

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO

COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JUAN PEREIRA DE AZEVEDO

**ESTUDO DO TRAÇO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO COM TEOR
REDUZIDO DE AGLOMERANTES UTILIZANDO O PARÂMETRO “E”.**

MONOGRAFIA

ARACAJU

2017

JUAN PEREIRA DE AZEVEDO

**ESTUDO DO TRAÇO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO COM TEOR
REDUZIDO DE AGLOMERANTES UTILIZANDO O PARÂMETRO “E”.**

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel, da
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do
Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju.

Orientador: Prof. Dr^a. Carla Cristina
Nascimento Santos Pereira

ARACAJU

2017

Azevedo, Juan Pereira de.
A994eEstudo do traço de argamassas de assentamento com teor reduzido
de aglomerantes utilizando o parâmetro “ E “ / Juan Pereira de. –
Aracaju, 2017.
61 f.

Monografia (Graduação) – Instituto Federal de Educação Ciência
e Tecnologia
de Sergipe - IFS. Coordenação do Curso de Engenharia Civil.
Orientador: Prof.^a Dr.^a Carla Cristina Nascimento Santos Pereira.

1. Argamassa 2. Assentamento 3. Dosagem 4 . Propriedades I.
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS
II. Pereira, Carla Cristina. III. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia Nº 56

**ESTUDO DO TRAÇO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO COM TEOR
REDUZIDO DE AGLOMERANTES UTILIZANDO O PARÂMETRO “E”.**

JUAN PEREIRA DE AZEVEDO

Esta monografia foi apresentada às 08 horas do dia 20 de Junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. MSc^a. Andrea Santana Teixeira
Lins

Instituto Federal de Sergipe – Campus
Aracaju

Prof. MSc. Euler Wagner Freitas
Santos

Instituto Federal de Sergipe – Campus
Aracaju

Prof^a. Dr^a. Carla Cristina Nascimento
Santos Pereira
Orientadora

Prof. MSc. Rodolfo Santos da
Conceição
Coordenador da COEC

AGRADECIMENTOS

A Deus, que possibilitou tudo que vivenciei até hoje e me iluminou em mais esta caminhada.

Aos meus pais, irmãs, tios, tias, avós e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Aos amigos e colegas de curso, por todo esse período de vivência e compartilhamento de ideias e experiências.

À minha maior amiga e namorada Dayane Barreto, que ficou ao meu lado e meu deu suporte todo esse tempo seja nas felicidades ou tristezas vivenciadas no Instituto.

Aos mestres e professores, que nos passaram de forma eficiente todos seus conhecimentos adquiridos na vida acadêmica e profissional, mostrando como é ser um profissional ético, íntegro e correto.

À professora Carla Cristina Nascimento Santos Pereira, por nesse momento tão especial de sua vida, ter me orientado e passado todo conhecimento possível.

Aos amigos que fizeram parte do dia a dia no laboratório, pelos momentos de descontração e de ajuda quando precisei.

O otimista é um tolo. O pessimista, um chato. Bom mesmo é ser um realista esperançoso. (SUASSUNA, Ariano)

RESUMO

AZEVEDO, Juan Pereira de. **Estudo do traço de argamassas de assentamento com teor reduzido de aglomerantes utilizando o parâmetro “E”**. 61 folhas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Arcaju. 2017.

Este trabalho buscou encontrar um traço mais racional que o comumente utilizado para argamassas de assentamento em obras. Para isto, foram analisadas as principais propriedades para argamassas de assentamento como, consistência, plasticidade, densidade de massa e resistência mecânica. Foram executados 10 traços distintos além do traço utilizado em obra, todos realizados em massa, sendo 5 com a redução de cimento e outros 5 com a redução de cal. Para realização da dosagem das argamassas foi utilizado o método de Selmo e Helene, que consiste na utilização do parâmetro E, que relaciona a quantidade de cal e areia com o cimento utilizado no traço. Os resultados indicaram que é possível encontrar uma boa trabalhabilidade com um menor consumo de aglomerantes, porém a resistência à compressão apresentou um resultado maior do que o necessário, 1,5 MPa, para o assentamento de alvenarias, visto que a mesma não deve exceder o valor de resistência do bloco utilizado. Para redução da resistência é necessário um acréscimo no teor de cal ou teor de água da argamassa ou uma diminuição do teor de cimento.

Palavras-chave: Argamassa. Assentamento. Dosagem. Propriedades.

ABSTRACT

AZEVEDO, Juan Pereira de. **Study of the trace of mortars of settlement with reduced content of binders, using parameter "E"**. 61 folhas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Arcaju. 2017.

This work sought to find a more rational trait than the one commonly used for mortars to settle in works. For this, we analyzed the main properties for settlement mortars such as consistency, plasticity, mass density and mechanical strength. Ten different traces were executed in addition to the traces used in the work, all carried out in mass, of which 5 were the reduction of cement and another 5 were the reduction of lime. To perform the dosage of the mortars, the Selmo and Helene method was used, which consists of the use of parameter E, which relates the amount of lime and sand to the cement used in the trace. The results indicated that it is possible to find a good workability with a lower binder consumption, but the compressive strength presented a higher than necessary, 1,5 MPa, result for the masonry laying, as it should not exceed the Resistance value of the block used. To reduce the resistance, an increase in the lime content or water content of the mortar or a decrease in the cement content is required.

Keywords: Mortar. Settlement. Dosage. Property.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Níveis de consistência das argamassas	29
Figura 2 - Ensaio de mesa de consistência.....	38
Figura 3 - Realização do ensaio de consistência através da Sonda de Tetmajer	39
Figura 4 - Exemplo de avaliação da plasticidade	39
Figura 5 - Pesagem da argamassa para posterior cálculo de densidade de massa .	40
Figura 6 - Corpos de prova	42
Figura 7 - Realização do ensaio de compressão através da prensa manual	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resistência da alvenaria em relação à resistência da argamassa	33
Gráfico 2 - Teor de Cal x Índice de Consistência	46
Gráfico 3 - Teor de Cal (Qtd. de Cal variando) x Índice de Consistência	47
Gráfico 4 - Teor de Cimento x Índice de Consistência	48
Gráfico 5 - Relação Água/Materiais Secos x Teor de Cimento	48
Gráfico 6 - Relação Água/Materiais Secos x Índice de consistência.....	49
Gráfico 7 - Relação Cal/Cimento x Índice de consistência.....	50
Gráfico 8 - Relação Cal/Cimento (Qtd. de Cal variando) x Índice de Consistência...	51
Gráfico 9 - Índice de Consistência x Sonda de Tetmajer	51
Gráfico 10 - Teor de Cal (Qtd. de Cal variando) x Densidade de Massa	52
Gráfico 11 - Teor de Cimento (Qtd. de Cimento variando) x Densidade de Massa...	53
Gráfico 12 - Água/Materiais Secos x Densidade de Massa	53
Gráfico 13 - Cal/Cimento x Densidade de Massa.....	54
Gráfico 14 - Teor de Cal (Qtd. de Cal variando) x Sonda de Tetmajer.....	54
Gráfico 15 - Teor de Cimento (Qtd. de Cimento variando) x Sonda de Tetmajer.....	55
Gráfico 16 - Água/Materiais Secos x Sonda de Tetmajer.....	56
Gráfico 17 - Cal/Cimento x Sonda de Tetmajer.....	56
Gráfico 18 - Cal/Cimento (Qtd. de Cal variando) x Sonda de Tetmajer.....	57
Gráfico 19 - Teor de Cal x Resistência à Compressão	58
Gráfico 20 - Teor de Cimento x Resistência à Compressão	58
Gráfico 21 - Relação Cal/Cimento x Resistência à Compressão	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das argamassas	18
Tabela 2 - Classificação das argamassas segundo as suas funções na construção	19
Tabela 3 - Classificação das argamassas em função do aglomerante	22
Tabela 4 - Composição dos cimentos Portland comuns e compostos	24
Tabela 5 - Valores comparativos entre traços com a adição de cal	25
Tabela 6 - Requisitos químicos da cal.....	26
Tabela 7 - Requisitos físicos da cal.....	27
Tabela 8 - Variação nos materiais constituintes	35
Tabela 9 - Tabela geral de resultados.....	44
Tabela 10 - Tabela geral de resultados.....	44
Tabela 11 - Classificação das argamassas quanto a plasticidade	45

LISTA DE ABREVIATURAS

CP	Cimento Portland
Qtd.	Quantidade

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
Al_2O_3	Alumina
As	Área de seção transversal
CaO	Cal
cm	Centímetro
CSH	Cálcio hidratado
E	Escória granulada de alto-forno
F	Material carbonático
F	Força
Fe_2O_3	Óxido de Ferro
g	Grama
Kg/l	Quilograma por litro
L	Litro
MgO	Magnésia
ml	Mililitro
mm	Milímetro
MPa	Mega-Pascal
s	Segundo
SiO_2	Sílica
SO_3	Anidrido sulfúrico
Z	Material pozolânico
μm	Micrômetro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO	18
3.2	TIPOS DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO	21
3.2.1	Argamassa de cal	21
3.2.2	Argamassa de cimento	21
3.2.3	Argamassa mista de cal e cimento	21
3.3	MATERIAIS CONSTITUINTES	22
3.3.1	Aglomerantes	22
3.3.2	Agregado	27
3.4	PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO	28
3.4.1	Propriedades no estado fresco	28
3.4.2	Propriedades no estado endurecido	31
3.5	DOSAGEM	33
4	METODOLOGIA	35
4.1	DOSAGEM DAS ARGAMASSAS	35
4.1.1	Dosagem das argamassas	36
4.2	PREPARO DAS ARGAMASSAS	36
4.3	CONSISTÊNCIA	37
4.4	PLASTICIDADE	39
4.5	DENSIDADE DE MASSA	40
4.6	MOLDAGEM E CURA	41
4.7	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	42
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	44
5.1	ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
5.2	ANÁLISE ATRAVÉS DE CORRELAÇÕES	46
5.2.1	Índice de consistência	46
5.2.2	Densidade de massa	52
5.2.3	Sonda de Tetmajer	54
5.2.4	Resistência à compressão	57
6	CONCLUSÕES	60
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

Argamassa pode ser definida como uma mistura de aglomerantes, agregado miúdo e água, podendo ser empregados aditivos. Pode ser aplicada de diversas maneiras em uma obra, sendo um elemento que apresenta boa versatilidade.

A ausência de um número variado de estudos a respeito da dosagem de argamassas se deve principalmente à crença de que por possuírem alguns dos mesmos materiais constituintes do concreto, elas podem ser também regidas pelas mesmas normatizações estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Essa ausência de estudos acaba por deixar a lacuna sobre o traço ideal para cada tipo de argamassa, de maneira que as produzidas atualmente em obra podem estar com excesso de algum de seu componente, gerando assim um gasto excessivo de recursos para o empreendedor.

As propriedades das argamassas são diretamente afetadas de acordo com o seu traço, visto que uma maior ou menor quantidade de certo componente na argamassa as altera de forma significativa, sendo necessário ressaltar que algumas propriedades são mais ou menos importantes de acordo com a sua aplicação em uma obra.

A trabalhabilidade no estado fresco é a principal propriedade exigida para uma argamassa de assentamento, devendo ela ser dosada a partir desse princípio.

Trabalhabilidade é uma propriedade de avaliação indefinível, arbitrária e pessoal, podendo ser caracterizada como um somatório de outras propriedades de uma argamassa, como a consistência, plasticidade, densidade, etc.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho teve por objetivo desenvolver um traço mais racional para argamassas de assentamento mistas de cal e cimento.

Como objetivos específicos:

- Encontrar um consumo mínimo de cimento que permita boa coesão, plasticidade e consistência;
- Verificar um consumo mínimo de cal que permita boa plasticidade com os materiais comercializados no estado de Sergipe;
- Reduzir o teor de água dos traços de forma a atingir resistência mecânica satisfatória;
- Identificar, a partir do parâmetro “E”, que se trata de um método de dosagem experimental idealizado por Selmo e Helene, se o traço comumente utilizado pode ser alterado em proporção de materiais, a ponto de torna-lo mais econômico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica apresenta uma contextualização dos assuntos que fazem parte desta pesquisa, como por exemplo, a caracterização de uma argamassa de assentamento e suas principais propriedades. Para tanto, foi realizada uma vasta pesquisa em obras científicas, possibilitando, assim, a construção do embasamento teórico.

3.1 ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Argamassas são uma mistura homogênea de agregado miúdo, aglomerantes e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades específicas, possuindo propriedades mais ou menos importantes de acordo com seu estado de endurecimento. São produzidas com as mais diversas finalidades, fato que acaba interferindo na proporção de seus constituintes.

As argamassas podem ser utilizadas em vários locais exercendo as mais variadas funções, onde cada um dos empregos faz jus a uma série de propriedades que correspondem a um tipo de argamassa específico. Carasek (2007) classifica as argamassas de acordo com seu número de aglomerantes, propriedades, forma de preparo e quanto à sua função, como pode ser observado abaixo (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 – Classificação das argamassas

(continua)

Critério de classificação	Tipo
Quanto à natureza do aglomerante	Argamassa aérea
	Argamassa hidráulica
Quanto ao tipo de aglomerante	Argamassa de cal
	Argamassa de cimento
	Argamassa de cimento e cal
	Argamassa de gesso
	Argamassa de cal e gesso
Quanto ao número de aglomerantes	Argamassa simples
	Argamassa mista
Quanto à consistência da argamassa	Argamassa seca
	Argamassa plástica
	Argamassa fluida

Tabela 1 – Classificação das argamassas**(conclusão)**

Quanto à densidade de massa da argamassa	Argamassa leve
	Argamassa normal
	Argamassa pesada
Quanto à forma de preparo da argamassa	Argamassa preparada em obra
	Argamassa industrializada
	Argamassa dosada em central
	Mistura semipronta para argamassa

Fonte: Carasek (2007)

Tabela 2 - Classificação das argamassas segundo as suas funções na construção

Função	Tipos
Para construção de alvenarias	Argamassa de assentamento (execução de alvenaria)
	Argamassa de fixação (ou encunhamento) - alv. de vedação
Para revestimento de paredes e tetos	Argamassa de chapisco
	Argamassa de emboço
	Argamassa de reboco
	Argamassa de camada única
Para revestimento de pisos	Argamassa para revestimento decorativo monocamada
	Argamassa de contrapiso
Para revestimento cerâmicos	Argamassa de alta resistência para piso
	Argamassa de assentamento de peças cerâmicas - colante
Para recuperação de estruturas	Argamassa de rejuntamento
	Argamassa de reparo

Fonte: Carasek (2007)

Ainda que não tenha uma forma definida, as argamassas de assentamento possuem uma função específica: destina-se ao assentamento das unidades de alvenaria (SABBATINI, 1986). A argamassa de assentamento forma a junta de argamassa que é um componente com forma e funções bem definidas, sendo elas:

- Unir solidariamente as unidades de alvenaria e ajudá-las a resistir aos esforços laterais;
- Distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos;

- Absorver as deformações naturais a que a alvenaria estiver sujeita;
- Selar as juntas contra a penetração de água da chuva.

