultados dos Ensaios de Resistência à Compressão da Argamassa Endurecida .....	39
4.4 Resultados dos Ensaios de Resistências dos Prismas e Tripletas .....	43
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	51
ANEXO A – Ensaio Físico Agregado Miúdo Areia Artificial .....	52
ANEXO B – Ensaio Físico Agregado Miúdo Areia Natural .....	53
ANEXO C – Ensaio Físicos com a Cal .....	54
ANEXO D - Ensaio Físicos com o Cimento.....	55
ANEXO E – Absorção Materiais Cerâmicos .....	56
ANEXO F – Resistência das Tripletas .....	57
ANEXO G – Resistência dos Prismas .....	59
ANEXO H – Resistência à Compressão dos Corpos de Provas.....	61

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Metodologia de Misturas .....	29
Quadro 2: Massa Específica Absoluta da Areia Natural .....	35
Quadro 3: Massa Específica Absoluta da Areia Artificial .....	35
Quadro 4: Massa Específica Aparente do Agregado Miúdo (Areia Natural).....	36
Quadro 5: Massa Específica Aparente do Agregado Miúdo (Areia Artificial).....	36
Quadro 6: Resultados do IRA.....	37
Quadro 7: Resultados da Retenção de Água nas misturas .....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Módulo de Elasticidade aos 28 Dias (Traço 1:1:6) .....	40
Tabela 2: Módulo de Elasticidade aos 28 Dias (Traço 1:2:9) .....	40
Tabela 3: Resistência à Compressão dos Corpos de Provas (Traço 1:1:6 - MPa).....	41
Tabela 4: Resistência à Compressão dos Corpos de Provas (Traço 1:2:9 - MPa).....	42
Tabela 5: Resistência à Compressão dos Prismas (Traço 1:1:6 - MPa) .....	43
Tabela 6: Resistência à Compressão dos Prismas (Traço 1:2:9 - MPa) .....	44
Tabela 7: Resistência à Aderência das Tripletas (Traço 1:1:6 - MPa) .....	44
Tabela 8: Resistência à Aderência das Tripletas (Traço 1:2:9 - MPa) .....	45



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Funil de Buchner.....	38
Figura 2: Retenção de Água .....	39
Figura 3: Módulo de Elasticidade.....	39
Figura 4: Resistência à Compressão .....	39
Figura 5: Módulo de Elasticidade aos 28 Dias .....	40
Figura 6: Resistência à Compressão dos Corpos de Provas (Traço 1:1:6).....	41
Figura 7: Resistência à Compressão dos Corpos de Provas (Traço 1:2:9).....	42
Figura 8: Ensaio com a Tripleta .....	43
Figura 9: Rompimento da Tripleta .....	43
Figura 10: Ensaio com os Prismas.....	43
Figura 11: Rompimento dos Prismas .....	43
Figura 12: Resistência à Compressão dos Prismas aos 28 Dias .....	44
Figura 13: Resistência à Aderência das Tripletas aos 28 Dias .....	45

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Tema da Pesquisa

Esta pesquisa tem como tema de estudo a argamassa de assentamento para construção civil utilizando areia artificial, cal e aditivo plastificante.

## 1.2 Delimitação do Tema

Esta pesquisa está delimitada no estudo do desempenho das propriedades da argamassa de assentamento e na influência da cal e do aditivo plastificante nestas propriedades.

## 1.3 Questões de Estudo

As questões que o estudo se propõe a responder são: Qual é o comportamento e quais são as características apresentadas pelas argamassas de assentamento utilizando areia artificial em substituição parcial e total da areia natural para determinados traços? Qual é o comportamento da resistência à compressão e da aderência da argamassa de assentamento quando adicionado cal ou aditivo plastificante? Comparativamente, qual dos traços apresenta os melhores resultados?

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo Geral

O presente trabalho busca aprofundar conhecimentos e habilidades em áreas de interesse da construção civil. Neste contexto, tem como objetivo geral avaliar o desempenho das argamassas de assentamento utilizando areia artificial, cal e aditivo plastificante e, assim, construir conhecimentos sólidos significativos capazes de propiciar a interação do pesquisador com o espaço profissional e acadêmico.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos a serem desenvolvidos no trabalho serão:

- Para o estado fresco da argamassa: Conhecer e avaliar traços com suas respectivas misturas e identificar aquele que retêm mais água na argamassa de assentamento.
- Para o estado endurecido da argamassa: Avaliar traços com suas respectivas misturas e identificar aquele que proporciona maior resistência à compressão e melhor aderência na alvenaria.

### 1.5 Justificativa

O estudo da argamassa justifica-se, pois como qualquer outro produto industrial que desempenha função de responsabilidade, a argamassa precisa ser submetida ao controle de qualidade. Tendo em vista o grande número de variáveis que influem nas suas características, é válido afirmar que, além de rigorosa seleção de materiais, é indispensável, como para os demais produtos industriais, o controle da execução e das características do produto final.

Três aspectos justificam o objetivo desta pesquisa: as patologias causadas por argamassas de assentamento (fissuras); a conservação do meio-ambiente e a questão da continuidade da pesquisa, pois há outros trabalhos já desenvolvidos sobre areia artificial por acadêmicos do Curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ.

É reconhecido que as argamassas de assentamento, quando mal dosadas, causam fissuras na parede gerando problemas de ordem estética. Para além da estética, as fissuras causam sensações de desabamento aos olhos de um leigo, especialmente porque ultimamente algumas construções tiveram sua estrutura desabada em edifícios que apresentam fissuras em suas fachadas. Segundo Ruy e Neto (2002), as origens desta patologia podem ser classificadas como: Congênitas, construtivas, adquiridas e acidentais.

Quanto à preocupação com o meio ambiente, ou seja, o impacto ambiental gerado pela extração da areia natural, sabe-se que esta atividade pode, ao longo do tempo, provocar o assoreamento dos rios e lagos, jazidas naturais de areia afetando diretamente o ecossistema e até mesmo a biodiversidade das espécies.

Segundo Kuck (2004), da revista *Ciência Hoje*, a extração de areia no Brasil chega a 320 milhões de metros cúbicos anuais, o equivalente a 7.100 estádios iguais ao Maracanã. Isto causa um grave problema ambiental e em consequência a elevação do preço da areia no mercado da construção civil. O negócio da extração é altamente lucrativo, movimenta cerca de R\$ 2 bilhões.

Considerando que a argamassa é indispensável para uma obra de engenharia, outros acadêmicos do Curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul (UNIJUI), desenvolveram trabalhos relacionados nesta área, precisando se os materiais que estão sendo utilizados na região são de boa qualidade, se a dosagem está sendo feita de forma correta e se os resultados influem na qualidade de uma edificação. Estes trabalhos são:

- Argamassas de assentamento – Uma verificação do estagio atual na cidade de Ijuí (AMTHAUER, 2001).
- Elementos cerâmicos e argamassas de assentamento – Uma avaliação das condições de utilização em obras de Condor e Panambi (WERNER, 2004).
- Avaliação da substituição da areia natural por areia artificial em argamassas de cimento cal e areia para assentamento (HOLSBACH, 2004).
- Avaliação do uso de areia artificial em concreto de Cimento Portland. Aplicabilidade de um método de dosagem (COSTA, 2005).

Finalmente é importante destacar que a argamassa é um material importante para a definição do desempenho final da alvenaria. Além das funções de enchimento e ligação das unidades, ajuda no isolamento de ar e de água através da alvenaria. Como tal, não deve ser relegada a plano secundário, sem nenhum controle de qualidade dos materiais que a constituem e do processo de dosagem, amassamento e uso. Dessa forma, devem ser tomados maiores cuidados com os seus componentes em obra, de maneira a se obter uma alvenaria mais resistente e cumprindo as suas funções na plenitude.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Na literatura consultada, há vários tipos e finalidades para uma argamassa. As argamassas de assentamento, foco deste trabalho estão relacionadas ao grupo de argamassas mistas que possuem traço com cimento, cal, areia, água e/ou aditivo plastificante. Sendo assim, nos itens a seguir procura-se exemplificar cada componente usado na confecção da argamassa, suas patologias e suas propriedades (resistência mecânica, aderência, durabilidade, retenção de água e trabalhabilidade).

### 2.1 Componentes das Argamassas

#### 2.1.1 Cimento

O Cimento Portland é um produto de origem mineral, resultante da calcinação de uma mistura de calcários e argilas. A mistura calcinada “clínquer” é moída com uma pequena porcentagem de gipsita, que modifica suas propriedades resultantes no produto final (GUIMARÃES, 1997).

Conforme Bauer (1995), o cimento portland é o produto obtido pela pulverização de clínquer constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com certa proporção de sulfato de cálcio natural contendo, eventualmente, adições de certas substâncias que modificam suas propriedade ou facilitam seu emprego.

Destaca-se, ainda, que o cimento proporciona resistência às argamassas e melhora a aderência, a trabalhabilidade e a retentividade. No entanto, o excesso de cimento (quando maior que 1/3 do volume total) aumenta exageradamente a contração da argamassa prejudicando a durabilidade da aderência. Os cimentos com superfícies específicas maiores tem potencial para tornar as argamassas mais trabalháveis e com maior retenção de água. Os cimentos de endurecimento mais lento podem produzir argamassas mais resilientes (com maior capacidade de absorver deformações) (ROMAN, 1991 apud AMTHAUER, 2001).

Segundo Cincotto (1989), a Norma Técnica Brasileira NBR-8789 (ABNT, 1985) recomenda o emprego dos seguintes tipos de cimento para confecção das argamassas de

assentamento: CP I, II, III, IV E V. Estes cimentos devem atender aos requisitos de suas normalizações.

### 2.1.2 Cal

A cal é um aglomerante obtido pela calcinação dos calcários ( $\text{CaCO}_3$ ) ou dolomitos ( $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ ), através de uma reação química de decomposição térmica. Esta decomposição dá origem à cal virgem, que por sua vez, ao ser hidratada forma a cal hidratada (CINCOTTO, 1989).

A cal é definida como o pó obtido pelo tratamento da cal virgem pela água, em quantidade suficiente para satisfazer a sua afinidade química nas condições de hidratação. Assim como a cal virgem, a cal pode ser do tipo cálcica ou dolomítica, sendo que esta pode apresentar-se como cal mono-hidratada dolomítica (quando hidratada a pressões normais) e cal di-hidratada dolomítica, quando o processo ocorre a pressões mais elevadas (BARBOSA, 1993 apud RUY e NETO, 2002).

A cal hidratada é um produto em forma de pó seco, comercializado em embalagens (sacos) de 20 Kg, sendo classificada de acordo com sua composição química em CH-I, CH-II e CH-III (PEZENTE, 2000 apud HOLSBACH, 2004), descrita a seguir:

- CH-I: quando constituída essencialmente de hidróxido de cálcio ou de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, com teor de gás carbônico igual ou menor que 5%.

- CH-II: quando constituída essencialmente de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio, e óxido de magnésio, com teor de gás carbônico igual ou menor que 5%, sem limites para os teores de óxido não hidratados.

- CH-III: quando constituída essencialmente de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio, com teor de gás carbônico igual ou menor que 13%.

A cal hidratada é um dos principais elementos das argamassas porque promove uma série de benefícios para a edificação. Ela tem excelente poder aglomerante, assim como o cimento, que une para sempre os grãos de areia das argamassas (RUY e NETO, 2002).

