

**HELVIO CEZAR KLOSS  
PAULO DA SILVA OLIVEIRA**

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSA  
DE BASE QUÍMICA**

**CURITIBA  
AGOSTO - 2012**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE TECNOLOGIA EM CONCRETO**

**HELVIO CEZAR KLASS  
PAULO DA SILVA OLIVEIRA**

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSA DE BASE  
QUÍMICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CURITIBA  
2012**

**HELVIO CEZAR KLASS  
PAULO DA SILVA OLIVEIRA**

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSA  
DE BASE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Concreto do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Concreto.

Orientador: Prof. Marcelo Varisco

Co-orientador: Prof. Wellington Mazer,  
Doutor.

**CURITIBA  
AGOSTO – 2012**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSA  
DE BASE QUÍMICA**

**HELVIO CEZAR KLASS  
PAULO DA SILVA OLIVEIRA**

Trabalho de graduação aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Concreto pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador:

---

Prof. Marcelo Varisco  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR.

Banca examinadora:

---

Prof. Wellington Mazer, Doutor  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR.

---

Prof. Helena Akemi U. Rodrigues, Mestre  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR.

---

Prof. Luciene Ferreira Schiavoni Wiczick, Mestre  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente ao Senhor Jesus Cristo nosso único e verdadeiro Deus que esteve conosco muito antes da realização do vestibular e nos orientou em tudo até este maravilhoso momento.

Aos nossos amados e queridos pais que por tantas e tantas vezes nos incentivaram com suas palavras e orações para que conseguíssemos enfrentar todos os obstáculos na vida.

Agradecemos também em especial ao nosso professor orientador Marcelo Varisco e o professor Wellington Mazer, que não se negaram em nenhum momento a nos orientar e ajudar dia a dia. Hoje não só professores, mas também grandes amigos.

Agradecemos também a nossas queridas esposas e filhos que por tanto tempo tiveram paciência com nossas ausências em casa durante o período letivo na UTFPR.

## RESUMO

A construção civil atualmente tem seu ramo aquecido devido ao crescimento da economia e a facilitação de financiamentos, o que, conseqüentemente tornou a disputa pelo mercado mais acirrada e cada vez mais específica. Porém, mesmo com todo este contínuo crescimento, o desperdício e desorganização dos canteiros de obras ainda são marcas da construção civil. Dentre os principais problemas está o desperdício exagerado de materiais e mão de obra nas obras em geral. Mas com o avanço tecnológico, novos produtos estão sendo lançados no mercado para modernizar os processos construtivos e amenizar os gastos desnecessários de materiais durante a execução das construções civis. Seguindo visões sistêmicas, produtos inovadores foram criados para corrigir falhas no processo e desenvolver melhorias em todo o sistema produtivo. Dentre estas melhorias para a construção civil, está a racionalização de materiais utilizados para assentamentos de blocos e cerâmicas, o que resulta uma melhor organização no canteiro de obras, menor tempo de produção e redução de custos.

**Palavras-chave:** Produtos inovadores. Materiais utilizados para assentamentos. Racionalização de materiais.

## **ABSTRACT**

The construction industry currently has its heated due to economic growth and facilitation of financing, which consequently became a fierce competition for market and increasingly specific. But even with all this continued growth, waste and clutter of construction sites still are trademarks of construction. Among the main problems is the excessive waste of materials and labor in construction in general. But with technological advances, new products are being launched in the market to modernize construction processes and minimize unnecessary spending of materials during execution of civil works. Following systemic visions, innovative products are designed to correct flaws in the process and develop improvements across the production system. Among these improvements for construction, is the rationalization of materials used for settlements and ceramic blocks, resulting in better organization jobsite, less production time and cost savings.

**Keywords:** Innovative products. Materials used for settlements. Rationalisation of materials.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Figura 1 - Jazida de Agregados .....	26
Figura 2 - Funcionário da Cristal Engenharia com um pacote de argamassa industrializada de base química. ....	34
Figura 3 - Argamassa sendo aplicada em assentamento de azulejo .....	34
Figura 4 - Argamassa sendo aplicada em uma superfície vertical mostrando boa aderência da argamassa ao substrato. ....	35
Figura 5 - Assentamento do azulejo em uma superfície vertical mostrando boa aderência com a argamassa. ....	35
Figura 6 - Argamassa sendo utilizada para reparos em bases de concreto.....	36
Figura 7 - Argamassa sendo utilizada para reparos em bases de concreto.....	36
Figura 8 - Argamassa industrializada utilizada na Empresa Cristal Engenharia para assentamento de blocos de concreto.....	37
Figura 9 - A argamassa industrializada já vem pronta, pode ser utilizada diretamente a partir do pacote. ....	37
Figura 10 - A argamassa química não gera muito desperdício. ....	38
Figura 11 - Exemplo de assentamento de bloco de concreto .....	38
Figura 12 - Exemplo de bom nivelamento dos blocos devido a boa trabalhabilidade da argamassa.....	39
Figura 13 - Fachada da empresa Argapoli .....	40
Figura 14 - Argapoli em saco plástico de 5,00kg.....	40
<a href="http://www.argapoli.com.br/produto_detalhes/253">http://www.argapoli.com.br/produto_detalhes/253</a> .....	40
Figura 15 - Argapoli em barrica de 40,00kg .....	41
Figura 16 - Preenchimento do molde tronco cônico com a argamassa.....	43
Figura 17 - Utilização do soquete para o preenchimento da argamassa no molde...44	
Figura 18 - Rasamento da argamassa no molde tronco cônico. ....	44
Figura 19 - Realização das quedas da mesa Flow Table.....	45
Figura 20 - Medição do espalhamento da argamassa .....	45
Figura 22 - Paver assentado para ensaio de resistência a compressão. ....	49
Figura 23 - Ensaio de compressão com corpo de prova prismático.....	49

Figura 24 - Ensaio de compressão com corpo de prova prismático.....	50
Figura 25 - Prensa utilizada para rompimento dos corpos de prova. ....	50
Figura 26 - Equipamentos utilizados para análise da compressão do corpo de prova. .....	51
Figura 27 - Corpo de prova durante rompimento na prensa.....	51
Figura 28 - Sistema registrando as tensões do corpo de prova. ....	52
Figura 29 - Aplicação da argamassa sobre o substrato .....	54
Figura 30 - Corte na argamassa após 28 dias de cura. ....	54
Figura 31 - Preparação da cola epóxi. ....	55
Figura 32 - Aplicação de cola na placa metálica. ....	55
Figura 33 - Acoplamento do Aderímetro a placa metálica.....	56
Figura 34 - Ensaio sendo realizado registrando a força em Kg.....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das argamassas segundo suas funções.....	21
Tabela 2 - Densidades média de materiais.....	29
Tabela 3 – Ensaio Flow Table com argamassa à base cimentícia.....	60
Tabela 3a - Ensaio Flow Table com argamassa à base química.....	60
Tabela 4 – Pesos e medidas dos materiais para o ensaio de massa específica da argamassa de base química.....	61
Tabela 4a – Pesos e medidas dos materiais para o ensaio de massa específica da argamassa de base cimentícia.....	62
Tabela 5- Resultado do ensaio de rompimento da argamassa de base química.....	64
Tabela 6.- Comparativo de resistência de aderência à tração.....	65

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1 Objetivos .....	14
1.1.1 Objetivo geral .....	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
1.2 Justificativas .....	15
1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA .....	15
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
2.1 QUALIFICAÇÕES DAS ARGAMASSAS .....	17
2.2 Classificações das Argamassas.....	18
2.2.1 Quanto ao tipo de aglomerante .....	19
2.2.2 Quanto à natureza do aglomerante:.....	20
2.2.3 Quanto ao número de aglomerantes: .....	20
2.2.4 Quanto à consistência da argamassa: .....	21
2.2.5 Quanto à plasticidade da argamassa.....	21
2.2.6 Quanto à forma de preparo ou fornecimento.....	21
2.2.7 Quanto à densidade de sua massa.....	22
2.3 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS.....	22
2.3.1 Propriedades no estado fresco.....	22
2.3.2 Propriedades no estado endurecido.....	23
2.4 CONSTITUINTES DA ARGAMASSA .....	25
2.4.1 Aglomerantes .....	25
2.4.2 Agregados .....	25
2.4.3 Água de amassamento.....	27
2.4.4 Aditivos.....	29
2.4.4.1 Definição e aplicações.....	29
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	32
3.1 PLANEJAMENTO DE PESQUISA .....	32
3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO .....	32
3.3 ESTUDOS DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UMA ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA DE BASE QUÍMICA.....	33
3.4 VISITAS As OBRAs .....	33
3.5 Obras visitadas.....	39
3.5.1 Coleta das Amostras .....	39

3.6 ESTUDO DAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS .....	41
3.6.1 Ensaio do índice de consistência (Flow table).....	41
3.6.2 Massa Específica no estado fresco e densidade da massa .....	46
<b>4. RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>57</b>
4.1 Análise da argamassa no estado fresco .....	57
4.1.1 Análise do índice de consistência .....	57
4.1.2 Análise da massa específica e densidade da massa .....	58
4.1.3 Análise de resistência à compressão .....	62
4.1.4 Análise do ensaio da resistência de aderência á tração.....	62
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>64</b>
5.1 CONCLUSÕES .....	64
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
APÊNDICE A.....	73
APÊNDICE B.....	76

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil sempre foi um alvo de críticas em todos os aspectos, sendo estas críticas fundamentadas em vários indicadores que se pode ver facilmente sem necessidades de grandes conhecimentos técnicos a respeito do assunto.