Apesar de possuírem os mesmos materiais constituintes, com exceção do agregado graúdo, é necessário exercer a diferenciação entre concreto e argamassa, visto que o concreto por si só já é considerado como um elemento estrutural enquanto a argamassa tem a função de unir elementos estruturais, ou não, entre si, agindo como adesivo e selante, pois, de acordo com Filomeno (1993), não deve ser desprezada a possibilidade de penetração de água através das juntas da alvenaria, ainda que o revestimento externo da alvenaria seja o principal elemento protetor. Martinelli e Helene (1991) citam que o maior atraso no estudo das argamassas é devido a essa já citada “confusão”, sendo necessária a elaboração de técnicas, estudos e normas específicas para o tema.

Segundo Sabbatini (1986), para que a argamassa de assentamento cumpra sua principal função, que é unir a alvenaria, constituindo um elemento monolítico, ela deve apresentar as seguintes características:

- Ter trabalhabilidade suficiente para que o pedreiro produza com rendimento otimizado um trabalho satisfatório, rápido e econômico;
- Ter capacidade de retenção de água suficiente para que uma elevada sucção do bloco não prejudique as suas funções primárias;
- Adquirir rapidamente alguma resistência após assentada, para suportar a esforços que possam atuar durante a construção;
- Desenvolver a resistência adequada para não comprometer a alvenaria de que faz parte. Não deve, no entanto, ser mais resistente que os blocos que ela une;
- Ter adequada aderência aos blocos a fim de que a interface possa resistir a esforços cisalhantes e de tração e prover a alvenaria juntas estanques a água de chuva;
- Ser durável e não afetar a durabilidade de outros materiais ou da construção como um todo;
- Ter suficiente resistência de maneira a acomodar as deformações intrínsecas (retração na secagem e de origem térmica) e as decorrentes de movimentos estruturais (de pequena amplitude) da parede da alvenaria, sem fissurar.

3.2 TIPOS DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

3.2.1 Argamassa de cal

Considerada a argamassa tradicional de alvenaria, é constituída de cal e areia. A cal, juntamente com a água e areia, forma uma pasta, preenchendo os vazios entre os grãos de areia, proporcionando trabalhabilidade e retenção otimizada em relação a outros tipos de argamassa.

Na obra podem-se encontrar dois tipos de cal: a cal virgem e a cal hidratada, sendo que no caso da cal virgem, é obrigatória a realização do processo de hidratação, chamado de “extinção”, que consiste na adição de água. Este processo visa melhorar a trabalhabilidade e evitar uma série de patologias.

Por ser um aglomerante aéreo, diferentemente do cimento, seu endurecimento se dá por secagem, pela recristalização dos hidróxidos, e por reação com o ar, através de sua reação química com o anidrido carbônico. Ela fornece baixos níveis de resistência, independentemente da proporção de seus constituintes.

“Para a resistência à compressão aos 28 dias de idade, os valores oscilam entre 0,5 e 1,5 MPa, podendo-se tomar como valor médio 1,0 MPa”. (PETRUCCI, 1979, apud, FILOMENO, 1993, p. 9).

3.2.2 Argamassa de cimento

As argamassas de cimento conseguem adquirir resistência rapidamente, sendo as ideais no quesito de suportar as cargas da alvenaria durante a sua construção. Entretanto é importante salientar que a variação da proporção de cimento/areia, pode influenciar de maneira negativa em algumas de suas propriedades, visto que uma argamassa pobre em cimento possui muito pouca trabalhabilidade, já as ricas são antieconômicas.

Sabbatini (1986) indica que são essas razões que fazem com que a argamassa de cimento seja tão pouco utilizada no assentamento da alvenaria, exceto em casos excepcionais, como por exemplo, solos agressivos ou fundações abaixo do lençol freático, afora esses casos, não se recomenda a utilização desse tipo de argamassa.

3.2.3 Argamassa mista de cal e cimento

São argamassas que englobam as principais características dos dois aglomerantes, formando assim uma mistura mais completa. A cal tem a principal

função de oferecer trabalhabilidade e maior retenção de água no estado fresco, propriedades essenciais para as argamassas de assentamento. Já o cimento possibilita um endurecimento mais rápido e maiores resistências. Portanto, pode-se variar a proporção de cada constituinte, resultando em argamassas com propriedades diferentes entre si e ideais para cada situação específica.

Segundo Cincotto et al. (1985), apud, Filomeno (1993), comprovou-se que a adição de cal a uma argamassa de areia e cimento é em grande maioria dos casos positiva, pois há melhoria de todas as propriedades físicas e mecânicas, inclusive um aumento na capacidade de absorver deformações, entretanto, outros estudos mostram um decréscimo de resistência de compressão com o aumento da proporção de cal na dosagem de argamassas.

3.3 MATERIAIS CONSTITUINTES

3.3.1 Aglomerantes

Os principais aglomerantes utilizados na produção das argamassas são o cimento e a cal, ambos com decisivas contribuições nas propriedades no estado fresco e no estado endurecido (BAÜER e SOUSA, 2005). As argamassas podem ser classificadas de acordo com alguns parâmetros como a natureza, tipo e o número de aglomerante empregado na mistura, conforme apresentado na tabela 3:

Tabela 3 - Classificação das argamassas em função do aglomerante

Natureza do aglomerante	Argamassa aérea
	Argamassa hidráulica
Tipo de aglomerante	Argamassa de cal
	Argamassa de cimento
	Argamassa de cimento e cal
Número de aglomerantes	Argamassa simples
	Argamassa mista

Fonte: ABNT NBR 1350:1995

3.3.1.1 Cimento

É o produto que se obtém pela pulverização do clínquer, constituído essencialmente por silicatos de cálcio e de sulfato de cálcio (gesso) bruto e de outros materiais em teor que não exceda 1,0%, contendo adições de certas substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego. Por ser

caracterizado como um aglomerante hidráulico, o cimento tem como necessidade a presença de água para seu endurecimento e ganho de resistência (BAÜER, 2000).

Os constituintes fundamentais do cimento Portland são a cal (CaO), a sílica (SiO_2), a alumina (Al_2O_3), o óxido de ferro (Fe_2O_3), certa proporção de magnésia (MgO) e uma pequena porcentagem de anidrido sulfúrico (SO_3), que é adicionado após a calcinação para retardar o tempo de pega do produto. Cal, sílica, alumina e óxido de ferro são os componentes essenciais do cimento Portland e constituem, geralmente, 95 a 96% do total na análise de óxidos. A magnésia que parece permanecer livre durante todo o processo de calcinação está usualmente presente na proporção de 2 a 3%, limitada, pelas especificações de 5%. No Brasil, esse limite é um pouco superior (6,4%).

O Boletim Técnico BT-106 da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2002) informa que o mercado nacional dispõe de 8 opções de cimento, que atendem com igual desempenho aos mais variados tipos de obras. Há onze tipos básicos de cimento Portland disponíveis no mercado brasileiro. São eles:

- A. Cimento Portland Comum (CP I)
 - CP I – Cimento Portland Comum;
 - CP I-S – Cimento Portland Comum com Adição.
- B. Cimento Portland Composto (CP II)
 - CP II-E – Cimento Portland Composto com Escória;
 - CP II-Z – Cimento Portland Composto com Pozolana;
 - CP II-F – Cimento Portland Composto com Fíler.
- C. Cimento Portland de Alto-Forno (CP III)
- D. Cimento Portland Pozolânico (CP IV)
- E. Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI)
- F. Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS)
- G. Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC)
- H. Cimento Portland Branco (CPB)

Esses tipos se diferenciam de acordo com a proporção de clínquer e sulfatos de cálcio, material carbonático e de adições, tais como escórias, pozolanas e calcário, acrescentadas no processo de moagem final. Podem diferir também em função de propriedades intrínsecas, como alta resistência inicial, cor branca e etc.

O primeiro cimento Portland lançado no mercado brasileiro foi o conhecido

CP, correspondendo atualmente ao CP I, um tipo de cimento Portland comum sem quaisquer adições além do gesso (utilizado como retardador da pega). Ele acabou sendo considerado na maioria das aplicações usuais como termo de referência para comparação com as características e propriedades dos tipos de cimento posteriormente aparecidos. Foi a partir do amplo domínio científico e tecnológico sobre o cimento Portland comum que se tornou possível desenvolver outros tipos de cimento, com o objetivo inicial de atender a casos especiais. Com o tempo verificou-se que alguns desses cimentos, inicialmente imaginados como especiais, tinham desempenho equivalente ao do cimento Portland comum original, atendendo plenamente às necessidades da maioria das aplicações usuais e apresentando, em muitos casos, inclusive, alguma vantagem adicional. A partir dos bons resultados dessas conquistas e a exemplo de países tecnologicamente mais avançados, como os da União Europeia, surgiu no mercado brasileiro em 1991 um novo tipo de cimento, o cimento Portland composto, cuja composição é intermediária entre os cimentos Portland comuns e os cimentos Portland com adições (alto-forno e pozolânico), estes últimos disponíveis há algumas décadas. A tabela 4 a seguir apresenta a composição dos cimentos Portland comuns e compostos:

Tabela 4 - Composição dos cimentos Portland comuns e compostos

Tipo de Cimento Portland	Sigla	Composição (% em massa)				Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Escória granulada de alto-forno (sigla E)	Material pozolânico (sigla Z)	Material carbonático (sigla F)	
Comum	CP I	100	-			NBR 5732
	CP I-S	99-95	1-5			
Composto	CP II-E	94-56	6-34	-	0-10	NBR 11578
	CP II-Z	94-76	-	6-14	0-10	
	CP II-F	94-90	-	-	6-10	

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2002)

3.3.1.2 Cal

Cal é o nome genérico de um aglomerante aéreo, ou seja, desenvolve seu endurecimento através da transformação da calem carbonato de cálcio por fixação do gás carbônico existente no ar. É resultante da calcinação de rochas calcárias,

que se apresentam sob diversas variedades, com características resultantes da natureza da matéria-prima empregada e do processamento conduzido (BAÜER, 2000).

Na construção civil a cal tem emprego extremamente variável, servindo para argamassas (de assentamento e de revestimento – emboço e reboco – pintura, misturas asfálticas, materiais isolantes, misturas solo-cal, produtos de silicato de cálcio, bloco silicocalcário, estuques, etc.). Na construção predial, o principal uso da cal dá-se como aglomerante em argamassas mistas de cimento, cal e areia, proporcionando economia por ser um aglomerante mais barato que o cimento. Nesse sentido é importante lembrar que a dosagem das argamassas é feita em volume, enquanto a compra é realizada por peso. Dessa forma, enquanto um saco de cimento pesa 50 kg e tem o volume de, aproximadamente 42 L, o mesmo peso de cal, além de ter custo reduzido, tem volume de cerca de 62 L a depender do seu tipo. A tabela 5 abaixo ilustra alguns valores comparativos aproximados:

Tabela 5 - Valores comparativos entre traços com a adição de cal

Traço da argamassa	Custo percentual em relação à argamassa 1:3 (cimento:areia)	Resistência à compressão aproximada (MPa)	Resistência à tração aproximada (MPa)
1:3 (cimento:areia)	100%	32	-
1:1:6	73%	9	0,8
1:2:9	65%	4	0,3 a 0,4
1:3 (cal:areia)	47%	-	-

Fonte: Yazigi (2014)

A cal é um aglomerante que desenvolve seu endurecimento através da transformação da cal em carbonato de cálcio, por fixação do gás carbônico existente no ar (processo de carbonatação). Segundo Baüer e Sousa (2005), os tipos de cales empregados na produção das argamassas podem ser:

- Cal virgem, sob a forma de óxidos de cálcio ou óxidos cálcio e magnésio, extinto em obra;
- Cal hidratada, sob a forma de hidróxido de cálcio ou hidróxido de cálcio e magnésio.

A ABNT NBR 7175:2003 define cal hidratada como sendo o pó obtido pela hidratação da cal virgem, constituído essencialmente de uma mistura de hidróxido de

cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

A cal hidratada oferece sobre a cal virgem algumas vantagens, entre elas a maior facilidade de manuseio, transporte e armazenamento. É um produto pronto para ser utilizado, eliminando em canteiro a operação de extinção e, subsequentemente, de envelhecimento. Sendo um produto seco, pulverulento, oferece maior facilidade de mistura na elaboração das argamassas do que a pasta de cal resultante da extinção da cal viva. Além disso, não está sujeito aos riscos provocados pela hidratação espontânea da cal viva e por incêndios, que poderão ocorrer durante o seu transporte ou armazenamento.

Visando a melhoria das propriedades da cal no estado fresco, é favorável o uso da cal na composição das argamassas, visto que, a mesma possui influência direta da trabalhabilidade. Essa influência acontece devido ao estado de coesão interna da cal, que acaba proporcionando a diminuição da tensão superficial da pasta aglomerante e da adesão às partículas do agregado (CINCOTTO et al., 1995, apud BAÜER e SOUSA, 2005).

Pode-se afirmar que o emprego das argamassas de cimento e cal em obras é bastante conveniente, uma vez que se consegue conciliar as vantagens de ambos os materiais, melhorando algumas de suas propriedades, sendo necessário atentar para dosagem de acordo com seu uso. A trabalhabilidade, retenção de água, bem como a aderência são melhoradas pelo uso da cal.

A ABNT NBR 7175:2003, que especifica três tipos de cal hidratada, CH-I, CH-II, CH-III, também define os mínimos requisitos químicos e físicos conforme as tabelas 6 e 7 a seguir:

Tabela 6 - Requisitos químicos da cal

Requisitos		Limites		
		CH I	CH II	CH III
Anidrido carbônico (CO ₂)	Na fábrica	≤ 5%	≤ 5%	≤ 13%
	No depósito	≤ 7%	≤ 7%	≤ 15%
Óxidos de cálcio e de magnésio não hidratado calculado (CaO + MgO)		≤ 10%	≤ 15%	≤ 15%
Óxidos totais na base de não-voláteis (CaO + MgO)		≥ 90%	≥ 88%	≥ 88%

Fonte: ABNT NBR 7175:2003

Tabela 7 - Requisitos físicos da cal

Requisitos		Limites		
		CH I	CH II	CH III
Finura (% retida acumulada)	Peneira 0,600 mm	$\leq 0,5\%$	$\leq 0,5\%$	$\leq 0,5\%$
	Peneira 0,075 mm	$\leq 10\%$	$\leq 15\%$	$\leq 15\%$
Retenção de água		$\geq 75\%$	$\geq 75\%$	$\geq 70\%$
Incorporação de areia		$\geq 3,0$	$\geq 2,5$	$\geq 2,2$
Estabilidade		Ausência de cavidade ou protuberância		
Plasticidade		≥ 110	≥ 110	≥ 110

Fonte: ABNT NBR 7175:2003

3.3.2 Agregado

Entende-se por agregado o material granular, sem forma e volume definidos, preferencialmente inerte quimicamente, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia (YAZIGI, 2014), sendo em alguns casos definidos como o “esqueleto” das argamassas, com influência direta em propriedades como retração, resistência mecânica, módulo de deformação, dentre outras. Podem-se classificar os agregados quanto à origem, às dimensões (a de maior importância) e ao peso unitário.