A cal hidratada é extremamente fina e leve e, por isso, permite o preparo de maior quantidade de argamassa com redução do custo do metro cúbico. Suas partículas muito finas, ao serem misturadas com água, funcionam como verdadeiro lubrificante, reduzindo o atrito entre os grãos de areia. O resultado é a melhor trabalhabilidade (ou liga), boa aderência e maior rendimento na mão-de-obra (RUY e NETO, 2002).

A cal hidratada tem extraordinária capacidade de reter água em torno de suas partículas, formando na argamassa uma dupla perfeita com o cimento. As argamassas à base de cal hidratada têm resistência suficiente quanto à compressão e aderência, tanto para assentamentos como para revestimentos, para atender às normas técnicas (RUY e NETO, 2002).

Por ser um produto alcalino, a cal hidratada impede a oxidação das ferragens e, também por essa característica, atua como agente bactericida e fungicida. Além disso, evita que se formem manchas e o apodrecimento precoce dos revestimentos; proporciona economia de tinta, pois permite acabamento mais liso e de cor clara; é compatível com qualquer tipo de tinta ou outros acabamentos como fórmica, lambris e papéis de parede, se respeitado o tempo mínimo de cura de 28 dias (RUY e NETO, 2002).

### **2.1.3 Areia**

No Brasil, adotam-se vários tipos de areias para a fabricação de argamassas, com variações que vão desde sua origem até a granulometria. As areias mais utilizadas, especialmente na região sul, são de origem siliciosa (areia compostas essencialmente de sílica ou óxido de silício) ou de mistura destas com silte e argilas, neste caso, dando formação a uma areia argilosa, vulgarmente conhecida como saibro (GUIMARÃES, 1997).

A areia pode ser definida como um material granular, sem forma e volume definidos geralmente inerte, com dimensões, características e propriedade adequadas ao uso da engenharia civil. Segundo a NBR-7215 (ABNT, 1996), a areia é classificada como agregado miúdo, material cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,8mm e ficam retidas na peneira ABNT 0,075mm. O agregado ou areia, componente das argamassas, é o material particulado de origem mineral, onde predomina o quartzo, de diâmetro entre 0,06 e 2,0mm. Considerada

como um material de construção, a areia é o agregado miúdo e deve ter os grãos formados de material consistentes (GUIMARÃES, 1997).

A areia artificial é um produto alternativo, que causa menor degradação ao meio ambiente. Se utilizada para levantamento de alvenaria, denota maior aderência que a areia natural, pois possui grãos angulosos e ásperos (TIECHER, 2000 apud COSTA, 2005).

As areias podem ter as seguintes origens:

- Rios: Através de depósitos sedimentares que se formam nos leitos de alguns rios. A extração se faz por meio de sucção que bombeia a água contendo cerca de 5% a 10% de areia, para lagos de decantação, de onde o material é retirado, em alguns casos, classificado, para retirar partículas de diâmetro superior a 4,8mm.

- Cava: São depósitos aluvionares em fundos de vales, recentes ou antigos, cobertos por capa de solo. A areia é extraída por escavação mecânica ou por desmonte hidráulico.

- Britagem: É a areia de brita, obtida no processo de classificação a seco nas pedreiras. Contém certa porcentagem de material impalpável que pode ser retirado pelo processo úmido nos separadores de areia. Esta operação melhora a qualidade do produto. A argamassa como grande fonte consumidora de areia têm preferência pela utilização de material oriundo do processo seco, o qual é mais barato.

- Escória: A escória básica de alto forno, granulada, é resfriada bruscamente por jato de água na saída do forno, fragmentando-se em grãos, geralmente inferiores a 12,7mm. Após a classificação, obtém-se a areia de escória. A composição química da escória difere muito das areias derivadas de rochas e varia ainda conforme a composição da carga do alto forno.

- Praias e dunas: As areias das praias brasileiras e dunas próximas do litoral não são usadas, em geral, para o preparo de argamassa por causa de sua grande finura e teor de cloreto de sódio. O uso pode ocorrer somente com areias mais grosseiras e intensamente lavadas pelo intemperismo.

Segundo Bianchi (2004), as características da argamassa são alteradas com a utilização de 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.



### **2.1.4 Água**

É considerável a importância da água na argamassa. Misturada ao agregado, à cal e, eventualmente, ao cimento portland, forma uma massa contínua, sem interposição dos consideráveis vazios que poderão dificultar as reações que concorrem para a consolidação do conjunto. A água utilizada não pode conter matéria orgânica e colóide em suspensão. (GASTALDINI, 2000).

É importante impor cuidados com a água utilizada no amassamento da argamassa, para que não contenha impurezas que possam prejudicar as reações entre ela e os compostos do cimento e que não haja, neste processo, a renovação de agentes agressivos à argamassa (PETRUCCI, 1998).

### **2.1.5 Aditivos**

Os aditivos são empregados na produção de concretos, argamassas e caldas de injeção. Seu emprego cresce com a necessidade de serem obtidos produtos finais de qualidade superior. Ao se falar de aditivos não se tem em mente os do cimento, como muitos pensam, pois a sua finalidade não é melhorar a qualidade do cimento e sim proporcionar ou aprimorar certas características de um produto acabado (TARTUCE e GIOVANNETTI, 1999).

O aditivo não se limita a atuar sobre o aglomerante, mas sobre os três componentes básicos: agregado, cimento e água. Nesta ação influem fortemente a natureza e a dosagem de cada um destes elementos. Os aditivos são empregados na produção do concreto e da argamassa para modificar ou proporcionar certas propriedades do material fresco ou endurecido, tornando-os mais apropriados para serem manuseados ou trabalhados, para incrementar suas características mecânicas, resistências às solicitações físicas ou químicas ou, ainda, torná-los mais econômicos e duráveis (TARTUCE e GIOVANNETTI, 1999).

Os aditivos plastificantes têm por finalidade melhorar a plasticidade das argamassas e concreto, permitindo, em consequência, melhor compactação com menor dispêndio de energia ou, então, redução da quantidade de água, diminuindo a retração, aumentando a resistência ou economizando aglomerante, como o cimento (TARTUCE e GIOVANNETTI, 1999).

Os aditivos incorporadores de ar têm por principal propósito aumentar a durabilidade das argamassas e concretos; melhoram também a plasticidade, facilitando a utilização. São muitos usados em concretos com baixo teor de cimento para melhorar a coesão e diminuir a exsudação (TARTUCE e GIOVANNETTI, 1999).

## 2.2 Argamassas

Se há um setor em que o conceito de “descartável” não pode sequer ser cogitado, definitivamente é o da construção civil. Para construir bem e com durabilidade, a argamassa é um dos itens que merece atenção especial. Usada desde os tempos dos faraós egípcios para unir e revestir as alvenarias deve ser preparada com materiais de qualidade, para evitar problemas de fissuras ou rachaduras.

A argamassa é conceituada como sendo um material composto, plástico, constituído de agregado miúdo inerte e de uma pasta aglomerante. Tem a propriedade de aderir a materiais porosos e de endurecer após certo tempo. A NBR-7200 (ABNT, 1998) define argamassa como a mistura de aglomerante e agregados com água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência.

A composição da argamassa utiliza aglomerante (cimento e/ou cal), agregado (areia) e água. A utilização da cal na composição da argamassa, sendo um aglomerante aéreo, e o cimento que é um aglomerante hidráulico, é de grande importância, pois melhora as condições de trabalhabilidade e de retenção de água. A utilização do cimento, que apresentam maior finura (maior superfície específica), tem potencial para tornar a argamassa mais trabalhável e com maior retenção de água (SABBATINI, 1986).

A argamassa é composta de cimento portland, cal hidratada, areia e água, em quantidades diversas, para formar uma proporção, ou “traço”, que varia de acordo com as aplicações. Por exemplo, a argamassa para revestimento interno é diferente da destinada ao externo. Segundo profissionais do setor, as proporções mais usadas, tanto para assentamento como para revestimento são 1:1:6 e 1:2:9, em que o primeiro número é o volume do cimento, o segundo número é o volume de cal e o terceiro, o volume de areia. A água, chamada de “água de amassamento” deve ser usada em quantidade suficiente para o pedreiro trabalhar,

tomando cuidado para não ser colocada em excesso e deixar a argamassa muito mole (RUY e NETO, 2002).

É importante ressaltar ainda que as argamassas à base de cal hidratada tenham baixo módulo de elasticidade, ou seja, absorvem mais as pequenas movimentações das construções e evitam, portanto, trincas, fissuras e até o descolamento (ou queda) dos revestimentos (RUY e NETO, 2002).

Não se pode deixar de frisar a durabilidade que a cal hidratada confere às construções. Segundo os estudiosos, as argamassas à base de cal hidratada duram de 50 a 500 anos. Os exemplos para comprovar essa característica são muitos, entre eles a milenar Via Ápia (na Itália) e a Casa das Retortas, na capital paulista. Valem lembrar que nenhuma obra anterior a 1824 contém cimento (RUY e NETO, 2002).

As sugestões para assentamentos, levando-se em consideração todos os tipos de bloco construtivos e a proporção da argamassa na alvenaria estrutural, preceituam que: para muros de arrimo: 1:1/4:3, 1:1/2:4 ou 1:1:6; para paredes no solo e entre beirais: 1:1:6 a 1:2:9; nas paredes internas: 1:2:9 a 1:3:12; nas casas, interno e externo: 1:2:9 a 1:3:12. Na falta de um estudo mais profundo, as proporções mais usadas, tanto para assentamento como para revestimento, são 1:1:6 e 1:2:9 (RUY e NETO, 2002).

Se for possível deixar a argamassa em “descanso”, por 16 a 24 horas, pode-se obter maior rendimento, melhor liga e redução das microfissuras, entre outras vantagens. É a chamada argamassa intermediária, em que se misturam as cales hidratadas e a areia, sem adicionar o cimento portland. Depois da maturação, coloca-se o cimento no momento da aplicação (RUY e NETO, 2002).

### 2.2.1 Função da Argamassa

A junta de argamassa tem como função unir os blocos ou tijolos da alvenaria de forma que o todo constitua um elemento monolítico estanque à penetração de água, distribuindo por toda a área dos tijolos ou blocos das tensões atuantes na parede capaz de absorver deformações como as de origem térmica ou as de retração por secagem (FRANCO, 1988 apud AMTHAUER, 2001).

As argamassas de assentamento têm influencia no comportamento da junção com as unidades de alvenaria, resistência aos esforços mecânicos, distribuição das cargas impostas e absorção das deformações (TORRESCASANA, 1999 apud AMTHAUER, 2001).

A resistência à compressão da argamassa de assentamento deve adequar-se às características dos blocos e aos esforços de compressão e cisalhamento da alvenaria, garantido o não esmagamento de suas juntas. A distribuição do carregamento considera que se tem como função básica das juntas de argamassa, a distribuição uniforme das cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos. É consenso afirmar que em uma parede submetida a um dado carregamento, a carga atuante é suportada pelos blocos, que transferem a mesma para outros blocos ou unidades de alvenaria através do elemento de união que é a junta de argamassa. Desta forma, pela ação desta junta, a carga é distribuída de maneira uniforme (TORRESCASANA, 1999 apud AMTHAUER, 2001).

A argamassa de assentamento apresenta, em geral, um módulo de deformação bem inferior ao do bloco ( $E_a \ll E_b$ )<sup>1</sup>. Nestas condições, quando a junta é comprimida tende a ter uma maior deformação lateral em relação à do bloco. Mas como deve existir uma perfeita aderência entre ambos componentes, as suas deformações laterais devem ser as mesmas, para que ocorra equilíbrio do conjunto. Nestas condições, a maior deformação lateral induzida na argamassa, pelas tensões cisalhantes da interface junta/bloco, acaba por originar tração no bloco, ficando a junta de argamassa submetida a esforços lateral de compressão (PEDROSO, 2001 apud AMTHAUER, 2001).