Dentre os principais problemas encontrados na indústria da construção civil está o desperdício de material, geração de resíduos e perda de tempo durante o processo de construção.

Tal fato deve-se, muitas vezes, à falta de tecnologias e estudos sobre processos construtivos. Tendo em vista esta falha no processo foram criadas ao longo dos anos materiais e equipamentos que facilitaram e modernizaram o cenário das obras como um todo. Antes vista como ambiente rudimentar e sem preparo, hoje pode contar com obras de grande capacidade de produção, tecnologias e mão de obra especializada.

A indústria da construção civil é extremamente dependente da mão de obra para quase a totalidade dos processos, mesmo hoje em dia com o auxílio de equipamentos, dependem do fator humano. Em virtude disso, a produtividade, os prazos e a qualidade final e intermediária dos serviços dependem diretamente do nível de treinamento dos operários e do planejamento e controle da construção.

Para a construção civil, melhoras advindas de uma responsável racionalização de fluxo de materiais, além de proporcionar considerável diminuição de perdas no processo construtivo, pode também trazer benefícios ergonômicos para o processo da construção civil e para o bem estar dos trabalhadores. E por fim trazer vantagens aos consumidores que seriam beneficiados com melhorias significativas na qualidade, nos prazos e no custo final do produto. (HEINECK, 1991).

Segundo Koskcia (1992), no século XIX todos os modelos de produção podiam ser simplificados como um processo de conversão com uma entrada *input* e uma saída *output* e com atividades divididas em dois grupos, as que agregavam e as que não agregavam valor. Isso está diretamente ligado ao lento processo de construção de obras em alvenaria, assentamentos de tijolos e placas cerâmicas, pois o vai e vem de material, destinação de resíduos e limpeza do ambiente de

trabalho, torna este sistema em um ambiente pouco produtivo e gerador de gastos para as indústrias de construção e empresários que contratam estes serviços.

Baseados nestes princípios foram criados diversos materiais para modificar e facilitar o sistema produtivo, que dão um novo sentido ao que diz respeito a agilidade de produção, qualidade e limpeza do ambiente de trabalho, que também envolve problemas de logística dentro dos leiautes dos ambientes de trabalho.

Neste trabalho de conclusão de curso apresenta-se uma argamassa que não utiliza aglomerantes derivados do cimento, o que diminui danos ao meio ambiente. Esta nova tecnologia de criar um produto diferenciado no mercado, pode facilitar a mão de obra na indústria da construção civil, pois seu processo de utilização é bem simples e econômico, o que é um ganho de tempo e dinheiro nas obras e para a sociedade como um todo, visto que não gera muitos resíduos e desperdícios durante a sua utilização.

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é conhecer as propriedades de uma argamassa com base química, analisar suas qualidades com relação às argamassas a base de cimento existente no mercado.

### 1.1.1 Objetivo geral

Estudar as propriedades de uma argamassa de base química.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Esta pesquisa tem como objetivos específicos:

- Realizar ensaios de laboratório para conhecer as características principais do material.
- Ensaios de resistência a compressão axial.
- Ensaios de análise de aderência.

- Ensaio de flexão simples.
- Análise de absorção por capilaridade.
- Análise de aderência.
- Ensaio de consistência (Flowtable).
- Ensaio de retenção de água.
- Comparação com argamassas existentes.
- Conclusão final apresentando resultados obtidos.

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

Este tema foi escolhido devido à importância que se deve às propriedades que este material tem apresentado e à grande vantagem que ele proporciona no canteiro de obras como: facilidade na utilização do produto, limpeza do ambiente de trabalho, trabalhabilidade da argamassa durante a execução, fácil transporte, rapidez e economia.

Nos dias de hoje vê-se muitos tipos de argamassa industrializada, sendo que na sua maioria, esta é constituída a base de produtos cimentícios, este, por sua vez, é um material degradante ao meio ambiente.

Neste intuito apresenta-se uma argamassa que não se utiliza de aglomerantes derivados do cimento, o que diminui consideravelmente os danos ao meio ambiente. Esta nova tecnologia de criar um produto diferenciado no mercado, pode facilitar a mão de obra na indústria da construção civil, pois seu processo de utilização é bem simples e econômico, o que é um ganho de tempo e dinheiro nas obras e para a sociedade como um todo visto que não gera tantos resíduos durante a sua utilização.

## 1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA

O seguinte trabalho foi desenvolvido em cinco capítulos, desenvolvidos da seguinte forma:

- Capítulo 1 consta a Introdução, Objetivo Geral, Objetivo específico,

- Capítulo 2 apresenta a Revisão Bibliográfica,
- Capítulo 3 é apresentado a Metodologia Aplicada no Desenvolvimento do Trabalho,
- Capítulo 4 é composto pelos Resultados e Análises obtidas,
- Capítulo 5 apresenta os Resultados, Conclusões Finais e Sugestões para Trabalhos Futuros.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 QUALIFICAÇÕES DAS ARGAMASSAS

As argamassas podem ser qualificadas por diversos fatores, entre os mais importantes podemos destacar a resistência mecânica, a compacidade, a impermeabilidade, a aderência, a constância de volume e a durabilidade.

As argamassas com essas características tem maior ou menor importância dependendo do fim a que ela se destina, e dependem dos seguintes fatores: qualidade, quantidade e tipo do aglomerante, qualidade, quantidade e tipo do agregado e quantidade de água.

Uma argamassa de qualidade considerada boa, precisa ter todas as partículas de agregado inerte, do maior até o menor, envolvidos e bem aderidos pela pasta e isentos de vazios. Mesmo sem obter essas características a argamassa pode alcançar resistências e também compacidade altas. Pode-se dizer também que a coesão desta argamassa terá boa trabalhabilidade, mas a resistência a tração, será baixa, frágil e principalmente terá grande permeabilidade.

Todos estes problemas que a argamassa apresenta podem ser facilmente resolvidos com uma dosagem adequada dos materiais constituintes. Com respeito à aderência entre pasta e agregado, existem diversas condições para que ela atinja uma forma perfeita:

Os grãos do agregado deverão ser hidrófilos. Estes devem ser molhados com água para permitir a aderência dos grãos de aglomerante em fase de endurecimento com os grãos do material inerte.

A relação de aderência entre os grãos e os aglomerantes deve ter ações moleculares individuais que precisam ter deslocamentos de íons, que por sua vez, não são iguais segundo a quantidade de água ao redor dos grãos.

A ação química dos compostos em contato só manifesta-se se os corpos estiverem em solução, e o deslocamento que faz com que a ligação aconteça, não poderão se processar sem a contribuição de atrações eletrostáticas, possíveis pela dissociação iônica, que é a função da concentração de sais dissolvidos, e a aderência, depende da textura cristalina da pasta em endurecimento.

Estes itens considerados apresentam a importância da dosagem da água para a aderência do aglomerante aos grãos inertes, e também, para obter-se a ótima trabalhabilidade da argamassa.

É importantíssima a limpeza dos grãos para a aderência com o aglomerante, mas alguns agregados com alterações na sua superfície tornam ilusório ou aleatório o contato real dos grãos inertes com os elementos ativos do aglomerante, e mesmo com excesso de pasta, a argamassa nunca terá resistência à tração e impermeabilidade considerada como boa.

O envolvimento perfeito dos grãos pela pasta com viscosidade alta apresentará certa dificuldade com a finura dos grãos inerte, e a energia empregada para a mistura, é dificilmente suficiente para a homogeneização dos grãos com granulometria mais fina na pasta. Por isso a argamassa com grande quantidade de finos não terá suficiência de impermeabilidade, gelividade, durabilidade e resistência mecânica (ELÁDIO G.R.PETRUCCI 1998).