Quanto ao tamanho, a ABNT NBR 9935:2011 classifica os agregados como:

- Agregado graúdo: Agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha 4,75 mm;
- Agregado miúdo: Agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μm .

Na produção de argamassas podem ser utilizadas areias naturais (provenientes de leitos de rios e de cava) e artificiais (provenientes da britagem de rochas), sendo este último mais utilizado na produção das argamassas industrializadas (BAÜER e SOUSA, 2005).

3.4 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO

As argamassas possuem propriedades que variam em grau de importância de acordo com seu local de utilização na obra e seu estado de endurecimento. Essas propriedades também podem ser alteradas de acordo com a proporção de materiais constituintes da argamassa.

A seguir serão elencadas as principais propriedades no estado fresco e no estado endurecido das argamassas de assentamento.

3.4.1 Propriedades no estado fresco

O avanço tecnológico da construção permitiu verificar que as propriedades da argamassa fresca e endurecida estão intrinsecamente relacionadas, indo na direção contrária que a resistência mecânica era a propriedade mais importante numa argamassa de assentamento (FILOMENO, 1993)

3.4.1.1 Trabalhabilidade

De acordo com Carasek (2007), trabalhabilidade é uma propriedade das argamassas no estado fresco que determina a facilidade com que elas podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, consolidadas e acabadas em uma condição homogênea

É uma propriedade impossível de ser mensurada, ainda que um pedreiro consiga reconhece-la ao manuseá-la com uma colher, pois segundo Isberner (1969), apud Sabbatini (1986), ela é uma propriedade de avaliação indefinível, arbitrária e pessoal, sendo na realidade uma combinação de várias características reológicas da argamassa: plasticidade, coesão, consistência, viscosidade, adesão e densidade.

“A noção de trabalhabilidade é, portanto, muito mais subjetiva que física. O componente físico mais importante da trabalhabilidade é a consistência, termo que traduz propriedades intrínsecas da mistura fresca relacionadas com a mobilidade da massa e a coesão entre os elementos componentes. Assim a medida da trabalhabilidade é feita indiretamente através da correlação com a consistência da argamassa, que pode ser avaliada por diversos ensaios normalizados internacionalmente.” (FILOMENO, 1993, p.13).

3.4.1.2 Consistência e plasticidade

A plasticidade pode ser definida como a propriedade que permite argamassa a deformar e conservar-se deformada após a retirada das tensões de deformação, estando ligada de maneira direta a sua consistência, retenção de água e a reologia. (CARASEK, 2007).

A consistência é a propriedade na qual a argamassa tem maior ou menor

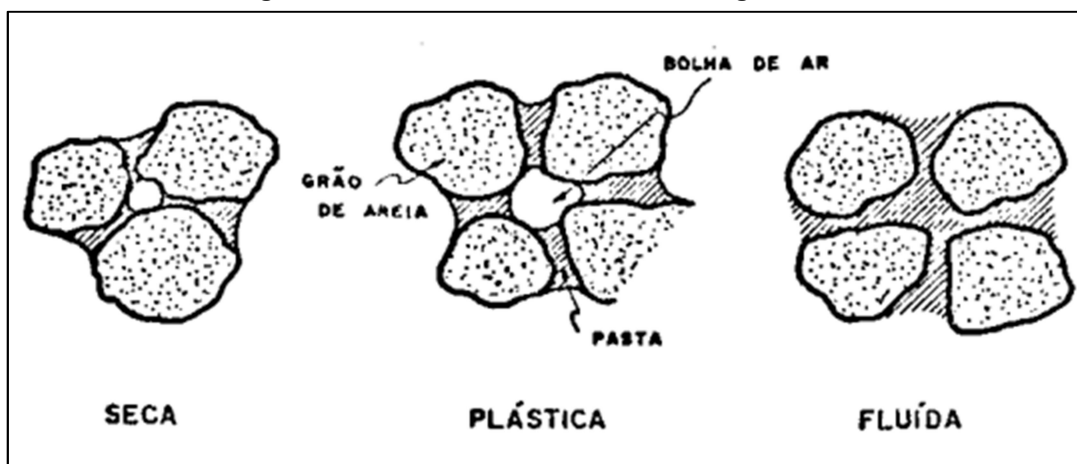
facilidade de deformar-se sob a ação de cargas, sendo a quantidade de água existente o principal fator influente desta propriedade. Também podem ser caracterizados como potenciais influenciadores da consistência as relações água/aglomerante, aglomerante/agregado e a qualidade dos aglomerantes (SANTOS, 2014).

O único meio direto do qual o pedreiro dispõe para corrigir a trabalhabilidade em obra é alterar a quantidade de água de amassamento, uma vez que as proporções dos componentes são pré-fixadas (CARASEK, 2007), portanto a trabalhabilidade adequada para um pedreiro não é para o outro, sendo uma qualidade de escolha individual, não podendo ser generalizada.

As argamassas são classificadas quanto a sua consistência em seca, plástica e fluída, como pode ser verificado na figura 1. Segundo Santos (2014), esses níveis de consistência podem ser definidos como:

- Argamassas secas: é necessária a aplicação de energia para conformá-las em sua forma final, sendo que a pasta preenche os vazios entre os grãos, o que se traduz por massas ásperas e pouco trabalháveis;
- Argamassas plásticas: após aplicação de um pequeno esforço atingem a sua forma final, em que a pasta forma uma fina película e atua como lubrificante na superfície dos grãos dos agregados;
- Argamassas fluidas: neste caso, os grãos ficam imersos na pasta, sem coesão interna, dispensando qualquer força além da gravidade.

Figura 1 - Níveis de consistência das argamassas



Fonte: Sabbatini (1989)

Carasek (2007) afirma que consistência e plasticidade são apontadas como as principais propriedades que determinam uma condição de trabalhabilidade das

argamassas de revestimento. Em determinados momentos, tal condição torna-se sinônimo destas duas propriedades.

3.4.1.3 Coesão

A coesão, de acordo com Cincotto et al. (1995), apud Silva (2006), refere-se às forças físicas de atração existentes entre as partículas sólidas da argamassa no estado fresco e às ligações químicas da pasta aglomerante. Ainda, segundo os autores, a influência da cal sobre a consistência e a trabalhabilidade das argamassas provém das condições de coesão interna que a mesma proporciona em função da diminuição da tensão superficial da pasta aglomerante e da adesão ao agregado.

3.4.1.4 Densidade de massa e teor de ar

Rosello (1976), apud Araujo (1995) indica que a densidade de massa e o teor de ar são propriedades das argamassas que afetam sua trabalhabilidade.

Pode-se atribuir a influência destas propriedades devido a serem dependentes da natureza e dosagem dos materiais constituintes da argamassa.

Após estudo realizado por Silva (2006), constatou-se que o aumento na relação cal/cimento diminui a densidade de massa em argamassas, empregando-se areia natural ou britada; para uma mesma relação agregado/aglomerante, o incremento no teor de cal reduz a densidade de massa além de aumentar o consumo de água.

3.4.1.5 Retenção de água

A retenção de água pode ser entendida como a capacidade da argamassa de não perder água para o substrato ao ser assentada, promovendo hidratação adequada no cimento e ganho de resistência.

Uma argamassa retém naturalmente a água usada no amassamento, molhando a superfície dos grãos de areia e do aglomerante e preenchendo os vazios; o excesso de água pode sair da mistura por exsudação, evaporação ou sucção da base (BASTOS, 2001, apud, NAKAKURA e CINCOTTO, 2004). Pode-se conseguir uma maior retenção de água através de aditivos retentores ou através do aumento da superfície dos grãos dos materiais constituintes.

Segundo Filomeno (1993), é de fundamental importância a manutenção da água de amassamento, pois a mesma afeta diretamente a trabalhabilidade e a resistência mecânica, visto que as reações de endurecimento do cimento ocorrem

durante sua cura.

3.4.2 Propriedades no estado endurecido

3.4.2.1 Retração

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

Ao retrair, a argamassa acaba por perder durabilidade e estanqueidade, pois a junta de assentamento pode chegar a desprender-se da superfície com menor aderência, afetando também a resistência da alvenaria (CARASEK, 2007)

Segundo Bastos (2001 p. 41), apud Silva (2006), quanto ao estado físico da argamassa a retração pode ser classificada em:

- Retração plástica: é a retração por perda de água da argamassa que ocorre antes da pega do cimento, quando a fração sólida da mistura dispõe de mobilidade de umas partículas em relação às outras. A diminuição do volume do sistema corresponde ao volume de água perdida;
- Retração no estado endurecido: é a retração que ocorre após a pega do cimento. É conhecida por retração por secagem quando é causada pela perda de água. Depende do tamanho e do tipo de vazios que perde água e da forma como a água está ligada às superfícies sólidas da pasta endurecida: se livre, se adsorvida nas paredes internas de sua estrutura, se entre as camadas do silicato de cálcio hidratado (CSH) ou se combinada quimicamente. Considera-se que a magnitude da retração total da pasta endurecida depende diretamente do grau de dificuldade encontrado para a remoção da água e das propriedades mecânicas do compósito.

As condições climáticas são um fator determinante na retração, pois sofre influência direta de fatores como: temperatura, incidência do sol, umidade relativa do ar, velocidade do vento, etc.

3.4.2.2 Resistência à compressão

A resistência mecânica de uma argamassa está relacionada à sua capacidade de resistir a esforços, seja ele de tração, compressão ou cisalhamento, podendo estes serem ocasionado através de cargas estáticas ou dinâmicas atuantes nas edificações ou efeito das condições ambientais. (CINCOTTO e NAKAKURA,

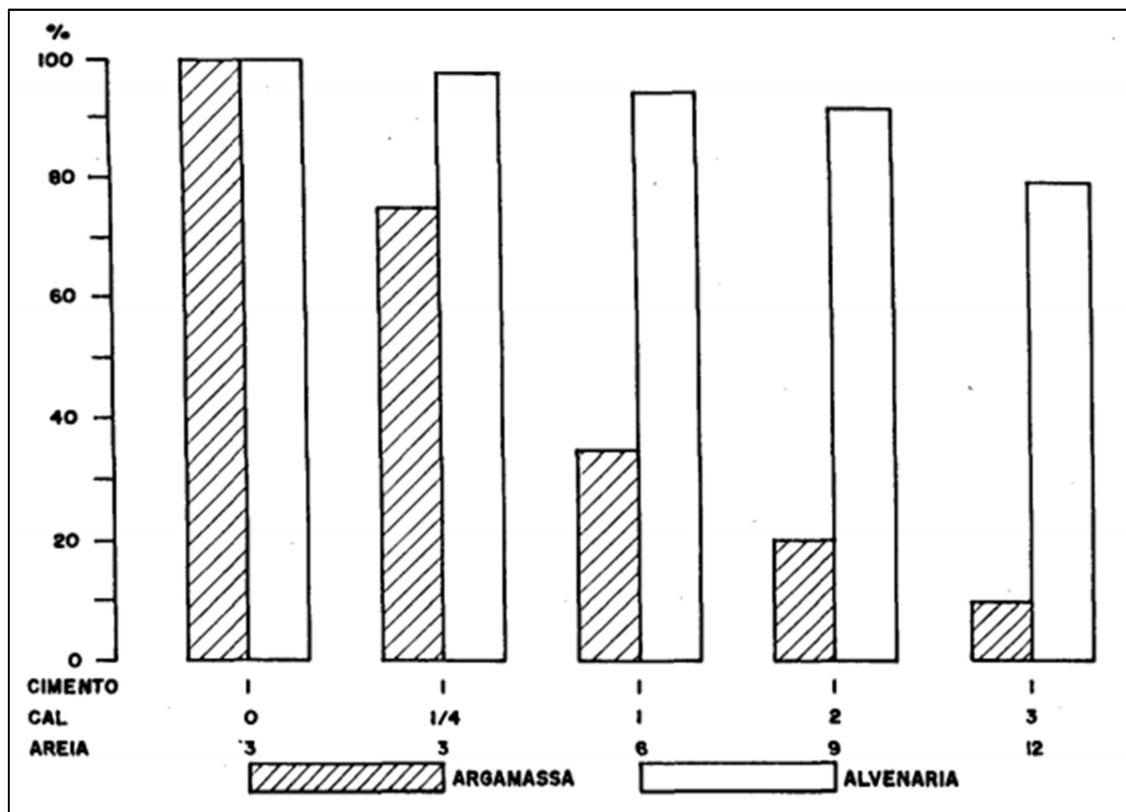
2004).

“Devido a sua posição como elemento de alvenaria, o principal esforço que solicita uma junta de argamassa é o esforço de compressão. No entanto outros esforços não podem ser desprezados, como flexão e cisalhamento provocados por esforços laterais nas paredes. Bem como o esforço de tração provocado pelas tensões internas que agem no material como as movimentações de origem térmica e de variação no conteúdo de umidade.” (FILOMENO, 1993, p. 16).

A resistência à compressão das argamassas se inicia com o endurecimento e aumenta continuamente com o tempo, segundo Sabbatini (1986), entretanto é necessário observar que esse tempo de endurecimento muda de acordo com a composição da argamassa, visto que as argamassas de cal e areia desenvolvem resistência de maneira muito lenta, sendo muito dependente das condições climáticas. Ao contrário das argamassas de cimento, que dependem menos das condições ambientais para atingir a resistência desejada.

A resistência da argamassa acaba por não ter uma influência tão direta na resistência da alvenaria como se imaginava anteriormente, sendo o bloco da alvenaria o maior responsável por sua resistência. Conforme observa-se no gráfico 1 abaixo, uma argamassa de traço 1:2:9 (cimento, cal, areia seca), em volume, possui cerca de 20% da resistência à compressão de uma argamassa de traço 1:3 (cimento, areia). Porém a resistência à compressão da alvenaria executada com aquela argamassa é só 8% inferior à da executada com o traço 1:3 (FILOMENO, 1993).

