XV SBTA Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas
Porto Alegre/RS - 11 a 13 de junho de 2025

PARAMETRIZAÇÃO DE ENSAIOS NO ESTADO FRESCO DE ARGAMASSAS DE HIDRATAÇÃO CONTROLADA

Parameterization of tests in the fresh state of stabilized mortars

ELIZAMARY OTTO FERREIRA[1], LUIZ ALBERTO TREVISOL JUNIOR [2], FERNANDA FERNANDES RIBEIRO [3], SAMUEL AUGUSTO BATAIOTE [4]

[1]Supervisora Técnica, Hobi S.A – Mineração de Areia e Concreto, elizamary@hobimix.com.br
[2] Identificação do autor, Hobi S.A – Mineração de Areia e Concreto, luiz.alberto@hobimix.com.br
[3] Supervisora Técnica, Hobi S.A – Mineração de Areia e Concreto, fernanda@hobimix.com.br
[4] Analista Técnico, Hobi S.A – Mineração de Areia e Concreto, samuel@hobimix.com.br

RESUMO

A produção de argamassas de hidratação controlada em usinas possuem critérios de qualidade baseados nos ensaios de ar incorporado e o índice de consistência como parâmetro, que podem variar algumas vezes dos padrões estabelecidos. Dito isso, esse estudo desenvolveu um conjunto de correlações e equações para os produtos, a fim de restabelecer os parâmetros desejados. Com dados de três meses da produção para três argamassas distintas, para as cargas com inconsistência no índice de abatimento foi criada uma tabela de correção baseada no volume de carregamento e na variação do ensaio em relação ao padrão. Para as argamassas com falta de ar incorporado, foi possível criar equações para dosagem de aditivo incorporador de ar extra para corrigir a densidade dos produtos. Esses métodos trouxeram padronização nas redosagens das argamassas, garantindo qualidade e eficiência no processo de produção.

Palavras-chave: Argamassa estabilizada. Ar incorporado. Índice de consistência. Produção.

ABSTRACT

The production of controlled hydration mortars in plants has quality criteria based on incorporated air tests and the consistency index as a parameter, which can sometimes vary from the established standards. That said, this study developed a set of correlations and equations for the products in order to reestablish the desired parameters. Using three months of production data for three different mortars, a correction table was created for loads with inconsistent slump index, based on the loading volume and the variation of the test in relation to the standard. For mortars with a lack of incorporated air, it was possible to create equations for dosing an extra air-entraining additive to correct the density of the products. These methods brought standardization to the redosing of mortars, ensuring quality and efficiency in the production process.

Key-words: Stabilized mortar. Incorporated air. Consistency index. Production.

Como citar:
FERREIRA, E.O.; TREVISOL JUNIOR, L. A.; FERNANDA FERNANDES RIBEIRO, F. F.; BATAIOTE, S. A. Parametrização de ensaios de argamassas de hidratação controlada. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025.

INTRODUÇÃO

Um dos produtos utilizados dentro dos canteiros de obras é a argamassa, utilizada para regularização de superfícies como paredes, tetos e contrapisos. A sua industrialização foi possível graças às tecnologias de aditivos como estabilizadores e incorporadores de ar. Desta forma, o mercado passou a comercializar argamassas com tempos de estabilidade de 12 até 72 horas, a depender do objetivo de aplicação do produto [3].

Dentro desse contexto, a produção de argamassa de hidratação controlada em centrais dosadoras tem se destacado como uma solução eficiente, promovendo um consumo mais consciente dos materiais. Ao medir com precisão a quantidade necessária para cada projeto, o construtor otimiza o uso e a aplicação do produto, reduzindo a necessidade de estoques excessivos e minimizando o desperdício de recursos [4].

No entanto, mesmo nas centrais dosadoras, podem ocorrer variações nos processos de carregamento e dosagem das cargas de argamassas, comprometendo sua qualidade final. Para assegurar a conformidade com os padrões estabelecidos, parâmetros como a densidade do ar incorporado e o índice de consistência são empregados para monitorar a qualidade. Quando os testes apontam resultados divergentes, ajustes na dosagem são necessários para restaurar as características ideais do produto.

Durante o desenvolvimento dos traços de argamassa, são estimados parâmetros de estabilidade com base em ensaios de teor de ar incorporado e índice de consistência. Isso cria margens seguras para garantir que as argamassas produzidas atendam aos requisitos necessários para uma aplicação eficaz. Isso inclui a aderência da argamassa em revestimentos de paredes, a capacidade de suportar o peso dos blocos de vedação durante a execução de fechamentos em alvenarias e a viabilidade de realizar o nivelamento de superfícies no caso de argamassas de contrapiso.