## 2.2 CLASSIFICAÇÕES DAS ARGAMASSAS

As argamassas podem ser classificadas conforme a sua utilização no canteiro de obras, segue abaixo um quadro que pode classificar os tipos de argamassa de acordo com sua função.

Tabela 1 – Classificação das argamassas segundo suas funções

FUNÇÃO	TIPOS
<b>Para construção de Alvenarias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa de assentamento (elevação de alvenaria)</li> <li>• Argamassa de fixação (encunhamento)</li> <li>• Alvenaria de vedação</li> </ul>
<b>Recuperação de Estruturas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa de reparo</li> </ul>
<b>Revestimento de Piso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa de contrapiso</li> <li>• Argamassa de alta resistência para piso</li> </ul>
<b>Revestimento Cerâmico (pisos/paredes)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa de rejuntamento</li> <li>• Argamassa de assentamento</li> <li>• Argamassa colante</li> </ul>
<b>Revestimento de Paredes e tetos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa de chapisco</li> <li>• Argamassa de emboço</li> <li>• Argamassa de reboco</li> <li>• Argamassa de camada única</li> <li>• Argamassa para revestimento decorativo monocamada</li> </ul>

Fonte: Carasek (2007)

### 2.2.1 Quanto ao tipo de aglomerante

As argamassas também podem ser classificadas por diferentes critérios a serem analisados como:

- Argamassa de cimento: é composta de areia e cimento, possui uma alta resistência e indica-se para suportar maiores cargas.

- Argamassa de cal: é uma mistura de areia e cal. Pode ser utilizada cal hidratada ou cal virgem. Indica-se para obter uma boa trabalhabilidade e retenção de água, porém apresenta baixa resistência.
- Argamassa de cimento e cal: é composta de cimento e cal. Devido à combinação dos dois elementos esta argamassa apresenta-se como uma mistura mais completa, tendo boa trabalhabilidade e resistência.
- Argamassa de gesso: composta basicamente de gesso e areia. Utiliza-se em todos os revestimentos internos da categoria.
- Argamassa de cal e gesso: é composta de uma mistura de gesso e cal. Utiliza-se o emprego da cal juntamente na argamassa de gesso no intuito de protelar o início da pega, devido à propriedade da cal de reter água.
- Argamassa de base química: é composta de compostos minerais, aditivos especiais e polímeros. Utiliza-se para assentamento de blocos de cerâmicos ou de concreto, assentamento de azulejos e afins.  
(PETRUCCI ,1998).

#### 2.2.2 Quanto à natureza do aglomerante:

- Argamassa aérea: é composta por aglomerante que tem propriedade de endurecer por reações de hidratação ou pela ação química do anidrido carbônico (CO<sub>2</sub>), não apresentando após sua cura, resultados satisfatórios quando submetidos a ação da água.
- Argamassa hidráulica: é composto por aglomerante que tem propriedade de endurecer somente pela reação com a água, apresentando resultados satisfatórios de resistência quando submetidos à ação da mesma.  
(PETRUCCI ,1998).

#### 2.2.3 Quanto ao número de aglomerantes:

- Argamassa simples: composta apenas de um aglomerante.
- Argamassa composta: composta por dois ou mais aglomerantes.  
(PETRUCCI ,1998).

#### 2.2.4 Quanto à consistência da argamassa:

- Argamassa seca: devido a pasta aglomerante preencher somente os vazios entre os agregados, porém mantêm o contato entre suas partículas, no que resulta uma massa áspera.
- Argamassa plástica: apenas uma estreita camada de pasta aglomerante entorna a superfície dos agregados, fornecendo uma boa união entre os mesmos, formando uma estrutura quase sólida.
- Argamassa fluída: a pasta aglomerante entorna completamente todas as partículas de agregado dando a impressão de estes estarem em uma espécie de “sopa”, não resultando resistência ao deslizamento, e impedindo assim a boa execução adequada do trabalho. (PETRUCCI ,1998).

#### 2.2.5 Quanto à plasticidade da argamassa.

- Argamassa pobre ou magra: desconsiderando a utilização de aditivos, uma argamassa é considerada pobre ou magra quando está utiliza uma quantidade mínima de aglomerantes (cimento, cal) em sua composição.
- Argamassa média ou cheia: desconsiderando a utilização de aditivos, uma argamassa é considerada média ou cheia quando está utiliza uma quantidade razoável de aglomerantes (cimento, cal) em sua composição.
- Argamassa rica ou gorda: desconsiderando a utilização de aditivos, uma argamassa é considerada rica ou gorda quando está utiliza uma quantidade expressiva de aglomerantes (cimento, cal) em sua composição. (PETRUCCI ,1998).

#### 2.2.6 Quanto à forma de preparo ou fornecimento.

- Argamassa preparada em obra: a equipe técnica da obra escolhe os fornecedores de insumos (areia, cimento, cal), e fornecem a composição da argamassa para ver se atendem aos requisitos.

- Mistura semi pronta para argamassa: é composta de uma mistura de cal e areia. O cimento é adicionado a essa mistura no local da obra. Com uma aplicação rápida pode ser utilizada tanto para o revestimento quanto para o assentamento do material.
- Argamassa industrializada: pelo fato da mistura já vir pronta em sacos ou a granel, basta adicionar água para que se obtenha argamassa. É composta por aditivos incorporadores de ar, que contribuem para a resistência à compressão e trabalhabilidade, que podem variar com o tipo de misturador ou tempo de mistura.
- Argamassa dosada em central: são nas argamassas dosadas em central que são realizados os testes de qualidade dos materiais medindo sua massa e seu volume e sendo misturados em uma betoneira. (PETRUCCI ,1998).

#### 2.2.7 Quanto à densidade de sua massa.

- Argamassa normal: é utilizada na colocação de tijolos em condições normais. É composto de cimento, areia fina e cal.
- Argamassa forte: é utilizada para construções em alvenaria com condições especiais, e sua composição é a mesma que a da argamassa normal. (PETRUCCI ,1998).

## 2.3 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

### 2.3.1 Propriedades no estado fresco

#### 2.3.1.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é a propriedade que a argamassa possui de se distribuir com facilidade sobre a superfície que se deseja efetuar algum tipo de serviço. Esta

pode variar em função do tipo, quantidade e qualidade dos aglomerantes, quantidade de água, tipo e quantidade de agregado e aditivo. (CARASEK, 2007).

#### 2.3.1.2 Retenção de água

É a propriedade da argamassa de reter água de amassamento, dificultando a perda desta por evaporação ou para o elemento onde será assentada.

A norma que avalia a capacidade de retenção de água de uma argamassa é a NBR 13277 (ABNT, 2005). Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos. Determinação da retenção de água.

#### 2.3.1.3 Massa específica e teor de ar incorporado

A relação entre o volume e a massa da argamassa é chamada massa específica, esta, podendo ser relativa ou absoluta.

Teor de ar incorporado são os vazios presentes na argamassa. Na massa específica absoluta não são considerados os vazios e na massa específica relativa, considera-se os vazios. (PETRUCCI, 1998).

A norma que prescreve a densidade de massa no estado fresco é a NBR 13278 (ABNT, 1995).

### 2.3.2 Propriedades no estado endurecido

#### 2.3.2.1 Aderência

Para que a relação da aderência entre a pasta e o agregado seja considerada perfeita, várias são as condições a serem analisadas:

- Os grãos do agregado deverão ser hidrófilos
- Os grãos deverão ser molhados pela água
- A relação entre o aglomerante e os grãos inertes deve ter pelo menos uma relação de afinidade.

- A limpeza dos grãos
- O perfeito envolvimento dos grãos pelo filme da pasta (PETRUCCI, 1998).

#### 2.3.2.2 Resistência mecânica

É a propriedade da argamassa de resistir esforços. Esta aumenta de acordo com o tempo de cura, atingindo na maioria dos casos sua plenitude aos 28 dias. (ALVES, 1999).

A NBR que aborda o assunto de resistência mecânica e reológica da argamassa é a NBR 13281 (ABNT, 2001).

#### 2.3.2.3 Retração

A retração ocorre devido à diminuição ou aumento de volume do material ao endurecer. As argamassas podem diminuir de volume ainda no estado plástico e depois de endurecidas.

Se a argamassa perder água para o meio muito rapidamente, pode ocorrer fissuras. (PETRUCCI, 1998).

#### 2.3.2.4 Durabilidade

É a propriedade da argamassa em manter sua resistência a intempéries, mantendo suas características definidas para um determinado tipo de serviço.

