

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
ENGENHARIA CIVIL

OTÁVIO FREITAS NEMITZ

**INFLUÊNCIA DA CAL NAS PROPRIEDADES DO ESTADO FRESCO DE  
ARGAMASSAS ESTABILIZADAS DE REVESTIMENTO**

Alegrete – Rio Grande do Sul

2025

OTÁVIO FREITAS NEMITZ

**INFLUÊNCIA DA CAL NAS PROPRIEDADES DO ESTADO FRESCO DE  
ARGAMASSAS ESTABILIZADAS DE REVESTIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Aldo Leonel Temp

Alegrete – Rio Grande do Sul

2025

**OTAVIO FREITAS NEMITZ**

**INFLUÊNCIA DA CAL NAS PROPRIEDADES DO ESTADO FRESCO DE ARGAMASSAS  
ESTABILIZADAS DE REVESTIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Civil da Universidade Federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 04 de julho de 2025.

Banca examinadora:

Prof. Me. ALDO LEONEL TEMP - UNIPAMPA - Orientador

Profa. Dra. SIMONE DORNELLES VENQUIARUTO - UNIPAMPA

Me. Eng. LEONARDO MARQUEZAN DE OLIVEIRA - Avaliador Externo



Assinado eletronicamente por **SIMONE DORNELLES VENQUIARUTO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/07/2025, às 11:25, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ALDO LEONEL TEMP, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/07/2025, às 21:02, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Leonardo Marquezan de Oliveira, Usuário Externo**, em 09/07/2025, às 19:22, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site  
[https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1777936** e o código CRC **620D5AF9**.

---

## AGRADECIMENTOS

Apesar de não me identificar com nenhuma religião e apesar de raramente entrar em igrejas, templos e semelhantes, minha fé é inabalável. Como me foi ensinado, Deus está em nossos corações, em nossos pensamentos, não em figuras. Agradeço à Deus por me permitir realizar este sonho. Agradeço por estar sempre comigo, em cada oração sonolenta, em cada momento de aflição e claro, em cada momento de gratidão.

Agradeço aos meus pais, Marcius e Ana Ester, que me permitiram sonhar e correr atrás dos meus objetivos. Graças a vocês, que nunca pouparam esforços nenhum, esta etapa vai sendo concluída com sucesso (embora os percalços pelo caminho). Vocês nunca me encheram de luxo, mas me encheram a cabeça com a ideia de que eu poderia alcançar qualquer coisa, através da humildade, empenho e honestidade. E a verdade é que esse foi o melhor presente que poderia receber de vocês. Obrigado! Eu amo vocês!

Aos meus irmãos, Arno Paulo (o neto) e Mariana, pela parceria, pelos deboches (“tu nunca vai se formar não?”), pela cumplicidade de ambos e por torcerem por mim, embora raramente tenham demonstrado, mas claro, isso seria contra a regra universal de irmãos. Quero que saibam que me orgulho muito de vocês e do caminho que estão trilhando. Amo vocês!

À família Freitas Nemitz, que de alguma forma, sempre me mantiveram motivado. Seria impossível citar todos, pois a família é grande, mas cada um sabe da contribuição que tiveram nessa caminhada.

À Cristian, Jamile e Dalva, carinhosamente, Tita (*in memoriam*). Palavras nenhuma serão possíveis expressar a minha enorme gratidão por terem cedido muito mais do que uma casa, mas um lar, onde passei todos esses anos (foram mais do que o previsto, desculpem por isso). Obrigado por serem minha segunda família durante essa jornada. Jamais esquecerei o que vocês fizeram por mim e por meus pais.

A Engenharia me apresentou alguns colegas que levarei pro resto da vida, Eduardo Cabral, Ian da Mota, Luís Felipe Pires e Roarque Schluter. Vocês deixaram o processo mais leve, compartilhando momentos bons, com as risadas, com as piadinhas fora de hora, com os deboches (que por algum motivo estranho, serviam como motivação) e claro, pelos momentos ruins, como reprovações (parceiros até

nisso), noites acordados terminando aquele projeto que começamos dois dias antes do prazo final e pelos desentendimentos. Tudo isso contribuiu para que uma amizade surgisse e se mantivesse firme. Por tempos, mantive firme a ideia de que meus únicos amigos são meu pai e meu irmãos. Hoje, tenho a grande honra de chamar vocês de irmãos!

À minha companheira de vida, Bruna Tamiosso, que compartilhou grande parte dessa caminhada comigo, me apoiando, ouvindo meus desabafos de cansaço, minhas reclamações de trabalhos acumulados, minhas crises de ansiedade. Me ensinou o que é o amor, na sua mais verdadeira forma e muito mais do que eu mereço. Tudo o que eu escrever, não chegará perto da minha imensa gratidão e admiração à ti. Costumo dizer que minha casa é onde eu durmo todas as noites, mas o meu lar tem os olhos e o sorriso mais lindo que eu já vi! Te amo!

Aos professores da universidade, todos contribuíram para minha formação e meu futuro. Em especial aos professores do Grupo de Pesquisa em Tecnologia da Construção, por compartilharem o imenso conhecimento de cada um, pela companhia diária, pelos ensinamentos, pelas confraternizações. À professora Simone, carinhosamente chamada de Mamãe Simone pelos alunos, por todo o cuidado que tem com cada um dos seus, por cada conversa motivacional e por cada gesto de carinho. Ao professor Aldo, pela orientação, pela amizade, pela compreensão, por compartilhar o imenso conhecimento e por me ajudar nos momentos em que eu estava perdido.

Ao meu avô, Engenheiro Civil Arno Paulo Nemitz (*in memoriam*), que me mostrou o que é a engenharia, me fez apaixonar por ela, e agora sigo teus passos na profissão. Nenhuma fala é possível mensurar a admiração que tenho por ti, em vida, e o orgulho, em morte. Meu maior sonho era receber o diploma por tuas mãos, e hoje, infelizmente, isso não será possível fisicamente, mas tenho a certeza que tu irá me acompanhar em cada passo que eu der. Sei que daí de cima, está me guiando, com os olhos marejados de orgulho (assim como eu nesse momento). Se eu for 10% do que o senhor foi, sei que serei um grande engenheiro, pai e avô. Te amo pra sempre e sentimos muito a tua falta.

Por fim, aos demais colegas que compartilharam a caminhada. Compartilhamos risadas, aflições, conversas tristes e alegres, cervejas e churrascos. Cada momento foi melhor com vocês. O futuro nos aguarda com grandes realizações!

“São nossas escolhas, [...], que revelam o que realmente somos, muito mais do que nossas habilidades”.

-Alvo Dumbledore

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da cal na estabilização de argamassas de revestimento, utilizando o método de calorimetria semi-adiabática.

A adição de cal às argamassas é uma prática comum na construção civil, sendo utilizada para melhorar propriedades como trabalhabilidade, retenção de água e desempenho a longo prazo. No entanto, sua atuação no processo de hidratação do cimento ainda demanda maior compreensão, especialmente quando se busca prolongar o tempo de uso do material sem comprometer suas características mecânicas.

Através da calorimetria semi-adiabática, foi possível monitorar a variação de temperatura ao longo do tempo e inferir sobre a variação de calor durante a hidratação das misturas, permitindo a análise da cinética de reação em diferentes composições com e sem a presença de cal. Os ensaios laboratoriais permitiram identificar alterações significativas nas curvas de hidratação, evidenciando os efeitos da cal sobre a atividade inicial do cimento e sobre a estabilidade da argamassa ao longo do tempo, resultando em uma diminuição do tempo de pega e acelerando a hidratação de argamassas estabilizadas.

Em relação às demais propriedades, também foi evidenciada a influência da cal nos produtos, pois através de ensaios em estado fresco, foi constatado uma diminuição na trabalhabilidade proporcional à dosagem de cal da mistura.

Os resultados contribuem para o desenvolvimento de argamassas de revestimento mais estáveis e com melhor desempenho no canteiro de obras, otimizando o controle tecnológico e a durabilidade das aplicações.

**Palavras-chave:** cal hidratada, argamassa estabilizada, estabilização, hidratação do cimento, calorimetria semi-adiabática.

## ABSTRACT

This study aims to evaluate the influence of lime on the stabilization of rendering mortars using the semi-adiabatic calorimetry method.

The addition of lime to mortars is a common practice in civil construction, and is used to improve properties such as workability, water retention and long-term performance. However, its role in the cement hydration process still requires greater understanding, especially when seeking to extend the material's service life without compromising its mechanical characteristics.

Using semi-adiabatic calorimetry, it was possible to monitor the release of heat during the hydration of the mixtures, allowing the analysis of the reaction kinetics in different compositions with and without the presence of lime. The laboratory tests allowed the identification of significant changes in the hydration curves, evidencing the effects of lime on the initial activity of the cement and on the stability of the mortar over time.

The results contribute to the development of more stable coating mortars with better performance on the construction site, optimizing technological control and durability of applications.

**Keywords:** hydrated lime, stabilized mortar, stabilization, cement hydration, semi-adiabatic calorimetry.

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Principais cimentos estudados para produção de argamassas estabilizada..... | 7  |
| Tabela 2 – Caracterização do agregado miúdo.....                                       | 15 |
| Tabela 3 – Características dos aditivos.....   | 17 |
| Tabela 4 – Classificação da densidade de massa no estado fresco.....                   | 42 |
| Tabela 5 – Comparação da calorimetria.....   | 46 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Aditivo Incorporador de Ar em mistura cimentícia.....                                      | 11 |
| Figura 2 – Equipamento utilizado no ensaio de calorimetria semi-adiabática.....                       | 12 |
| Figura 3 – Organograma de pesquisa.....   | 14 |
| Figura 4 – Agregado miúdo natural.....  | 15 |
| Figura 5 – Curva granulométrica do agregado miúdo natural.....  | 16 |
| Figura 6 – Retenção de agregados com granulometria indesejada.....                                    | 19 |
| Figura 7 – Etapas de execução do ensaio de índice de consistência.....                                | 20 |
| Figura 8 – Etapas de execução do ensaio de densidade de massa e teor de ar incorporado.....           | 22 |
| Figura 9 – Determinação dos tempos de início e de fim de pega de acordo com o método da tangente..... | 23 |
| Figura 10 – Exterior do calorímetro.....  | 23 |
| Figura 11 – Interior do calorímetro.....  | 24 |
| Figura 12 – Aparato de aferição da temperatura.....   | 24 |
| Figura 13 – Homogeneização dos materiais secos.....   | 25 |
| Figura 14 – Adição do AIA.....  | 26 |
| Figura 15 – Adição do ACH.....  | 26 |
| Figura 16 – Molde centralizado na mesa compactadora.....  | 28 |
| Figura 17 – Adensamento de uma das camadas.....   | 28 |
| Figura 18 – Aferição do diâmetro de espalhamento.....   | 29 |
| Figura 19 – Adensamento de camada com espátula.....   | 30 |
| Figura 20 – Recipiente segurado à altura aproximada.....  | 31 |
| Figura 21 – Aferição da massa do conjunto.....  | 31 |
| Figura 22 – Recipiente pronto para receber as amostras.....   | 33 |
| Figura 23 – Amostra de argamassa pronta para o ensaio.....  | 34 |
| Figura 24 – Amostras posicionadas dentro do calorímetro.....  | 34 |
| Figura 25 – Inserção do termopar nas amostras.....  | 35 |
| Figura 26 – Resultados de <i>flow table</i> CP II.....  | 36 |
| Figura 27 – Resultados de <i>flow table</i> CP IV.....  | 37 |
| Figura 28 – Resultados de <i>flow table</i> CP V.....   | 37 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 29 – Resultados de densidade de massa e teor de ar incorporado CP II..... | 39 |
| Figura 30 – Resultados de densidade de massa e teor de ar incorporado CP IV..... | 40 |
| Figura 31 – Resultados de densidade de massa e teor de ar incorporado CP V.....  | 41 |
| Figura 32 – Resultados da calorimetria de CP II.....                             | 43 |
| Figura 33 – Resultados da calorimetria de CP IV.....                             | 44 |
| Figura 34 – Comparação da calorimetria.....                                      | 45 |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 1  |
| 1.1. Objetivos .....   | 2  |
| 1.1.1. Objetivo Geral.....   | 2  |
| 1.1.2. Objetivos Específicos .....                                     | 2  |
| 1.1.3. Justificativa .....   | 3  |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....  | 4  |
| 2.1. Argamassa Estabilizada.....                                       | 4  |
| 2.1.1. Importância da argamassa estabilizada na construção civil ..... | 5  |
| 2.1.2. Componentes da argamassa estabilizada .....                     | 6  |
| 2.1.3. Calorimetria semi-adiabática .....                              | 11 |
| 2.1.4. Utilização da cal em argamassas estabilizadas .....             | 13 |
| 3. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS .....                            | 14 |
| 3.1. Materiais.....  | 14 |
| 3.1.1. Agregado miúdo .....  | 14 |
| 3.1.2. Ligantes .....  | 16 |
| 3.1.3. Aditivos .....  | 16 |
| 3.1.4. Água .....  | 17 |
| 3.1.5. Dosagem das argamassa.....                                      | 18 |
| 3.2. Procedimento de Mistura .....                                     | 19 |
| 3.3. Métodos .....   | 20 |
| 3.3.1. Índice de consistência .....                                    | 20 |
| 3.3.2. Teor de ar incorporado.....                                     | 21 |
| 3.3.3. Densidade de massa no estado fresco.....                        | 21 |
| 3.3.4. Calorimetria semi-adiabática .....                              | 22 |
| 3.4. Procedimento de mistura .....                                     | 25 |

|  |    |
|--|----|
| 3.5. Procedimento dos ensaios .....                      | 27 |
| 3.5.1. Índice de consistência .....                      | 27 |
| 3.5.2. Densidade de massa e teor de ar incorporado ..... | 30 |
| 3.5.3. Calorimetria semi-adiabática .....                | 32 |
| 4. RESULTADOS .....                                      | 36 |
| 4.1. Índice de Consistência .....                        | 36 |
| 4.2. Densidade de massa e Teor de ar incorporado .....   | 38 |
| 4.2.1. Amostras produzidas com CP II F-40 .....          | 38 |
| 4.2.2. Amostras produzidas com CP IV .....               | 39 |
| 4.2.3. Amostras produzidas com CP V .....                | 40 |
| 4.3. Calorimetria semi-adiabática .....                  | 42 |
| 4.3.1. Amostras de CP II F-40 .....                      | 43 |
| 4.3.2. Amostras de CP IV .....                           | 44 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                            | 47 |
| 6. REFERÊNCIAS .....                                     | 49 |