---

<sup>1</sup>  $E_a$  = Módulo de Elasticidade da Argamassa;  $E_b$  = Resistência do bloco.

## 2.2.2 Absorção das Movimentações

O fator preponderante da capacidade de acomodar movimentações é a quantidade de cimento portland que a argamassa possui. A substituição do cimento pela cal (argamassa mais fraca) leva a argamassa gradativamente a ficar menos rígida e, portanto, capaz de acomodar melhor as deformações. Outros fatores como a granulometria da areia, a relação água cimento e as condições de cura também influenciam esta capacidade (FRANCO, 1988 apud AMTHAUER, 2001).

Considera-se que, numa parede de alvenaria estrutural, acontecem movimentações que podem ter origem intrínseca à própria parede, além daquelas causadas por agentes externos. A movimentação higroscópica da parede está entre as deformações intrínsecas que ocorrem devido à variação no seu conteúdo de umidade, como por exemplo, durante o seu período de cura e endurecimento. Tal variação leva à ocorrência de retração da argamassa na secagem, gerando esforços internos na parede, os quais devem ser dissipados sem provocar fissuras prejudiciais (FRANCO, 1988 apud AMTHAUER, 2001).

As fissuras prejudiciais (macrofissuras) são as que permitem a penetração da água da chuva ou que, pela sua amplitude, prejudicam os aspectos de origem psicológicos como os estéticos e os que induzem o usuário a temer pela segurança estrutural do edifício (SABBATINI, 1986).

Considera-se que uma argamassa de assentamento apropriada deve permitir a absorção dos esforços e distribuição destes, sendo a dosagem (ou adequação de traço), fator preponderante para um desempenho satisfatório do conjunto argamassa bloco (SABBATINI, 1986).

## 2.2.3 Patologias

Segundo Cincotto (1989), as argamassas de revestimento e assentamento podem apresentar-se com os seguintes danos:

### **a) Eflorescência:**

- Aspectos observados: manchas de umidade, pó branco acumulado sobre a superfície.

- Causas prováveis: umidade constante; sais solúveis presentes na água de amassamento ou umidade infiltrada; cal não carbonatada.

**b) Bolor:**

- Aspectos observados: manchas esverdeadas ou escuras; revestimento em desagregação.

- Causas prováveis: umidade constante; área não exposta ao sol.

**c) Vesícula:**

- Aspectos observados: empolamento da pintura apresentando-se as partes internas nas empolas na cor: (1) branca; (2) preta; (3) vermelho acastanhado; bolhas contendo umidade no seu interior.

- Causas prováveis: (1) hidratação retardada do óxido de cálcio da cal; (2) presença de pirita ou matéria orgânica na areia; (3) presença de concentrações ferruginosas na areia; aplicação prematura de tinta impermeável; infiltração de umidade.

**d) Descolamento com empolamento:**

- Aspectos observados: a superfície do reboco descola do emboço formando bolhas, cujos diâmetros aumentam progressivamente; o reboco apresenta-se com som cavo sob percussão.

- Causas prováveis: hidratação retardada do óxido de magnésio da cal.

**e) Deslocamento em placas:**

- Aspectos observados: (1) a placa apresenta-se endurecida, quebrando com dificuldade; sob percussão o revestimento apresenta som cravo; (2) a placa apresenta-se endurecida, mas quebradiça desagregando-se com facilidade; sob percussão o revestimento apresenta som cravo.

- Causas prováveis: (1) a superfície em contato com a camada inferior apresenta placas freqüentes de mica; argamassa muito rica em cimento; argamassa aplicada em camada muito espessa; corrosão de armadura do concreto de base. (2) a superfície da base é muito lisa; a superfície da base está impregnada com substâncias hidrófuga; ausência de chapisco.

**f) Deslocamento com pulverulência:**

- Aspectos observados: a película de tinta descola arrastando o reboco que se desagrega com facilidade; o reboco apresenta som cravo sob percussão; o revestimento em monocamada desagrega-se com facilidade.

- Causas prováveis: excesso de finos no agregado; argamassa magra; argamassa rica em cal; ausência de carbonatação da cal; argamassa de reboco aplicada em camada muito espessa.

**g) Fissuras horizontais:**

- Aspectos observados: apresentam-se ao longo de toda parede, com abertura variáveis; deslocamento do revestimento em placas, com som cravo sob percussão.

- Causas prováveis: expansão da argamassa de assentamento por hidratação retardada do óxido de magnésio da cal; expansão da argamassa de assentamento por reação cimento-sulfato, ou devida à presença de argila minerais expansivos no agregado.

**h) Fissuras mapeadas:**

- Aspectos observados: distribuem-se por toda a superfície do revestimento; pode ocorrer descolamento do revestimento em placas de fácil desagregação.

- Causas prováveis: retração da argamassa por excesso de finos no agregado; cimento como único aglomerante.

**i) Fissuras geométricas:**

- Aspectos observados: acompanham o contorno do componente da alvenaria.

- Causas prováveis: retração da argamassa de assentamento por excesso de cimento ou finos no agregado; movimentações higrotérmica do componente.

Segundo Ruy e Neto (2002), as origens das patologias podem ser classificadas em:

a) Congênitas - São aquelas originárias da fase de projeto, em função da não observância das Normas Técnicas ou de erros e omissões dos profissionais, que resultam em falhas no detalhamento e concepção inadequada dos revestimentos. São responsáveis por grande parte das avarias registradas em edificações.

b) Construtivas - Sua origem está relacionada à fase de execução da obra, resultante do emprego de mão-de-obra despreparada, produtos não certificados e ausência de metodologia para assentamento das peças, o que, segundo pesquisas mundiais, também são responsáveis por grande parte de das anomalias em edificações.

c) Adquiridas - Ocorrem durante a vida útil dos revestimentos, sendo resultado da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser naturais, decorrentes da agressividade do meio, ou decorrentes da ação humana, em função de manutenção inadequada ou realização de interferência incorreta nos revestimentos, danificando as camadas e desencadeando um processo patológico.

d) Acidentais - Caracterizadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação incomum, como a ação da chuva com ventos de intensidade superior ao normal, recalques e, até mesmo incêndio. Sua ação provoca esforços de natureza imprevisível, especialmente na camada de base e sobre os rejuntas, quando não atinge até mesmo as peças, provocando movimentações que irão desencadear processos patológicos em cadeia.

#### **2.2.4 Propriedades**

A resistência mecânica da argamassa está relacionada indiretamente às diversas ações de origem mecânica pela sua resistência à compressão. Pressupõe-se que quanto maior a sua resistência à compressão maior serão também as resistências frente a outras solicitações (GASTALDINI, 2000).

A resistência à compressão das argamassas se inicia com o endurecimento e aumenta continuamente com o tempo. As argamassas exclusivamente de cal e areia desenvolvem uma resistência pequena e de maneira lenta e cujo valor depende muito da umidade apropriada e da adequada absorção do dióxido de carbono do ar para ser atingida. Ao contrário, as argamassas de cimento dependem menos (para desenvolver a resistência à compressão esperada) das condições do ambiente e do tempo (GASTALDINI, 2000).

A resistência final necessária para uma argamassa será definida de acordo com a resistência requerida pelo seu emprego. As argamassas de maior resistência são aquelas empregadas na alvenaria estrutural para edifícios de grande porte, no assentamento de alvenaria de fundações ou em locais em que as condições ambientais são adversas (umidade constante, temperatura negativas) (GASTALDINI, 2000).

Em muitas aplicações é mais importante a avaliação das características elásticas de uma argamassa, do que as características resistentes. Quando se exige durabilidade e integridade física de um revestimento ou de uma alvenaria, a influência da elasticidade da argamassa é fundamental. Esta elasticidade é definida como a capacidade que a argamassa possui de se deformar sem apresentar ruptura, quando sobre ela agem solicitações diversas e de retornar a dimensão original quando cessam estas solicitações. A argamassa deve possuir elasticidade, ou seja, ter um baixo módulo de elasticidade para poder acomodar os inevitáveis



movimentos (de pequena amplitude) de origem térmica e de variação no conteúdo de umidade (dilatação e retração) sem que haja ruptura (GASTALDINI, 2000).

De uma maneira geral, para que a argamassa adquira este baixo módulo, a cura deve ser lenta e constante, desenvolvendo progressivamente a resistência a esforços. Se as condições ambientais forem adversas, de maneira a acelerar a perda de água da argamassa, esta irá perder a flexibilidade e se tornar rígida com alto módulo de elasticidade (GASTALDINI, 2000).

Quanto à capacidade de aderência, não é uma propriedade intrínseca da argamassa, pois ela depende também das características da base. A resistência de aderência pode ser definida como a capacidade que a interface base argamassa possui de absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais (tração) a ela, sem romper-se. Desta resistência, nas alvenarias, depende a monolicidade da parede e a resistência da alvenaria frente a solicitações provocadas por deformações volumétricas; carregamentos perpendiculares excêntricos; esforços ortogonais à parede, entre outros (GASTALDINI, 2000).

Não existe uma correspondência biunívoca entre um dado parâmetro e a capacidade de aderência. Aumentando o teor relativo de cimento no aglomerante pode-se aumentar ou diminuir a capacidade de aderência. Isso depende das características da base. O mesmo se conclui com o aumento da capacidade de retenção de água ou outra característica variável da argamassa (GASTALDINI, 2000).

A capacidade de durabilidade parte do momento de sua aplicação. A argamassa pode ter a sua integridade comprometida por inúmeros fatores como: retração na secagem, penetração de água de chuva, temperatura excessivamente baixas, choques térmicos, eflorescência, reações químicas intrínsecas e agentes corrosivos externos (GASTALDINI, 2000).

A capacidade de retenção de água é a argamassa fresca em manter sua consistência ou trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam perda de água (evaporação, sucção, absorção pelo componente). As argamassas de cal apresentam características favoráveis de retenção de água pela elevada superfície da cal e pela grande capacidade de absorção de seus cristais (IPT, 1992).

O aumento da capacidade de retenção de água é obtido, ainda, pela utilização de aditivos cujas características impedem a perda de água para o componente, como é o caso dos derivados de celulose e aditivos que impedem a percolação de água capilar, como os aditivos incorporadores de ar (IPT, 1992).

Os fatores que influem sobre a capacidade de retenção de água das argamassas são: a área específica dos materiais constituintes e o número de íons ativos por unidade de superfície; a maturação prévia das argamassas de cal (período em que a pasta ou argamassa de cal são deixadas em descanso antes da aplicação); a natureza da cal; a relação cal/cimento no traço; a relação agregado/aglomerante do traço (IPT, 1992).

A principal propriedade que deve apresentar uma argamassa de assentamento, enquanto está no estado fresco, é a trabalhabilidade. O componente físico mais importante da trabalhabilidade é a consistência. E, por sua vez, a consistência está intimamente relacionada à capacidade de retenção de água da argamassa (FILOMENO, 2000 apud AMTHAUER, 2001).

A trabalhabilidade de uma argamassa é tão difícil de ser definida quanto medida, pois envolve fatores subjetivos: uma mesma argamassa pode ser mais ou menos trabalhável conforme o pedreiro que irá manuseá-la. De maneira geral se diz que uma argamassa é trabalhável quando ela é distribuída facilmente ao ser assentada; não agarra à ferramenta quando está sendo aplicada; não segrega ao ser transportada; não endurece em contato com superfícies absorptivas; permanece plástica por tempo suficiente para que a operação seja completada. Esta propriedade quando otimizada, além de tornar o trabalho mais produtivo, menos cansativo e mais econômico, tem grande influencia na otimização de todas as propriedades essenciais (GASTALDINI, 2000).