Dependendo do local do revestimento, deve ser previsto proteção contra os agentes agressivos, caso o contrário não é recomendado a utilização de cal aérea, recomendando assim a utilização de argamassa de cal e cimento. (PETRUCCI, 1998).

## 2.4 CONSTITUINTES DA ARGAMASSA

### 2.4.1 Aglomerantes

#### 2.4.1.1 Histórico

Nas primeiras construções que surgiram eram utilizados blocos de pedra somente superpostos, madeiras ou barro adensado em camadas.

A argila foi o primeiro aglomerante utilizado pelo homem, na bíblia existem relatos que a argila era utilizada nas construções pelos Assírios e Caldeus.

A argila é um aglomerante quimicamente inativo e a cura ocorre através da evaporação da água de amassamento não necessitando de nenhum processo de tratamento. A umidade da argamassa após ser removida torna a mesma muito resistente e o contrário ocorre quando na argamassa é adicionada a água, mesmo ela já endurecida, se adicionar água ele volta a obter trabalhabilidade, pois é um material instável debaixo d'água.

Os fatores que tornam a argila com características aglomerantes são os silicatos de alumínio que estão nela naturalmente contidos.

Na antiga Grécia, o aglomerante era utilizado em paredes de tijolos, secos ao sol, sem cozimento, eles colocavam os tijolos em camadas assentes com o mesmo barro usado na sua confecção (PETRUCCI, 1998)

Dentre os diversos aglomerantes existentes, os mais utilizados e antigos na construção civil são: gesso, cal aérea, pozolanas, cal hidráulica natural, cimento de pega rápida, cal hidráulica artificial, cimento de pega normal, aglomerantes com pozolanas, aglomerantes com escória e cimento aluminoso.

### 2.4.2 Agregados

Agregado em sua definição, segundo Bauer (2000), é o material particulado, incoesivo, com sua atividade química praticamente nula. É um material que é constituído de partículas que cobrem extensa gama de tamanhos. O termo “agregado” é usado de forma generalizada na tecnologia do concreto, pode também

ser conhecido com outros nomes dependendo do ramo de atividade na construção civil, como: filer, pedra britada, bica corrida, rachão etc.



Figura 1 - Jazida de Agregados

Fonte: <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado.html>

#### 2.4.2.1. Classificação

Os agregados são classificados segundo a sua origem, o peso específico, peso aparente e as dimensões das partículas.

#### 2.4.2.2. Segundo a Origem

- Naturais. São aqueles que já são encontrados na natureza sob forma particulada: como por exemplo, a areia e o cascalho.
- Industrializados. São aqueles que através de processos industriais adquirem forma particulada. A matéria-prima pode ser escória de alto forno, rocha e argila nestes casos.

#### 2.4.2.3. Segundo as Dimensões das Partículas.

Na tecnologia do concreto o agregado é dividido em:

- Agregado miúdo. EX: areias

- Agregado graúdo. Ex: cascalhos e as britas

#### 2.4.2.4 Segundo o Peso Específico Aparente.

Conforme a densidade do material que constitui as partículas, os agregados são classificados em leves, médios e pesados. Bauer (2005).

A Tabela a seguir relaciona alguns deles e os valores aproximados das densidades aparentes.

Tabela 2 – Densidade média de materiais

LEVES	MÉDIOS	PESADOS
<b>VERMICULITA = 0,3</b> g/cm <sup>3</sup>	<b>CALCÁRIO = 1,4</b> g/cm <sup>3</sup>	<b>BARITA = 2,9</b> g/cm <sup>3</sup>
<b>ARGILA EXPANDIDA = 0,8</b> g/cm <sup>3</sup>	<b>ARENITO = 1,5</b> g/cm <sup>3</sup>	<b>HEMATITA = 3,2</b> g/cm <sup>3</sup>
<b>ESCÓRIA GRANULADA = 1,0</b> g/cm <sup>3</sup>	<b>CASCALHO = 1,6</b> g/cm <sup>3</sup>	<b>MAGNETITA = 3,6</b> g/cm <sup>3</sup>
<b>GRANITO = 1,5</b> g/cm <sup>3</sup>		
<b>*AREIA = 1,5</b> g/cm <sup>3</sup>		
<b>BASALTO = 1,5</b> g/cm <sup>3</sup>		
<b>ESCÓRIA = 1,7</b> g/cm <sup>3</sup>		
<b>* Esta é a densidade aparente média da areia “seca ao ar”</b>		

Fonte: BAUER 2005

#### 2.4.3 Água de amassamento

Água de amassamento é o nome que se denomina a água utilizada na produção de concretos e argamassa. A água de amassamento precisa ser sempre isenta de impurezas que afetem a sua reação com o cimento, mas existe certa

quantidade de impurezas que é tolerada e não causa efeitos nocivos à argamassa ou concreto.

Para Silva, (1985), a água de amassamento, contendo agentes agressivos, causa menos dano do que se ela, permanentemente, agir sobre o concreto já endurecido. Isso ocorre porque depois que cessa as reações, cessa também a agressividade da água de amassamento, a medida que a água que fica em contato com o concreto vai sendo renovada.

A água de amassamento não pode ser julgada pela sua cor ou cheiro, porque algumas substâncias que podem conter na água não são nocivas, até porque os maiores defeitos na argamassa ou no concreto são provenientes da quantidade de água e não da qualidade.

Algumas formas de analisar se a água possa causar algum problema na argamassa são os ensaios comparativos de tempo de pega, resistência mecânica e estabilidade de volume.

O limite de resistência para utilização de uma água de má qualidade é de 90% da resistência da água limpa aos 28 dias. Águas que contem menos de 2 mil ppm de sólidos dissolvidos podem ser usadas sem precaução, e quando essa porcentagem é maior, pode ser perigosa.

Segundo Silva, (1985), existem limites de impurezas mais comuns na água que podem ser toleradas como:

- Carbonatos e bicarbonatos alcalinos: o primeiro acelera a pega e o segundo pode acelerar ou retardar, afetando a resistência se o teor for muito alto.
- Cloretos e sulfatos de sódio: estes agentes químicos causam elevado teor de sódio dissolvido, para os cloretos admitem-se até 20 mil ppm, e para sulfatos 10 mil ppm.
- Carbonato de Ca e Mg estão contidos normalmente em água tratada, não são muito solúveis em água e admitem até 400 ppm
- O sulfato e o cloreto de magnésio pode conter o teor máximo de 4 mil ppm.
- O cloreto de cálcio é utilizado para acelerar a pega em baixas idades.
- Sais de ferro: pode admitir até 40 mil ppm.

- Sais de zinco e cobre: toleram até 500 ppm concentrados, que são iguais para manganês e titânio.
- Sulfato de sódio não deve ultrapassar 100 ppm.

#### 2.4.3.1 Tipos de água com as respectivas utilizações em concreto

- Água do mar: contém 30 mil ppm de sais ela pode ser utilizada no concreto simples mas aos 28 dias perde parte da sua resistência com relação a água comum. Em concreto armado existe o problema da corrosão da armadura.
- Água ácida: é permitida até 10 mil ppm de ácido e Ph fixo 3.
- Águas alcalinas: a quantidade máxima permitida de hidróxido de sódio é de 10 mil ppm.
- Águas industriais ou residuais: deve-se fazer um ensaio de qualidade quando as impurezas não são usuais.
- Água de esgoto: contém até 400 ppm de matéria orgânica, após ser tratada ela reduz para 20 ppm tornando possível o seu uso para o concreto.
- Açúcar: reduz a resistência e aumenta o tempo de pega quando seu teor ultrapassar 0,05%, porém se este teor for muito alto, acelera a pega.
- Partículas em suspensão: teores de até 2 mil ppm de argila ou silte não afeta o concreto mas acima desse teor pode afetar a resistência ao desgaste.
- Óleos: reduz a resistência em 20 % quando a concentração é maior que 4 %. (SILVA, 1985).

#### 2.4.4 Aditivos

##### 2.4.4.1 Definição e aplicações

- Segundo Silva, (1985), aditivos são substâncias que adicionam ao concreto para melhorar suas características, porém não corrigem defeitos de um concreto mal feito ou com dosagem inadequada.