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por produtividade na construção civil tem impulsionado a pesquisa em tecnologias que podem agregar benefícios construtivos, como por exemplo, argamassas estabilizadas, e também a reavaliação de materiais tradicionais. Nesse contexto, a utilização da cal em argamassas tem ganhado destaque, devido às suas propriedades aglomerantes, hidráulicas e de melhoria das características mecânicas e durabilidade dos materiais.

De Matos, Schankoski e Jr. (2014) apontam que na década de 70, surgiram as argamassas estabilizadas. Essas misturas cimentícias chegam com a dosagem feita em central, pronta para o uso e já misturada com água, sendo capaz de manter suas características adequadas por até 72 horas, apesar de haver variação ao longo do tempo. Para que isso seja possível, a argamassa não pode ser exposta ao vento, insolação ou quaisquer previsões que podem causar a perda de umidade da mistura, sendo então necessária a armazenagem adequada em locais livres dessas condições.

Nesse contexto, a utilização da cal em argamassas estabilizadas tem ganhado destaque com o intuito de melhorar a coesão entre as partículas da argamassa, e também por aspectos regionais e culturais.

Alguns estudos como por exemplo o de Trevisol Jr e Koman (2019), Mattos *et al.* (2018) e Silva (2021), investigaram a influência da cal na estabilização de argamassas, buscando compreender os mecanismos de interação entre a cal e os demais componentes da mistura, bem como otimizar as dosagens e as condições de cura para obtenção de materiais com propriedades adequadas.

Quando inseridas na composição de argamassas tradicionais, a cal hidratada confere vantagens econômicas e ambientais, como a minimização de perda de material e insumos, assim como um menor volume de rejeitos da construção, além da melhoria do desempenho das misturas. Dentre as características, salientam-se a trabalhabilidade, a resistência à percolação e capacidade de retenção de água e a resistência à compressão (Paiva; Gomes; Oliveira, 2007).

Matos (2013) aponta que a utilização de argamassas estabilizadas traz algumas vantagens, e cita o aumento do rendimento, pois evita paradas para a confecção da mistura; redução de perda de material; contribui para a limpeza da obra,

uma vez que reduz os resíduos de cimento e areia; reduz a demanda de mão de obra, entre outras.

Em contrapartida, Matos (2013) também diz que a utilização de argamassas estabilizada pode trazer algumas desvantagens em relação à argamassas convencionais, e cita o planejamento preciso da quantidade a ser usada, evitando que falte insumo e também, em dias que apresentam alta umidade relativa do ar, a mistura pode demorar mais do que desejado para atingir a rigidez adequada, pois o endurecimento da argamassa depende da perda de água de amassamento na mistura.

## **1.1. Objetivos**

Neste item, será apresentado o escopo geral do estudo, assim como os objetivos específicos e justificativa de pesquisa.

### **1.1.1. Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo analisar a influência da cal nas misturas de argamassa estabilizada, usando dosagens diferentes para cada traço produzido, visando compreender as propriedades e seu comportamento.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Realizar diferentes dosagens de argamassa estabilizada;
- Produzir, em laboratório, argamassas de hidratação controlada com diferentes teores de adição de cal;
  - Analisar a influência da dosagem de cal na trabalhabilidade das argamassas;
  - Verificar a influência da dosagem de cal nas propriedades físicas e na trabalhabilidade das argamassas de hidratação controlada;
  - Avaliar a densidade de massa e teor de ar incorporado das misturas;
  - Definir, por meio de calorimetria semi-adiabática, o tempo de início e fim de pega das misturas;

- Avaliar a hidratação das argamassas de hidratação controlada propostas através da calorimetria semi-adiabática e determinar os tempos de início e de fim de pega dessas;
- Analisar a cinética de hidratação das argamassas estabilizadas.

### 1.1.3. Justificativa

A argamassa estabilizada permite que o canteiro de obras seja mais enxuto, evitando desperdício de materiais, promove maior agilidade e controle tecnológico na produção, além de uma melhora na qualidade do produto final. Entretanto, o Brasil não possui uma normatização para a fabricação e aplicação desse produto, devido à falta de estudos, pesquisas e evidências de suas características e aplicações, tanto no seu estado fresco, quanto no seu estado endurecido (Antoniuzzi, 2019).

Com isso, torna-se importante conhecer a ação de aditivos, bem como do emprego da cal, nas propriedades físicas, químicas e reológicas dessas argamassas.

Esse estudo busca abranger a temática proposta, englobando os aspectos a serem investigados em um estudo sobre a influência da cal em argamassas estabilizadas. A inclusão da calorimetria semi-adiabática permite obter informações sobre o processo de hidratação da argamassa e estabelecer relações entre a hidratação e as propriedades das argamassas.

Com os resultados desse trabalho, será possível contribuir para futuras pesquisas e estudos de caso referentes à aplicação e comportamento de argamassas estabilizadas.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico, serão discutidos assuntos referentes a argamassas estabilizadas e seus componentes.

### 2.1. Argamassa Estabilizada

Segundo a NBR 13281-1 (2023), argamassas são misturas homogeneizadas de aglomerantes inorgânicos, agregados de granulometria fina (miúdos) e água. Essa mistura pode ou não conter aditivos na sua produção, para que confirmem propriedades específicas, dependendo da sua aplicação (ABNT, 2023).

Segundo Dachery (2015), argamassa estabilizada é uma mistura úmida, que usa Cimento Portland como aglomerante, e que através de aditivos que preservam suas características, como aditivos controladores de hidratação ou aditivos incorporadores de ar, permite que seja utilizada em até 72 horas após sua produção.

Argamassas industrializadas surgiram no mercado na década de 1950. Essas argamassas são dosadas em centrais, misturadas e transportadas em caminhões betoneira. Porém, argamassas estabilizadas foram apresentadas na década de 1970. Essas chegam prontas para o uso e na obra, são armazenadas em recipientes instalados em locais de ventilação e umidade adequadas, pois a mistura não pode ser exposta à vento, insolação ou quaisquer condições que possam levar à perda de umidade (Matos; Schankoski; Jr; 2014).

No Brasil, o primeiro registro de emprego de argamassas estabilizadas, embora em pequena escala, data de 1985, na região Sul e Sudeste (Martins Neto; Djanikian, 1999). Porém, para Pinheiro (2019), nos últimos anos, houve uma crescente na quantidade de artigos e pesquisas sobre o assunto, devido ao interesse das construtoras e, conseqüentemente, dos pesquisadores.

Existem diversos estudos que tratam a argamassa estabilizada como um revestimento argamassado de paredes e tetos, como o estudo de Dachery (2015), já citado anteriormente, e os estudos de Bauer *et al.* (2015), Sequeira e Ghisleni (2020) e Melo (2018). Com isso, a presente pesquisa busca avaliar o comportamento desse material utilizado na mesma finalidade desses estudos.

Por questões econômicas, ambientais e de mercado, o uso de argamassas estabilizadas deve ser mais presente em obras de médio a grande porte, onde visa-se uma maior agilidade e uma minimização de desperdícios.

#### 2.1.1. Importância da argamassa estabilizada na construção civil

Argamassas são encontradas, praticamente em qualquer obra de construção civil no Brasil. Por serem de fácil produção, a maior parte das argamassas são preparadas *in loco*, e muitas vezes essas misturas não são armazenadas corretamente e/ou não possuem a dosagem ideal para sua aplicação (Pinheiro *et al.*, 2019).

Com o avanço tecnológico e com a necessidade de maior rapidez e praticidade no canteiro de obras, surgiram as argamassas industrializadas. Essas são misturas de ligantes e agregado miúdo previamente dosados, necessitando apenas da adição de água para seu uso (Matos; Schankoski; Jr; 2014).

Dentre a variedade de argamassas industrializadas, destaca-se a argamassa de hidratação controlada, também conhecida como argamassa estabilizada.

De acordo com Bauer *et al.* (2015), o uso de argamassa estabilizada traz diversos benefícios que impulsionam a produtividade no canteiro de obras, por exemplo:

- Elimina a necessidade de mistura em obra, aumentando a produtividade.
- Maior precisão na dosagem de aglomerante e agregado, pois essa é feita em central de controle.
- O canteiro de obras não exige controle de dosagem e estocagem dos insumos.
- Reduz a insalubridade por manuseio de cimento na obra.

Entretanto, segundo Macioski *apud* Silva *et. al.* (2019), é necessário o desenvolvimento de estudos sobre o comportamento do mesmo, como a avaliação das suas características, propriedades e interações com os demais elementos construtivos, pois essas informações ainda não são plenamente conhecidas.

Para Pagnussat, Vidor e Masuero (2012), a pouca utilização de argamassas estabilizadas se dá pela falta de estudos sobre suas propriedades nos estados fresco e endurecido.

### 2.1.2. Componentes da argamassa estabilizada

Os materiais constituintes da argamassa estabilizada são semelhantes aos da argamassa convencional. A principal diferença vem do uso de aditivos controladores de hidratação e de aditivos incorporadores de ar, que não são utilizados na argamassa convencional, além da ausência opcional de cal na mesma. (Silva Júnior, 2021).

#### 2.1.2.1 *Ligantes*

Assim como nas argamassas convencionais, o aglomerante mais utilizado na confecção de argamassas estabilizadas é o cimento Portland (CP). Os principais tipos de CP citados na literatura e utilizados na produção de argamassas estabilizadas são mostrados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Principais cimentos estudados para a produção de argamassas estabilizada.

| <b>AUTOR</b>                   | <b>TRABALHO</b>  | <b>TIPO DE CIMENTO</b> |
|--------------------------------|--|------------------------|
| ANTONIAZZI<br>(2019)           | O efeito dos aditivos incorporador de ar e Estabilizador de hidratação nas propriedades das Argamassas estabilizadas | CP II F-40             |
| ANTONIAZZI<br>(2019)           | O efeito dos aditivos incorporador de ar e Estabilizador de hidratação nas propriedades das Argamassas estabilizadas | CP II Z-32             |
| CASALI <i>et al.</i><br>(2018) | Influência do tipo de cimento e da quantidade de água nas propriedades do estado fresco das argamassas estabilizadas | CP IV-32               |
| CASALI <i>et al.</i><br>(2024) | Avaliação do tipo de cimento Portland nas propriedades da argamassa estabilizada ao longo do tempo                   | CP V ARI RS            |

Fonte: do autor (2024)

Para Silva (2021), o tipo de cimento utilizado para a produção de argamassa estabilizada tem grande influência, pois cimentos com maiores teores de materiais finos, causam o aumento das temperaturas atuantes na mistura.

Como verificado por Antoniazzi *et al.* (2020), o CP II F-40 (composto com filer calcário) alcançou maiores temperaturas e menores tempos de pega, quando comparado a outros tipos de CP.

### *2.1.2.2 Agregado Miúdo*

Agregado miúdo é um material inerte, ou seja, que não reage quimicamente, compreendido entre as granulometrias de 0,05 mm e 4,80 mm, de origem natural ou artificial, utilizado na produção de argamassas e concretos na construção civil (Bauer, 2001).

Segundo Souza, Silva e Pina (2017), 90% dos agregados miúdos utilizados na construção civil brasileira, são provenientes de materiais minerais naturais obtidos em todas as regiões do país. Os mesmos autores dizem que a ampla utilização desse material não se respalda no controle e avanço tecnológico do mesmo, que frequentemente é usado de forma inconsequente e indiscriminada, sem realizar a avaliação de suas propriedades, o que coloca em risco a qualidade final do produto.