Com base nisso, este estudo tem como objetivo analisar os parâmetros das cargas de argamassa produzidas, identificando as proporções de ajustes necessários com base nas divergências identificadas no índice de consistência ou no teor de ar incorporado. O foco é aprimorar o processo produtivo e garantir a padronização nas redosagens dos produtos, a fim de mitigar problemas de estabilidade e trabalhabilidade no estado fresco, bem como resistências no estado endurecido da argamassa.

PROGRAMA EXPERIMENTAL

MATERIAIS

Esta pesquisa utilizou-se da base de dados de uma central dosadora da região metropolitana de Curitiba- Paraná referente a produção de argamassas de revestimento e assentamento (RA), fachada (RF) e contrapiso (AC). Os dados foram divididos conforme o tipo do produto, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de amostras para cada tipos de argamassas.

Produto	Quantidade de amostras
Revestimento e Assentamento	102
Fachada	44
Contrapiso	16
Total	162

Fonte: Os autores (2025).

MÉTODOS

As argamassas de hidratação controlada produzidas em central são dosadas de acordo com a função em que será aplicada dentro do canteiro, sendo que as proporções de aglomerantes, agregados miúdos, aditivos e água variam de acordo com seu tipo, tempo de estabilidade e necessidade de resistência no estado endurecido. Os parâmetros de verificação de qualidade são determinados através de ensaios realizados no estado fresco, sendo eles o ensaio do teor de ar incorporado [2] e o índice de consistência [1].

Os parâmetros de cada material variam conforme a aplicação desejada. O cálculo do teor de ar incorporado é realizado por meio da medição do peso do material em um copo de 400 ml, e a densidade obtida é comparada com a densidade real, sem vazios, previamente calculada durante a dosagem [2]. Quando o peso é inferior ao especificado, o teor de ar incorporado é superior ao valor parametrizado, e quando o peso é maior, o teor de ar incorporado é inferior ao esperado. No caso do ensaio de índice de consistência, o parâmetro medido é o espalhamento da argamassa após o teste [1]. Os limites estabelecidos para esses ensaios, de acordo com cada tipo de produto, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2– Parâmetros de ensaios para cada argamassa analisada.

Argamassa	Peso de copo (g)	Teor de ar incorporado calculado (%)	Abertura do índice de consistência (mm)
Revestimento e Assentamento	645 – 669	24,5 – 21,5	255 - 270
Fachada	642 - 663	24,5 – 22,0	250 - 260
Contrapiso	720 - 753	24,5 – 21,0	240 - 250

Fonte: Os autores (2025).

As matérias-primas empregadas nas argamassas RA e AF incluem Cimento Portland CP IV 32 RS, cal hidratada CH I, areia natural fina, aditivo estabilizador de hidratação, aditivo incorporador de ar e água. Para a produção do contrapiso, utilizam-se Cimento Portland CP II F 40, areia natural, areia britada, aditivos estabilizador de hidratação, aditivo incorporador de ar e água. Todas as argamassas possuem o padrão de medida para carregamento baseado em números de caixas, no qual o volume de cada “caixa” é de 333L, sendo que a soma de três caixas é equivalente à 1m³ de material entregue, onde a quantidade mínima de tamanho de carga é de nove caixas e o valor máximo é de 29 caixas por conta da capacidade do balão do caminhão betoneira.

Após a preparação das argamassas, são realizados os ensaios para avaliar os parâmetros de estabilidade, incluindo a medição do teor de ar incorporado (peso de copo) e o índice de consistência. Para a pesquisa, utilizando 162 amostras de cargas com inconsistência

produzidos durante três meses de produção, todas passaram por processos de readequação de traço para ajustar os parâmetros de estabilidade, sendo eles apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Método de correção de cargas inconsistentes de acordo com o parâmetro discrepante.

Parâmetro discrepante identificado	Método para adequação de traço
Teor de ar incorporado superior ao determinado	Redosagem com aglomerantes e aditivos estabilizadores
Teor de ar incorporado inferior determinado	Redosagem com aditivo incorporador de ar
Abertura de consistência superior determinado	Redosagem com materiais secos e aditivos

Fonte: Os autores (2025).

Foram adotadas três metodologias para a correção do carregamento: para situações com excesso de ar incorporado (menor peso de copo), realiza-se a adequação da densidade da argamassa, incorporando os aglomerantes e o aditivo estabilizador de cada receita. Nos casos em que há falta de incorporação de ar (maior peso de copo), é necessário adicionar o aditivo incorporador de ar. Já quando a medida do diâmetro de abertura excede o valor especificado, a correção é feita por meio do acréscimo de aglomerantes, aditivos e agregados miúdos conforme o traço original.