- Os aditivos são geralmente utilizados quando se deseja:
- Aumentar a compacidade.
- Aumentar a resistência dos esforços mecânicos (plastificantes redutores de água).
- Melhorar a trabalhabilidade (plastificante).
- Diminuir a higroscopicidade (impermeabilizante hidrófugo).
- Diminuir a retração (retardador)
- Aumentar a durabilidade (incorporador de ar)
- Melhorar o endurecimento em tempo frio (acelerador de pega).
- Dar aptidão para ser injetado (retardador).
- Preparar concretos leves (formador de espuma).
- Retardar ou acelerar a pega (retardador ou acelerador).
- Diminuir a permeabilidade (incorporador de ar, densificador)
- Diminuir a exsudação (plastificante).
- Melhorar a colocação em tempo quente (retardador).
- Dar possibilidade de revibração (retardador de pega).
- Melhorar a resistência às águas agressivas (incorporador de ar).
- Possibilitar desmoldagem rápida (acelerador de endurecimento)

#### 2.4.4.2 Classificação

Os aditivos podem ser classificados como: plastificantes, produtos de cura, incorporadores de ar, dispersores, impermeabilizantes e produtores de gás ou espuma.

Estas são as classificações mais conhecidas e contém os principais aditivos:

- Plastificante – tem a propriedade de melhorar a plasticidade da argamassa e do concreto garantindo melhor compactação e menos perda de energia. Garante também uma maior resistência com diminuição do consumo de cimento, de água e da retração.
- Incorporadores de ar – melhorar a plasticidade, a durabilidade das argamassas e concreto, permeabilidade a higroscopicidade e homogeneidade.

- Produtos de cura – estes são utilizados no concreto após o seu lançamento para impedir a perda da água nos primeiros dias.
- Dispersores – servem para obter concreto injetável e melhorar a resistência mecânica.
- Impermeabilizantes – eles podem agir de duas maneiras: por ação repulsiva da água ou por obturação dos poros.
- Produtores de gás ou espuma – produzem concretos porosos, ocasionando o aparecimento de gás ou espuma, em maior porcentagem que os incorporadores de ar.

Os quatro aditivos mais importantes segundo as normas internacionais para aditivos são:

- Aditivos redutores de água ou plastificantes.
- Incorporadores de ar.
- Retardadores de pega.
- Aceleradores de pega.

Os redutores de água aumentam a resistência em até 30 %, os incorporadores de ar substituem os finos no concreto, mas devem ter sua quantidade controlada durante a sua utilização, (SILVA, 1985).

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Este trabalho pôde ser realizado através de uma detalhada pesquisa bibliográfica de um cronograma estabelecido, um estudo de viabilidade técnica e econômica na obra como também com o fabricante e avaliação das propriedades dessa nova argamassa.

#### **3.1 PLANEJAMENTO DE PESQUISA**

Estabeleceu-se nesta etapa do trabalho que seria necessário conferir e selecionar os equipamentos e ferramentas disponíveis na universidade, as quantidades de materiais, o acervo bibliográfico para a execução do trabalho escrito como: livros, teses com respeito ao tema, fornecedores e obras que utilizam argamassa. Realizou-se para início dos ensaios e elaboração do trabalho escrito, um cronograma das etapas necessárias para o desenvolvimento deste.

#### **3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO**

Elaborou-se o trabalho nesta etapa, com a pesquisa em sites de empresas, monografias publicadas, normas e teses referentes a argamassas industrializadas. Coletaram-se informações sobre argamassas de assentamento e revestimento e notou-se como é pouco conhecida a utilização de argamassa industrializada com base química.

### 3.3 ESTUDOS DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UMA ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA DE BASE QUÍMICA

Com um acompanhamento de execução de um trabalho com a argamassa industrializada de base química, pôde-se notar a viabilidade técnica e econômica que essa argamassa oferece. Segundo opiniões dos funcionários da empresa Cristal Engenharia, durante uma visita as obras, disseram que a argamassa de base química é de fácil utilização, não gera perda de tempo com mistura e sujeira de ambientes e equipamentos, os pacotes são leves e de fácil manuseio.

A sua utilização traz economia de tempo e dinheiro porque não dispõe de pré-preparo para sua aplicação, não há desperdício em quantidades significativas, pois pode-se usar a partir do pacote diretamente para o assentamento de blocos ou em um recipiente para a sua aplicação em superfícies verticais.

### 3.4 VISITAS AS OBRAS

Realizou-se um acompanhamento da execução de uma obra na qual estava se utilizando uma argamassa de base química para assentamento de blocos de concreto.

O objetivo era analisar a forma que é utilizada esse tipo de argamassa, como é feito o armazenamento e a opinião dos profissionais com respeito ao seu uso no canteiro de obras.

A seguir, algumas fotos com a equipe da Cristal Engenharia durante a utilização da argamassa de base química Argapoli:



Figura 2 - Funcionário da Cristal Engenharia com um pacote de argamassa industrializada de base química.



Figura 3 - Argamassa sendo aplicada em assentamento de azulejo



Figura 4 - Argamassa sendo aplicada em uma superfície vertical mostrando boa aderência da argamassa ao substrato.



Figura 5 - Assentamento do azulejo em uma superfície vertical mostrando boa aderência com a argamassa.



Figura 6 - Argamassa sendo utilizada para reparos em bases de concreto.



Figura 7 - Argamassa sendo utilizada para reparos em bases de concreto.



Figura 8 - Argamassa industrializada utilizada na Empresa Cristal Engenharia para assentamento de blocos de concreto.



Figura 9 - A argamassa industrializada já vem pronta, pode ser utilizada diretamente a partir do pacote.



Figura 10 - A argamassa química não gera muito desperdício.



Figura 11 - Exemplo de assentamento de bloco de concreto



Figura 12 - Exemplo de bom nivelamento dos blocos devido a boa trabalhabilidade da argamassa.

### 3.5 OBRAS VISITADAS

Realizou-se visitas às obras de manutenção da Caterpillar na cidade de Campo Largo, região metropolitana de Curitiba, situa-se a Rua Ema Turner 155, Bairro Ferraria. As obras são executadas pela empresa terceirizada Cristal Engenharia e Gerenciamento de Obras, que se localiza na Rua Major Heitor Guimarães, Bairro Seminário em Curitiba Paraná.

A visita técnica foi realizada no dia 10 de junho de 2012, no momento da obra estava sendo realizado o assentamento de blocos de concreto 19x19x39 para vedação de parede onde foram removidas portas metálicas, também utilizava-se para reparos no concreto em base utilizada para motores.

#### 3.5.1 Coleta das Amostras

Coletaram-se as amostras para realização dos ensaios na Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Utilizou-se 3 pacotes de argamassa industrializada

de base química. Nas figuras abaixo são apresentados os pacotes de argamassa da empresa Argapoli.



Figura 13 - Fachada da empresa Argapoli  
Fonte: Site Argapoli (<http://www.argapoli.com.br/a-empresa/>)



Figura 14 - Argapoli em saco plástico de 5,00kg  
[http://www.argapoli.com.br/produto\\_detalhes/253](http://www.argapoli.com.br/produto_detalhes/253)



Figura 15 - Argapoli em barrica de 40,00kg  
[http://www.argapoli.com.br/produto\\_detalhes/251](http://www.argapoli.com.br/produto_detalhes/251)

### 3.6 ESTUDO DAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

Com base nas normas da ABNT e pela NBR, foram realizados os seguintes ensaios com amostras no estado fresco.

#### 3.6.1 Ensaio do índice de consistência (Flow table)

Para este ensaio utilizou-se o ensaio descrito na norma NBR 7215(1996) Determinação da Resistência a Compressão e NBR 13276 (2005) - Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos - Preparo da Mistura e Determinação do Índice de Consistência.

##### 3.6.1.1 Aparelhagem

A aparelhagem necessária à execução do ensaio é a seguinte:

- Balança com resolução de 0,1 g;

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

### 3.6.1.2 Princípio do ensaio

Para a execução deste ensaio tomou-se como base a norma NBR 13276 que prescreve o método de determinação do índice de consistência da argamassa a ser utilizada na realização de ensaios necessários à caracterização do material.

### 3.6.1.3 Execução do ensaio

A norma NBR 13276 descreve o ensaio de consistência da argamassa da seguinte maneira:

- Primeiramente utilizar um pano umedecido ou esponja para limpar o tampo da mesa de ensaios (flow table), limpar também a parede do molde tronco-cônico para que todas as superfícies que estarão em contato com a argamassa fiquem umedecidas.
- Após encher o molde tronco-cônico com a argamassa industrializada de base química, centralizar o molde no tampo da mesa de índice de consistência. É preciso encher o molde em três camadas com alturas iguais enquanto outro operador segura firmemente para não descentralizar na mesa.
- Utiliza-se o soquete para aplicar os golpes sobre a argamassa, são 5, 10 e 15 golpes distribuídos uniformemente.