As argamassas só de cimento possuem pouca trabalhabilidade. O acréscimo de água até certo limite melhora esta propriedade, porém piora todas as outras, e deve ser sempre evitado. A adição de cal à argamassa aumenta a trabalhabilidade porque a cal diminui a tensão superficial da pasta e contribui para melhorar perfeitamente os agregados. Além disso, seu alto grau de finura atua como lubrificante sólido entre os grãos (GASTALDINI, 2000).

A trabalhabilidade depende da combinação de vários fatores tais como: a qualidade do agregado, a quantidade de água usada, a consistência, a adesão, a fluidez e a massa. A

consistência deve ser tal que o tijolo possa ser prontamente alinhado, mas seu peso e o peso das fiadas subsequentes não provoquem posterior escorrimento da argamassa (ROMAN, 1991 apud AMTHAUER, 2001).

No estado plástico, a argamassa deve ser trabalhável, mantendo-se íntegra sobre a colher de pedreiro durante o manuseio horizontal (coesão), deslizando sem grudar quando da colocação sobre a unidade (fluidez), além de possibilitar espalhamento fácil sobre a unidade (extensão), permanecendo plástica durante o alinhamento, prumo e nível das unidades (CAVALHEIRO, 1997).

A otimização da trabalhabilidade das argamassas é proporcional à capacidade de retenção de água das mesmas. Se não houver retenção adequada de água, a argamassa além de não se manter plástica por tempo suficiente para o seu manuseio adequado, terá menor resistência quando endurecida, pois é fundamental garantir-se a umidade da argamassa pelo tempo necessário para que as reações de hidratação do cimento e carbonatação da cal ocorram e desenvolvam, assim, as resistências previstas. Devido à retenção inadequada, as seguintes propriedades ficam também prejudicadas: capacidade de absorver deformações, aderência e durabilidade (CAVALHEIRO, 1997).

Quanto à consistência, as argamassas são classificadas em secas, plásticas e fluidas. Estas três consistências são determinadas pela película de pasta que rodeia os grãos de areia. Na argamassa seca, a pasta só preenche os vazios entre os grãos, permanecendo estes em contato, o que se traduz por massas ásperas e pouco trabalháveis. Na argamassa plástica, uma fina película de pasta molha a superfície dos grãos de areia atuando como lubrificante. Na argamassa fluida, as partículas de areia estão imersas na pasta, sem coesão interna e com tendência a segregar e sem possibilidade de ser empregado. Nesse caso, a argamassa se esparrama tal qual um líquido (CAVALHEIRO, 1997).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo, de materiais e métodos utilizados contém a descrição das informações relacionadas ao trabalho, apresentando o delineamento teórico e os passos metodológicos necessários para alcançar os resultados esperados.

#### 3.1 Plano de Coleta de Dados

Conforme descrito anteriormente, neste trabalho procura-se conhecer as propriedades no estado fresco e endurecido, das argamassas de assentamento utilizando areia artificial e aditivo. Sendo assim, todos os ensaios foram realizados conforme recomendam as Normas Técnicas da ABNT e as referências bibliográficas pertinentes. O levantamento de dados experimentais foram realizado no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ).

A análise documental, que é um estudo descritivo e fornece a possibilidade de reunir grandes quantidades de informações, foram realizada através de consultas a relatórios e publicações de fontes privadas ou oficiais, direta ou indiretamente relacionadas ao assunto, com informações julgadas pertinentes ao tema deste trabalho.

Os traços utilizados neste trabalho seguem o trabalho desenvolvido por Thomaz (2000), em seu livro “Trincas em Edifícios”, onde este autor ele utilizou os seguintes traços (cimento, cal e areia): 1:1:6 e 1:2:9. Sendo assim, a obra de Thomas (2000) serviu como parâmetro para a análise e a confiabilidade dos resultados obtidos.

Cabe salientar que, para as misturas que utilizam aditivo plastificante, os traços ficaram 1:6 e 1:9 e sua dosagem foi conforme indica seu fabricante.

Cada mistura tem substituição parcial e total da areia natural, conforme o Quadro 1 abaixo:

Quadro 1: Metodologia de Misturas

MISTURA	CAL		MISTURA	ADITIVO	
	Areia Natural (%)	Areia Artificial (%)		Areia Natural (%)	Areia Artificial (%)
Mistura A	100,0	0,0	Mistura D	100,0	0,0
Mistura B	50,0	50,0	Mistura E	50,0	50,0
Mistura C	0,0	100,0	Mistura F	0,0	100,0

### 3.2 Materiais Utilizados

Os materiais utilizados serão:

- Cimento Portland CII F 32 (da marca CAUÊ);
- Cal CH II (Primor Extra);
- Areia natural média;
- Areia artificial;
- Tijolos maciços;
- Aditivo plastificante (Alvenarit).

Todos os materiais utilizados foram adquiridos em uma loja de material de construção na cidade de Ijuí/RS.

### 3.3 Métodos de Ensaio e Descrição de Equipamentos

#### 3.3.1 Ensaio para Caracterização dos Materiais

Os materiais foram caracterizados para se conhecer suas propriedades, tais como, massa unitária, massa específica, entre outras, a fim de verificar suas influências na composição da argamassa.

A seguir descreve-se os ensaios realizados para tal:

- Ensaio de determinação da massa específica absoluta do agregado miúdo (areia natural e artificial): Conforme estabelece a NBR 9776 (ABNT, 1987), com auxílio do frasco especial, denominado frasco de Chapman, que permite medir o volume total ocupado pelos grãos da amostra de agregado, cuja massa é previamente medida em estado seco. A massa específica é a relação entre a massa do agregado seco em estufa até a constância da massa e o volume igual do sólido, incluídos os poros impermeáveis. Aparelhagem: Frasco de Chapman (deve ser de vidro e composto de dois bulbos e de um gargalho graduado). No estrangulamento existente entre os dois bulbos deve haver um traço que corresponde a 200 cm<sup>3</sup> e, acima dos bulbos, situa-se o tubo graduado de 375 cm<sup>3</sup> a 450 cm<sup>3</sup>. Execução do ensaio: Coloca-se água no frasco até marca de 200cm<sup>3</sup>, deixando o em repouso, para que a água aderida às faces internas escorra totalmente, em seguida introduzir, cuidadosamente 500g de areia seca no frasco, o qual deve ser devidamente agitado para eliminação das bolhas de ar. A leitura do nível atingido pela água no gargalo do frasco indica o volume, em cm<sup>3</sup>, ocupado pelo conjunto água e areia, alertando-se para que as faces internas devam estar completamente secas e sem grãos aderentes.

- Ensaio de determinação da massa específica aparente, também chamada unitária ou massa barométrica: É a massa da unidade de volume do agregado, isto é, incluindo no volume os vazios entre os grãos, sua massa pode variar, dependendo do grau de adensamento e, conseqüentemente, da compacidade do agregado. A importância de se conhecer a massa aparente vem da necessidade, na dosagem da argamassa, de transformar um traço em massa para volume e vice-versa, ou também, para os cálculos de consumo de materiais a serem empregados. Para efeito da norma (NBR-7215, 1996), massa unitária de um agregado no estado solto é o quociente da massa do agregado lançado no recipiente. Aparelhagem: Balança, recipiente paralelepípedo (de material metálico, com espessura apropriada ou reforço conveniente de modo a torná-la indeformável). Execução do ensaio: O recipiente é cheio por meio de uma concha ou pá, sendo o agregado lançado de uma altura de 10 a 12cm do topo do recipiente. Devem ser tomados todos os cuidados para prevenir uma eventual segregação das partículas que constituem a amostra. A superfície do agregado é alisada com uma régua quando se tratar do agregado miúdo, no caso do agregado graúdo a superfície é regularizada, de modo a compensar as saliências e reentrâncias das pedras. O recipiente é pesado com o

material nele contido. A massa do agregado solto e a diferença entre a massa do recipiente cheio e a massa do recipiente vazio.

- Determinação da granulometria da areia natural e artificial: O agregado é formado por uma mistura de grãos de extensa gama de tamanhos. Se um determinado agregado é retido em peneira (malhas quadradas) de aberturas de dimensões variadas e passa de abertura em abertura denomina-se graduação do agregado. Para caracterizar um agregado é, então, necessário conhecer quais são as parcelas constituídas de cada diâmetro, expressas em função da massa total do agregado. Aparelhagem: Balança, peneiras da série normal e intermediária com tampa e fundo, bandejas, escovas ou pincel, quartinhador. Execução do ensaio: A amostra remetida ao laboratório é quartinhada pelo método manual, isto é, pega-se certa quantidade de areia, mistura-se bem e divide-se em quatro partes iguais e elimina-se uma diagonal. Desta diagonal faz-se novamente o procedimento anterior e encontra-se uma nova diagonal, repetindo-se até encontrar certa quantidade de areia. Este procedimento é realizado duas vezes para se encontrar duas amostras com maiores ou iguais a 1 kg. Após encaixa-se as peneiras da série normal (9,5 - 4,8 - 2,4 - 1,2 - 0,6 - 0,3 - 0,15 mm) e intermediária (6,3 mm), previamente limpas, de modo a formar um único conjunto de peneiras, com abertura de malha em ordem crescente (fundo - 0,15 - 0,3 - 0,6 - 1,2 - 2,4 - 4,8 - 6,3 - 9,5) da base para o topo. Coloca-se a amostra na peneira e agita-se manualmente, sendo que a agitação ocorreu com movimentos laterais e circulares alternados.

- Absorção de água do bloco (IRA): Conforme a NBR 8947 (ABNT, 1985), o ensaio consiste em colocar 13 blocos para serem secados em estufas a uma temperatura de 110°C durante 24 horas. Tira-se os blocos da estufa, pesa-se os blocos complementares secos, após coloca-se em um tanque contendo água para, então, após 24 horas, pesá-los novamente e obter o peso do bloco com água, peso saturado. A equação a seguir demonstra o cálculo:

$$\%AA = \frac{Mh - Ms}{Ms} \times 100$$

Onde:

%AA = absorção de água

Mh = peso saturado

Ms = peso seco

- Verificação dimensional dos blocos: Com objetivo de conhecer as dimensões dos tijolos maciços utilizados neste trabalho, utilizando a NBR 7170 (ABNT, 1983), o ensaio consiste em colocar 24 tijolos em fila medindo as suas dimensões (comprimento, largura e altura). A dimensão média é a dimensão lida na trena dividida pelo número de tijolos.