Com os estudos de Oliveira (2019), foi observado que, com a argamassa no estado fresco, o aumento do teor de ar incorporado por aditivos é proporcional ao aumento do módulo de finura. Já no estado endurecido, o aumento do módulo de finura causou uma redução na retração do volume e o aumento da permeabilidade da mistura. Também se verificou que as argamassas dosadas com areias de maior módulo de finura estão mais condicionadas às variações de resistência causada pelo aumento do teor de aditivo.

Como afirmado por Silva (2021), um agregado com o módulo de finura de aproximadamente 1,40 é indicado pois este é um valor intermediário utilizado na produção de argamassas estabilizada.

### *2.1.2.3 Aditivos*

Vários tipos de aditivos podem ser empregados na confecção de argamassas, a fim de melhorar certas propriedades nos estados fresco e endurecido. Na argamassa estabilizada são empregados dois tipos de aditivos que buscam estender o tempo de aplicação e manter adequada a trabalhabilidade da mistura. Os principais aditivos químicos usados na produção de argamassas estabilizadas são aditivos controladores de hidratação e aditivos incorporadores de ar.

#### 2.1.2.3.1 Aditivo Controlador de Hidratação (ACH)

Esse aditivo atua no período de indução com relação à cinética de hidratação do ligante cimento Portland, e age como um controlador na hidratação da mistura, diminuindo a reação do cimento enquanto houver saturação da argamassa. O aditivo atua, principalmente, no controle da hidratação do silicato tricálcico do cimento, porém o seu uso excessivo pode acarretar no atraso demasiado da pega da argamassa (Bauer *et al.*, 2015).

Para Da Luz e Pereira (2021), o ACH atua diretamente na hidratação do cimento, de modo a controlar o processo inicial de cristalização e assim, controla o tempo de pega do cimento Portland. Esse aditivo é utilizado em casos em que é necessário o transporte de misturas cimentícias, de modo a evitar a perda da mesma por conta do tempo de pega.

O ACH é um produto químico que, segundo Salvador (2011), age sobre as moléculas do cimento Portland impedindo sua reação com a água e, assim, mantendo o estado fresco e estável por um período prolongado, eliminando a preocupação com o uso imediato da mistura cimentícia.

Antoniazzi *et al.* (2020) apontam que o uso do ACH pode elevar a resistência à tração das amostras quando em teores moderados (em torno de 0,75%). Já quando em teores maiores, pode causar a diminuição da resistência à tração e à compressão.

Após os estudos de Bauer e Oliveira (2017), que avaliaram a ação isolada e conjunta desse tipo de aditivo sobre argamassas, foi observado que o uso isolado do ACH causou uma redução da resistência mecânica e aumento da capilaridade, proporcionais aos teores de aditivos na mistura.

#### 2.1.2.3.2 Aditivo Incorporador de Ar (AIA)

A NBR 11768 (ABNT, 2019), refere-se aos AIA como materiais orgânicos geralmente usados com a intenção de introduzir bolhas de ar microscópicas estáveis e uniformes em argamassas e concretos. Esse tipo de aditivo atua sobre as propriedades plásticas da argamassa que são fundamentais para as etapas de utilização de argamassas.

A trabalhabilidade conferida à argamassa é gerada por um efeito de rolamento de esferas, onde as bolhas de ar funcionam como um agregado fino de baixo atrito e boa elasticidade (Paillere, 2011, *apud*. Antoniazzi, 2019).

Segundo Romano (2013), é comum adotar a prática de incorporação de ar em misturas cimentícias, pois a presença de bolhas de ar pode melhorar propriedades das argamassas, tanto no estado fresco quanto no endurecido. A presença dessas bolhas se dá devido ao intenso cisalhamento da mistura, juntamente à presença do aditivo. O mesmo autor cita que a incorporação de ar em misturas cimentícias, reduz a resistência mecânica e aumenta a permeabilidade das mesmas. O autor ainda cita que a introdução de bolhas de ar nas argamassas aumenta a distância de separação entre agregados, facilitando a mistura e o fluxo.

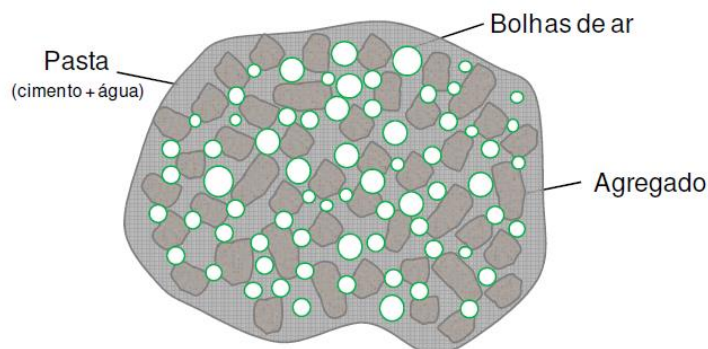
Alves (2002) diz que a incorporação de ar melhora a coesão de argamassas de revestimento, aumenta a plasticidade e permite a redução da quantidade de água necessária para o amassamento, além de minimizar a tendência à exsudação.

Contudo, para Santos (2009, *apud*. Antoniazzi, 2019), o ar incorporado forma um sistema de bolhas praticamente esféricas, que não formam canais microscópicos para o escoamento de água, e conseqüentemente, não aumentam a permeabilidade do material poroso constituinte da mistura cimentícia.

Existem vários tipos de AIA, mas o mais utilizado em misturas cimentícias são os aditivos de caráter aniônico, pois esse promove uma melhor interação sinérgica entre o aditivo e o cimento, como afirmado por Romano (2013).

A Figura 1 traz a ilustração de como os AIAs agem após aplicados em uma mistura cimentícia.

Figura 1 - Aditivo Incorporador de Ar em mistura cimentícia.



Fonte: Romano (2013)

Romano (2013) também aponta que sistemas complexos, como argamassas formadas por partículas com granulometria variada e propriedades físicas-químicas distintas, e em presença de ar incorporado, tornam-se ainda mais complexos devido à alteração do fluxo e espalhamento causados pelo aumento do volume e do afastamento entre os agregados. Nesse contexto, a água adicionada inicialmente preenche os vazios da mistura após recobrir a superfície da mesma. Então, quando o volume de água preencher todos os vazios, a parcela excedente começa a afastar as partículas da mistura.

No estudo de Bauer e Oliveira (2017), citado anteriormente, foi observado que o uso isolado do ACH não influenciou no teor de ar incorporado da mistura. Já o uso isolado do AIA elevou o teor de ar proporcionalmente ao teor de aditivo. Observou-se também que esse efeito é potencializado quando ambos aditivos são empregados em conjunto, promovendo a redução da água. O AIA não influenciou nas propriedades mecânicas da argamassa, quando empregado sozinho. Quando em conjunto ao ACH, a argamassa apresentou uma capilaridade ainda mais reduzida.

### 2.1.3. Calorimetria semi-adiabática

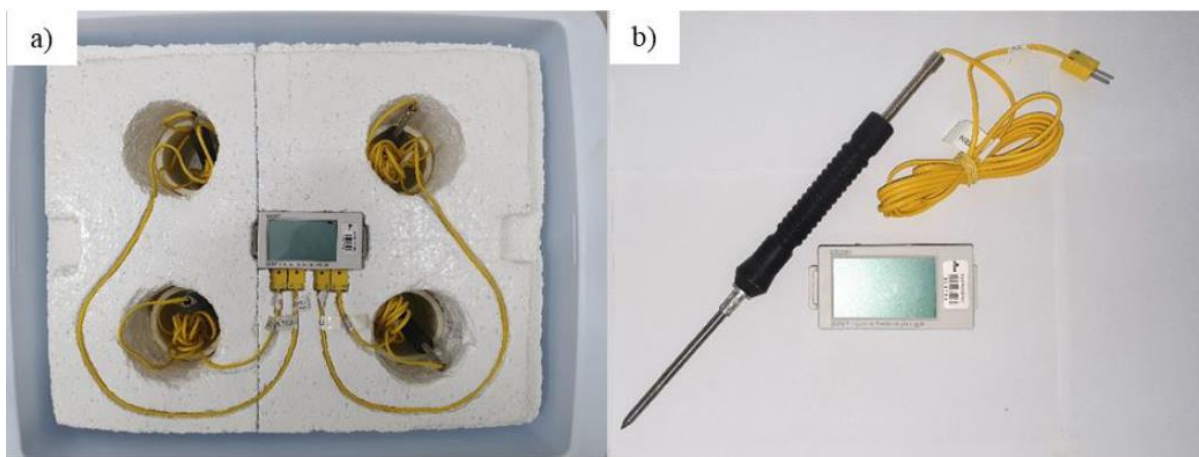
Para Souza (2007), a realização de ensaios calorimétricos surgiu da necessidade de determinar-se quando iniciam as reações de hidratação do cimento Portland, para que assim seja possível obter os teores mínimos e de segurança do ACH. Existem dois tipos principais de calorímetros: semi-adiabáticos e isotérmicos.

Neste estudo foi usada a técnica de calorimetria semi-adiabática, na qual afere-se a variação da temperatura da amostra buscando obter a temperatura que as reações de hidratação do cimento Portland produzem. Para que isso seja viável, Souza (2007) diz que é preciso que o calor específico da amostra e a capacidade térmica do calorímetro sejam conhecidos.

Segundo Viecili, Girardi e Hastenpflug (2018), o método da calorimetria semi-adiabática provou ser adequado para determinar o tempo de pega de misturas produzidas com diferentes tipos de cimento Portland quando comparados aos resultados do método de Vicat.

Na Figura 2, é apresentado um calorímetro semi-adiabático utilizado na pesquisa de Silva (2021).

Figura 2 - Equipamento utilizado no ensaio de calorimetria semi-adiabática: a) Calorímetro; b) Termopar do tipo K e datalogger de aquisição de dados.



Fonte: Silva (2021)

Com os resultados dos estudos de Silva (2021), a calorimetria semi-adiabática indicou um aumento no tempo para a reações de hidratação do cimento Portland causado pelo teor ar incorporado na mistura. A autora ressalta que as suas misturas apresentaram tempo superiores a 36 horas para o início do período de indução, o que era esperado devido as condições de ensaio das amostras termicamente isoladas no calorímetro. A autora também aponta que houve diferença na consistência das misturas durante os tempos de avaliação determinados. A calorimetria semi-

adiabática evidenciou que, quando há presença do AIA, a eficiência do ACH aumenta, pois a presença de ar incorporado antecipou o início do tempo de pega da mistura.

Como complemento, os estudos de Antoniazzi *et al.* (2020) apontaram que a combinação dos AIA e AEH aumenta o tempo de pega das argamassas estabilizadas, portanto, o teor de ar é um parâmetro a ser considerado na avaliação desse material. Também no estudo citado, verificou-se que houve um retardo de 5 horas no tempo de pega em misturas onde havia a presença de ar incorporado nas misturas. Já para as misturas onde foi empregado o ACH, o tempo de pega obtido foi superior a 48 horas.

#### 2.1.4. Utilização da cal em argamassas estabilizadas

Para Trevisol Jr e Koman (2019), a cal tem comportamento, de certa forma, semelhante aos aditivos incorporadores de ar, pois ambos oferecem uma melhor plasticidade à mistura cimentícia, com a diferença que a cal acrescenta a retenção de água e a redução da rigidez, de forma mais eficiente do que o AIA, dessa forma, diminuindo o módulo de elasticidade da argamassa.

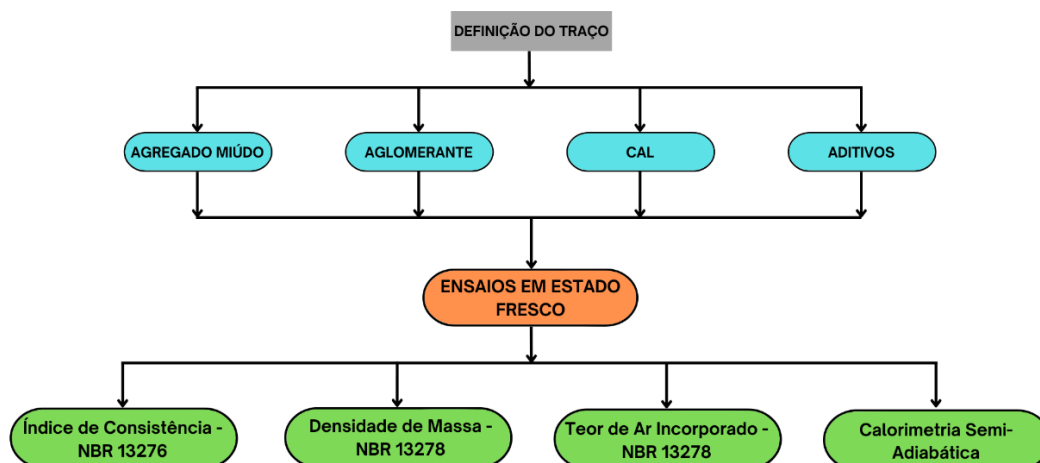
Ainda para Trevisol Jr e Koman (2019), o uso da cal na produção de argamassas estabilizadas não é muito usual, pois a cal é um ligante aéreo (não endurece em contato com a água, mas sim por meio da reação com o dióxido de carbono do ar) e retentor de água, além de ser um plastificante natural. Suas propriedades são sobrepostas às conferidas pelos aditivos, o que afeta diretamente as características de manutenção da argamassa no estado fresco.