- O rasamento do molde tronco-cônico deve ser feito com uma régua metálica na borda do molde com movimentos curtos de vai-e-vem retirando todo excesso de argamassa que ficar no molde.
- Utiliza-se a manivela para que a mesa levante e caia por 30 vezes em 30 segundos de maneira uniforme. Ao término das quedas da mesa de índice de consistência deve-se medir com um paquímetro o espalhamento do molde tronco-cônico original da argamassa.

As medidas devem ser feitas em três diâmetros diferentes ao longo do perímetro do círculo de argamassa e registradas as três medidas.

Este índice de consistência corresponde à média das três medidas do diâmetro da argamassa que pode ser arredondado para o próximo número inteiro e expressa em milímetros.

#### 3.6.1.4 Fotos do ensaio



Figura 16 - Preenchimento do molde tronco cônico com a argamassa



Figura 17 - Utilização do soquete para o preenchimento da argamassa no molde.



Figura 18 - Rasamento da argamassa no molde tronco cônico.



Figura 19 - Realização das quedas da mesa Flow Table



Figura 20 - Medição do espalhamento da argamassa

### 3.6.2 Massa Específica no estado fresco e densidade da massa

NBR 13278, esta Norma prescreve o método para a determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado em argamassas para assentamento de paredes, revestimento de paredes e tetos.

#### 3.6.2.1 Aparelhagem

A aparelhagem necessária à execução do ensaio é a seguinte:

- Balança com resolução de 0,1g;
- Recipiente cilíndrico de PVC (molde), calibrado conforme 4.2, com capacidade aproximada de 400 mL;
- Espátula com lâmina com 152 mm de comprimento e 13 mm de largura, com bordas retas e cabo de madeira;
- Régua com comprimento mínimo de 102 mm e com espessura entre 1,6 mm e 3,2 mm;
- Soquete de material não absorvente, conforme a NBR 7215;
- Utensílio que permita a colocação de argamassa no recipiente, como colher com comprimento mínimo de 230 mm ou concha com comprimento mínimo de 100 mm.

#### 3.6.2.2 Execução do ensaio de massa específica

Inicialmente neste ensaio pesa-se o recipiente vazio que vai colocar a argamassa para verificar o peso que deve ser tarado quando for colocada a argamassa.

Após a pesagem do recipiente é acrescentado água para verificar o peso que será alisado na formula abaixo:

$$Me = \frac{M}{V} = R + ARG - R + \frac{R}{V} + \text{ÁGUA} - R$$

Onde:

*Me* : Massa específica

*M* : Massa

*V* : Volume

*R* : Recipiente

*ARG* : Argamassa

Com estes ensaios realizados utilizam-se os dados para descobrir o valor da massa específica da argamassa industrializada a base química.

Para determinação da densidade da massa utilizou-se da fórmula descrita na NBR 13278.

Inicialmente pesou-se o recipiente vazio juntamente com a placa de vidro (MV), em seguida o mesmo recipiente com água e a placa de vidro (VR) e o recipiente com água sem a placa de vidro (MA).

### 3.6.2.3 Resistência à compressão

Um dos principais requisitos para produzir uma argamassa ou concreto é conhecer a sua resistência a compressão, é onde se analisa a capacidade desses materiais de suportar cargas.

Para este caso foi necessário adaptar a argamassa industrializada de base química em dois pavers.

Aparelhagem:

- 2 pavers 0,21 x 0,105 cm
- 2 palitos de sorvete
- Colher de pedreiro

Primeiramente passa-se a argamassa sob a superfície do paver, em seguida assentou-se a segunda peça sobre a argamassa de forma a ficar com espessura de 2 mm.

Após este preparo aguarda-se a cura da argamassa em 7 dias e 28 dias, leva-se a prensa de argamassa com capacidade de 200 KN/s.

Segue abaixo as fotos dos ensaios de compressão, com corpo de prova prismático, utilizado paver de concreto com argamassa industrializada da Argapoli:



Figura 21 - Argamassa industrializada sendo utilizada para moldar corpo de prova prismático.



Figura 22 - Paver assentado para ensaio de resistência a compressão.



Figura 23 - Ensaio de compressão com corpo de prova prismático.



Figura 24 - Ensaio de compressão com corpo de prova prismático.



Figura 25 - Prensa utilizada para rompimento dos corpos de prova.



Figura 26 - Equipamentos utilizados para análise da compressão do corpo de prova.



Figura 27 - Corpo de prova durante rompimento na prensa.

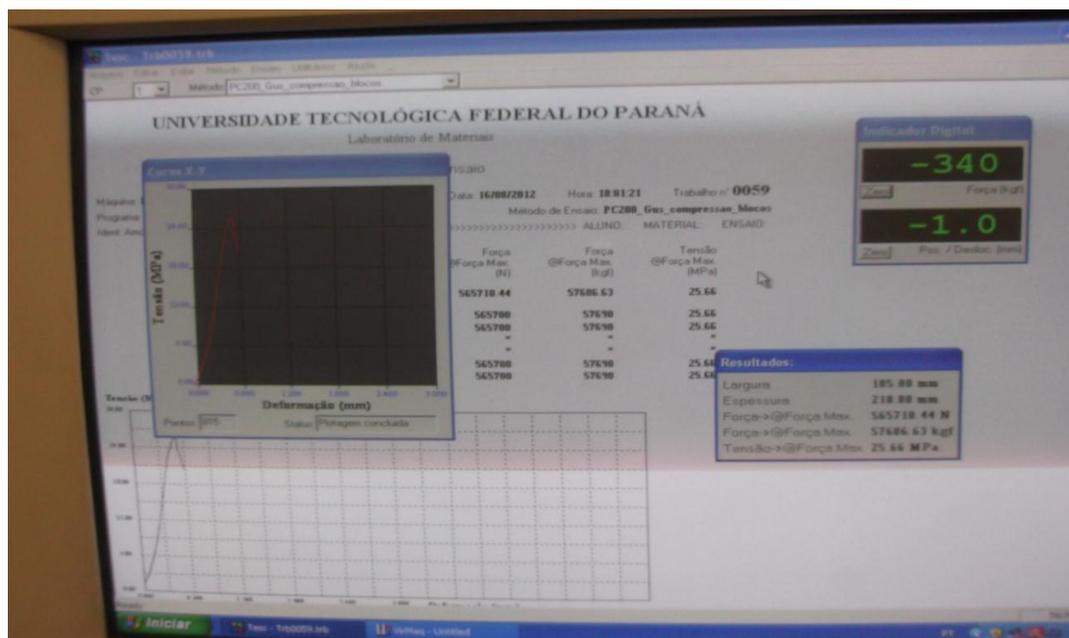


Figura 28 - Sistema registrando as tensões do corpo de prova.

### 3.6.2.4 Determinação da resistência de aderência à tração

Para determinar a resistência da argamassa industrializada de base química utilizaram-se os procedimentos descritos na NBR 13528. Esta norma descreve o ensaio da seguinte forma:

#### Equipamentos:

- Blocos de concreto 19x19x39 cm
- Aderímetro
- Placa de aço 10cmx10cm
- Cola epóxi
- Serra mármore
- Espátula de aço

#### Procedimentos:

Primeiramente deve-se garantir que o substrato ao qual será aplicada a argamassa esteja seco e isento de graxas, óleos ou materiais pulverulentos.

Aplica-se a argamassa sobre o substrato, em medida superior a da placa de aço, a fim de que seja possível o corte da argamassa ao redor da placa após a secagem.

Com a argamassa seca no substrato realiza-se o corte ao redor da placa de aço, em seguida prepara a placa para colagem sobre a argamassa. A preparação da cola deve obedecer aos procedimentos descritos na embalagem.

Aplica-se a cola na superfície da placa de aço para em seguida colocá-la em contato com a argamassa seca. Após aguardar o tempo mínimo de 1 hora é possível realizar o ensaio de arrancamento.

Já com a cola seca utiliza-se o aderímetro, para realização do arrancamento da placa que deve durar entre 10 a 80 segundos. Este equipamento é acoplado a chapa de aço o qual vai exercer uma força de tração na placa registrando-a em Kg.

Para o cálculo de resistência de aderência à tração utiliza-se a seguinte fórmula:

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

Onde:

$Ra$  = resistência de aderência à tração (MPa);

$P$  = carga de ruptura (N);

$A$  = área da pastilha (mm<sup>2</sup>);



Figura 29 - Aplicação da argamassa sobre o substrato



Figura 30 - Corte na argamassa após 28 dias de cura.



Figura 31 - Preparação da cola epóxi.