### 3.3.2 Ensaio de Retenção de Água

Para a realização deste ensaio é utilizada a norma NBR-9290 (ABNT, 1996). Esta Norma Técnica prescreve o método a ser utilizado para o ensaio através do funil de Buchner. Execução do ensaio: A argamassa a ser ensaiada deve ser composta de 2000g de material; utiliza um misturador mecânico e variar o tempo de mistura conforme determinado; colocar o prato sobre o funil, garantindo estanqueidade entre eles, umedecer o papel-filtro, posicionando-o sobre o fundo do prato; com a torneira fechada, acionar a bomba de vácuo de tal forma que se aplique ao conjunto uma sucção correspondente a uma coluna de 51mm de mercúrio. Abrir a torneira para a retirada do excesso de água do papel-filtro, fechando-a em seguida; após a determinação da consistência, recolher toda a argamassa da mesa de consistência e remisturar a porção por 15 segundos, em velocidade média; preencher o prato com a argamassa até pouco acima da borda. Adensá-la com 37 golpes de soquete, sendo 16 golpes aplicados uniformemente junto à borda e 21 golpes em pontos uniformemente distribuídos na parte central da amostra, assegurando o preenchimento uniforme do prato; retirar o excesso de argamassa do prato mediante o uso de uma régua metálica, de tal forma a obter uma superfície plana. Caso ocorra deslocamento da argamassa, com relação à borda do prato, pressioná-la levemente, recolocando-a em contato com a borda; abrir a torneira para aplicar na amostra a sucção correspondente à coluna de 51 mm de mercúrio durante 60 segundos, fechando-a em seguida; remover o prato do funil, deixando escoar o excesso de água do seu fundo. A seguir, remisturar a argamassa no próprio prato com a espátula, sem danificar o papel; com a argamassa remisturada, determinar o índice de consistência ( $\pm 265$  mm). O tempo decorrido entre o término até a determinação do índice, logo após o ensaio de retenção com o funil de Buchner, não deve ultrapassar 30 minutos. Resultados: O valor do índice de retenção de água (RA) deve calculado a partir da média dos índices (RA) obtidos em duas determinações, conforme a equação:

$$RA = \frac{A - 125}{B - 125} \times 100$$



Onde:

RA = índice de retenção de água de cada determinação, em %;

A = consistência após a sucção no funil de Buchner, em mm;

B = consistência antes da sucção no funil de Buchner, em mm;

### **3.3.3 Ensaio de Resistência à Compressão da Argamassa Endurecida**

A necessidade de qualificar a argamassa, do ponto de vista de sua resistência aos esforços mecânicos, pode ser encarada de dois modos distintos: Primeiro, para verificar qual a ordem de qualidade, sem preocupação com valores absolutos. Segundo, tendo em vista a utilização futura do aglomerante nas argamassas e concretos, isto é, o conhecimento através de um ensaio prévio de comportamento da argamassa nas peças com ela fabricadas. Ensaios de resistência aos esforços mecânicos utilizam os corpos de prova cilíndricos 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura. A colocação da argamassa nas formas é feita com auxílio da espátula, em quatro camadas de alturas aproximadamente iguais, recebendo cada uma 30 golpes moderados com o uso de um ferro de 8 mm, uniformemente distribuídos. Decorridas 24 horas da moldagem, os corpos de prova são desmoldados e colocados num tanque de água potável, saturada de cal, no interior da camada úmida a uma temperatura de  $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  e sua umidade relativa a 85%, onde devem permanecer até o momento de ruptura. Os corpos de prova foram divididos em séries de quatro, para as idades de 3, 7 e 28 dias, quando são submetidos ao ensaio de resistência à compressão. Para as respectivas idades de ruptura, os corpos de prova são retirados do tanque de cura, e seus topos arrematados com pasta de enxofre quente, a fim de serem regularizados para que os esforços aplicados durante o ensaio de ruptura na prensa sejam uniformemente distribuídos. Os corpos de prova são centrados no prato da prensa e a carga aplicada com velocidade constante.

### **3.3.4 Ensaio de Resistência de Prismas e Tripletas**

- Ensaio de resistências dos prismas: Os prismas são moldados com dois tijolos maciços, mantendo-se uma junta de assentamento constante de um cm, onde a argamassa da junta será o traço recomendados com suas respectivas misturas. São confeccionados três prismas para cada tipo de traço. Após a moldagem dos prismas é feita a regularização das faces onde é aplicado o carregamento. Os prismas são ensaiados aos 28 dias.

- Ensaio de aderência: São moldadas tripletas de três blocos, mantendo-se uma junta de assentamento constante de um cm, sendo que a argamassa utilizada nas juntas conforme o traço escolhido será deixado para descanso por 24 horas, sendo o rompimento dos mesmos aos 28 dias de idade. Durante a moldagem, antes da aplicação da argamassa, os blocos são colocados em imersão parcial e na água durante dez segundos, para que os mesmos não absorvam a água de assentamento da argamassa. Também se tem o cuidado de manter-se sempre a mesma espessura da junta de assentamento, assim como o prumo e o nível dos blocos. Os mesmos permanecem em ambiente laboratorial após a confecção, até a data prevista para ruptura de 28 dias. O rompimento é feito com uma carga sobre o bloco central, sendo os outros dois extremos apoiados sobre plano horizontal. A resistência de aderência é medida pelo quociente entre a carga utilizada por duas vezes à seção transversal média do bloco central ( $\sigma_R = F/2A$ ).

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados coletados estão compilados de maneira quantitativa através de tabelas, quadros e figuras. A elaboração dos resultados está baseada nas análises destes cenários, bem como nos conceitos e recomendações levantados na revisão bibliográfica. Através dos resultados encontrados, é relatado o melhor traço para emprego da areia artificial na argamassa de assentamento.

### 4.1 Resultados dos Ensaio de Caracterização dos Materiais

Os quadros 2 e 3 apresentam os resultados do ensaio de determinação da massa específica absoluta do agregado miúdo (areia natural e artificial).

Quadro 2: Massa Específica Absoluta da Areia Natural

<b>Massa Específica – Chapman</b>		
<b>Leitura Final - cm<sup>3</sup></b>	<b>Leitura Média - cm<sup>3</sup></b>	<b>M.E.A – g/cm<sup>3</sup> 500/(L-200)</b>
393	393,50	2,583
394		

Quadro 3: Massa Específica Absoluta da Areia Artificial

<b>Massa Específica – Chapman</b>		
<b>Leitura Final - cm<sup>3</sup></b>	<b>Leitura Média - cm<sup>3</sup></b>	<b>M.E.A – g/cm<sup>3</sup> 500/(L-200)</b>
364	365,00	3,030
366		

Os quadros 4 e 5 apresentam os resultados do ensaio de determinação da massa específica aparente do agregado miúdo (areia natural e artificial). A importância de se conhecer esses resultados vem da necessidade de transformar um traço em massa para volume e vice-versa.

Quadro 4: Massa Específica Aparente do Agregado Miúdo (Areia Natural)

<b>Massa Unitária Solta – NBR 7251</b>			
<b>Peso kg</b>		<b>Peso líquido Médio - kg</b>	<b>Massa Unitária Média – kg/dm<sup>3</sup></b>
<b>Bruto</b>	<b>Líquido</b>		
40,60	31,94	32,13	1,607
40,60	31,94		
41,18	32,52		
<b>Tara (kg): 8,66</b>		<b>Volume (dm<sup>3</sup>): 20</b>	

Quadro 5: Massa Específica Aparente do Agregado Miúdo (Areia Artificial)

<b>Massa Unitária Solta – NBR 7251</b>			
<b>Peso kg</b>		<b>Peso Líquido Médio - kg</b>	<b>Massa Unitária Média – Kg/dm<sup>3</sup></b>
<b>Bruto</b>	<b>Líquido</b>		
42,63	33,97	34,28	1,714
43,18	34,52		
43,00	34,34		
<b>Tara (kg): 8,66</b>		<b>Volume (dm<sup>3</sup>): 20</b>	

A determinação do módulo de finura é o somatório das porcentagens acumuladas retidas nas peneiras de série normal, dividindo-se o total por 100. As peneiras intermediárias não são consideradas no cálculo. Então, pelos resultados obtidos pode-se classificar a areia da seguinte maneira:

- Areia fina - Módulo de finura menor que 2,4.
- Areia média - Módulo de finura maior que 2,4 e menor que 3,9.
- Areia grossa - Módulo de finura maior que 3,9.

Sendo o módulo de finura encontrado para a areia natural de 1,967, a areia se classifica como areia fina e o módulo de finura da areia artificial em 2,987, a mesma se classifica como areia média.

Quanto à absorção de água do bloco (IRA), os resultados estão apresentados no quadro

6.

Quadro 6: Resultados do IRA

<b>Nº CP</b>	<b>Peso seco (Kg)</b>	<b>Peso Saturado (Kg)</b>	<b>%AA</b>
1	2,01	2,44	21,39
2	2,00	2,37	18,50
3	1,99	2,42	21,61
4	2,16	2,63	21,76
5	2,12	2,59	22,17
6	2,02	2,44	20,79
7	2,04	2,45	20,10
8	2,17	2,63	21,20
9	1,99	2,35	18,09
10	2,11	2,55	20,85
11	2,07	2,49	20,29
12	2,27	2,76	21,59
13	1,98	2,40	21,21
<b>Média</b>	<b>2,07</b>	<b>2,50</b>	<b>20,73</b>

Pode-se observar que a média de absorção de água dos tijolos maciços encontram-se dentro dos limites estabelecidos, mas com alto índice de absorção (IRA alto).

Quanto à verificação dimensional dos blocos os resultados são os seguintes:

- Comprimento =  $521 \text{ cm} / 24 \text{ unidades} = 21,71 \text{ cm}$

- Largura =  $256 \text{ cm} / 24 \text{ unidades} = 10,67 \text{ cm}$

- Altura =  $136 \text{ cm} / 24 \text{ unidades} = 5,67 \text{ cm}$

## 4.2 Resultados dos Ensaio de Retenção de Água

O quadro 7 apresenta os resultados da retenção de água nas misturas realizadas, fazendo uso do funil de Buchner (figura 1).



Figura 1: Funil de Buchner

Quadro 7: Resultados da Retenção de Água nas Misturas

Mistura	Traço	Tipo	Água (ml)	Consistência (mm)		RA (%)
				Antes(B)	Depois(A)	
MA	1:1:6	Cal	364,40	239,47	211,67	75,71
MB			370,00	252,17	221,47	75,86
MC			385,00	252,30	228,50	81,30
MD		Aditivo	303,00	233,97	199,37	68,25
ME			370,51	255,10	223,83	75,96
MF			375,00	253,69	233,85	84,58
MA	1:2:9	Cal	385,00	236,57	213,77	79,56
MB			340,29	239,63	220,25	83,09
MC			403,30	249,85	230,30	84,34
MD		Aditivo	300,00	229,83	204,27	75,62
ME			343,80	236,47	210,45	76,66
MF			365,81	232,60	220,56	88,81

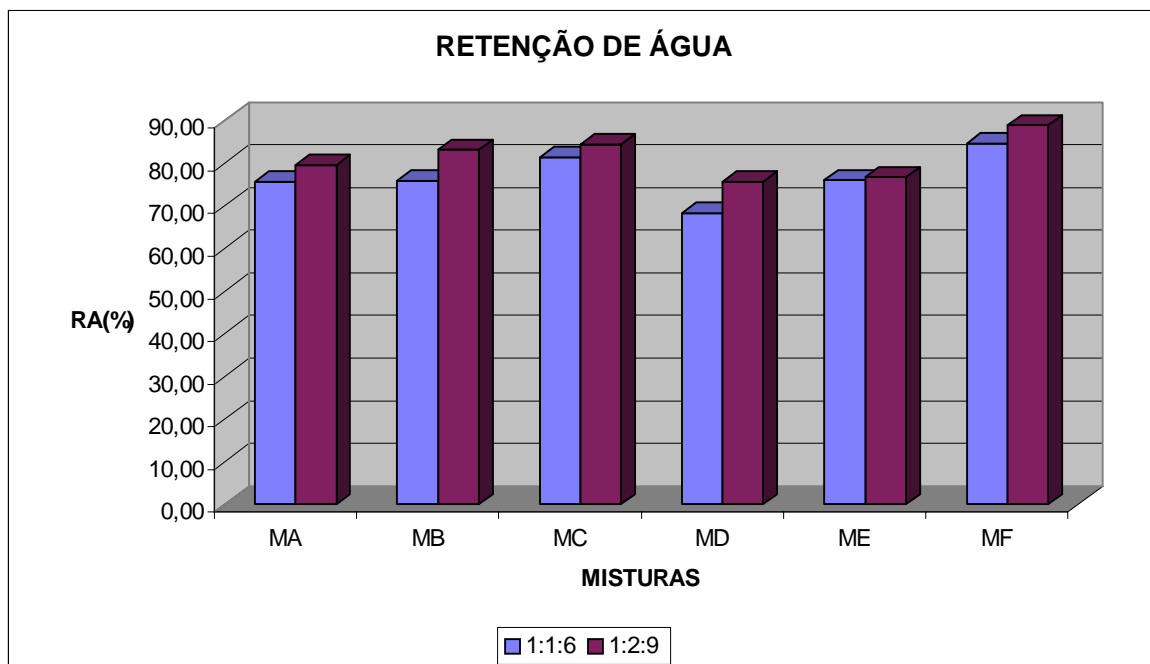


Figura 2: Retenção de Água

Os resultados da figura 2 indicam uma tendência da cal reter mais água que em relação ao aditivo plastificante.