Paiva, Gomes e Oliveira (2007), afirmam que a qualidade de uma cal é relacionada diretamente à sua fabricação, desde o controle de qualidade do mineral, até a forma de hidratação. A cal pode ser obtida artesanalmente, ou industrialmente. A primeira forma, artesanal, não oferece controle de temperatura, granulometria e volume de água para hidratação, o que dá origem a um produto impuro e de qualidade baixa, quando comparada à cal industrializada. Essa, por sua vez, deve obedecer a todos os critérios de normativas, para ser um material de qualidade e satisfazendo os critérios padrões da construção civil.

### 3. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS

Neste tópico serão apresentados os materiais, os métodos e os equipamentos utilizados no desenvolvimento do presente estudo. A Figura 3 apresenta um organograma de como foi desenvolvida a pesquisa.

Figura 3 - Organograma de pesquisa.



Fonte: do autor (2025)

#### 3.1. Materiais

Para o desenvolvimento da pesquisa, bem como da metodologia utilizada nesse estudo, foram utilizados uma variedade de materiais, como o agregado miúdo, o cimento Portland, aditivos e cal.

##### 3.1.1. Agregado miúdo

O agregado miúdo utilizado foi areia natural obtida do Rio Ibicuí, na cidade de Manoel Viana – RS (Figura 4).

Figura 4 - Agregado miúdo natural.



Fonte: do autor (2025)

A escolha desse agregado foi empregada pois se trata de uma areia utilizada na região e sua caracterização, que foi realizada por Tambara (2024), constatou resultados que possibilitariam o seu uso na produção das argamassas, como apresentado na Tabela 2.

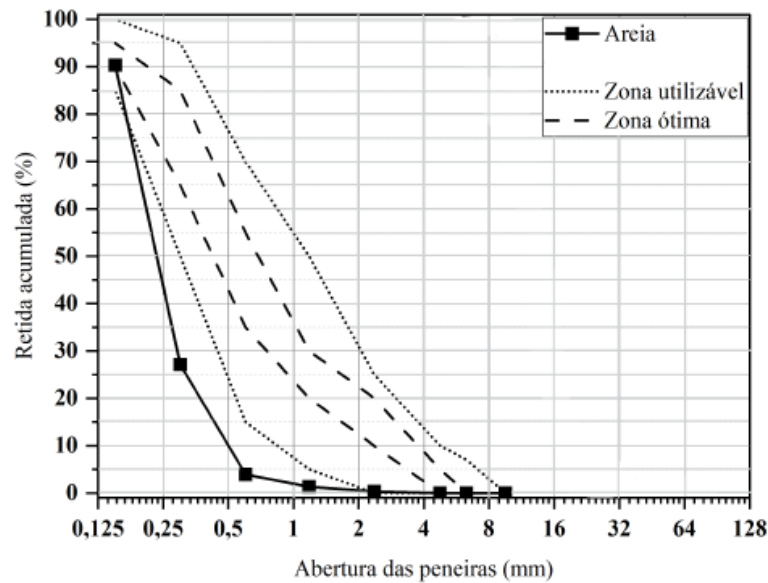
Tabela 2 – Caracterização do agregado miúdo.

|                                |                        |
|--------------------------------|------------------------|
| Massa específica agregada seca | 2,54 g/cm <sup>3</sup> |
| Absorção de água               | 0,16 %                 |
| Dimensão máxima                | 0,60 mm                |
| Módulo de finura               | 1,23                   |

Fonte: adaptado de Tambara (2024)

Na Figura 5, pode ser observado a curva granulométrica, onde é o agregado se classifica como areia fina, de acordo com os limites estabelecidos na NBR 7211 (ABNT, 2019).

Figura 5 - Curva granulométrica do agregado miúdo natural.



Fonte: adaptado de Tambara (2024)

Como observado, o material possui granulometria inferior ao limite das recomendações normativas. Porém, optou-se pelo uso pois é um agregado comumente utilizado na região em obras de engenharia pela disponibilidade do material e também pela dificuldade de se encontrar outro agregado com as características granulométricas adequadas às normativas.

### 3.1.2. Ligantes

Os ligantes utilizados neste trabalho foram o cimento Portland CP II F-40 da marca Votorantim, e o cimento Portland CP IV e cimento Portland CP V, ambos da marca Cauê.

Esses tipos de cimentos possuem características adequadas para sua utilização nesse caso específico e já foram utilizados nos estudos de Antoniazzi (2019) e Casali *et al.* (2024).

### 3.1.3. Aditivos

Foram utilizados dois tipos de aditivos químicos na produção das argamassas estabilizadas: Aditivo Controlador de Hidratação (ACH) e Aditivo Incorporador de Ar

(AIA), produzidos e fornecidos pela empresa Matchem. Na Tabela 3 encontram-se algumas características dos aditivos, determinados por normas técnicas e pelo fabricante desses produtos.

Tabela 3 – Características dos aditivos.

|   |  | <b>PROPRIEDADE</b>     | <b>DETERMINADO POR:</b> |
|---|--|------------------------|-------------------------|
| Aditivo<br>Controlador de<br>Hidratação | Coloração  | Transparente           | --                      |
|   | Estado   | Líquido                | --                      |
|   | Massa Específica   | 1,19 g/cm <sup>3</sup> | Fabricante              |
|   | pH   | 8,9                    | NBR 11768-3             |
|   | Teor de Sólidos  | 73,07 ± 0,01           | NBR 11768-3             |
|   | Dosagem<br>recomendada (teor<br>sobre a massa do<br>cimento) | 0,20 % a 1,50 %        | Fabricante              |
| Aditivo<br>Incorporador<br>de Ar        | Coloração  | Marrom                 | --                      |
|   | Estado   | Líquido                | --                      |
|   | Massa Específica   | 1,00 g/cm <sup>3</sup> | Fabricante              |
|   | pH   | 9,5                    | NBR 11768-3             |
|   | Teor de Sólidos  | 84,82 ± 0,04           | NBR 11768-3             |
|   | Dosagem<br>recomendada (teor<br>sobre a massa do<br>cimento) | 0,10 % a 0,50 %        | Fabricante              |

Fonte: do autor (2024)

#### 3.1.4. Água

Para a produção das argamassas, foi utilizada água potável encanada, disponibilizada pela Companhia Riograndense de Saneamento, CORSAN – RS.

### 3.1.5. Dosagem das argamassa

O traço definido para a confecção das amostras de argamassa foi o traço 1:6, pois é um traço comumente utilizado para argamassas de revestimento, consistido em Cimento Portland, agregado miúdo, água potável, aditivo controlador de hidratação (ACH), aditivo incorporador de ar (AIA) o mesmo utilizado por Silva (2021) e duas porcentagens de cal hidratada, sendo 25% e 50%, adicionadas separadamente em cada mistura. Cabe ressaltar que não foi retirado cimento da mistura. A dosagem em massa de cada material foi a seguinte:

- Cimento Portland – 333 gramas;
- Agregado miúdo – 2000 gramas;
- Água potável – 316 gramas;
- ACH – 3,33 gramas (1,0% da dosagem de CP);
- AIA – 0,333 gramas (0,1% da dosagem de CP);
- Cal hidratada – 83,25 gramas (25% da dosagem de CP);
- Cal hidratada – 166,50 gramas (50% da dosagem de CP).

A relação a/c utilizada foi de 0,95 para todas as misturas. Ressalta-se que foram usadas duas porcentagens de cal, em misturas diferentes, para que pudesse se comparar os resultados da influência de cada dosagem na mistura.

Antes de começar o procedimento de mistura, foi realizada a limpeza da cuba e das pás da argamassadeira, a fim de evitar impurezas na mistura. Também optou-se por realizar o peneiramento do agregado miúdo na peneira de abertura 2,36 mm, para evitar quaisquer impurezas e agregado com granulometria acima da desejada, como indicado na Figura 6. É relevante ressaltar que o agregado miúdo possui um módulo de finura relativamente baixo possuindo porcentagens retidas a partir da peneira 1,18mm, logo justifica-se esse tipo de procedimento.

Figura 6 – Retenção de agregados com granulometria indesejada.



Fonte: do autor (2025)

### 3.2. Procedimento de Mistura

A mistura dos materiais foi feita com o auxílio de equipamentos disponíveis no Laboratório de Estruturas e Materiais de Construção (LEMAC), da Universidade Federal do Pampa, campus Alegrete.

As argamassas foram produzidas de acordo com o procedimento de mistura desenvolvido por Casali *et al.* (2018), cujo método visa maximizar a incorporação de ar das misturas e foi desenvolvido para ser utilizado em argamassas estabilizadas. O procedimento tem as seguintes etapas, em sequência:

- a) com o misturador desligado, adicionam-se os materiais secos, areia e em seguida, cimento;
- b) liga-se o misturador, durante 30 segundos, até que os materiais secos estejam homogeneizados;
- c) durante mais 30 segundos, com o misturador ainda ligado, adicionar água, sendo que 80% da água necessária deve ser adicionada nos 10 segundos iniciais;
- d) adicionar o AIA e misturar por mais 60 segundos;
- e) desligar o misturador por 60 segundos, e limpar as pás do misturador e as laterais da cuba, com o auxílio de uma colher ou espátula;
- f) adicionar o ACH e misturar por 120 segundos.

Com as amostras, foram realizados ensaios para determinação de suas características físicas e químicas.

### 3.3. Métodos

Neste item, serão apresentados os ensaios aos quais o objeto de estudo foi submetido, para a obtenção de seus parâmetros e características no estado fresco.

#### 3.3.1. Índice de consistência

Os ensaios de determinação do índice de consistência foram balizados pela NBR 13276 (ABNT, 2016). Esse ensaio, também conhecido como *flow table*, determina com quanta facilidade a argamassa sofre deformação, segundo Pinheiro (2019).

Na Figura 7 estão dispostas, de forma sucinta e objetiva, as etapas para determinação do índice de consistência das argamassas.

Figura 7 - Etapas de execução do ensaio de índice de consistência.



Fonte: Duó (2017)

### 3.3.2. Teor de ar incorporado

A determinação do teor de ar incorporado foi realizada de acordo com os parâmetros citados na norma NBR 13278 (ABNT, 2005). O teor de ar incorporado da argamassa é calculado de acordo com a Equação 1, a seguir.

$$A = 100 * \left(1 - \frac{D}{Dt}\right) \quad (1)$$

Onde:

- $A$  é o teor de ar incorporado na mistura (em %);
- $D$  é a densidade de massa da argamassa (em g);
- $Dt$  é a densidade teórica da argamassa (em g), calculada pela Equação 2.

$$Dt = \frac{\sum Mi}{\sum \frac{Mi}{\gamma_i}} \quad (2)$$

Onde:

- $Mi$  é a massa seca de cada componente da argamassa, mais a massa da água (em g);
- $\gamma_i$  é a massa específica de cada componente da argamassa (g/cm<sup>3</sup>).

### 3.3.3. Densidade de massa no estado fresco

A determinação de densidade de massa no estado fresco foi realizada de acordo com os parâmetros citados na norma NBR 13278 (ABNT, 2005). A densidade de massa no estado fresco da argamassa é calculada de acordo com a Equação 3, a seguir.

$$D = \frac{Mc - Mv}{Vr} * 1000 \quad (3)$$

Onde:

- $D$  é a densidade de massa (em kg/m<sup>3</sup>);

- $M_c$  é a massa do conjunto recipiente (em g);
- $M_v$  é a massa do recipiente vazio (em g);
- $V_r$  é o volume do recipiente (em  $\text{cm}^3$ ).

Na Figura 8 estão dispostas as etapas de execução do teor de ar incorporado e da densidade de massa das argamassas.