Gráfico 1 - Resistência da alvenaria em relação à resistência da argamassa



Fonte: Filomeno (1993)

O gráfico 1 mostra que a produção de argamassas resistentes, muito ricas em cimento, para uma alvenaria de vedação pode ser considerado um desperdício de recursos. O mesmo não se pode dizer para uma alvenaria estrutural ou em locais com uma condição ambiental adversa, como um ambiente agressivo.

Davison (1961), apud Sabbatini (1986), esclarece que talvez por causa da confusão entre concreto e argamassas de assentamento, a importância da resistência à compressão tem sido supervalorizada, sendo mais importante obter uma boa trabalhabilidade e retenção de água para o assentamento de alvenaria.

3.5 DOSAGEM

Dosar uma argamassa é estudar e estabelecer (de acordo com o uso e formas de aplicação) o traço ou proporções dos materiais constituintes da mistura (essas proporções podem ser expressas em massa ou volume) (SANTOS, 2014). A metodologia pode ser considerada eficiente quando atinge os objetivos de minimizar a ocorrência de patologias proveniente de um traço inadequado, produzindo uma argamassa de maior qualidade e durabilidade. Diferentemente do concreto, que conta com variados métodos de dosagem, a argamassa ainda não possui um

método que possa ser estabelecido como consenso no meio técnico nacional.

“Historicamente, pode-se considerar como marco no estudo da questão, a tese apresentada em 1959 pelo Prof. Hildérico Pinheiro de Oliveira, no concurso à Cátedra de Construções Cíveis e Arquitetura da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, em que o autor já alertava o meio técnico para a pequena importância dada à dosagem das argamassas, propondo o emprego racionalizado das argamassas, cujas composições deveriam considerar as características dos materiais constituintes, sua função no edifício e as propriedades necessárias ao seu desempenho.” (OLIVEIRA, 1959 apud GOMES; NEVES, 2002, p. 3).

4 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os materiais e equipamentos empregados na presente pesquisa e os métodos de ensaio utilizados para a análise dos traços estudados neste trabalho.

4.1 DOSAGEM DAS ARGAMASSAS

Para dosagem das argamassas foi utilizado o método de Selmo e Helene (1991), utilizando como base o traço comumente usado em obras para argamassa de assentamento em volume, 1:2:9 (cimento:cal:areia), porém transformado para massa, através da utilização das massas específicas de seus materiais, resultando no traço 1:0,58:10,23.

Após a transformação do traço de volume para massa foi calculado a quantidade de constituintes necessários para execução de três quilos de argamassa através da Equação 1, prosseguindo com o cálculo do Parâmetro E através da Equação 2.

$$Cimento = \frac{Peso\ total\ da\ argamassa}{\Sigma Peso\ dos\ constituintes} \quad (1)$$

$$Parâmetro\ E = \frac{Areia + Cal}{Cimento} \quad (2)$$

As variações do Parâmetro E, e conseqüentemente do traço, foram estabelecidas através das variações dos valores da quantidade de cal de cimento, sendo realizada a diminuição em cada aglomerante por vez. Partindo desse preceito, foram encontrados dez traços, sendo cinco reduzindo a quantidade cal e mais cinco reduzindo a quantidade de cimento. Os resultados são apresentados na tabela 8 abaixo.

Tabela 8 - Variação nos materiais constituintes

(continua)

Parâmetro E (g/g)	Aglomerante reduzido	Cimento (g)	Cal (g)	Areia (g)	Materiais secos (kg)	Traço (massa)
10,3	Cal	254	17,8	2598,4	2870,2	1 : 0,07 : 10,23
10,4	Cal	254	43,2	2598,4	2895,6	1 : 0,17 : 10,23
10,5	Cal	254	68,6	2598,4	2921	1 : 0,27 : 10,23
10,6	Cal	254	94	2598,4	2946,4	1 : 0,37 : 10,23
10,7	Cal	254	119,4	2598,4	2971,8	1 : 0,47 : 10,23

Tabela 9 - Variação nos materiais constituintes**(conclusão)**

10,81	-	254	147,34	2598,4	2999,74	1 : 0,58 : 10,23
11	Cimento	249,61	147,34	2598,4	2995,35	1 : 0,59 : 10,41
11,5	Cimento	238,76	147,34	2598,4	2984,5	1 : 0,62 : 10,88
12	Cimento	228,81	147,34	2598,4	2974,55	1 : 0,64 : 11,36
12,5	Cimento	219,66	147,34	2598,4	2965,4	1 : 0,67 : 11,83
13	Cimento	211,21	147,34	2598,4	2956,95	1 : 0,70 : 12,30

Fonte: O autor (2017)

4.1.1 Dosagem das argamassas

Esse método consiste através do controle de finos, cal ou cimento, através da relação: $(\text{Areia} + \text{Cal}) / \text{Cimento}$, visando caracterizar as propriedades da argamassa, seja no estado fresco (trabalhabilidade) ou endurecido (resistência mecânica). Esse método busca variar a quantidade dos materiais constituintes no traço da argamassa, de modo a identificar o traço mais adequado para uso de acordo com a finalidade da argamassa.

Por ser um método experimental, consiste na elaboração de gráficos correlacionando o teor dos materiais envolvidos e as propriedades desejadas para argamassa, se adequando a realidade da mão-de-obra da construção, que busca sempre a melhor trabalhabilidade.

4.2 PREPARO DAS ARGAMASSAS

O preparo da argamassa realizou-se seguindo o estabelecido pela ABNT NBR 16541:2016, que indica os seguintes passos para a realização dos ensaios:

- 1) Peneiramento da areia;
- 2) Pesagem dos materiais constituintes (água, cimento, cal e areia);
- 3) Colocação da argamassa, previamente misturada de forma manual, na cuba do misturador;
- 4) Acionamento do misturador na velocidade baixa, adicionando 75% da água de mistura à argamassa nos 10 s iniciais, contando 30 s desde o tempo de acionamento do misturador;
- 5) Alteração para velocidade alta, misturando a argamassa por mais 60 s;
- 6) Pausa do processo de mistura, realizando a raspagem de toda superfície da pá e deixando a argamassa em repouso por 90 s;

7) Acionamento do misturador na velocidade baixa, adicionando os 25% restantes de água por um tempo de 60 s.

Os materiais e equipamentos utilizados no preparo da argamassa foram:

- Balança com resolução de 0,1 g;
- Misturador mecânico;
- Béquer;
- Cronômetro;
- Espátula;
- Tampa, peneira 2,4 mm e fundo;
- Cimento Portland “Nacional” CII-Z 32 RS;
- Cal Hidratada “Trevo”;
- Areia.

4.3 CONSISTÊNCIA

Para avaliação da consistência realizou-se dois tipos de ensaio, a mesa de abatimento, normatizada através da ABNT NBR 13276:2016, e a sonda de Tetmajer, que é comumente utilizada para pasta de cimento, normatizada através da ABNT NBR 16606:2017.

No ensaio da mesa de consistência utilizou-se o seguinte procedimento:

- 1) Umedecimento da mesa e do molde tronco-cônico;
- 2) Enchimento do molde;
- 3) Espátula;
- 4) Execução de 30 golpes.

O processo de enchimento deu-se através de três camadas de mesma altura, sendo que entre o preenchimento das camadas foram executados 15, 10 e 5 golpes respectivamente, para aferimento do resultado, realizou-se a medição de 3 medidas no diâmetro, tendo como a média desses 3 valores o resultado final. A figura 2 abaixo mostra o resultado final do ensaio de mesa de consistência:

Figura 2 - Ensaio de mesa de consistência



Fonte: O autor (2017)

Já o procedimento para o ensaio da sonda de Tetmajer, que pode ser visualizada atrás da figura 3 abaixo, realizou-se da seguinte forma:

- 1) Calibragem da sonda;
- 2) Preenchimento no molde tronco-cônico;
- 3) Penetração da sonda.

Para realização dos ensaios foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Aparelho de vicat;
- Mesa de abatimento;
- Molde tronco-cônico;
- Soquete;
- Espátula.

Figura 3 - Realização do ensaio de consistência através da Sonda de Tetmajer



Fonte: O autor (2017)

4.4 PLASTICIDADE

A propriedade de plasticidade não possui nenhuma norma ou medida qualitativa que seja normatizada ou conhecida no meio tecno-científico, sendo assim, a avaliação é feita de maneira inteiramente pessoal.

Ela foi avaliada ao se passar uma espátula na argamassa, gerando uma deformação, conforme mostra a figura 4 abaixo, observando a capacidade da argamassa de se manter na posição deformada, e ao se observar o número de ranhuras presente após o esforço causado na superfície da argamassa.

Figura 4 - Exemplo de avaliação da plasticidade



Fonte: O autor (2017)

4.5 DENSIDADE DE MASSA

Para determinar a densidade de massa das argamassas produzidas, foi realizado o ensaio conforme especificação da ABNT NBR13278:2005, porém de maneira adaptada, visto que o laboratório não possuía o recipiente necessário para realização do ensaio. Então como substituição foi utilizado o recipiente do ensaio de teor de ar incorporado, com massa total de 2240 g e volume total de 1150 ml, normatizado através da ABNT NBR 9833:2009 conforme mostra a Figura 5:

Figura 5 - Pesagem da argamassa para posterior cálculo de densidade de massa



Fonte: O autor (2017)

Foram utilizados os seguintes equipamentos para realização do ensaio:

- Recipiente;
- Balança com resolução de 0,1 g;
- Régua;
- Soquete.

O ensaio foi realizado através do seguinte procedimento:

- 1) Pesagem do recipiente seco;
- 2) Medição do volume máximo do recipiente;
- 3) Preenchimento do recipiente com a argamassa;
- 4) Cálculo da densidade de massa.

O preenchimento do recipiente foi executado através de três camadas, sendo que entre o preenchimento das camadas foram realizados 30 golpes através de seu perímetro e executadas três quedas de três centímetros.

Para o cálculo da densidade de massa foi utilizada a Equação 3:

$$d \left(Kg/L \right) = \frac{m_c - m_v}{v_t} \quad (3)$$

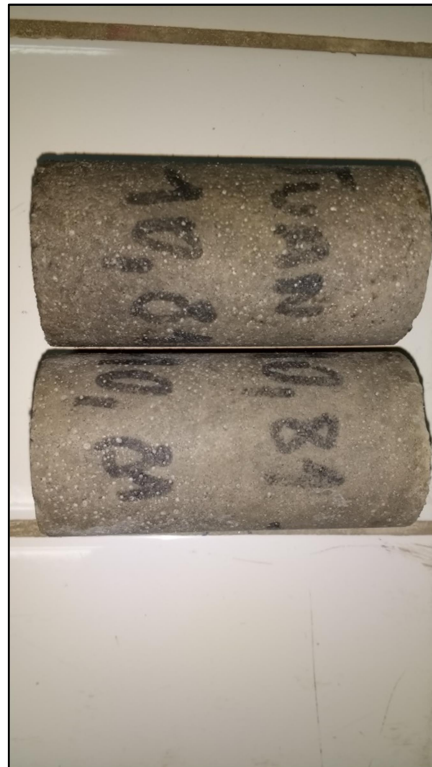
Onde:

- m_c é a massa do recipiente cilíndrico contendo a argamassa de ensaio, em quilos;
- m_v é a massa do recipiente cilíndrico vazio, em quilos;
- v_t é o volume do recipiente cilíndrico, em centímetros cúbicos.

4.6 MOLDAGEM E CURA

Os corpos de prova foram moldados e curados seguindo-se as recomendações da ABNT NBR 7215:1996, sendo o molde rosqueado para evitar perda de água através de sua base e untado em toda sua superfície interna. O enchimento dos moldes foi executado através de quatro camadas iguais, recebendo cada camada 30 golpes em seu perímetro, seguindo-se do arrasamento e disposição final. Um exemplo de corpos de prova pode ser visualizado através da Figura 6:

Figura 6 - Corpos de prova



Fonte: O autor (2017)

Logo após a moldagem, se iniciou a cura inicial ao ar, com duração de 24 horas, sendo, após isso, levados para cura final em água, com duração de 28 dias e sendo toda sua superfície coberta por água.

Para realização da moldagem dos corpos utilizou-se os seguintes equipamentos:

- Molde cilíndrico, conforme a ABNT NBR 7215:1996;
- Base rosqueada;
- Lubrificante;
- Soquete.

4.7 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A ruptura dos corpos de prova ocorreu na prensa manual, conforme mostra a Figura 7, sempre com atenção à limpeza dos pratos e a centragem dos corpos de prova.

Figura 7 - Realização do ensaio de compressão através da prensa manual



Fonte: O autor (2017)

Para o cálculo da resistência foi utilizada a seguinte fórmula:

$$Resistência \ à \ Compressão \ (MPa) = \frac{F/A_s}{10} \ (4)$$

Onde:

- F é a força exercida pela prensa;
- A_s é a área de seção transversal do corpo de prova.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para estudar a influência da quantidade dos materiais constituintes nas principais propriedades das argamassas de assentamento foram elaborados gráficos a partir dos dados dispostos nas tabelas 9 e 10, onde se relacionam os constituintes (teor de cal, teor de cimento, relação água/materiais secos e relação cal/cimento) e os ensaios realizados (índice de consistência, sonda de tetmajer, densidade de massa e resistência à compressão).

Tabela 9 - Tabela geral de resultados

Parâmetro E	Teor de Cal (%)	Teor de Cimento (%)	Índice de Consistência (cm)	Sonda Tetmajer (cm)	Densidade de massa (kg/l)	Materiais Secos (g)
10,3	0,620	8,850	26,012	7,79	1,925	2870,20
10,4	1,492	8,772	26,910	10,47	1,911	2895,60
10,5	2,349	8,696	27,067	11,4	1,904	2921,00
10,6	3,190	8,621	27,233	12,54	1,899	2946,40
10,7	4,018	8,547	27,440	13,23	1,890	2971,80
10,81	4,912	8,467	27,700	13,62	1,884	2999,74
11	4,919	8,333	25,920	9,97	1,873	2995,35
11,5	4,937	8,000	23,820	0	1,863	2984,50
12	4,953	7,692	21,358	0	1,857	2974,55
12,5	4,969	7,407	20,347	0	1,838	2965,40
13	4,983	7,143	18,343	0	1,799	2956,95

Fonte: O autor (2017)

Tabela 10 - Tabela geral de resultados

Parâmetro E	Água (g)	Relação Água/Materiais Secos	Relação Cal/Cimento	Relação Água/Aglomerante	Resistência (MPa)
10,3	415,42	0,145	0,070	1,528	7,561
10,4	415,42	0,143	0,170	1,398	6,615
10,5	415,42	0,142	0,270	1,288	5,552
10,6	415,42	0,141	0,370	1,194	5,552
10,7	415,42	0,140	0,470	1,113	5,434
10,81	415,42	0,138	0,580	1,035	5,198
11	408,245	0,136	0,590	1,028	5,080
11,5	390,495	0,131	0,617	1,011	4,962
12	374,224	0,126	0,644	0,995	4,962
12,5	359,255	0,121	0,671	0,979	4,135
13	345,438	0,117	0,698	0,963	3,308

Fonte: O autor (2017)

Também foi elaborada uma tabela relacionando os valores do parâmetro “E” utilizado e a plasticidade, que não pode ser mensurável através de números ou ensaios.