#### 4.3 Resultados dos Ensaios de Resistência à Compressão da Argamassa Endurecida

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos para o módulo de elasticidade no traço 1:1:6 e a tabela 2, os resultados obtidos para o módulo de elasticidade no traço 1:2:9, aos 28 dias. A figura 3 registra a obtenção do módulo de elasticidade e a figura 4, a resistência à compressão dos corpos de prova.

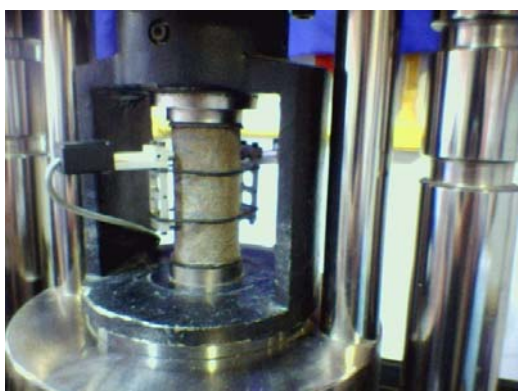


Figura 3: Módulo de Elasticidade

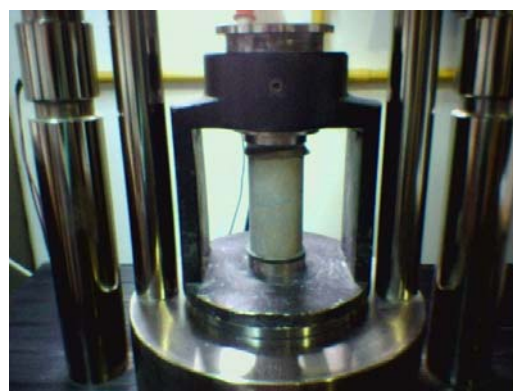


Figura 4: Resistência à Compressão

Tabela 1: Módulo de Elasticidade aos 28 Dias (Traço 1:1:6)

TRAÇO	MÓDULO DE ELASTICIDADE AOS 28 DIAS (MPa)					
	MISTURA A	MISTURA B	MISTURA C	MISTURA D	MISTURA E	MISTURA F
1:1:6	8500	15850	16590	14130	19720	15350
	10550	15120	16190	14046	11210	15760
MÉDIA	9525	15485	16390	14088	15465	15555
D.P.	1449,57	516,19	282,84	59,40	6017,48	289,91
C.V.(%)	15,22	3,33	1,73	0,42	38,91	1,86

Tabela 2: Módulo de Elasticidade aos 28 Dias (Traço 1:2:9)

TRAÇO	MÓDULO DE ELASTICIDADE AOS 28 DIAS (MPa)					
	MISTURA A	MISTURA B	MISTURA C	MISTURA D	MISTURA E	MISTURA F
1:2:9	8612	15510	7692	16590	19650	21220
	10800	11700	12320	15110	11310	16580
MÉDIA	9706	13605	10006	15850	15480	18900
D.P.	1547,15	2694,08	3272,49	1046,52	5897,27	3280,98
C.V.(%)	15,94	19,80	32,71	6,60	38,10	17,36

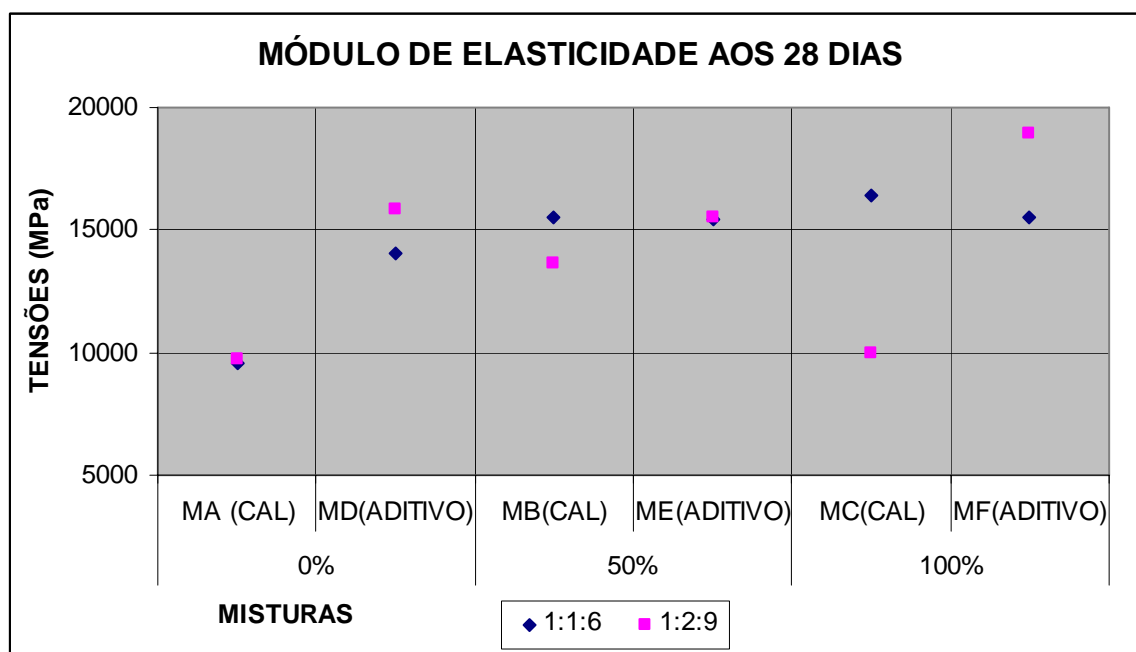


Figura 5: Módulo de Elasticidade aos 28 Dias.

Para melhor entendimento da figura 5, deve-se considerar que: 0% mistura sem areia artificial; 50% mistura com areia artificial e areia natural e 100% mistura somente com areia artificial. Os resultados da figura 5 indicam que há uma tendência de elevação dos valores do módulo de elasticidade, isto é, um aumento na rigidez. As misturas que utilizam areia artificial tendem há uma maior rigidez.



Nas tabelas 3 e 4 são apresentados os resultados obtidos para a resistência à compressão dos corpos de provas nos seus respectivos traços. As figuras 6 e 7 demonstram suas variações.

Tabela 3: Resistência à Compressão dos Corpos de Provas (Traço 1:1:6 - MPa)

TRAÇO 1:1:6	MISTURA A			MISTURA B			MISTURA C			MISTURA D			MISTURA E			MISTURA F		
	DIAS 3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28
CP1	2,03	2,14	4,06	2,70	3,83	5,27	2,53	3,20	6,29	1,50	2,25	3,98	2,77	2,90	5,40	3,82	3,05	6,10
CP2	1,66	2,46	4,28	2,85	3,74	6,63	2,57	3,55	5,75	1,74	2,42	4,11	2,99	3,18	5,40	2,98	3,18	6,24
CP3	1,85	2,85	4,48	2,76	3,89	5,83	2,48	3,57	6,76	1,46	2,57	4,53	2,81	3,25	4,79	3,44	2,98	5,85
CP4	1,83	2,45	3,91	2,63	3,79	5,74	2,44	3,57	5,96	1,66	2,51	4,44	2,83	3,16	5,66	3,09	3,18	5,60
MÉDIA	1,84	2,47	4,18	2,74	3,81	5,87	2,51	3,47	6,19	1,59	2,43	4,26	2,85	3,12	5,31	3,33	3,10	5,95
D.P.	0,15	0,29	0,25	0,09	0,06	0,56	0,06	0,18	0,44	0,13	0,14	0,26	0,09	0,15	0,37	0,38	0,10	0,28
C.V.(%)	8,21	11,71	6,02	3,35	1,69	9,61	2,27	5,20	7,10	8,40	5,75	6,15	3,28	4,89	6,92	11,38	3,14	4,74

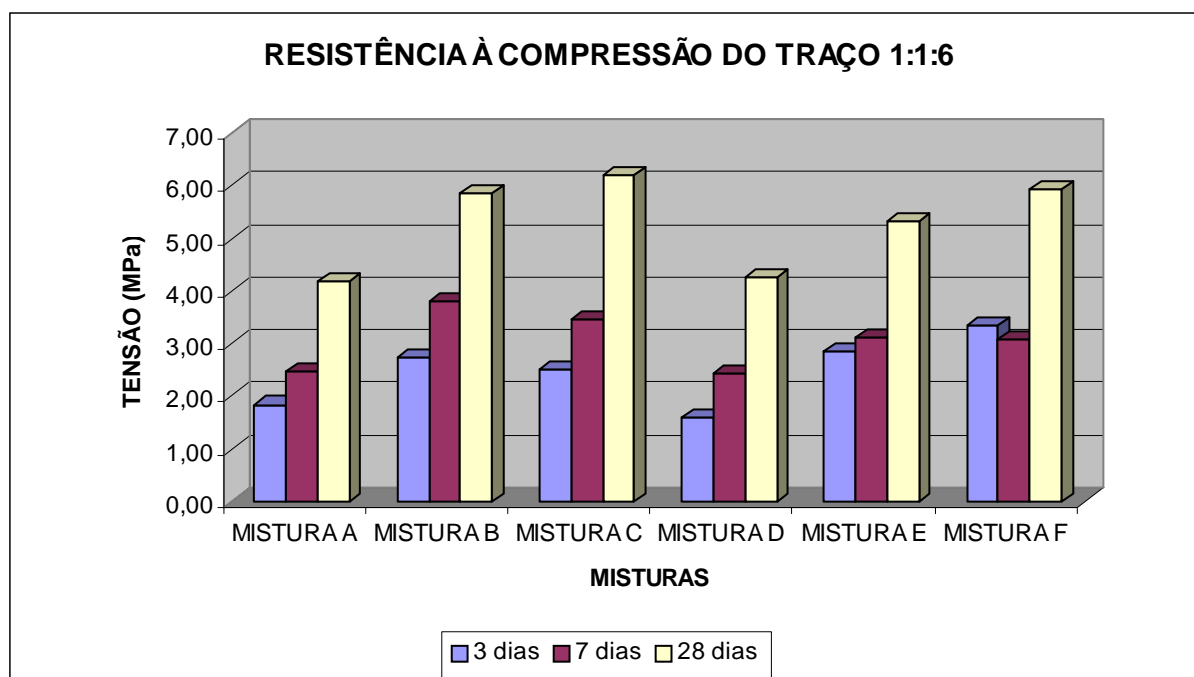


Figura 6: Resistência à Compressão dos Corpos de Provas Traço 1:1:6

Os resultados da figura 6 apresentam poucas variações de resistência à compressão em relação às misturas. As misturas com adição de cal apresentam maiores resistências à compressão.