Figura 8 - Etapas de execução do ensaio de densidade de massa e teor de ar incorporado.



a) aplicação dos golpes



b) adensamento de camadas



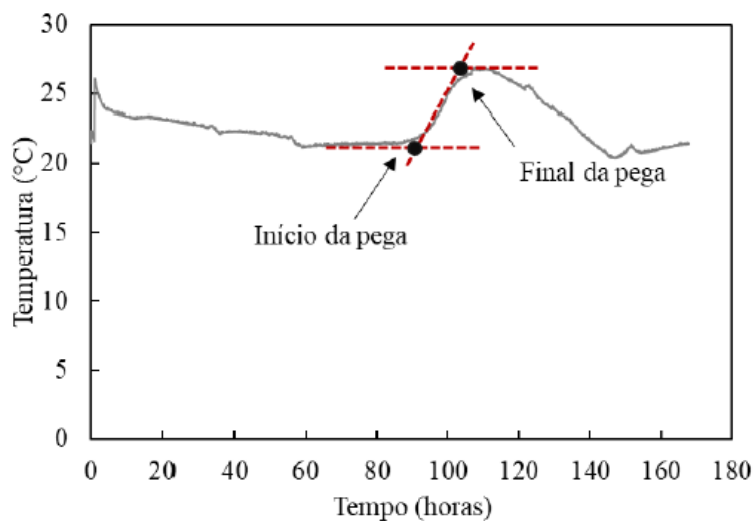
c) aferição da massa

Fonte: do autor (2025)

#### 3.3.4. Calorimetria semi-adiabática

Esse procedimento mede a variação da temperatura da mistura ao longo do tempo, para avaliar a evolução das reações de hidratação do cimento. A partir da curva de temperatura das argamassas, foi usado o método das tangentes das curvas, para determinar os tempos de início e o fim da pega, como indicado na Figura 9, por Silva (2021).

Figura 9 – Determinação dos tempos de início e de fim de pega de acordo com o método da tangente.



Fonte: Silva (2021)

O calorímetro semi-adiabático foi confeccionado pelo Grupo de Pesquisa em Tecnologia da Construção (GPTEC), utilizando uma caixa térmica de isopor e placas de MDF para isolar o sistema (Figura 10).

Figura 10 - Exterior do calorímetro.



Fonte: do autor (2025)

Dentro do equipamento, foram realizados quatro furos cilíndricos no bloco de isopor, que receberam as amostras, como representado na Figura 11.

Figura 11 - Interior do calorímetro.



Fonte: do autor (2025)

A aferição da variação da temperatura foi feita pelo termopar do tipo K, ligado ao datalogger modelo OM-HL-EH-TC, indicados na Figura 12.

Figura 12 - Aparato de aferição da temperatura.



(a) Termopar

(b) Datalogger

Fonte: do autor (2025)

As amostras foram dispostas dentro do calorímetro atentando para que toda a haste do equipamento de medição esteja em contato com a mistura.

### 3.4. Procedimento de mistura

Com os equipamentos limpos, adicionaram-se os materiais secos, sendo o Cimento Portland, o agregado miúdo e a cal, nas misturas em que foi determinada. Então, ligou-se o misturador por 30 segundos, até que esses materiais estivessem homogeneizados (Figura 13).

Figura 13 – Homogeneização dos materiais secos.



Fonte: do autor (2025)

Para a adição da água e dos aditivos, optou-se por desligar o misturador, visto que esses materiais poderiam ser espirrados pelas pás do misturador e ocasionar na perda dos materiais. Então, adicionou-se parte da água e ligou-se o misturador por 30 segundos, até que a água estivesse incorporada na mistura.

Desligou-se o misturador e foi adicionado a dosagem de AIA e misturado por 60 segundos (Figura 14). Após esse tempo, o misturador foi desligado para descanso de 60 segundos da argamassa. Durante o descanso, com o auxílio de uma espátula foram raspadas as laterais da cuba, assim como as pás do misturador, para que toda a mistura estivesse bem homogeneizada.

Figura 14 – Adição do AIA.



Fonte: do autor (2025)

Após o tempo de descanso, adicionou-se o ACH (Figura 15) e o restante da água e misturou-se por 120 segundos, chegando assim, ao final do procedimento de mistura das argamassas.

Figura 15 – Adição do ACH.



Fonte: do autor (2025)

Todo esse procedimento foi padronizado para a confecção de todos os traços, mudando apenas o tipo de Cimento Portland utilizado.

### **3.5. Procedimento dos ensaios**

Após as misturas estarem prontas, imediatamente foram realizados os ensaios de índice de consistência (*flow table*) e de densidade de massa no estado fresco, bem como o teor de ar incorporado na mistura.

#### **3.5.1. Índice de consistência**

Para a execução do ensaio de índice de consistência, foram utilizados os equipamentos e técnicas listadas na NBR 13276 (ABNT, 2016). Os equipamentos utilizados foram:

- Molde cônico;
- Soquete metálico;
- Mesa compactadora;
- Espátula;
- Régua;

Primeiramente, a mesa compactadora foi umedecida com um pano molhado, para que a mistura não ficasse aderida à mesa. Após isso, posicionou-se o molde cônico no centro da mesa (Figura 16).

Figura 16 – Molde centralizado na mesa compactadora.



Fonte: do autor (2025)

Com o auxílio de uma espátula, dentro do molde foram aplicadas três camadas de igual espessura. No intervalo entre a aplicação de camadas, foi usado o soquete metálico para adensar as camadas (Figura 17).

Figura 17 – Adensamento de uma das camadas.



Fonte: do autor (2025)

A primeira camada foi adensada com 15 golpes, a segunda camada foi adensada com 10 golpes e a terceira e última camada foi adensada com 5 golpes.

Após que o adensamento das camadas estivesse feito, o molde foi retirado com um movimento único e vertical, para evitar que ocorresse um espalhamento precoce da mistura. Então, com o giro da manivela, foram aplicados 30 golpes na mesa. Com isso, foi obtido o espalhamento da mistura.

Então, com o auxílio de uma régua, foi aferido o diâmetro de espalhamento da mistura, obtido em três pontos diferentes da mesma, como indicado na Figura 18.

Figura 18 – Aferição do diâmetro de espalhamento.



(a) Primeira medida do diâmetro



(b) Segunda medida do diâmetro



(c) Terceira medida do diâmetro



(d) Pontos de aferição do diâmetro

Fonte: do autor (2025)

Com essas medidas, foi determinado o índice de consistência de todos os traços realizados.

Esse procedimento foi realizado da mesma forma para todos os traços de argamassa produzidos.

### 3.5.2. Densidade de massa e teor de ar incorporado

Para o ensaio de densidade de massa das amostras, foram utilizados equipamentos e técnicas de execução mostradas na NBR 13278 (ABNT, 2005).

Primeiramente, a argamassa foi disposta em três camadas iguais, dentro de um recipiente metálico de massa e volume padronizados. Cada camada foi adensada com 20 golpes, com o auxílio de uma espátula (Figura 19).

Figura 19 – Adensamento de camada com espátula.



Fonte: do autor (2025)

Após o adensamento de cada camada, o recipiente foi solto de uma altura de aproximadamente 2 centímetros, como indicado na Figura 20, a fim de garantir o melhor adensamento possível de cada camada.

Figura 20 – Recipiente segurado à altura aproximada.



Fonte: do autor (2025)

Após as três camadas devidamente adensadas, a superfície do recipiente foi rasada, para que o conjunto fosse então levado à balança, para ter sua massa aferida (Figura 21).

Figura 21 – Aferição da massa do conjunto.



Fonte: do autor (2025)

Após a aferição completa, com os dados de massa e volume obtidos, a densidade de massa foi calculada de acordo com a Equação 3, apresentada anteriormente.

O teor de ar incorporado é obtido simultaneamente à densidade de massa. Para isso, é necessário saber a massa e o volume do recipiente usado para a aferição da densidade de massa.

Para que fosse possível calcular a densidade teórica, que é necessária para o cálculo do teor de ar incorporado, é necessário que se saibam os valores da massa específica dos materiais secos e da água.

Com esses valores definidos, foi possível calcular a densidade teórica de cada argamassa produzida, através da Equação 2.

$$Dt = \frac{\sum Mi}{\sum \frac{Mi}{\gamma i}} \quad (2)$$

Para o cálculo da densidade de massa de cada mistura, foi preciso dos valores de massa do recipiente ( $M_r$ ), massa do conjunto argamassa+recipiente ( $M_c$ ) e do volume do recipiente ( $V_r$ ).

Com isso, foi possível calcular, através da Equação 3, a densidade de massa de cada mistura.

$$D = \frac{M_c - M_r}{V_r} * 1000 \quad (3)$$

Com os dados de densidade de massa e densidade teórica, pode-se calcular o teor de ar incorporado em cada mistura, fez-se uso da Equação 1.

$$A = 100 * \left(1 - \frac{D}{Dt}\right) \quad (1)$$

### 3.5.3. Calorimetria semi-adiabática

Para a execução do ensaio de calorimetria semi-adiabática, foram necessários os seguintes equipamentos:

- Calorímetro semi-adiabático;
- Datalogger OH-HL-EH-TC;
- Termopar tipo K;
- Software OMEGA LogPro;
- Cilindros de PVC com tampa furada e fundo;
- Sacos plásticos transparentes;
- Vaselina sólida e desmoldante;
- Espátula ou colher.

O primeiro cuidado foi com que a mistura estivesse completamente homogeneizada, para evitar erros e grandes diferenças de leituras entre as amostras.

Dentro do cilindro de PVC foram inseridos os sacos plásticos, que futuramente receberam as amostras de argamassa (Figura 22).

Figura 22 – Recipiente pronto para receber as amostras.



Fonte: do autor (2025)

Cada amostra foi inserida no conjunto com a ajuda de uma espátula ou colher, dividida entre três camadas de espessura semelhante. Não há normativa que indique como o adensamento de cada camada deve ser feito, porém optou-se por usar a espátula para aferir 20 golpes em cada camada, a fim de evitar vazios dentro da

mistura. Após as três camadas, foi utilizada a espátula para rasar o topo do conjunto, buscando manter uma uniformidade nas amostras, como apresentado na Figura 23.

Figura 23 – Amostra de argamassa pronta para o ensaio.



Fonte: do autor (2025)

O cilindro então foi tampado e inserido no calorímetro, que tem quatro furos de diâmetro um pouco maior que os cilindros de PVC, como indicado na Figura 24.

Figura 24 – Amostras posicionadas dentro do calorímetro.



Fonte: do autor (2025)

Então, os termopares foram lubrificados com vaselina sólida e desmoldante (graxa), para facilitar na retirada futura da amostra. Então, foram inseridos nos furos das tampas dos cilindros de PVC, como apresentado na Figura 25.

Figura 25 – Inserção do termopar nas amostras.



Fonte: do autor (2025)

Os termopares foram então conectados ao datalogger e conectados via cabo USB em um notebook com o software OMEGA instalado. No software foi configurado o intervalo de tempo para que as leituras fossem feitas pelo datalogger. O intervalo adotado foi de 600 segundos, ou seja, a cada 10 minutos.

O ensaio se deu de forma contínua, sem interrupções, para todos os traços e amostras ensaiadas. Ao menos duas vezes por dia, os dados foram compilados e tratados em um software para a análise e futuramente traçar a curva da temperatura de cada amostra.

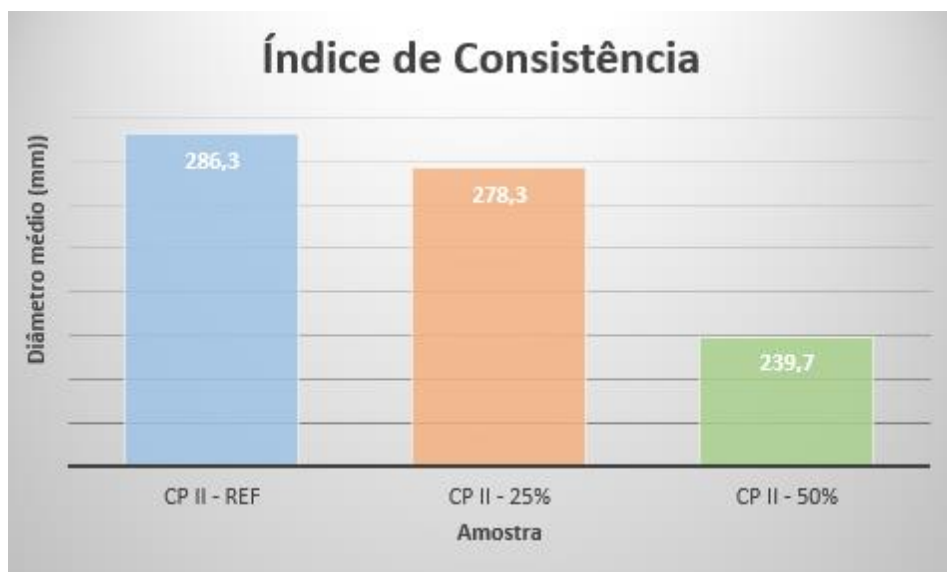
## 4. RESULTADOS

Nesse item, serão apresentados os resultados obtidos através dos ensaios de índice de consistência (*flow table*), densidade de massa e teor de ar incorporado. Também são apresentados os resultados obtidos através da calorimetria semi-adiabática das argamassas estabilizadas.

### 4.1. Índice de Consistência

Como dito anteriormente, o ensaio de *flow table* foi realizado imediatamente após a mistura estar pronta. Para as amostras de argamassa produzidas com o Cimento Portland CP II F-40, os resultados obtidos são apresentados na Figura 26.