Figura 32 - Aplicação de cola na placa metálica.



Figura 33 - Acoplamento do Aderímetro a placa metálica.



Figura 34 - Ensaio sendo realizado registrando a força em Kg.

## 4. RESULTADOS E ANÁLISES

Nesta etapa são apresentados os resultados obtidos através dos ensaios realizados no laboratório, onde foram analisadas as diversas propriedades da argamassa industrializada de base química.

Alguns valores apresentados são referentes aos valores médios.

Vale salientar que o objetivo deste trabalho é analisar as propriedades de uma argamassa relativamente nova no mercado e nem todos os ensaios podem seguir as normas de argamassas comuns, devendo ser necessário algumas adaptações para realização dos mesmos.

### 4.1 ANÁLISE DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

Para caracterização da argamassa no estado fresco foram realizados os ensaios de índice de consistência, massa específica e densidade da massa.

Todos os ensaios foram realizados nos laboratórios da UTFPR sendo supervisionados pelo orientador deste trabalho. As condições climáticas no momento da realização dos ensaios seguiram a normativa 14082/2004.

#### 4.1.1 Análise do índice de consistência

Ao analisar-se o índice de consistência da argamassa industrializada de base química podemos constatar que ela tem uma consistência bastante fluida.

Neste caso foi realizado um comparativo com argamassas comuns e obtivemos os seguintes resultados:

Para efeito de comparação foi realizado o mesmo ensaio com argamassa industrializada comum com base cimentícia e outro com argamassa a base química. Os valores apresentados foram os seguintes:

Tabela 3 – Ensaio Flow Table com argamassa à base cimentícia

Ensaio realizado com argamassa à base cimentícia	
<b>Na primeira medida</b>	97,73 mm
<b>Na segunda medida</b>	96,52 mm
<b>Na terceira medida</b>	93,70 mm
<b>Na quarta medida</b>	90,91 mm
<b>Na quinta medida</b>	86,36 mm

Fonte: Autoria própria

Tabela 3a – Ensaio Flow Table com argamassa de base química

Ensaio realizado com argamassa à base química	
<b>Na primeira medida</b>	183,63 mm
<b>Na segunda medida</b>	182,41 mm
<b>Na terceira medida</b>	181,36 mm
<b>Na quarta medida</b>	179,94 mm
<b>Na quinta medida</b>	177,87 mm

Fonte: Autoria própria

Ao analisar estes resultados percebe-se o quanto a argamassa de base química é mais fluida que as argamassas7 comuns. Ao longo de 20 minutos pode-se notar que a argamassa tendeu a ficar menos fluida diminuindo o seu espalhamento no círculo da mesa flowtable.

A argamassa de base cimentícia mostrou ter uma menor fluidez que a de base química, desta forma, pode-se concluir que a argamassa de base química tem uma melhor trabalhabilidade, porém, com um tempo maior de cura.

#### 4.1.2 Análise da massa específica e densidade da massa

Neste ensaio foi possível concluir que a argamassa de base química tem uma densidade similar á argamassa de base cimentícia.

Segue uma tabela com os valores aplicados à fórmula da massa específica segundo a NBR 13278:

Tabela 4 – Pesos e medidas dos materiais para o ensaio de massa específica da argamassa de base química

Materiais	Peso em gramas (g)
Recipiente vazio	715 g
Recipiente + água	1110 g
Recipiente + argamassa	1462 g
Recipiente + água + placa de vidro	1205 g
Recipiente + placa de vidro	808 g

Fonte: Autoria própria

- Fórmula da massa específica:

$$Me = \frac{M}{V} = \frac{R + ARG - R}{R + \text{ÁGUA} - R}$$

Onde:

$Me$  = Massa específica

$M$  = Massa

$V$  = Volume

$R$  = Recipiente

$ARG$  = Argamassa

Assim:

$$Me = 0,74 / 0,395 = 1,87 \text{ g/cm}^3$$

- Fórmula da Densidade da massa:

$$D = \frac{MC - MV *}{VR} 1000$$

Onde:

$D$  = Densidade

$MC$  = Massa do molde + Argamassa

$MV$  = Recipiente vazio + Placa de vidro

$VR$  = Recipiente com água + Placa de vidro

Os valores encontrados foram os seguintes:

$MC$  = 1462 g

$MV$  = 808 g

$VR$  = 1205 g

$$D = \frac{1469 - 808}{1205} * 1000 = 0,54 \text{ g/cm}^3$$

Para um melhor conhecimento das propriedades da argamassa industrializada de base química, foi tomado um ensaio com uma argamassa industrializada de base cimentícia bastante comum no mercado, na qual obtive os seguintes valores:

Tabela 4a – Pesos e medidas dos materiais para o ensaio de massa específica da argamassa de base cimentícia

Materiais	Peso em gramas (g)
Recipiente vazio	715 g
Recipiente + água	1110 g
Recipiente + argamassa	1469 g
Recipiente + água + placa de vidro	1205 g
Recipiente + placa de vidro	800 g

Fonte: Autoria própria

- Fórmula da massa específica:

$$Me = \frac{M}{V} = \frac{R + ARG - R}{R + \text{ÁGUA} - R}$$

Onde:

$Me$  = Massa específica

$M$  = Massa

$V$  = Volume

$R$  = Recipiente

$ARG$  = Argamassa

Assim:

$$Me = 0,754/0,395 = 1,91 \text{ g/cm}^3$$

- Fórmula da Densidade da massa:

$$D = \frac{MC - MV *}{VR} 1000$$

Onde:

$D$  = Densidade

$MC$  = Massa do molde + Argamassa

$MV$  = Recipiente vazio + Placa de vidro

$VR$  = Recipiente com água + Placa de vidro

Os valores encontrados foram os seguintes:

$$MC = 1469 \text{ g}$$

$$MV = 808 \text{ g}$$

$$VR = 1205 \text{ g}$$

$$D = \frac{1469 - 808}{1205} * 1000 = 0,54 \text{ g/cm}^3$$

#### 4.1.3 Análise de resistência à compressão

Ao analisar os dados de resistência a compressão da argamassa de base química é possível analisar que ela oferece resistência aceitável para sua aplicação no canteiro de obras.

Aos 7 dias de cura, nota-se que a resistência da argamassa foi de 3 MPa e aos 28 dias 4,3 MPa.

Realização do ensaio	Força de rompimento em Newtons (N)	Força de rompimento em quilograma força (Kgf)	Tensão em Megapascal (MPa)
<b>Ensaio realizado aos 7 dias</b>	523760,03	53408,86	16,63
<b>Ensaio realizado aos 28 dias</b>	634215,63	64672,23	28,76

A tabela abaixo exemplifica melhor esses resultados:

Tabela 5 - Análise de resistência à compressão da argamassa de base química

Fonte: Autoria própria

#### 4.1.4 Análise do ensaio da resistência de aderência à tração

Para o cálculo de resistência de aderência à tração utiliza-se a seguinte fórmula:

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

$Ra$  = resistência de aderência à tração (MPa);

$P$  = carga de ruptura (N);

$A$  = área da pastilha (mm<sup>2</sup>);

Portanto tirando a média dos 6 ensaios realizados, obteve-se os seguintes resultados:

Para argamassa de base química:

$$Ra = \frac{1029,7}{100} = 10,29 \text{ Mpa}$$

Para a argamassa comum os resultados foram os seguintes:

$$Ra = \frac{812,2}{100} = 8,12 \text{ Mpa}$$

Tabela 6 – Comparativo de resistência de aderência à tração

Material analisado	Tensão em Megapascal (MPa)
<b>Argamassa de base química</b>	10,29
<b>Argamassa cimentícia</b>	8,12

Fonte: Autoria própria

Durante o ensaio de resistência de aderência à tração, foi possível obter-se uma resistência maior na argamassa de base química, esta, considerada ótima para argamassas de assentamento de cerâmicas e azulejos.

Embora este tipo de argamassa seja utilizado com mais frequência no assentamento de blocos cerâmicos e de concreto, o emprego deste material no assentamento de cerâmicas, mostrou-se muito eficaz atendendo a todos os requisitos de uma argamassa colante.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 CONCLUSÕES

Este trabalho foi realizado com o intuito de analisar as propriedades da argamassa de base química.

O comportamento de argamassas à base de cimento já são comumente conhecidas na indústria da construção civil, e agora com este estudo, a argamassa de base química mostrou ter características similares a estas argamassas, sendo possível o seu uso nos diversos setores de uma obra, o que contribui para um grande passo para novas tecnologias na indústria da construção civil.