Tabela 4: Resistência à Compressão dos Corpos de Provas (Traço 1:2:9 - MPa)

TRAÇO 1:2:9	MISTURA A			MISTURA B			MISTURA C			MISTURA D			MISTURA E			MISTURA F		
	DIAS 3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28
CP1	0,84	1,84	2,50	1,58	2,56	4,38	1,13	1,54	3,14	1,79	2,49	4,58	1,48	1,68	3,46	2,98	3,34	7,80
CP2	1,20	2,27	2,68	1,66	2,86	4,41	1,15	2,07	2,92	2,35	2,47	4,67	1,37	1,69	3,36	3,07	3,20	6,79
CP3	1,22	1,81	2,39	1,56	2,76	4,43	1,08	1,69	3,14	2,24	2,72	4,71	1,48	1,91	3,36	2,87	3,82	6,33
CP4	1,01	2,20	2,12	1,56	2,89	4,47	1,20	1,52	3,27	1,96	2,68	4,88	1,54	1,76	3,46	3,37	4,04	6,86
MÉDIA	1,07	2,03	2,42	1,59	2,77	4,42	1,14	1,71	3,12	2,09	2,59	4,71	1,47	1,76	3,41	3,07	3,60	6,95
D.P.	0,18	0,24	0,23	0,05	0,15	0,04	0,05	0,25	0,15	0,26	0,13	0,12	0,07	0,11	0,06	0,21	0,39	0,61
C.V.(%)	16,67	11,70	9,59	3,19	5,46	0,87	4,50	14,91	4,72	12,25	5,04	2,65	4,93	6,12	1,80	6,99	10,97	8,85

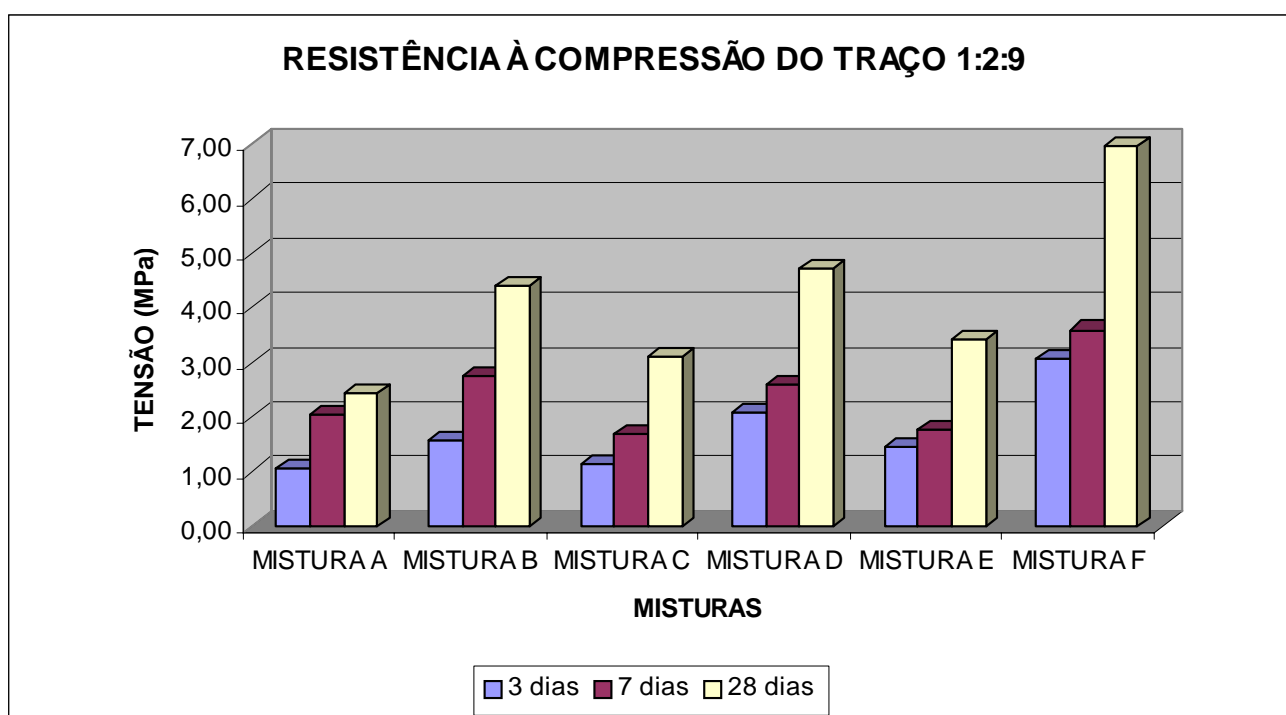


Figura 7: Resistência à Compressão dos Corpos de Provas (Traço 1:2:9)

Os resultados da figura 7 apresentam poucas variações de resistência à compressão em relação às misturas. As misturas em que foi adicionado aditivo apresentam maiores resistências à compressão aos 28 dias.

#### 4.4 Resultados dos Ensaio de Resistências dos Prismas e Tripletas

As figuras 8 e 9 demonstram a obtenção da resistência à aderência das tripletas e as figuras 10 e 11 demonstram a obtenção da resistência à compressão dos prismas.



Figura 8: Ensaio com a Tripletta



Figura 9: Rompimento da Tripletta



Figura 10: Ensaio com os Prismas



Figura 11: Rompimento dos Prismas

As tabelas 5 e 6 mostram os resultados da resistência à compressão dos prismas.

Tabela 5: Resistência à Compressão dos Prismas (Traço 1:1:6 - MPa)

TRAÇO 1:1:6	MISTURA A	MISTURA B	MISTURA C	MISTURA D	MISTURA E	MISTURA F
CP1	5,60	11,26	9,30	5,99	8,30	8,11
CP2	5,89	7,50	6,56	6,06	10,31	8,73
CP3	8,36	7,90	7,43	6,60	8,75	9,59
MÉDIA	6,62	8,88	7,77	6,22	9,12	8,81
D.P.	1,518	2,065	1,399	0,335	1,057	0,739
C.V.(%)	22,93	23,25	18,01	5,39	11,58	8,39

Tabela 6: Resistência à Compressão dos Prismas (Traço 1:2:9 - MPa)

TRAÇO 1:2:9	MISTURA A	MISTURA B	MISTURA C	MISTURA D	MISTURA E	MISTURA F
CP1	6,44	8,08	6,32	6,47	6,55	9,25
CP2	7,23	7,68	5,89	6,14	7,52	10,29
CP3	7,20	8,01	7,40	5,84	5,84	9,96
MÉDIA	6,96	7,92	6,54	6,15	6,64	9,83
D.P.	0,452	0,219	0,779	0,314	0,839	0,531
C.V.(%)	6,50	2,76	11,91	5,11	12,64	5,40

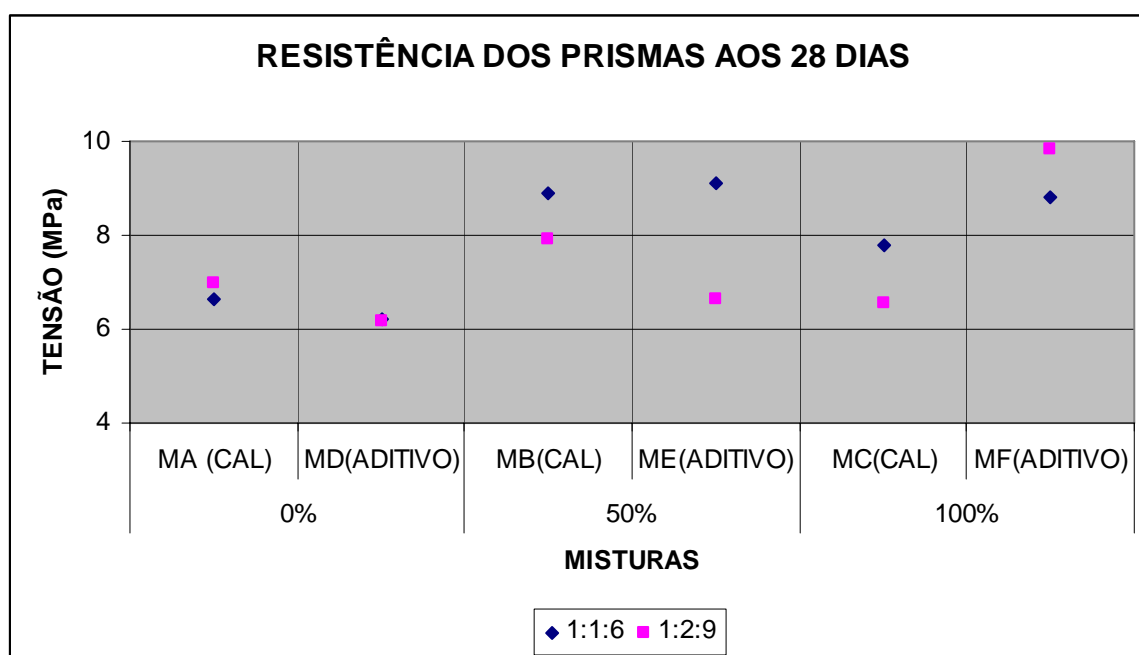


Figura 12: Resistência à Compressão dos Prismas aos 28 aos Dias

As tabelas 7 e 8 mostram os resultados da resistência à aderência das tripletas.

Tabela 7: Resistência à Aderência das Tripletas (Traço 1:1:6 - MPa)

TRAÇO 1:1:6	MISTURA A	MISTURA B	MISTURA C	MISTURA D	MISTURA E	MISTURA F
CP1	0,18	0,07	0,27	0,16	0,19	0,14
CP2	0,20	0,12	0,12	0,17	0,19	0,12
CP3	0,19	0,18	0,04	0,25	0,19	0,16
MÉDIA	0,19	0,12	0,14	0,19	0,19	0,14
D.P.	0,008	0,052	0,117	0,047	0,000	0,023
C.V.(%)	4,19	42,21	80,93	24,07	0,26	16,64

Tabela 8: Resistência à Aderência das Tripletas (Traço 1:2:9 - MPa)

TRAÇO 1:2:9	MISTURA A	MISTURA B	MISTURA C	MISTURA D	MISTURA E	MISTURA F
CP1	0,08	0,18	0,12	0,12	0,12	0,12
CP2	0,15	0,19	0,26	0,26	0,25	0,25
CP3	0,18	0,17	0,15	0,15	0,15	0,15
MÉDIA	0,14	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17
D.P.	0,053	0,011	0,071	0,071	0,070	0,071
C.V.(%)	37,91	6,17	40,37	40,60	40,07	40,46