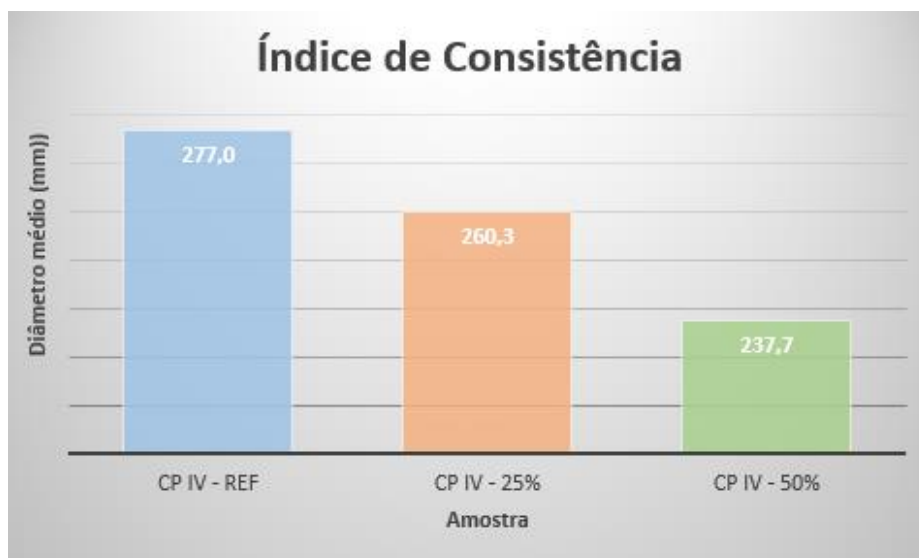
Figura 26 – Resultados de *flow table* CP II.



Fonte: do autor (2025)

Já para as amostras produzidas com o Cimento Portland CP IV, os resultados obtidos estão apresentados na Figura 27, a seguir:

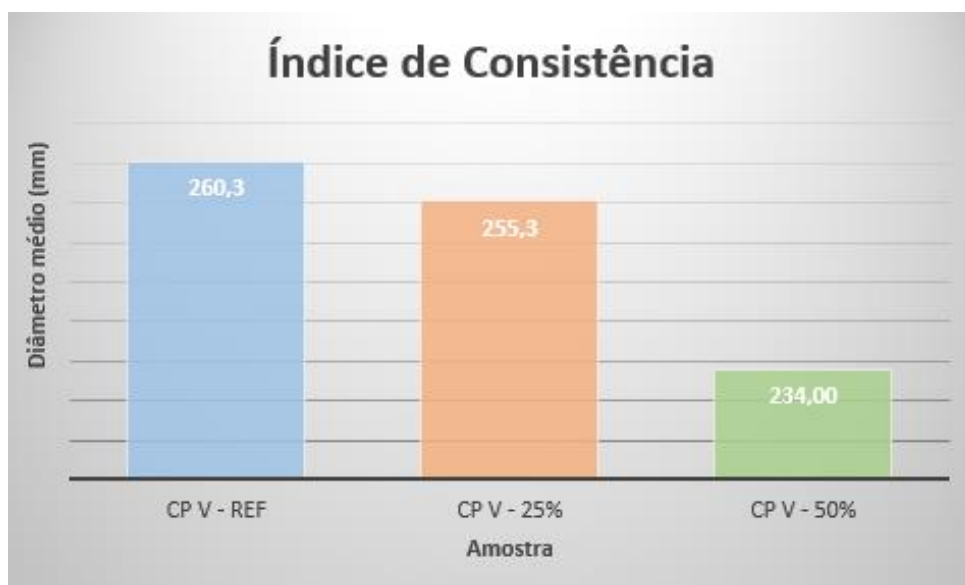
Figura 27 – Resultados de *flow table* CP IV.



Fonte: do autor (2025)

Finalmente, as amostras produzidas com o Cimento Portland CP V apresentaram os resultados conforme a Figura 28.

Figura 28 – Resultados de *flow table* CP V.



Fonte: do autor (2025)

Com esses resultados, pode-se perceber que as amostras de referência mantêm uma média do diâmetro de espalhamento de aproximadamente 280 mm, com exceção da amostra produzida com CP V, que apresentou uma média de

aproximadamente 260 mm. Destaca-se que esses valores foram aproximados dos resultados apresentados por Macioski *et al.* (2013) e por Pinheiro (2019).

Verificou-se que a adição de cal às misturas impactou negativamente a sua trabalhabilidade, o que foi evidenciado pela diminuição da média do diâmetro de espalhamento nos ensaios de consistência (flow table). A causa deste comportamento pode ter ocorrência devido ao incremento de material fino na composição da argamassa. A elevada finura da cal aumenta a área superficial total das partículas, o que, por sua vez, eleva a demanda de água necessária para garantir a mesma trabalhabilidade, ou seja, para recobrir e lubrificar adequadamente todas as partículas. Esta relação mostra-se inversamente proporcional à quantidade de cal adicionada, de modo que maiores teores de cal resultaram em menores diâmetros de espalhamento. Esta observação está em consonância com os achados de Giordani (2017).

## **4.2. Densidade de massa e Teor de ar incorporado**

Neste tópico, serão apresentados os resultados obtidos a partir dos ensaios de densidade de massa no estado fresco e do teor de ar incorporado nas misturas.

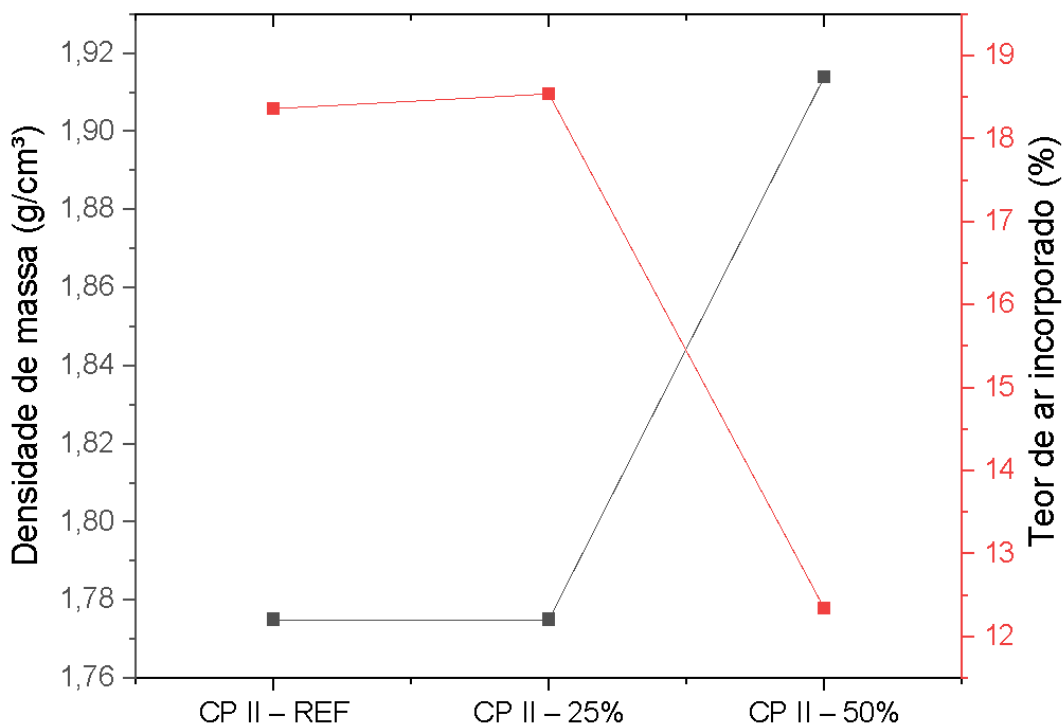
### **4.2.1. Amostras produzidas com CP II F-40**

Para que fosse possível calcular a densidade teórica, fez-se o uso de bibliografias que fizeram a caracterização de alguns dos materiais necessários, assim como o uso de ensaios de laboratório.

Para o cálculo da densidade de massa de cada mistura, foi preciso dos valores de massa do recipiente ( $M_r$ ), massa do conjunto argamassa+recipiente ( $M_c$ ) e do volume do recipiente ( $V_r$ ).

Os resultados obtidos para cada argamassa produzida com CP II F-40 estão apresentadas na Figura 29.

Figura 29 – Resultados de densidade de massa e teor de ar incorporado CP II.



Fonte: do autor (2025)

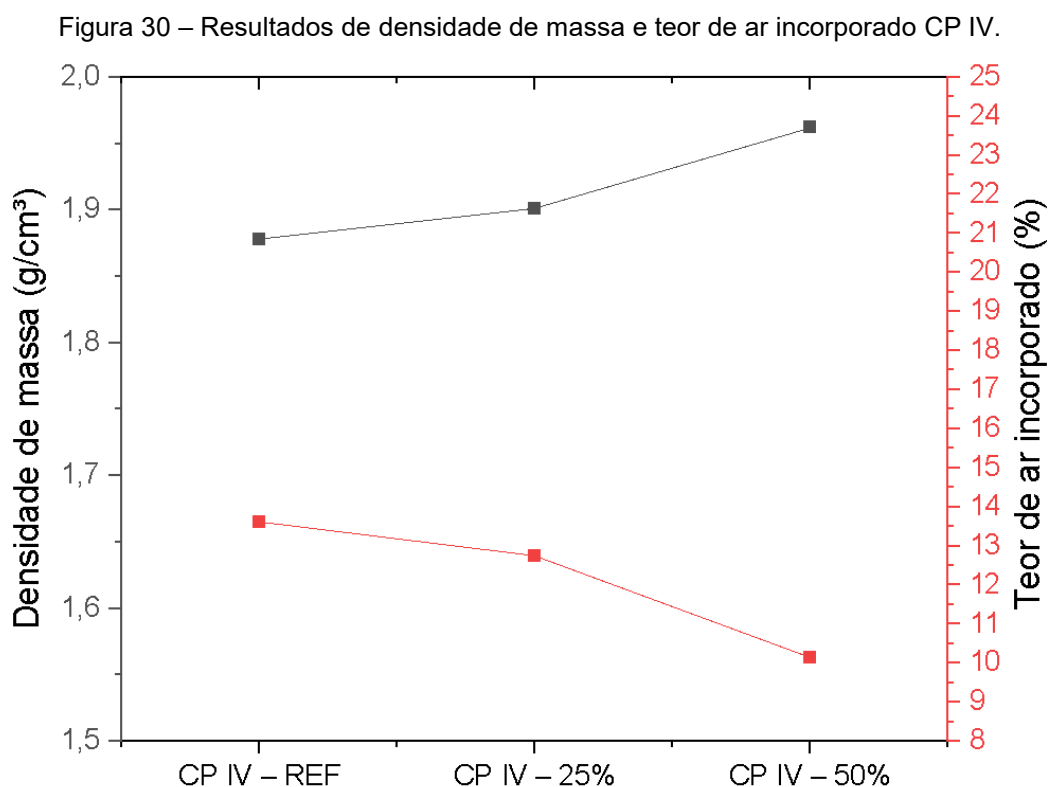
As misturas CP II-REF e CP II - 25% apresentaram densidade de massa baixa e um elevado teor de ar incorporado. Quando uma maior quantidade de cal é adicionada à mistura (CP-50%) a densidade de massa aumenta consideravelmente e ocorre uma redução do teor de ar incorporado na mistura. Parece que o aumento de cal até 25% não interfere na densidade de massa de forma significativa.

#### 4.2.2. Amostras produzidas com CP IV

Para que fosse possível calcular a densidade teórica, que é necessária para o cálculo do teor de ar incorporado, fez-se o uso de bibliografias que fizeram a caracterização de alguns dos materiais necessários, assim como o uso de ensaios de laboratório. Como os valores da massa específica de areia, cal e água são os mesmos para todas as argamassas, a única massa específica variável é a do cimento.

Para o cálculo da densidade de massa de cada mistura, manteve-se com o mesmo recipiente, logo, manteve sua mesma massa e volume. A única variável foi a massa do conjunto argamassa+recipiente ( $M_c$ ).

Os resultados obtidos para cada argamassa produzida com CP IV estão apresentadas na Figura 30.



Fonte: do autor (2025)

Observou-se um comportamento diferente das amostras produzidas com CP II, relacionado à densidade de massa. O aumento da cal promove aumento da densidade de massa e uma redução do ar incorporado nas misturas.