5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como já citado anteriormente, a plasticidade não possui ensaios específicos para qualifica-la, sendo uma análise subjetiva, avaliada de acordo com o seu traço, como mostra a tabela 11 abaixo.

Tabela 11 - Classificação das argamassas quanto a plasticidade

Parâmetro E	Teor de Cal (%)	Teor de Cimento (%)	Relação Água/Materiais Secos	Plasticidade
10,3	0,620	8,850	0,145	Média
10,4	1,492	8,772	0,143	Média
10,5	2,349	8,696	0,142	Média
10,6	3,190	8,621	0,141	Média
10,7	4,018	8,547	0,140	Plástica
10,81	4,912	8,467	0,138	Plástica
11	4,919	8,333	0,136	Plástica
11,5	4,937	8,000	0,131	Média
12	4,953	7,692	0,126	Seca
12,5	4,969	7,407	0,121	Seca
13	4,983	7,143	0,117	Seca

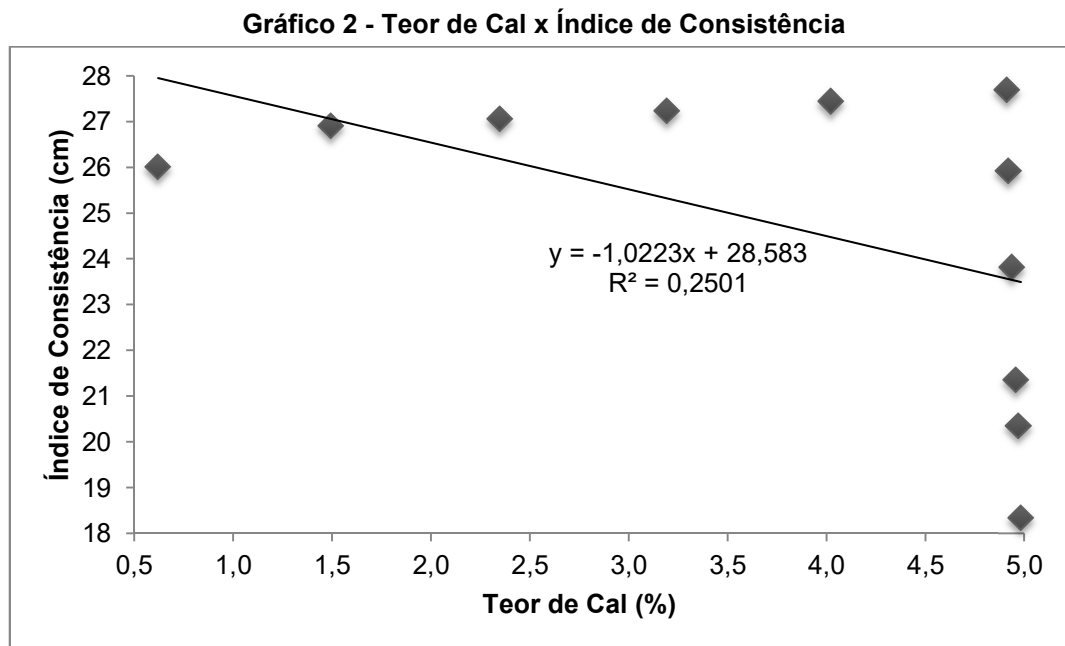
Fonte: O autor (2017)

Através dessa tabela é possível verificar que os principais condicionadores de uma boa plasticidade foram o teor de cal e o teor de água (relação água/materiais secos), visto que é possível identificar que ao ter um baixo teor de cal e um elevado teor de água a argamassa apresentou uma plasticidade satisfatória, porém ainda não ideal. Já quando se teve um maior teor de cal e um teor de água reduzido as argamassas apresentaram uma plasticidade seca, mostrando que para atingir a plasticidade ideal é necessário atentar quanto ao teor de cal e teor de água de uma argamassa.

5.2 ANÁLISE ATRAVÉS DE CORRELAÇÕES

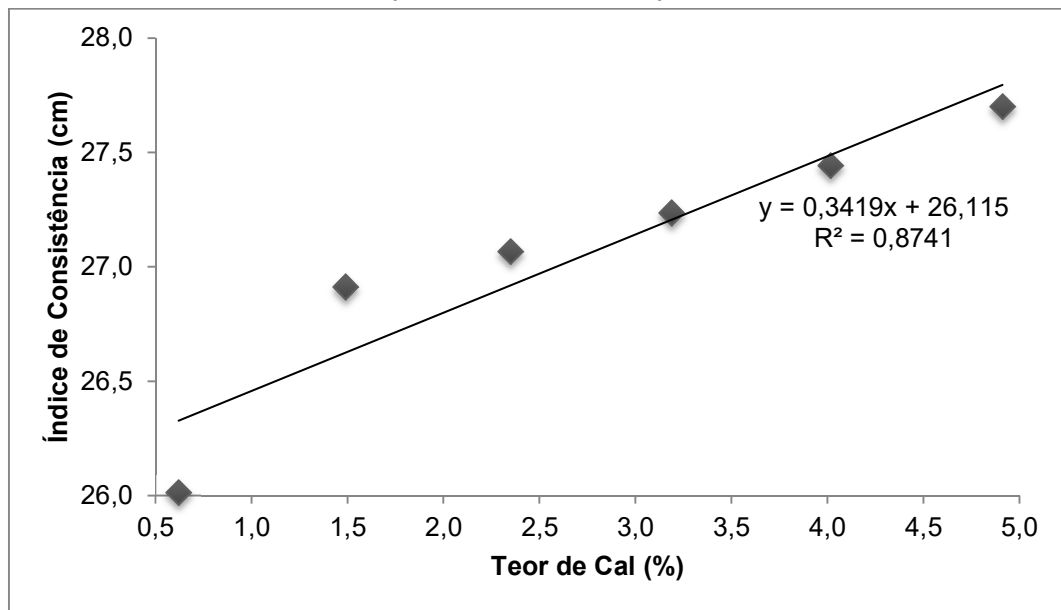
5.2.1 Índice de consistência

O gráfico 2 relaciona o teor de cal, que é a porcentagem de cal em relação ao total de materiais secos da argamassa, e o índice de consistência, obtido através da mesa de abatimento.



Fonte: O autor (2017)

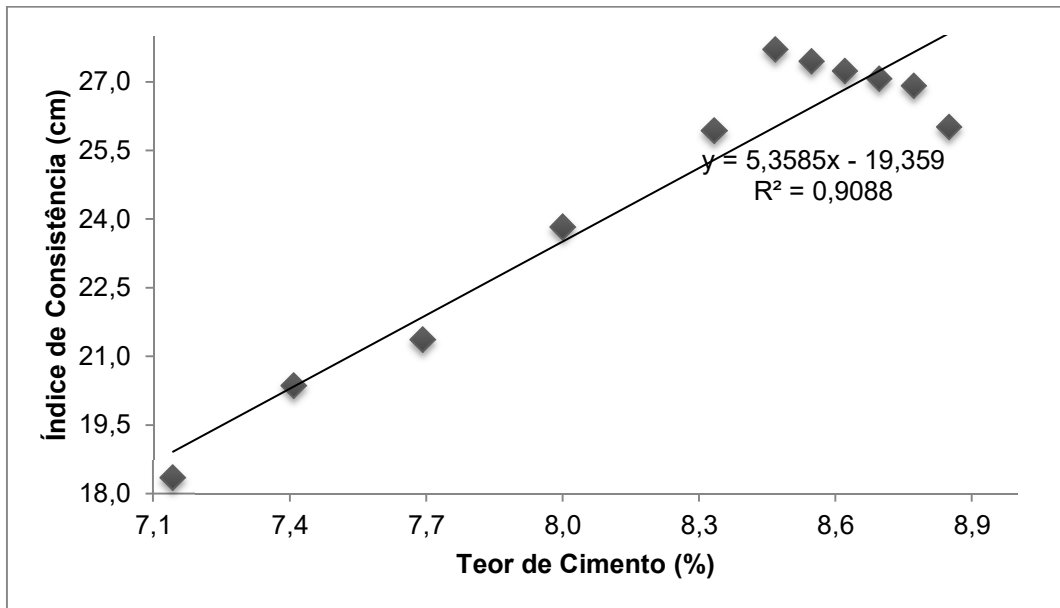
O gráfico 2 indica que não há uma relação direta entre a redução do teor de cal e a redução de cal, indo em desencontro ao esperado. Porém ao se analisar os pontos onde houve apenas alteração na quantidade de cal obteve-se o seguinte gráfico 3.

Gráfico 3 - Teor de Cal (Qtd. de Cal variando) x Índice de Consistência

Fonte: O autor (2017)

De acordo com o gráfico 3, é possível notar certa influência do teor de cal na consistência das argamassas, visto que ao se aumentar o teor de cal a consistência também se apresentou mais fluida. No entanto, devido ao não tão alto de valor de R^2 , que é uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, pode-se inferir que outra variável independente possa influenciar mais diretamente o índice de consistência do que o teor de cal. Apesar dessa constatação, uma provável explicação para o comportamento notado é que a cal pode estar lubrificando a mistura, devido à sua capacidade de retenção de água, assim diminuiria o atrito entre os grãos de areia, fluidificando as misturas.

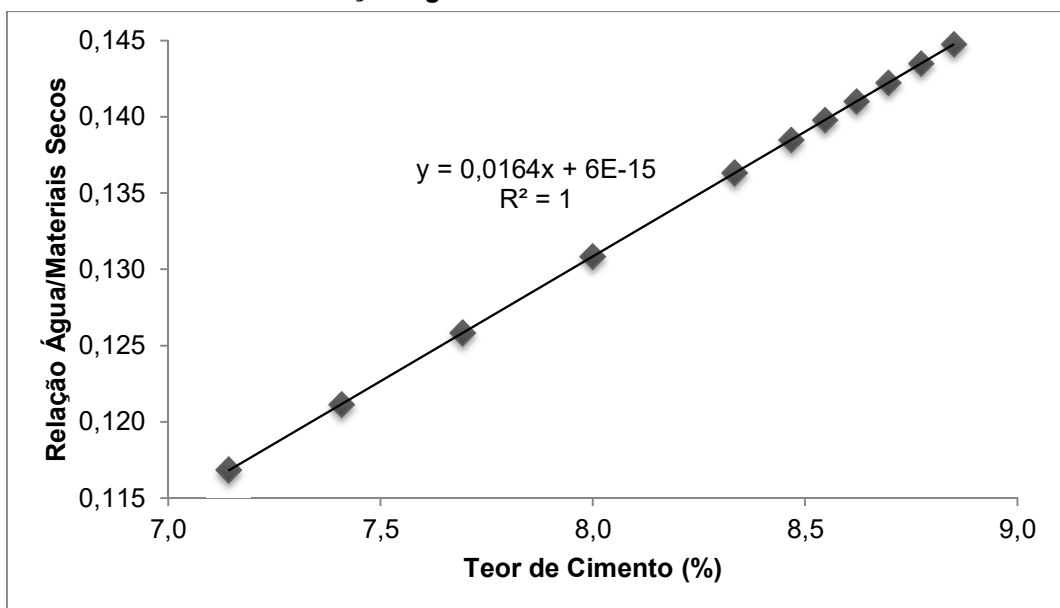
O gráfico 4 relaciona o teor de cimento, que foi calculado de maneira análoga ao teor de cal, e o índice de consistência.

Gráfico 4 - Teor de Cimento x Índice de Consistência

Fonte: O autor (2017)

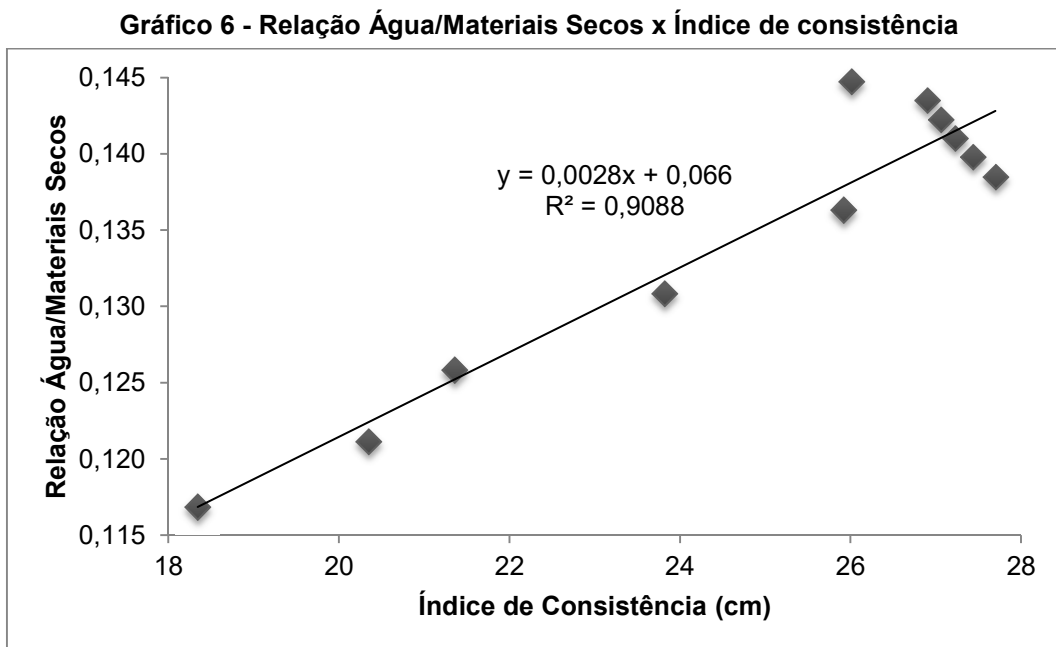
O gráfico 4 mostra que o teor de cimento também exerce alguma influência sob o índice de consistência, pois ao se reduzir a quantidade de cimento na dosagem da argamassa, os valores de consistência também foram reduzidos.

Apesar das propriedades do cimento não interferirem diretamente na consistência da argamassa, essa influência pode ser verificada através do gráfico 4 e do gráfico 5 abaixo, já que o teor de água foi tanto maior quanto mais elevado o teor de cimento.