O parâmetro de abertura inferior não foi considerado, pois esse comportamento era corrigido durante o processo de dosagem da carga. Nos casos em que a carga original apresentava abertura superior ao valor determinado, foram descartadas parte do material carregado, de modo que, ao adicionar materiais secos, o volume final carregado não ultrapassasse o total de 29 caixas.

Com as informações coletadas na pesquisa, incluindo o volume de argamassa carregada, os parâmetros de estabilidade pós-carregamento, o método de redosagem empregado e os resultados dos ensaios após a redosagem, foram elaborados gráficos e equações que correlacionam as redosagens de acordo com cada produto analisado.

Com os dados levantados na pesquisa, utilizou-se a correlação de Pearson entre as variáveis, para verificar as relações entre elas. Caso o resultado do teste fosse igual ou inferior a 0, indicava-se a ausência de associação entre as variáveis, enquanto valores próximos de 1 indicavam uma correlação direta entre elas.

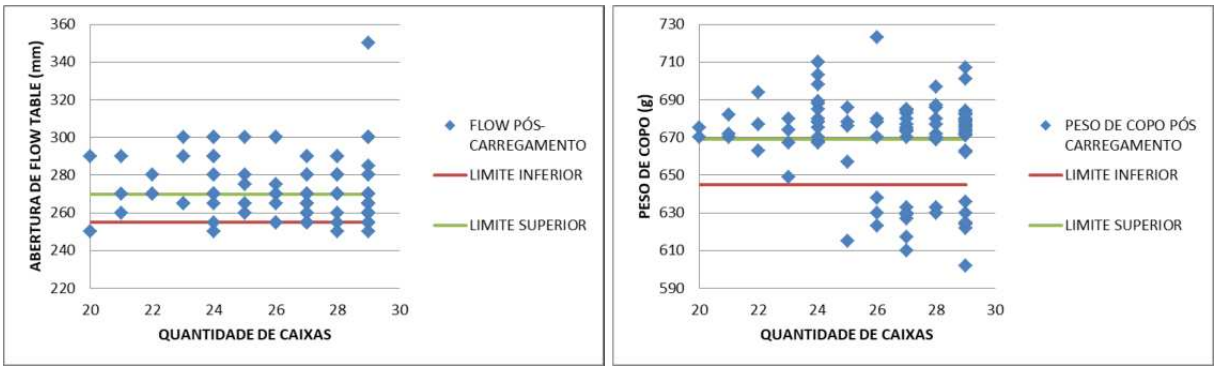
Desta forma, com os métodos de redosagens em que a relação de Pearson apresente resultados próximos a 1 se gerou gráficos e equações através do uso do *Microsoft Excel 2010* para utiliza-los no processo produtivo da central dosadora como método padrão de redosagem de cargas de argamassa.

RESULTADOS

ARGAMASSA DE REVESTIMENTO E ASSENTAMENTO

Para as argamassas de Revestimento e Assentamento, os resultados de índice de consistência e os pesos de copo são apresentados na Figura 1.

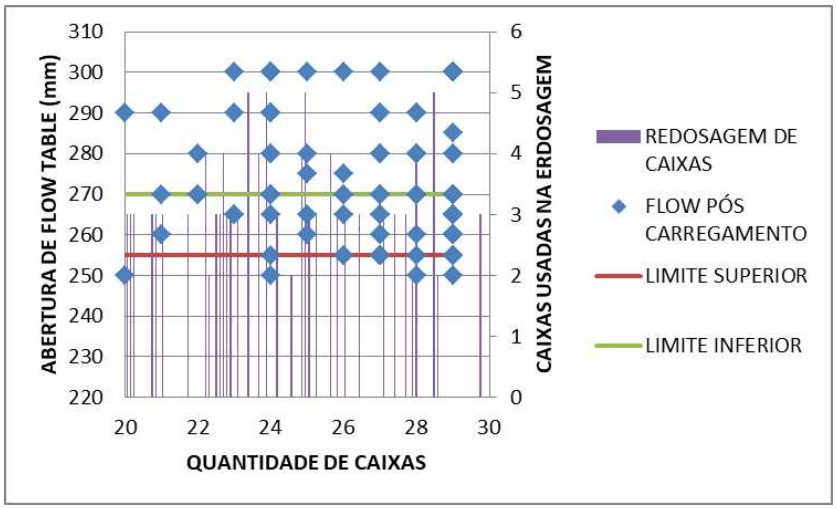
Figura 1 – Resultados de ensaio de índice de consistência e de teor de ar incorporado das RAs.