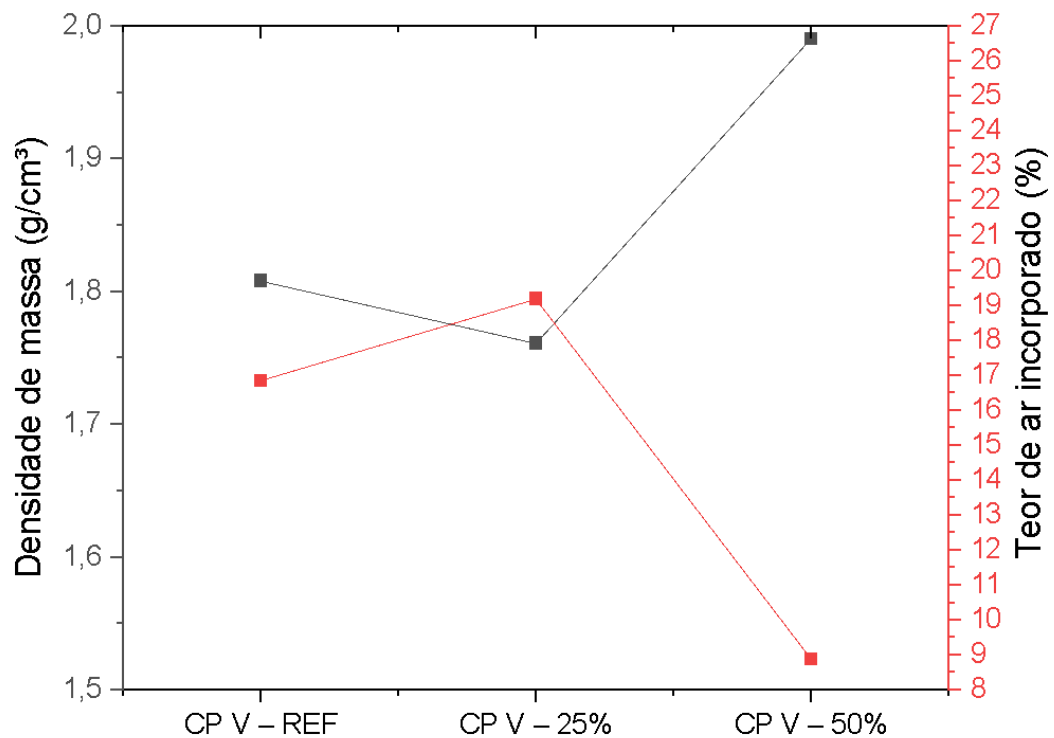
#### 4.2.3. Amostras produzidas com CP V

Da mesma forma, como os valores da massa específica de areia, cal e água são os mesmos para todas as argamassas, a única massa específica variável é a do cimento.

Para o cálculo da densidade de massa de cada mistura, manteve-se com o mesmo recipiente, logo, manteve sua mesma massa e volume. A única variável foi a massa do conjunto argamassa+recipiente ( $M_c$ ).

Os resultados obtidos para cada argamassa produzida com CP V estão apresentadas na Figura 31.

Figura 31 – Resultados de densidade de massa e teor de ar incorporado CP V.



Fonte: do autor (2025)

Densidades de massa semelhantes ao do cimento CPII.

Em geral o aumento de cal até 25% mostra uma tendência de redução da densidade. Para maiores teores a densidade é aumentada de forma importante. O teor de ar incorporado é inversamente proporcional a densidade de massa das argamassas.

Os resultados obtidos nestes ensaios vão de encontro aos resultados apresentados no estudo de Barbosa Filho *et al* (2025), que também realizaram ensaios no estado fresco de argamassas estabilizadas com adição de cal hidratada e relataram resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo.

A NBR 13281-1 (ABNT, 2023) apresenta uma tabela, cuja pode ser feita a classificação da densidade de massa no estado fresco da argamassa. Segundo a Tabela 4, pode-se perceber que todas as amostras são pertencentes à classe DF2 e DF3.

Tabela 4 – Classificação da densidade de massa no estado fresco

| <b>Classe</b> | <b>Densidade de massa no estado fresco (DF)</b><br>g/cm <sup>3</sup> | <b>Método de ensaio</b> |
|---------------|--|-------------------------|
| DF0           | DF < 1,400   | ABNT NBR 13278          |
| DF1           | 1,400 <= DF < 1,600  |                         |
| DF2           | 1,600 <= DF < 1,800  |                         |
| DF3           | 1,800 <= DF < 2,000  |                         |
| DF4           | DF >= 2,000  |                         |

Fonte: adaptado de NBR 13281 (ABNT, 2023)

Conforme os dados experimentais, constata-se uma relação inversa entre o teor de ar incorporado e a densidade de massa da argamassa em seu estado fresco. Ou seja, misturas com maior densidade apresentaram um menor volume de vazios preenchidos por ar. Adicionalmente, a presença de cal na composição demonstrou ser um fator determinante, pois sua dosagem é inversamente proporcional ao teor de ar incorporado; o incremento na quantidade de cal resultou em uma diminuição sistemática do ar incorporado na matriz cimentícia.

Esse comportamento é o mesmo observado por Forti (2017), que explica que o fato de que o ar incorporado na mistura cria micro vazios internos, que ocupam um lugar onde poderia ser ocupado por argamassa, tornando a mistura mais leve, logo, com menor densidade de massa.

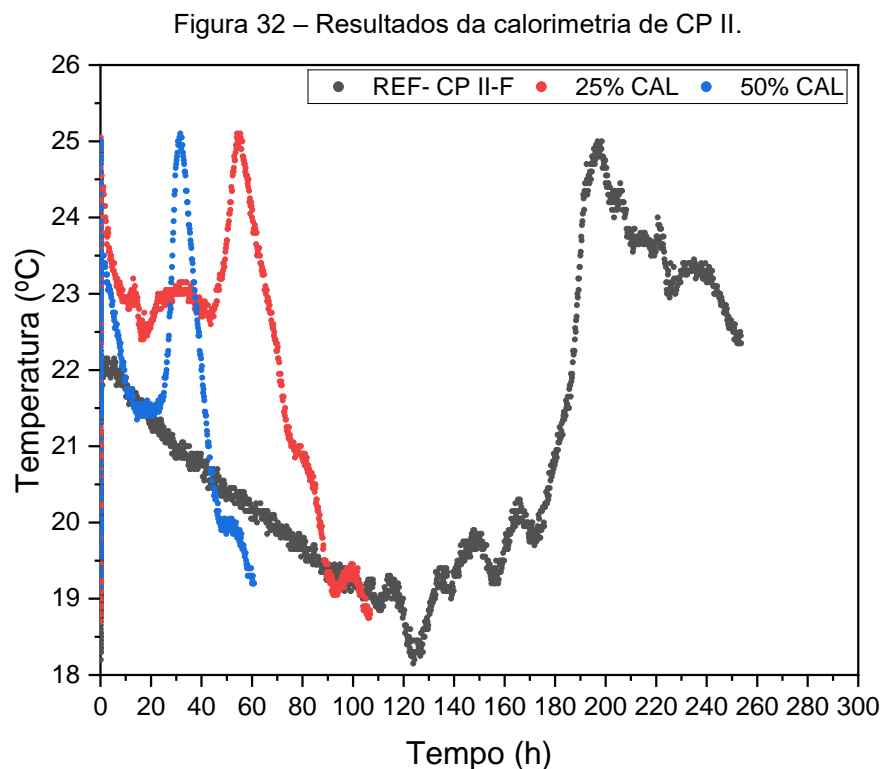
### **4.3. Calorimetria semi-adiabática**

Como já abordado, as amostras ficaram isoladas da temperatura e umidade ambiente por meio de um calorímetro semi-adiabático. A sala do experimento encontrava-se com temperatura constante de aproximadamente 23°C e umidade variável. Por estarem isoladas, pôde-se estudar o tempo de pega das misturas, assim como o calor de hidratação liberado pelas reações da água com o cimento Portland.

#### 4.3.1. Amostras de CP II F-40

Com o auxílio de um datalogger, termopares e do software OMEGA, foi possível monitorar e anotar dados da variação da temperatura ao longo do tempo nas misturas produzidas.

Com os dados recolhidos e tratados, foi possível traçar um gráfico de dispersão de pontos, como mostrado na Figura 32.



Fonte: do autor (2025)

Utilizando o método das tangentes, foi possível obter os resultados relacionados ao tempo de hidratação de cada mistura, traçando uma reta no início da curva de hidratação e uma reta no pico da curva, ambas conectadas ao eixo do gráfico onde está disposto o tempo de ensaio, em horas.

Como pode ser observado, no caso de amostras produzidas com CP II F-40 e sem adição de cal, o tempo antes do início da pega foi de aproximadamente 173 horas de ensaio. A partir da hora 173, as reações de hidratação tiveram início, elevando a temperatura da argamassa. A reação de hidratação perdura até a hora 198

de ensaio, aproximadamente, totalizando um tempo aproximado de 25 horas de hidratação.

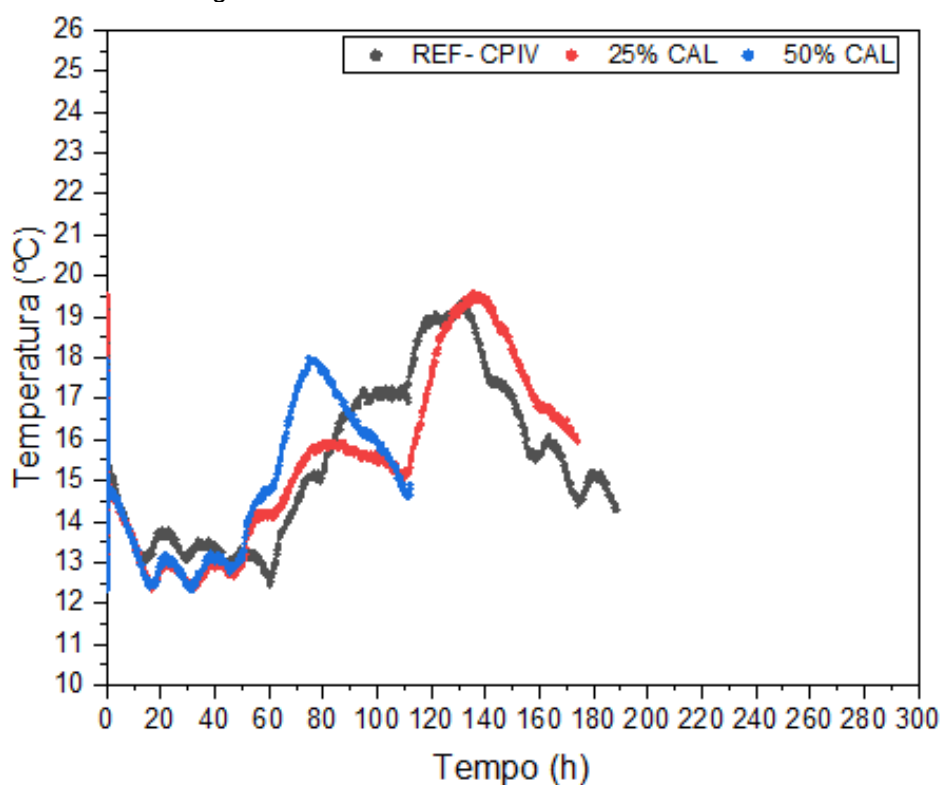
Já para as amostras com adição de cal, pode-se notar uma clara diminuição desse tempo. No caso da amostra com adição de 25% de cal, o início da pega se deu a partir da hora 44 de ensaio, perdurando até a hora 55 de ensaio, totalizando aproximadamente 11 horas de hidratação.

No caso das amostras com adição de 50% de cal, o início da pega se deu bem mais cedo, a partir da hora 22 de ensaio, perdurando até a hora 31 e totalizando assim, um tempo de hidratação de aproximadamente 9 horas.

#### 4.3.2. Amostras de CP IV

Da mesma forma, foram usados os mesmos métodos e equipamentos para o monitoramento e anotação dos dados de variação da temperatura das amostras confeccionadas com CP IV, que obtiveram as seguintes curvas de hidratação, apresentadas na Figura 33.

Figura 33 – Resultados da calorimetria de CP IV.