Gráfico 5 - Relação Água/Materiais Secos x Teor de Cimento

Fonte: O autor (2017)

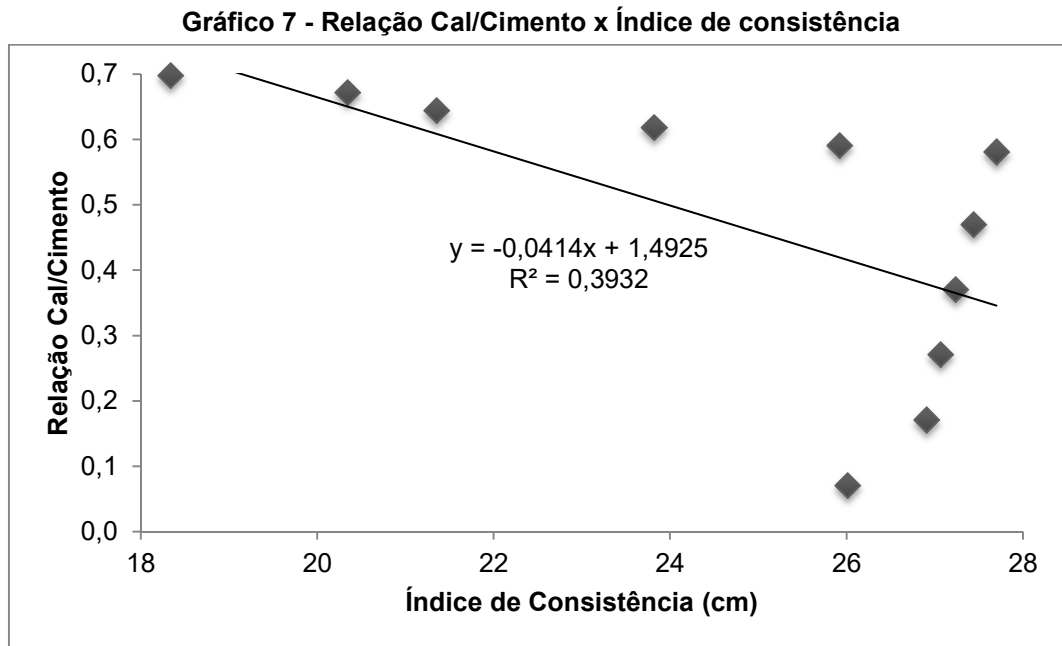
A influência do teor de água na consistência da argamassa pode ser comprovada gráfico 6, que relaciona a quantidade de água e de materiais secos da argamassa, que consiste no somatório dos aglomerantes e do agregado.



Fonte: O autor (2017)

Como citado anteriormente, o gráfico 6 mostra a influência direta da água na consistência das argamassas, pois ao se aumentar a relação água/materiais secos, houve certa tendência de aumento da fluidez das argamassas. Nota-se ainda que, a correlação não foi ainda mais clara, devido à concentração de pontos na região nordeste do gráfico, já que para uma pequena variação da relação água/materiais secos, resultou também numa pequena variação do índice de consistência, o que só confirma a boa correlação entre água/materiais secos e o índice de consistência.

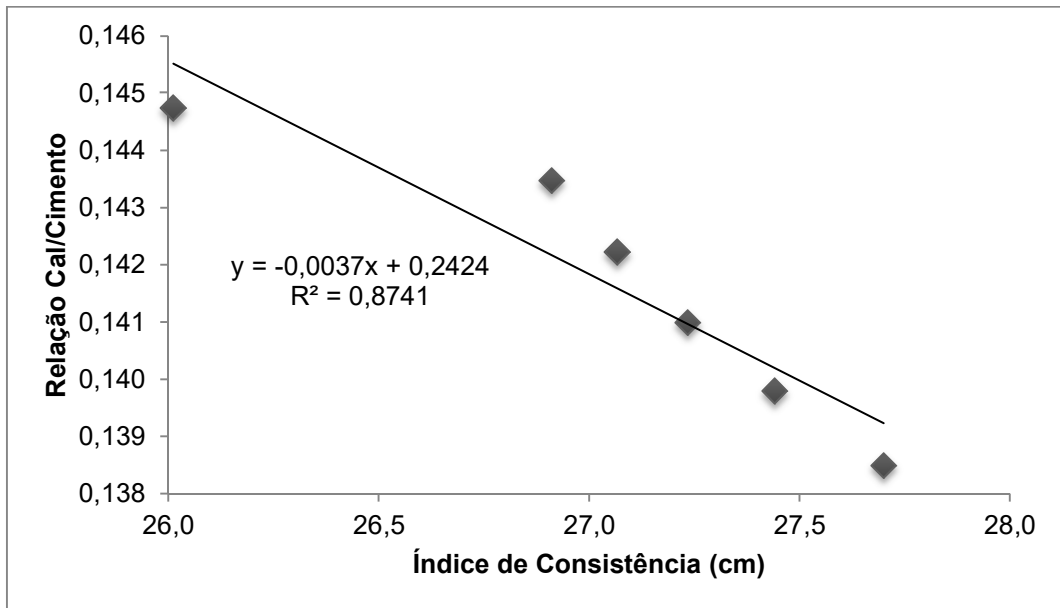
O gráfico 7 relaciona a proporção entre os aglomerantes cal e cimento na argamassa e a sua consistência.



Fonte: O autor (2017)

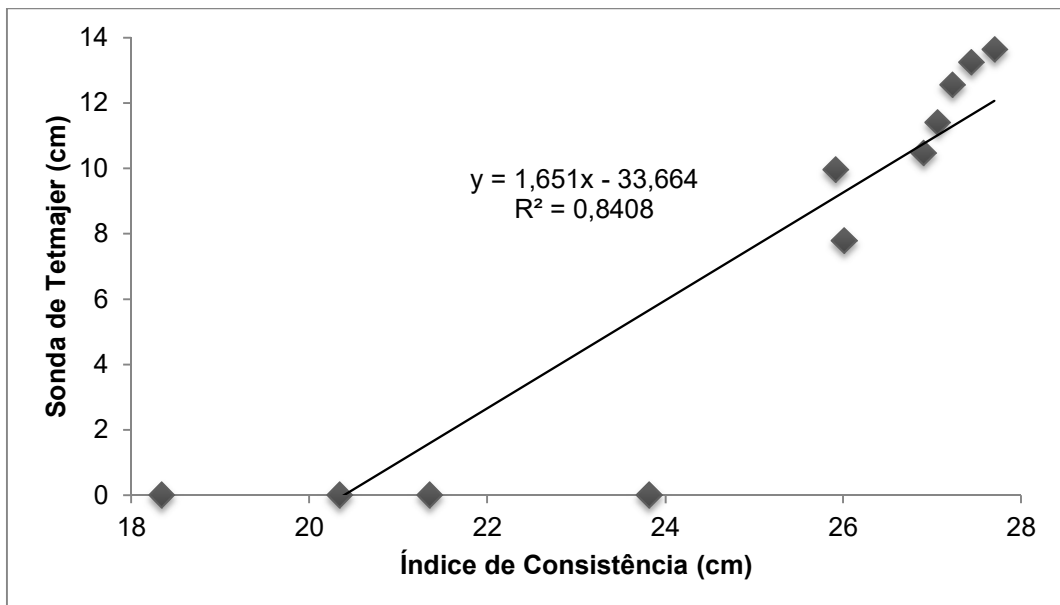
Apesar do teor de cal ter alguma correlação com consistência das argamassas, como já mostrado anteriormente, o gráfico acaba demonstrando que a relação cal/cimento acaba por não influenciar diretamente na consistência.

Essa ocorrência também pode ser explicada através da redução de água realizada entre os parâmetros 10,8 e 13 como já citados anteriormente, provocando uma redução da água retida na argamassa tornando assim a argamassa mais seca. Porém, ao se analisar os traços em que se manteve a mesma quantidade de água da argamassa, que consiste entre os parâmetros 10,3 e 10,81, é possível observar mais uma vez a influência da cal sob a consistência, como mostra o gráfico 8.

Gráfico 8 - Relação Cal/Cimento (Qtd. de Cal variando) x Índice de Consistência

Fonte: O autor (2017)

O gráfico 8 relaciona a consistência obtida através do ensaio da mesa de abatimento e a sua relação com o outro ensaio realizado para se verificar a consistência da argamassa, a sonda de Tetmajer.

Gráfico 9 - Índice de Consistência x Sonda de Tetmajer

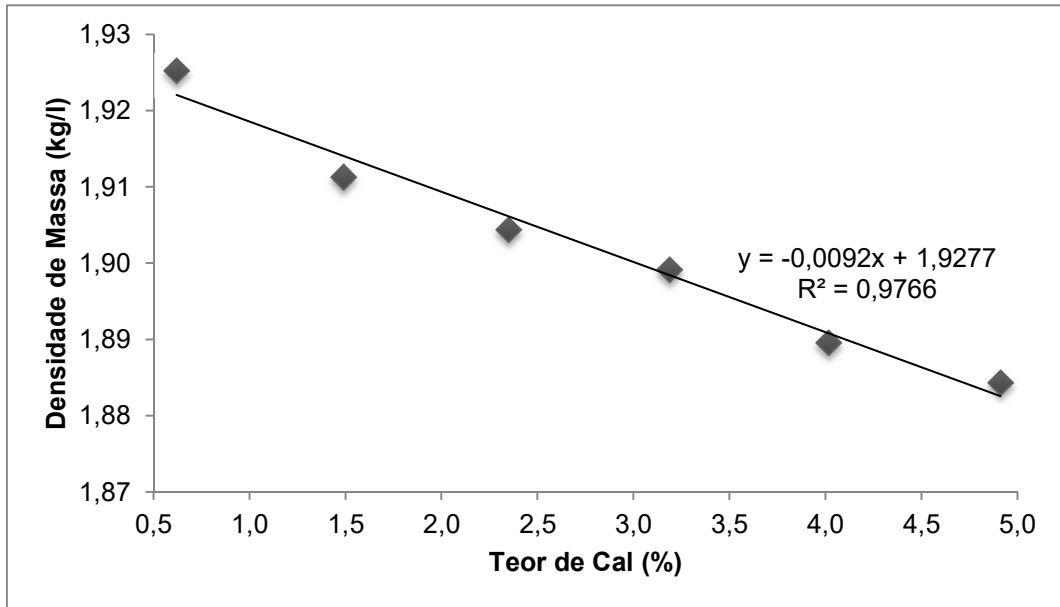
Fonte: O autor (2017)

É possível observar através do gráfico a relação entre as consistências medidas. O valor do R^2 encontrado poderia inclusive ser maior, porém é necessário verificar que a sonda indicou que quatro traços se encontravam num estado seco a ponto da sonda não conseguir penetrar a superfície da argamassa, reduzindo assim o valor de sua correlação com o encontrado com a mesa de abatimento.

5.2.2 Densidade de massa

O gráfico 10 apresenta a relação da propriedade densidade de massa e sua relação com o teor de cal da argamassa.

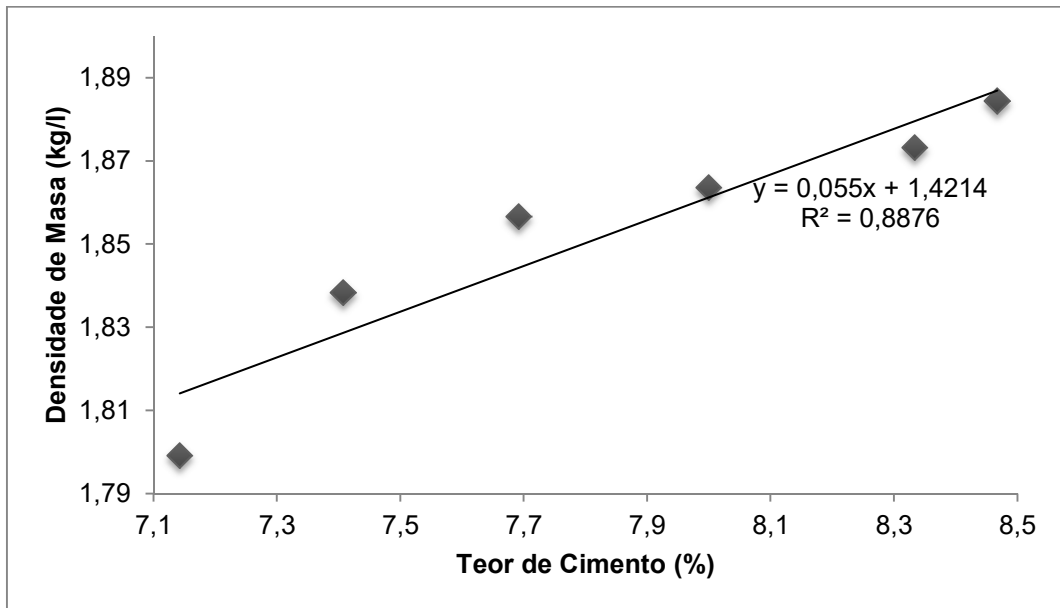
Gráfico 10 - Teor de Cal (Qtd. de Cal variando) x Densidade de Massa



Fonte: O autor (2017)

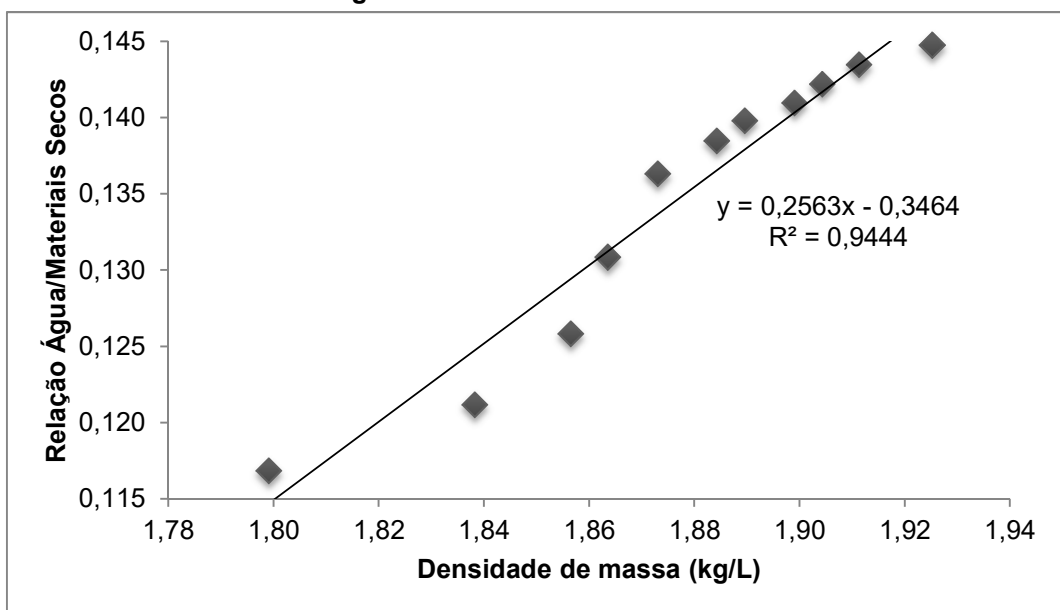
O gráfico 10 mostra que o teor de cal e a densidade de massa acabam por ser grandezas inversamente proporcionais, pois ao se aumentar o teor de cal a densidade de massa foi reduzida.