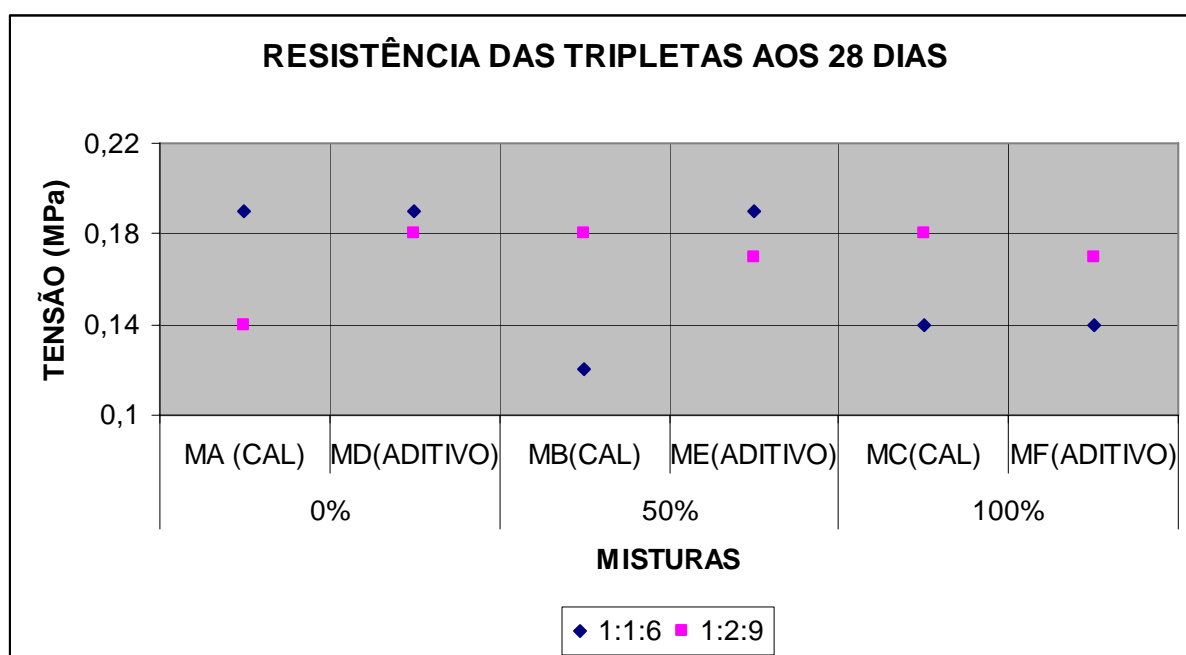


Figura 13: Resistência à Aderência das Tripletas aos 28 Dias

O resultado da figura 13 demonstra que, apesar da variação, há uma tendência dos resultados se manterem uniformes.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com relação às caracterizações (física e mecânica) do cimento, da cal e da areia pode-se dizer que não se obteve valores que apresentam discrepância a tantos outros que se conhece em literatura e que, portanto, os materiais caracterizados podem ser aprovados para produção de argamassas.

No que se refere aos elementos cerâmicos, os resultados se apresentam com grande variação de resistência ficando difícil de enquadrá-los nas normativas. Destaca-se que as dimensões (comprimento, largura e altura) variam em relação ao recomendado pelas normas técnicas pertinentes ao assunto.

Através da análise dos resultados da argamassa em si, pode-se verificar que, apesar do traço apresentar certa uniformidade, os valores médios variam, em muitas vezes, acima das resistências médias dos blocos, o que possivelmente influenciou nos resultados da relação prisma/bloco e aderência.

Observando os valores de absorção do tijolo maciço, nota-se que há pouca variação e que estes atendem o exigido pela NBR 7171(ABNT, 1992) (variação entre 8% e 25% de absorção). Pode-se observar que a média de absorção de água dos tijolos maciços encontram-se próximo do limite superior da norma.

Com o IRA alto haverá um succionamento muito rápido dos componentes do aglomerante dissolvido na água provocando: pouca aderência, ressecamento da argamassa e fissuras por retração na secagem.

Em relação à retenção de água nas misturas, comprovou-se que, mesmo substituindo-se a areia natural pela areia artificial, os resultados tendem a manter uma proporção direta. Aumentando-se a quantidade da cal ou do aditivo plastificante a retenção de água na mistura aumentará.

Sabe-se que, para assentamento de blocos, é mais importante a avaliação das características elásticas do que as características resistentes da argamassa. A elasticidade é definida como a capacidade que a argamassa possui de se deformar sem apresentar ruptura

quando, sobre ela, agem solicitações diversas e de retornar à dimensão original quando cessam estas solicitações. Pelos resultados obtidos, observa-se que as misturas que foram adicionadas areia artificial tendem a ficar mais rígida em relação às misturas que usaram areia natural.

O comportamento da resistência à compressão da argamassa de assentamento é linear, isto é, alterando a quantidade de cal ou aditivo, as argamassas de assentamento tendem a apresentar variações nessas propriedades.

Não se pode concluir qual traço, com sua respectiva mistura, apresentou melhores resultados, pois houve variações nas resistências à compressão, na aderência e no módulo de elasticidade. Ressalta-se, assim que, o IRA alto e algumas variações na retenção de água podem ter influenciado nas conclusões, pois não se pode analisar a microtextura e a macrotextura dos blocos.

Através deste trabalho constatou-se que pode ser feita a utilização da areia artificial em substituição a areia natural. Contudo, cabe ao engenheiro responsável pela obra verificar os carregamentos atuantes na estrutura para o correto emprego da argamassa de assentamento com areia artificial.

Em relação à resistência à compressão dos prismas, nota-se que pode ter havido uma microfissura (( $E_a > E_{tj}$ ) argamassa inadequada ou unidade muito fraca) na junta e num processo seqüencial de indução de tração nas unidades, com dissipação brusca de tensões nos tijolos, o que poderia explicar as variações que ocorreram nos resultados (CAVALHEIRO, 1997).

Para trabalhos futuros nesse assunto, recomenda-se: a realização de testes com argamassas de revestimentos com areia artificial e blocos estruturais; a realização de novos testes de IRA com outros blocos, a fim de se verificar o comportamento com o IRA baixo; uma pesquisa da influência da microtextura e sua influência na argamassa de assentamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-5736. **Cimento Portland Pozolânico – Especificação**. Rio de Janeiro 1986. 5p

\_\_\_\_NBR-6460. **Tijolo maciço para alvenaria – Verificação da resistência á compressão**. Rio de Janeiro 1983. 3p

\_\_\_\_NBR-6467. **Agregados – Determinação do Inchamento de Agregado Miúdo: Método de Ensaio**. Rio de Janeiro 1987. 5p.

\_\_\_\_NBR-7170. **Tijolo maciço cerâmico para alvenaria**. Rio de Janeiro 1983. 4p

\_\_\_\_NBR-7171. **Bloco cerâmico para alvenaria**. Rio de Janeiro 1992. 8p

\_\_\_\_NBR-7200. **Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas**. Rio de Janeiro 1998. 13p.

\_\_\_\_NBR-7215. **Cimento Portland – Determinação da Resistência à Compressão**. Rio de Janeiro 1996. 8p.

\_\_\_\_NBR-7217. **Agregados – Determinação da Composição Granulométrica**. Rio de Janeiro 1987. 3p.

\_\_\_\_NBR-7251. **Agregado em Estado Solto - Determinação da Massa Unitária**. Rio de Janeiro 1982. 3p.

\_\_\_\_NBR-8215. **Prismas de blocos vazados de concreto simples – Preparo e ensaio á compressão**. Rio de Janeiro 1983. ?p.

\_\_\_\_NBR-8947. **Telha cerâmica – Determinação da massa e da absorção de água**. Rio de Janeiro 1985. 1p

\_\_\_\_NBR-9290. **Cal hidratada para argamassas – Determinação de retenção de água**. Rio de Janeiro 1996. 4p.



\_\_\_\_NBR-9776. **Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de chapman.** Rio de Janeiro 1987. 3p.

\_\_\_\_NBR-9937. **Agregados – Determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo.** Rio de Janeiro 1987. 6p.

\_\_\_\_NBR-10907. **Cimento de Alvenaria.** Rio de Janeiro 1990. 2p.

\_\_\_\_NBR-11579. **Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75µm (nº 200).** Rio de Janeiro 1991. 3p

\_\_\_\_NBR-11581. **Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega: Método de Ensaio.** Rio de Janeiro 1991. 3p

\_\_\_\_NBR-13277 **Argamassa para Assentamento de Paredes e Revestimentos de Paredes e Tetos – Determinação da Retenção de Água.** Rio de Janeiro 19??. 2p.

AMTHAUER, Paulo Roberto. **Argamassas de assentamento – Uma verificação do estágio atual na cidade de Ijuí.** Ijuí, 2001. 111p. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

BAUER, Luis Alfredo Falcão. **Materiais de Construção.** 5ª edição. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1994. 435p. v. 1.

CAVALHEIRO, Odilon Pâncaro. **Curso internacional de alvenaria estrutural.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 145p.

CINCOTTO, Maria Alba. **Patologias das argamassas de revestimento.** 2 ed. São Paulo: IPT, 1989. 13p.

COSTA, Marlo Jorge. **Avaliação do uso de areia artificial em concreto de Cimento Portland: Aplicabilidade de um método de dosagem.** Ijuí RS, 2005. 50p. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.  
GASTALDINI, Antonio Luiz Guerra **Coletânea de artigos – Resumo.** UFSM, 2000.

GUIMARÃES, José Eptácio Passos. **A cal – fundamentos e aplicações na engenharia civil.** São Paulo: PINI, 1997. 285p.

HOLSBACH, Turfio Serpa. **Avaliação da substituição da areia natural por areia artificial em argamassas de cimento cal e areia para assentamento**. Ijuí RS, 2004. 50p. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Normalização de mistura prontas para argamassas de revestimento externo de alvenaria, fase I: levantamento de dados da literatura**. São Paulo: IPT, 1992. (relatório n. 30.027)

PETRUCCI, Eladio G. R. **Concreto de Cimento Portland**. São Paulo, editora Globo, 1998. 307p.

RUY, Reinaldo Aparecido ; NETO, Joaquim Marins. **Estudo de traços de argamassa de assentamento de alvenaria estrutural, e controle em obra da dosagem de seus materiais constituintes**. 2002. 20p. (Trabalho monográfico - Curso de Pós-Graduação - Especialista em Engenharia de Avaliações e Perícias) - Faculdade de Engenharia e Arquitetura. Pós-Graduação em Engenharia de Avaliações e Perícias - FEA FUMEC. Belo Horizonte.

SABBATINI, Fernando H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria estrutural**. Boletim Técnico 02/86. EPUSP. São Paulo, 1986.

TARTUCE, Ronaldo; GIOVANNETTI, Edio. **Princípios Básicos Sobre Concreto de Cimento Portland**. São Paulo: PINI: IBRACON, 1999. 107p.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios. Causas, Prevenção e Recuperação**. 1º edição. São Paulo: IPT/EPUSP/PINI, 2000. 194p.

WERNER, Jean Carlos. **Elementos cerâmicos e argamassas de assentamento – Uma avaliação das condições de utilização em obras de Condor e Panambi**. Ijuí, RS, 2004. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

## BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual Técnico de Alvenaria**. Edição: ABCI/PROJETO/PW, 1990. 275p.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O Edifício e seu Acabamento**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2004.

MOLITERNO, Antonio. **Caderno de Estruturas em Alvenaria e Concreto Simples**. 1º reimpressão. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2001. 374p.

NAKAKURA, Elza Hissal; CINCOTTO, Maria Alba. **Análise dos Requisitos de Classificação de Argamassas de Assentamento e Revestimento**. 2004. 20f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica Universidade de São Paulo, departamento de Engenharia Civil, Boletim técnico, 11/04/03.

POZZOBON, Cristina Eliza. **Aplicações Tecnológicas para a Cinza do Carvão Mineral Produzida no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda**. Florianópolis, SC, 1999. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Construção Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. 1º edição. São Paulo: Editora PINI Ltda, 2003. 174p.

SOUZA, Roberto de; MEKBEKLAN, Geraldo. **Qualidade na Aquisição de Materiais e Execução de Obras**. São Paulo: PINI, 1996. 275p.

YAZIGI, Walid. **A Técnica de Edificar**. 6º edição. São Paulo: Editora PINI/SINDUCOMSP, 2004. 722p.