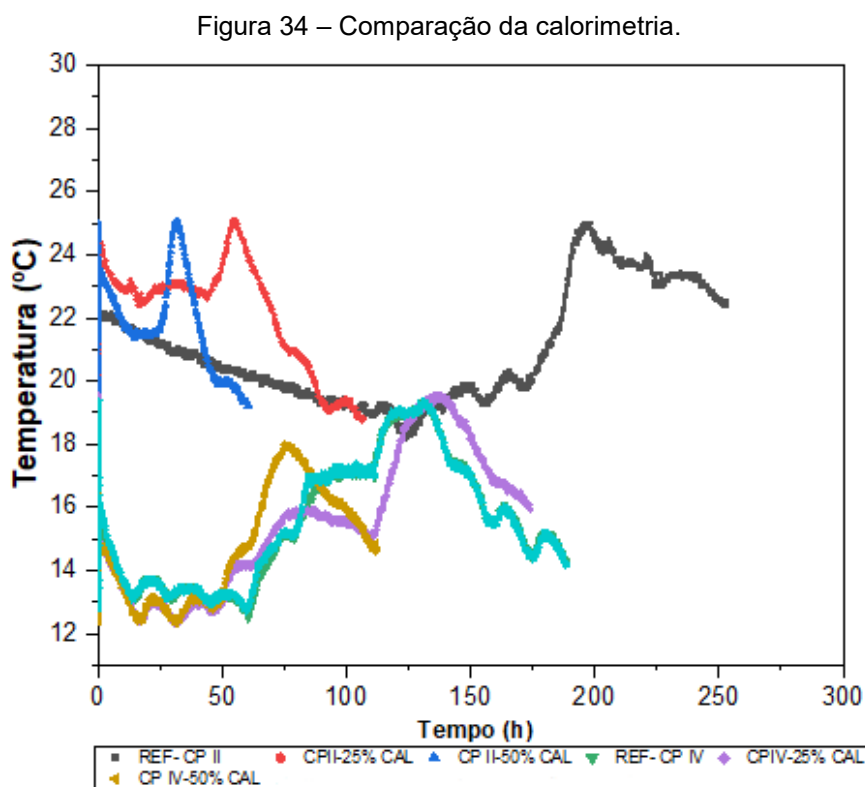


Fonte: do autor (2025)

Através das curvas demarcando o início e o final da pega, é possível analisar alguns pontos. Por exemplo, as amostras de referência e com 50% de cal, tiveram início de pega em tempos de ensaio próximos, sendo que a amostra de referência registrou o início da pega perto das 60 horas de ensaio, enquanto a amostra com 50% de dosagem de cal, registrou o início da pega perto da hora 48. Entretanto, o final da pega foi registrado com bastante espaçamento entre as amostras, sendo que a amostra de referência teve o final da pega após 131 horas de ensaio, tendo seu tempo de hidratação total de 71 horas, enquanto as amostras com 50% de dosagem de cal registraram o final da pega após 78 horas de ensaios, totalizando o tempo de hidratação de 30 horas aproximadas.

Já as amostras com dosagem de 25% de cal, apresentaram um comportamento diferente, pois essas apresentaram um tempo de início de pega após 110 horas aproximadas de ensaio, e o final de pega após aproximadamente 138 horas de ensaio, totalizando então, um tempo de hidratação aproximado de 28 horas.

Por fim, a Figura 34 apresenta uma comparação das amostras estudadas e que já tiveram a conclusão do ensaio de calorimetria.



Fonte: do autor (2025)

Tabela 5 – Comparação da calorimetria.

| Tipo Cimento                 | Horas          | Misturas |     |     |
|------------------------------|----------------|----------|-----|-----|
|                              |                | REF      | 25% | 50% |
| CP- II                       | Início (horas) | 173      | 44  | 22  |
|                              | Fim (horas)    | 198      | 11  | 31  |
| Reação de Hidratação (horas) |                | 25       | 33  | 9   |
|                              |                |          |     |     |
| CP IV                        | Início (horas) | 60       | 110 | 48  |
|                              | Fim (horas)    | 131      | 138 | 78  |
| Reação de Hidratação (horas) |                | 71       | 28  | 30  |
|                              |                |          |     |     |
| CP V                         | Início (horas) |          |     |     |
|                              | Fim (horas)    |          |     |     |

Fonte: do autor (2025)

Com a conclusão do ensaio de calorimetria e com a obtenção dos dados, foi possível perceber que as argamassas produzidas sem adição de cal, apresentaram, em sua maioria, um retardo no tempo de pega, comparado às argamassas produzidas com a adição de cal, independente do cimento Portland utilizado. Esse mesmo comportamento foi obtido nos estudos de Trevisol Jr. e Koman (2019), colaborando para a conclusão apresentada nesse trabalho.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste item, serão apresentados as considerações finais obtidas após a realização e obtenção dos dados, através dos ensaios e estudos realizados.

Com a realização do ensaio de *flow table*, ficou evidenciada a influência da presença de cal na argamassa, pois reduziu a propriedade avaliada. Conforme visto, as amostras de referência apresentaram um diâmetro médio de aproximadamente 280 mm, com uma pequena margem de desvio para a amostra produzida com CP V. Essa diferença pode estar relacionada à granulometria do CP V, que é mais fina que os demais cimentos Portland estudados.

Já para as amostras com cal, o diâmetro de espalhamento médio foi inferior que o diâmetro das amostras de referência, sendo proporcionalmente inversa à dosagem de cal, ou seja, quanto mais cal presente na mistura, menor foi o diâmetro médio da mistura.

Os ensaios de densidade de massa no estado fresco e teor de ar incorporado apontam que a cal tem influência nos resultados. Foi evidenciado que, a partir da adição de cal, as argamassas apresentaram menor teor de ar incorporado, sendo que quanto maior foi a dosagem de cal, menor foi o teor de ar incorporado, na maioria das misturas.

Com isso, foi possível determinar a densidade de massa no estado fresco de cada mistura, pois essa tem a influência do teor de ar incorporado, já que este causa vazios na argamassa, diminuindo o peso da mesma, e conseqüentemente, diminuindo a sua densidade de massa. Destaca-se que quanto maior foi o teor de ar incorporado, menor foi a densidade de massa no estado fresco da mistura.

Através dos ensaios de calorimetria semi-adiabática foi possível identificar, de forma clara, os efeitos da adição de cal hidratada nos tempos de pega e na duração das reações de hidratação das argamassas, com variações significativas entre os tipos de cimento analisados.

Para o cimento CP II F-40, observou-se que a adição de cal acelerou consideravelmente o início da reação de hidratação em relação à amostra de referência, reduzindo o tempo de pega. Além disso, também houve redução no tempo entre início e final de pega. Esse comportamento evidencia a influência negativa da cal no processo de ativação inicial da mistura, tornando o material mais reativo. Este

comportamento é negativo em argamassas estabilizadas, pois nestas se buscam materiais menos reativos e um maior tempo em aberto de utilização das misturas.

Nas amostras com CP IV, os resultados também demonstraram que a cal teve influência relevante. As misturas com 50% de cal apresentaram início de pega mais precoce e menor tempo total de hidratação quando comparadas à referência. Curiosamente, a amostra com 25% de cal apresentou um comportamento intermediário, com início de pega mais tardio, mas com uma duração de hidratação ainda inferior à da referência.

Por fim, para o cimento CP V, os ensaios ainda não foram concluídos até o momento da entrega deste trabalho, e os dados complementares serão apresentados na defesa, permitindo uma análise mais ampla do comportamento da cal em diferentes tipos de cimento.

Dessa forma, os resultados obtidos indicam que a cal hidratada exerce papel relevante na antecipação da pega e na modulação do tempo de hidratação das argamassas de revestimento, sendo um agente potencial para otimização do desempenho de misturas em obras que demandem maior controle ou agilidade na execução.

## 6. REFERÊNCIAS

ALVES, Nielsen José Dias. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia, departamento de Engenharia Civil. Brasília, 2002.

ANTONIAZZI, J. P. *et al.* Ação dos aditivos estabilizador de hidratação e incorporador de ar em pastas de cimento Portland. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 3, p. 249-262, 2020.

ANTONIAZZI, Juliana Pippi. **O efeito dos aditivos incorporador de ar e estabilizador de hidratação nas propriedades das argamassas estabilizadas**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Santa Maria, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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, ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassas inorgânicas – requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15261**: Argamassa para revestimento de paredes e tetos - determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear). Rio de Janeiro, ABNT, 2005.

BAUER, L.A. Falcão. **Materiais de construção, Volume 2**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2005.

BAUER, E. *et al.* Requisitos das argamassas estabilizadas para revestimento. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, v. 11, 2015.

BARBOSA FILHO, Eliezer *et al.* Argamassa usinada estabilizada dosada em central: avaliação da influência do tipo de cal hidratada. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, v. 15, 2025.

CASALI, J. M. *et al.* Influence of cement type and water content on the fresh state properties of ready mix mortar. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 2, p. 33-52, 2018.

CASALI, J. M. Avaliação do tipo de cimento Portland nas propriedades da argamassa estabilizada ao longo do tempo. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20. 2024. **Anais do XX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Porto Alegre: ANTAC, 2024.

DA LUZ, C. A. M. H.; PEREIRA, F. M. **A importância da correta dosagem de aditivo controlador de hidratação: Estudo de caso de manifestações patológicas em uma bacia de contenção**. 2021.

DACHERY, Mônica. **Avaliação das propriedades da argamassa estabilizada para revestimento externo: Aplicação em diferentes substratos, durante diferentes períodos de utilização**. 2015. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIVATES, curso de Engenharia civil. Lajeado, 2015.

DUÓ, Danielli. **Estudo da aderência e da absorção de água em argamassas de revestimento com agregados reciclados de PET em substratos de blocos cerâmicos**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, curso de Engenharia Civil. Alegrete, 2017.

FORTI, Eduardo Zambiasi. **Influência da cal hidratada nas características da argamassa de revestimento realizada em obra**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário Univates, curso de Engenharia Civil. Lajeado, 2017.

GIORDANI, Caroline. **Influência da cal hidratada no comportamento de argamassas mistas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Área de Concentração em Construção. Porto Alegre, 2017.

MACIOSKI, G. ; KUSZKOWSKI, H. ; COSTA, M. R. M. M. ; CASALI, J. M. . **Avaliação de Propriedades no Estado Fresco e Endurecido de Argamassas Estabilizadas**. In: X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2013, Fortaleza. Anais do X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2013.

MARIO, Mauro. **Argamassas estabilizadas produzidas na cidade de Porto Alegre/RS: Avaliação de suas propriedades ao longo do tempo**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura. Porto Alegre, 2019.

MARQUEZAN, Leonardo de Oliveira. **Influência da absorção de água inicial do substrato cerâmico nas propriedades de argamassa estabilizada**. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura. Porto Alegre, 2024.

MATOS, Paulo Ricardo de. **Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

MATOS, Paulo Ricardo de; SCHANKOSKI, Rudiele; JR, L.R. Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto. **Anais do 56º Congresso Brasileiro do Concreto**. Natal, 2014.

MATTOS, F. R de. *et al.* Estudo comparativo da viabilidade econômica entre argamassa estabilizada e argamassa produzida em um canteiro de obra na cidade de Teófilo Otoni - MG. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 1, n. 1, 2018.

MELO, Fernanda Domingues de. **Estudo da influência da cura em argamassa estabilizada para revestimento**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Departamento Acadêmico De Construção Civil, curso superior de graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2018.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto, 5ª Edição**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2016.

OLIVEIRA, José Pedro Marquezan de. **Influência do módulo de finura nas propriedades de argamassas com aditivo incorporador de ar**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Santa Maria, 2019. PAIVA, Sérgio Carvalho; GOMES, Eduardo Alves de Oliveira; OLIVEIRA, Romilde Almeida de. Controle de qualidade da cal para argamassas-metodologias alternativas. **Revista Ciência e Tecnologia**, jul./dez, 2007.

PAGNUSSAT, D. T.; VIDOR, D.; MASUERO, A. B. **Avaliação de propriedades de argamassas estabilizadas ao longo do seu tempo de utilização**. In: Congresso Português de Argamassas e ETICS. 2012.

PINHEIRO, Rafaella Carapeba *et al.* Avaliação das propriedades da argamassa estabilizada de 36 horas em diferentes tempos de utilização. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, v. 13, p. 440-447, 2019.

ROMANO, Roberto Cesar de Oliveira. **Incorporação de ar em materiais cimentícios aplicados em construção civil**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. São Paulo, 2013.

SEQUEIRA, Eduardo Martins; GHISLENI, Geisiele. A influência da Adição de Filler Calcário em Substituição Parcial ao Cimento em Argamassa Estabilizada de Revestimento de Paredes e Tetos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 20-38, 2020.

SILVA JÚNIOR, Antonio Lisboa da. **Análise comparativa entre argamassa estabilizada e argamassa convencional preparada em obra para assentamento**

**de vedação.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Faculdade Ari de Sá. Curso de Engenharia Civil. Fortaleza, 2021.

SILVA, LORENA et al. Estudo das propriedades de argamassas estabilizadas. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, v. 13, p. 504-512, 2019.

SILVA, Thaís do Socorro Matos da. **A influência do teor de ar incorporado no processo de estabilização de argamassas.** 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura. Porto Alegre, 2021.

SOUZA, Aline Ferreira de. **Otimização do uso de aditivo estabilizador de hidratação do cimento em água de lavagem dos caminhões-betoneira para produção de concreto.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2007.

SOUZA, M. M.; SILVA, A. L. O.; PINA, L. V. G. Caracterização de agregado miúdo fornecido na microrregião do agreste potiguar, popularmente denominado “areia barrada”. **HOLOS**, v. 4, p. 395-407, 2017.

TAMBARA, Rafael Fumaco. **Autocicatrização de concretos com uso de aditivo cristalizante.** 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Pampa. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Alegrete, 2024.

TREVISOL JR, LUIZ A.; KOMAN, DIOSNEI F. Estudo da interferência do uso da cal hidratada no tempo de estabilidade em argamassas estabilizadas dosadas em central. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, v. 13, p. 25-33, 2019.

VIECILI, M. J. C.; HASTENPFLUG, D.; GIRARDI, R. Comparativo entre o teste de Vicat e a calorimetria semi-adiabática para determinação do tempo de início e fim de pega em cimentos Portland. **Revista Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, p. e12172, 2018.