Esse comportamento pode ser justificado pelo fato de que o aumento do teor de cal acaba reduzindo o teor dos outros materiais constituintes da argamassa (cimento e areia), que possuem uma densidade de massa maior do que cal, tornando assim a argamassa mais leve. Diante desse fato, espera-se que o aumento de teor de cimento acabe gerando uma argamassa mais pesada, comprovado pelo gráfico 11 a seguir.

Gráfico 11 - Teor de Cimento (Qtd. de Cimento variando) x Densidade de Massa

Fonte: O autor (2017)

O gráfico 12 relaciona a densidade de massa e proporção entre água e materiais secos presentes na argamassa.

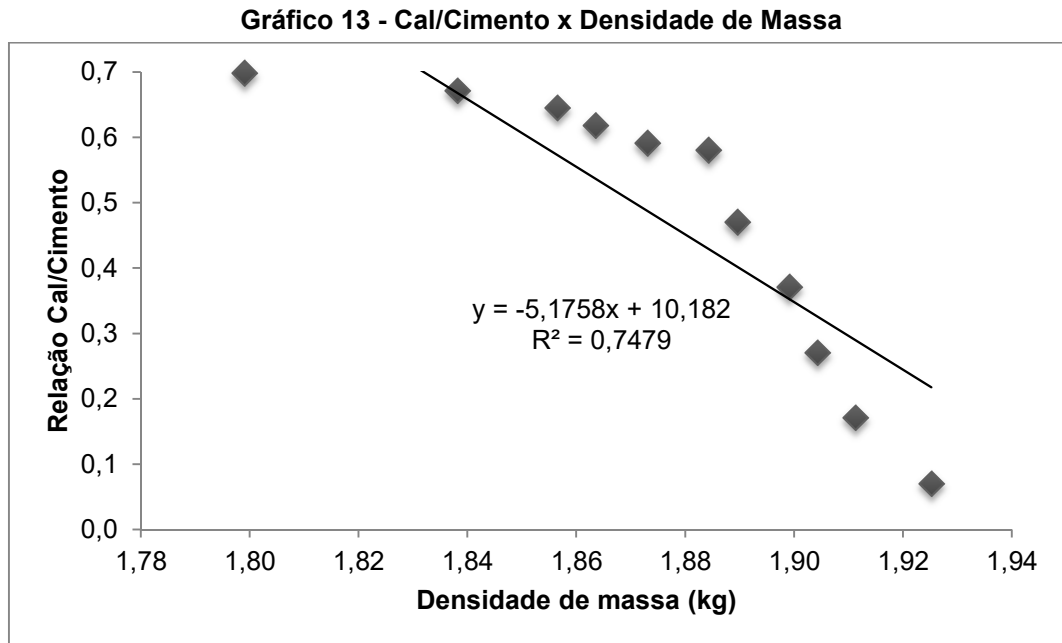
Gráfico 12 - Água/Materiais Secos x Densidade de Massa

Fonte: O autor (2017)

O gráfico 12 evidencia uma falsa relação entre o aumento da quantidade de água e a densidade de massa de uma argamassa, visto que o esperado seria a diminuição do valor da densidade, pois uma maior quantidade de água acaba resultando numa maior quantidade de vazios.

Esse fenômeno pode ser explicado tanto pelo maior teor de cimento presente nos traços com maior quantidade de água, como pela redução do teor de cal, pois

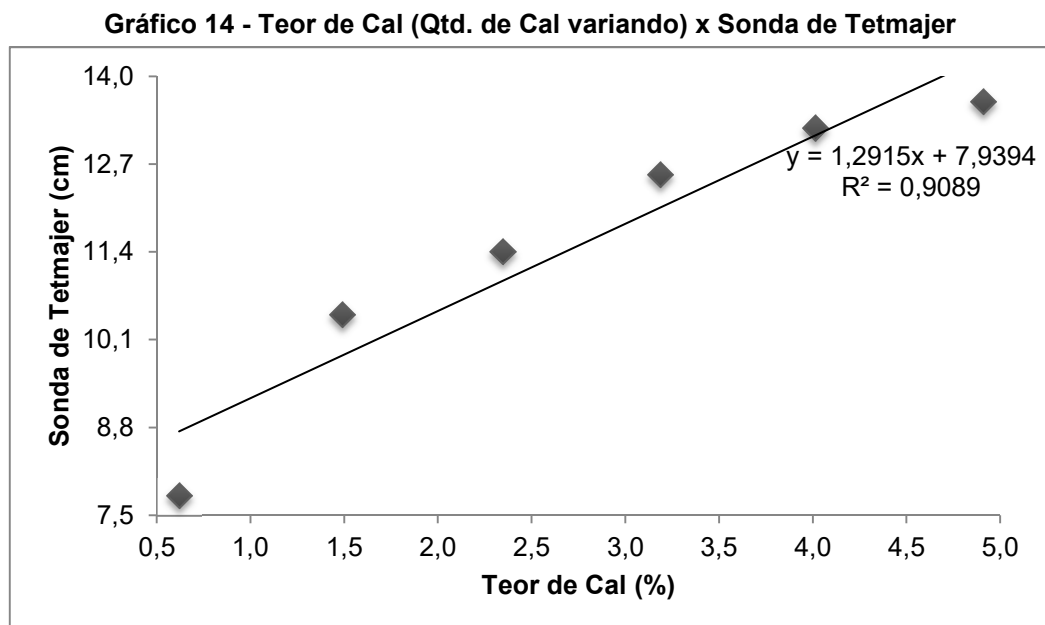
como visto previamente, o aumento do teor de cimento e a diminuição do teor de cal interferem diretamente no aumento da densidade de massa, fato esse comprovado através do gráfico 13 a seguir, que mostra a interdependência entre a relação cal/cimento e a densidade de massa.



Fonte: O autor (2017)

5.2.3 Sonda de Tetmajer

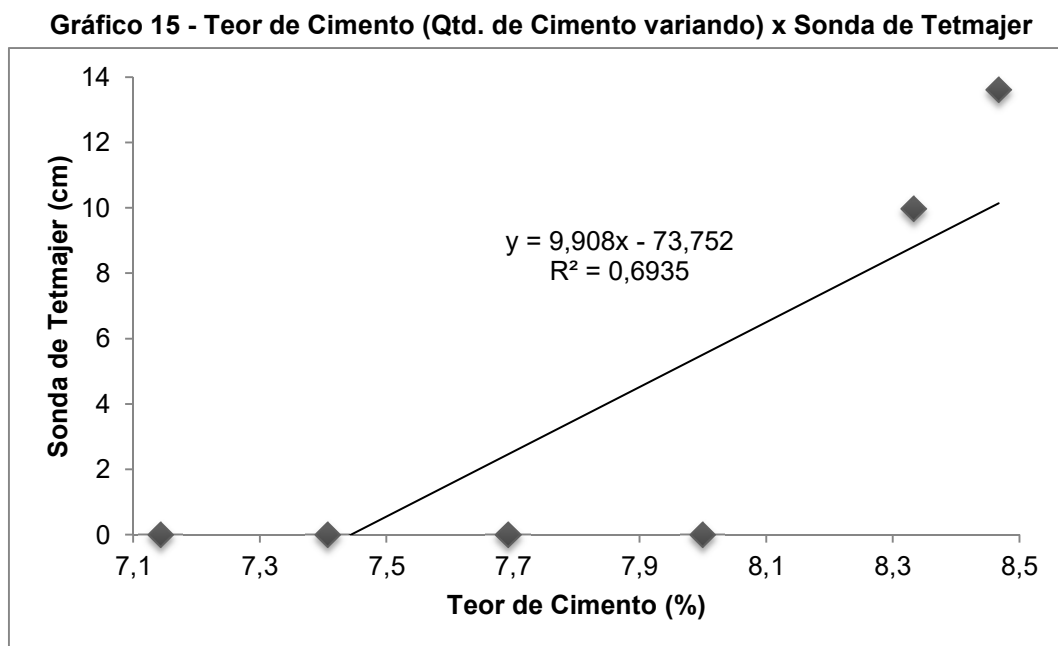
Com relação à sonda de Tetmajer, o gráfico 14 mostra a correspondência entre a penetração da sonda e o teor de cal existente na argamassa.



Fonte: O autor (2017)

Como provado anteriormente através da mesa de abatimento, o teor de cal influencia de certa maneira na consistência da argamassa devido à capacidade da cal de reter água, tornando a argamassa mais fluida devido à possível redução do atrito entre os grãos das argamassas.

O gráfico 15 correlaciona o teor de cimento presente na argamassa e a penetração da sonda de Tetmajer.

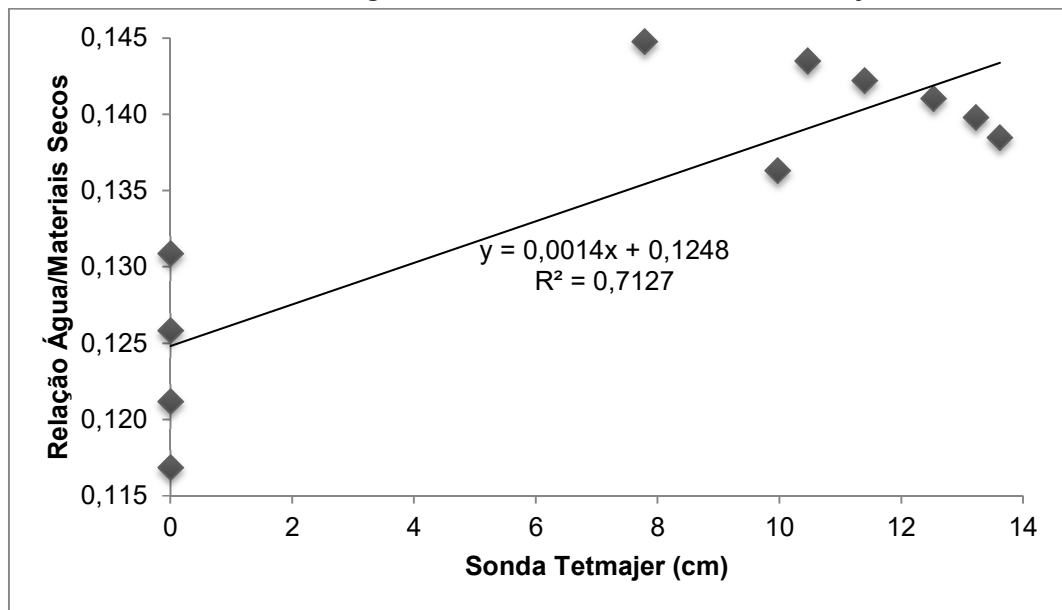


Fonte: O autor (2017)

A baixa relação apresentada pelo gráfico acima pode ser explicada através da redução de água para os traços com redução de cimento, tornando as argamassas secas a ponto da sonda não conseguir penetrar na superfície, apresentando assim um valor nulo como resultado do ensaio. Supõe-se que ao adicionar uma maior quantidade de água nessas argamassas elas poderiam apresentar um valor que mostrasse uma maior relação entre o teor de cimento e a sonda de Tetmajer.

O gráfico 16 mostra o nível de interdependência entre a relação água/materiais secos e a penetração da sonda de Tetmajer.

Gráfico 16 - Água/Materiais Secos x Sonda de Tetmajer

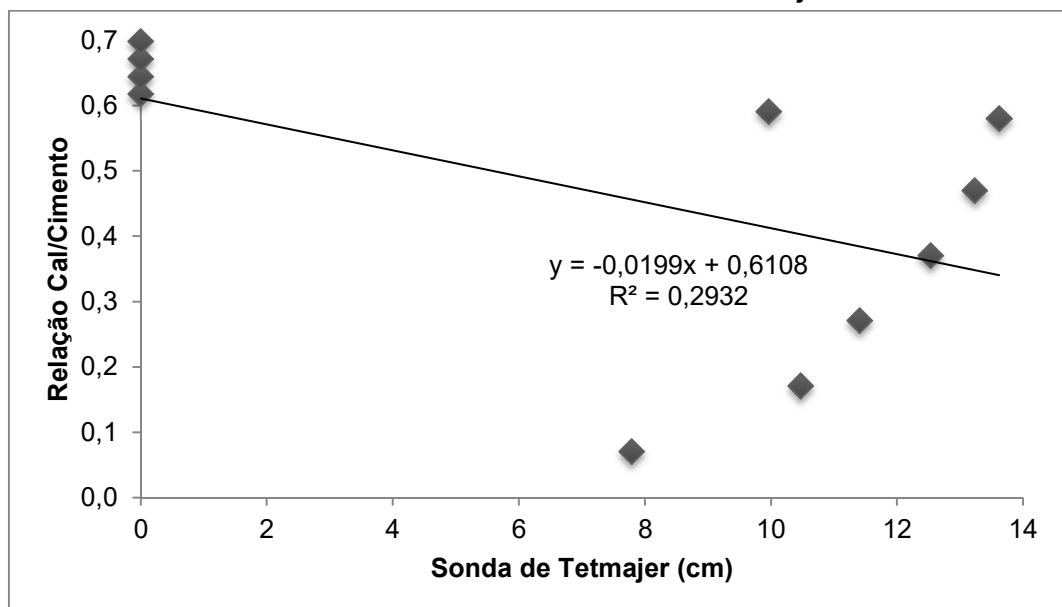


Fonte: O autor (2017)

Através do gráfico 16 é possível observar a existência de uma boa correlação no aumento da água e a penetração da sonda, sempre lembrando uma perda no valor de R^2 devido à sonda “zerar” quatro valores.

O gráfico 17 relacionado a sonda de Tetmajer mostra qual a sua dependência com a proporção entre os aglomerantes cal e cimento da argamassa.