Em alguns casos a argamassa de base química mostrou ter qualidades superiores em relação à argamassa comum, pois durante o preparo da argamassa não é necessário mistura de outros materiais, sua aplicação é fácil e limpa, não gerando grande quantidade de sujeira para posterior limpeza.

Analisando os resultados obtidos com os ensaios mecânicos da argamassa industrializada de base química no estado endurecido, foi possível observar que ela alcança resistência semelhante à compressão que argamassas cimentícias.

Um cuidado que deve ser tomado, é com respeito à espessura desta argamassa, devido os aditivos químicos contidos na sua composição, é necessário que a espessura da argamassa em alvenaria não ultrapasse 5 mm, acima deste valor, existe um tempo de cura que pode ser muito longo dependendo das condições climáticas.

Conclui-se também que devido à facilidade no transporte da argamassa e a trabalhabilidade que ela garante é possível utilizá-la para usos específicos como:

- Reparos em concreto convencional.
- Reparos rápidos em pisos, paredes e pavimentos de concreto.

Não é recomendada a aplicação deste produto em grandes dimensões para que possa evitar as fissuras no material. Foi constatado que o filete de argamassa quando aplicado sobre blocos de concreto maior que 3 mm leva muito mais tempo a secar do que a argamassa comum, inviabilizando assim, muitas vezes sua utilização.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Após a conclusão desta pesquisa, observa-se que a argamassa industrializada de base química, oferece uma ampla variação no campo da pesquisa. Devido às condições laboratoriais da UTFPR, não foi possível realizar mais ensaios, o que torna possível conhecer outras características importantes da argamassa de base química. Entre estas se podem destacar:

- Caracterização física em estado anidro.
- Deslizamento.
- Fornecimento de placas de substrato padrão para ensaios de argamassas colantes.
- Retenção de água.
- Tempo em aberto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência – NBR 13276, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado – NBR 13278, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Concreto – Determinação da resistência a compressão NBR 13279. Rio de Janeiro. 1995.
- BAUER, E. Pastas, argamassas e grautes in: IBRACON (Instituto Brasileiro de Concreto) no livro concreto: ensino pesquisa e realizações, São Paulo, 2000.
- HEINECK, L. Efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração no aumento da produtividade na alvenaria,: SIMPOSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3 .,1991
- FIORITO, ANTONIO J.S.I, 1930 - Manual de argamassas e revestimentos: Estudos e procedimentos de execução, São Paulo: Pini, 1994.
- SILVA, Moema Ribas. Materiais de Construção. São Paulo, Pini. 1985.
- PETRUCCI, E.G.R. Materiais de Construção, São Paulo: Globo, ed. 12ª, p. 354,1998.
- ALVES, José Dafico, Materiais de Construção 7ª Edição- Goiania:Ed. Da UFG:Ed.do Cefet-GO, 1999.

- Koskela, L. Aplicação da filosofia nova produção para a construção. Stanford, Stanford University / CIFE, 1992. ( Relatório Técnico, n.72)

## APÊNDICE A

### LISTA DE QUESTÕES APLICADA AOS FUNCIONÁRIOS DA CRISTAL ENGENHARIA

Foi elaborado uma lista de questões aos funcionários da empresa Cristal Engenharia no momento da obra, para saber a opinião deles com respeito a argamassa industrializada de base química.

Conversamos primeiramente com o funcionário Sr. João Grigoleti pedreiro da Cristal Engenharia e o responsável pela obra Engenheiro Civil Edson Marcos Soares.

As questões foram as seguintes:

1. A argamassa industrializada de base química é utilizada para quais aplicações nesta obra?

R: João Grigoleti - Utilizamos a argamassa para assentamento de blocos de concreto e para reparos de pequenos buracos em paredes e pisos.

2. Há quanto tempo vocês utilizam esta argamassa?

R: Engenheiro Edson - Estamos utilizando esta argamassa a aproximadamente 1 (um) ano na Cristal Engenharia.

3. Você percebe alguma diferença entre esta argamassa e as comuns?

R: João Grigoleti - Sim, esta argamassa é mais lisa, e sendo assim, melhor para acabamentos em superfícies que precisam de uma boa estética, além de ser mais fácil a sua aplicação para assentar blocos de concreto, pois é só furar o pacote e ir aplicando sobre os blocos sem precisar fazer mistura com ferramentas.

4. Você pode dizer alguma desvantagem que esta argamassa apresentou com relação às outras?

R: João Grigoleti - Sim! Esta argamassa não pode ser utilizada em grandes espessuras, pois demora muito a secar.

5. Vocês observaram algum problema ao utilizar esta argamassa?

R: João Grigoleti - Somente este, de ter que cuidar para deixar a argamassa com espessuras bem finas, em torno de 5 mm na aplicação.

6. A argamassa industrializada mostrou algum problema (patologia) após sua aplicação?

R: Engenheiro Edson - Até o momento não percebemos nenhuma alteração incomum após sua aplicação.

7. A argamassa industrializada de base química oferece boa trabalhabilidade?

R: João Grigoleti - Sim, é possível trabalhar com ela de maneira rápida e eficiente, sem sujeira, sem dificuldades e de fácil remoção após sua aplicação quando necessário.

8. Em qual utilização a argamassa industrializada apresentou melhor viabilidade?

R: João Grigoleti - Para assentamento de blocos cerâmicos e de concreto, porque ela é de fácil utilização, simplesmente fura-se o pacote e aplica diretamente sem nenhum preparo anterior.

9. É possível assentar até quantos blocos em um único dia?

R: João Grigoleti - É possível assentar até aproximadamente 3000 blocos cerâmicos trabalhando em ritmo normal.

10. É necessário algum treinamento para a aplicação desta argamassa?

R: Engenheiro Edson - Não, é a mesma forma de aplicação da argamassa comum, a vantagem é que você pode aplicar ela diretamente na superfície, somente furando o pacote. Já a argamassa comum, precisa um pouco de conhecimento para obter a dosagem certa para sua mistura.

11. Com respeito à economia é possível verificar alguma diferença?

R: Engenheiro Edson - Sim, claramente, quando não se perde tempo fazendo a mistura, comprando cimento, cal e areia você economiza dinheiro com o tempo do funcionário no seu horário de trabalho.

12. A Cristal Engenharia continuará utilizando a argamassa industrializada de base química em suas obras?

R: Engenheiro Edson - Sim, enquanto o preço estiver competitivo é possível utilizá-la.

## APÊNDICE B

### NORMATIZAÇÃO

As NBRs que tratam de especificações, procedimentos, métodos de ensaio e terminologias com respeito aos agregados são:

5564 - Lastros padrão

5734 - Peneiras para ensaio

6458 - Grãos de pedregulho retidos na peneira de 4,8 mm – determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água.

6465 - Agregado - determinação da abrasão “lós Angeles”.

6466 - (Substituída pela NBR 7251) Agregado em estado solto determinação da massa unitária.

6467 - Agregados miúdos para concreto – determinação do inchamento.

7181 - Solos, análise granulométrica (sedimentação)

7211 - Agregados para concreto

7213 - Agregados leves para concreto isolante térmico

7214 - Areia normal para ensaio de cimento.

7216 - Amostragem de agregados.

7217 - Determinação da composição granulométrica.

7218 – Agregado - determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.

7219 - Agregado - determinação do teor de material pulverulento nos agregados.

7220 - Areia para concreto – avaliação das impurezas inorgânicas.

7221 - Areia - ensaio de qualidade.

7224 - Cimento Portland e outros materiais em pó - determinação da área específica (Blaine).

7225 - Materiais de pedra e agregados naturais - terminologia.

7251 - Agregados em estado solto - determinação da massa unitária.

7418 - Determinação da massa específica aparente, da absorção de água e da porosidade aparente do material de lastro padrão.

7809 - Agregado graúdo determinação do índice de forma pelo método do paquímetro.

7810 - Agregado - determinação da massa unitária em estado compactado e seco.

7914 - Lastro - projeto.

8486 - Processamento de minerais - cominuição.

9230 - Vermiculita expandida.

9775 - Agregados - determinação da umidade superficial em agregados miúdos por meio do frasco de Chapman.

9776 - Agregados - determinação da massa específica de agregados miúdos.

9977 - Agregados - determinação da absorção de água em agregados miúdos.

9935 - Agregados - terminologia.

9937 - Agregados - determinação da absorção de água e da massa específica do agregado graúdo.

9938 - Agregados - determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos.

9939 - Agregados - determinação do teor de umidade total , por secagem, em agregado graúdo.

9942 - Constituintes mineralógicos dos agregados naturais - terminologia.