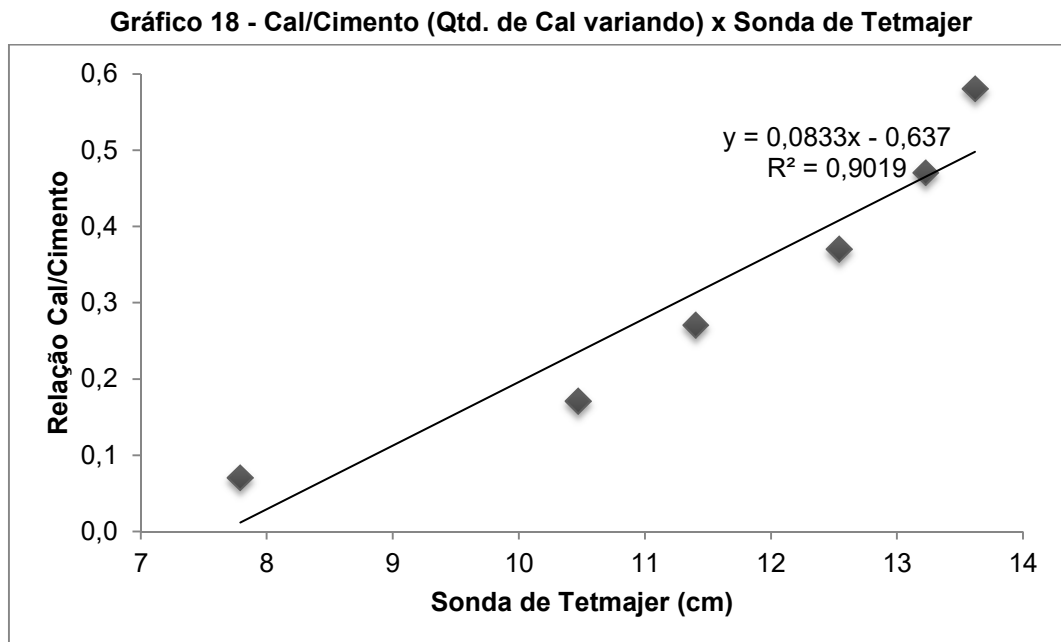
Gráfico 17 - Cal/Cimento x Sonda de Tetmajer



Fonte: O autor (2017)

O gráfico 17 mostra a falta de dependência entre a profundidade da sonda e o aumento ou diminuição de proporção entre os aglomerantes.

Porém da mesma maneira é possível observar que o principal fator que condicionou a essa falta de interdependência também foi a falta de água, pois ao analisar novamente os resultados ao excluir os pontos “zerados”, obteve-se o gráfico 18.

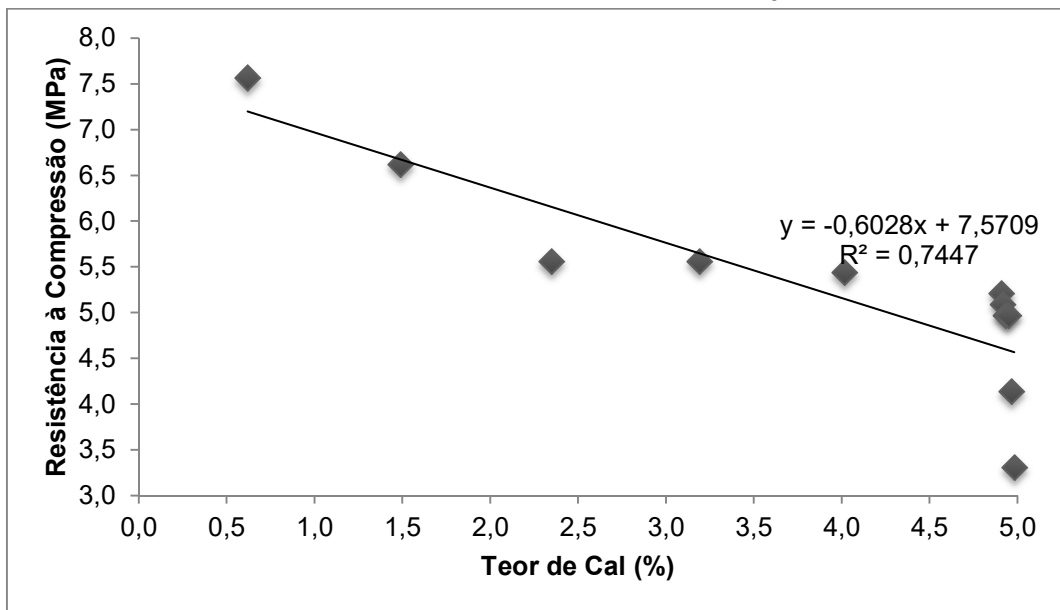


Fonte: O autor (2017)

O gráfico 18 mostra a correlação existente entre a sonda de tetmajer e a relação cal/cimento, na média que o aumento do teor de cal resultou numa maior penetração da sonda.

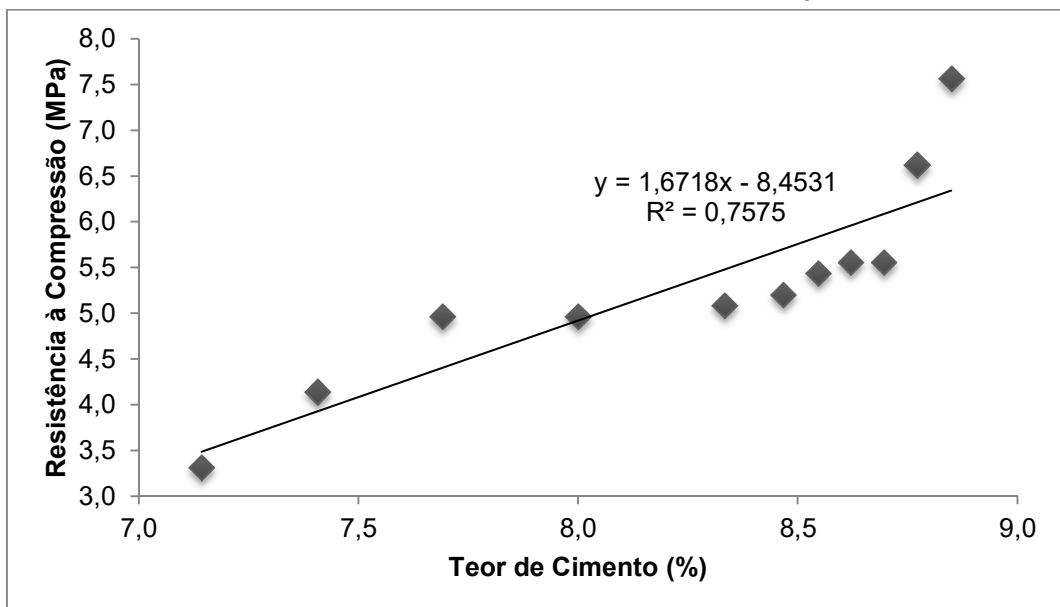
5.2.4 Resistência à compressão

O gráfico 19 relaciona o teor de cal da argamassa e o valor máximo de sua resistência à compressão.

Gráfico 19 - Teor de Cal x Resistência à Compressão

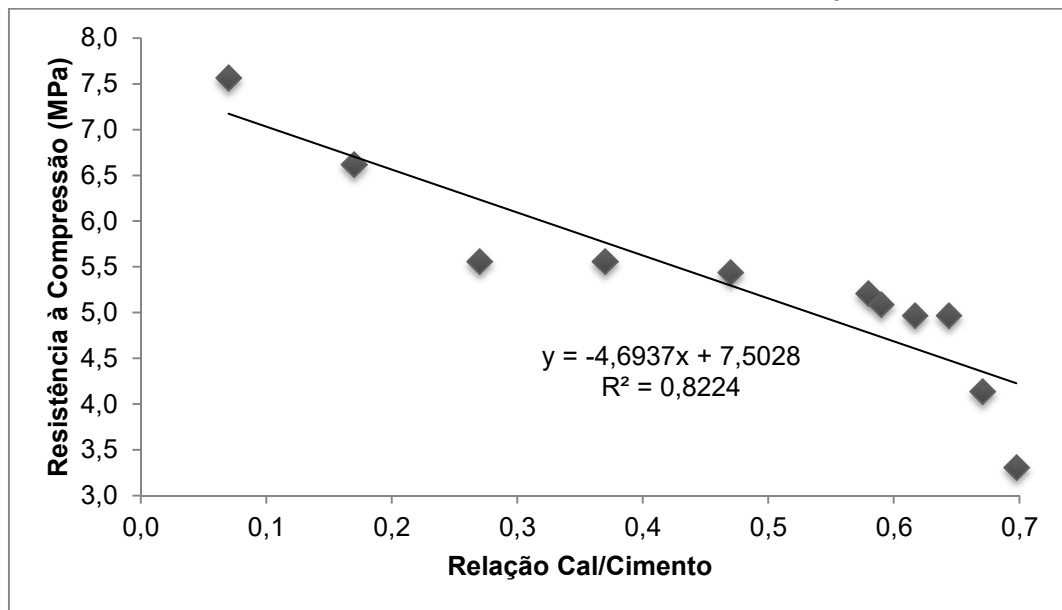
Fonte: O autor (2017)

O aumento do teor de cal acaba reduzindo a resistência à compressão da argamassa, podendo ser explicado de maneira análoga à densidade de massa, onde esse aumento acaba por reduzir o teor de cimento na argamassa, como mostra o gráfico 20.

Gráfico 20 - Teor de Cimento x Resistência à Compressão

Fonte: O autor (2017)

O gráfico 21 apresenta a correlação da proporção entre os aglomerantes cal e cimento e a resistência à compressão.

Gráfico 21 - Relação Cal/Cimento x Resistência à Compressão

Fonte: O autor (2017)

Conforme mostrado anteriormente e confirmado através do gráfico 21, o aumento de cal na argamassa acaba por reduzir a sua resistência à compressão.

É importante ressaltar que todas as argamassas ultrapassaram a resistência à compressão esperada, que era de 1,5 MPa.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho propôs, através do estudo em laboratório, investigar a interferência dos traços de argamassas de cal, cimento e areia em suas propriedades no estado fresco e endurecido. Para chegar a esta finalidade, esta pesquisa partiu de uma pesquisa bibliográfica, seguida da realização de ensaios laboratoriais e da análise dos resultados obtidos nos ensaios experimentais.

Ficou claro, ao investigar o índice de consistência no estado fresco dos traços produzidos, que à medida que foi aumentado o índice de consistência, também houve uma mudança relativamente proporcional no teor de cal e na relação água/materiais secos, sendo assim, os materiais mais importantes quanto ao quesito de consistência da argamassa.

As conclusões relacionadas à sonda de Tetmajer ocorreram de maneira análoga ao índice de consistência visto que, observou-se uma maior penetração da sonda à medida que houve um crescimento do índice de consistência, indicando novamente o teor de cal e a quantidade de água na argamassa como essenciais para consistência.

Quanto à densidade de massa, foi perceptível que seu valor é regido pela maior proporcionalidade dos constituintes de maior massa unitária no traço da argamassa, principalmente do cimento, pois mesmo quando a relação água/materiais secos foi maior, o que resultaria numa argamassa com maior índice de vazios, portanto menos densa, o resultado foi a mais densa argamassa, devido ao maior teor de cimento.

Na resistência à compressão também foi notado a influência positiva do teor de cimento no aumento da resistência e a influência negativa do aumento do teor de cal, comprovando-se o fato que o cimento é o material que oferece o maior ganho de resistência para argamassa. Quanto à relação água/cimento, não foi possível fazer nenhuma observação, visto que a mesma se manteve constante em todos os traços produzidos em laboratório. É importante ressaltar que todas ultrapassaram a resistência máxima desejada, 1,5 MPa, tornando-se inviáveis sua utilização quanto à resistência.

De acordo com a avaliação do autor, apenas três das argamassas chegaram ao estado necessário de plasticidade, as de parâmetro 10,81, 10,7 e 11. As outras

apesar de conseguirem manter seu estado de deformação, não apresentaram uma avaliação satisfatório quanto à presença de ranhuras.

Diante das conclusões que foram elencadas, foi possível observar a influência do traço da argamassa em suas propriedades.

Tais fatos acima expostos indicam que o traço mais utilizado em obra é “teoricamente” o mais indicado para uma argamassa de assentamento sendo produzido de maneira mista, ou seja, aglomerantes em massa e areia em volume. Ao se transformar o traço usual de volume para massa, notou-se que a massa de cal deveria ser em torno de 58% da massa de cimento, o que não ocorre na prática, já que para adicionar 1 saco de cimento para 2 sacos de cal, utiliza-se, na realidade, 22% a mais de cal que o necessário, ou seja, 80% de cal. Portanto, os traços mais satisfatórios foram encontrados com um valor de E próximo ao traço em volume 1:2:9, no entanto, pode-se inferir que o traço é interpretado e executado erroneamente.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7175**: Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.
- _____. **NBR 9935**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.
- _____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.
- _____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.
- _____. **NBR 16606**: Cimento Portland — Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2017.
- Associação Brasileira de Cimento Portland. **BT 106**: guia básico de utilização do cimento Portland. São Paulo: ABCP, 2002.
- ARAÚJO, G. A. B. C. **Contribuição ao estudo das propriedades de argamassas com saibro da região e Maceió (AL) para resvestimentos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.
- BAÜER, L.A. Falcão. **Materiais de Construção**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- BAÜER, E.; SOUSA, J. G. G. In: BAUER, E. **Revestimentos de Argamassas: Características e Peculiaridades**, 2005.
- CARASEK, H. **Argamassas**. In: ISAIA, Geraldo C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1ª ed. São Paulo: IBRACON, 2007.
- FILOMENO, O. L. **Caracterização das argamassas de assentamento empregadas na região de Florianópolis e estudo comparativos entre argamassas de assentamento de cimento e cal e cimento e saibro**. Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.
- GOMES, A. O.; NEVES, C. M. M. **Proposta de método de dosage racional de argamassas contendo argilominerais**. Revista Ambiente Construído. Volume 2, Pag. 13-30, Abr. 2002.
- MARTINELLI, F. A.; HELENE P.R.L. **Usos funções e propriedades das argamassas mistas destinadas ao assentamento e revestimento de alvenaria**. Boletim Técnico n. BT/PCC/47. São Paulo: Escola Politécnica do Estado de São Paulo, 1991.

NAKAKURA, E. H.; CINCOTTO, M. A. **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento**. 2004, 20 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SABBATINI, F. H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria Resistente**. Boletim Técnico n.02/86. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

SANTOS, W. J. **Desenvolvimento de metodologia de dosagem de argamassas de revestimento e assentamento**. Dissertação de Doutorado – Universidade Federal de Viçosa, 2014.

SELMO, S. M. S.; HELENE, P. R. L. **Dosagem de argamassa de cimento Portland e cal para revestimento Externo de fachadas dos edifícios**. 10 p. Boletim Técnico – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991.

SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada derocha calcária**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná, 2006.

YAZIGI, W. **A Técnica de Edificar**. 7ª ed. São Paulo, PINI, 2014.