Fonte: Os autores (2025).

Conforme apresentado na Figura 1, os resultados de consistência apresentados oscilavam de 270 até 300mm de abertura, representando 56% das cargas analisadas, os pesos de copo apresentaram valores entre 600 e 720g, com 77% apresentando falta de ar incorporado e 12% excesso de teor de ar. Para a correção das cargas com espalhamento superior ao limite estipulado as redosagens foram feitas adicionando "caixas" de material seco, como na Figura 2.

Figura 2 – Quantidade de caixas adicionadas na carga de argamassa para correção do espalhamento.

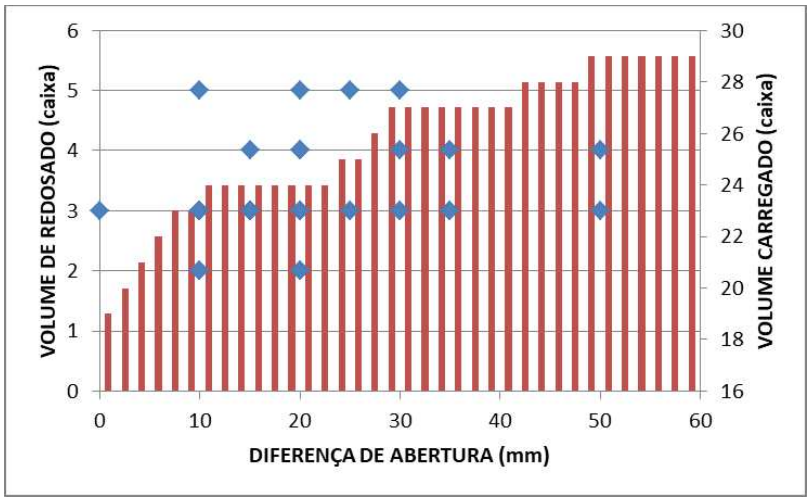


Fonte: Os autores (2025).

Com os dados provenientes da Figura 2, observa-se que dos resultados analisados 61% das ocorrências utilizaram a redosagem de três caixas secas e 15% redosagem de quatro caixas. Sendo assim, adotando a regra que para as cargas com mais que 26 caixas é necessário o descarte de parte do material, disto, a razão entre "Número de caixas redosadas" pela "Quantidade de caixas na carga" deve estar na ordem de 12%.

O gráfico de correlação para implantação é apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Correlação para redosagem da consistência das argamassas de RA.

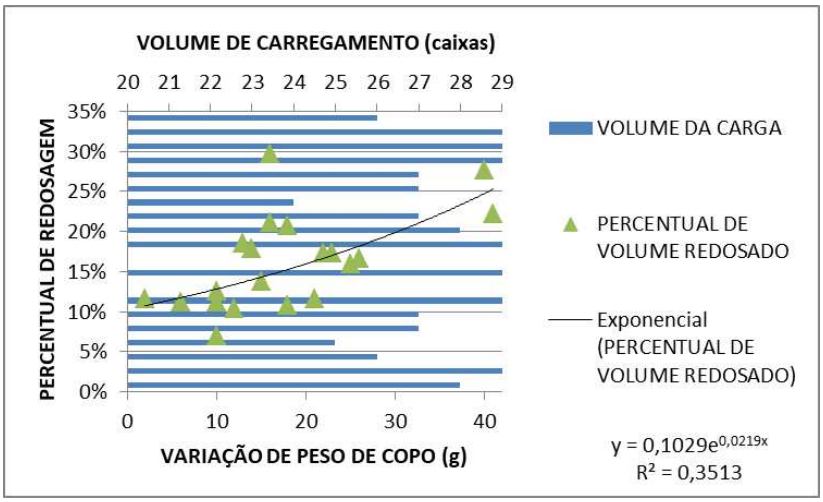


Fonte: Os autores (2025).

Na Figura 3, a correlação é baseada na diferença de abertura com o volume original carregado, sendo que as barras em vermelho indicam o volume a ser redosado a depender do volume original. Sendo assim, para cargas com abertura entre 10 e 30 mm deverão ser redosadas com três caixas, entre 30 e 45 mm com quatro caixas, 45 até 50 mm com 5 caixas e acima disto, 6 caixas, sendo sempre o volume final da carga máximo de 29 caixas carregadas.

Em relação à redosagem pelo excesso de teor de ar incorporado, as dosagens foram realizadas pela quantificação de “caixas” de aglomerantes e aditivos, disto, se correlacionou o percentual de volume redosado em relação ao volume carregado e qual foi a variação de aumento de peso de copo, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 –Relação entre percentual de redosagem e peso de copo.



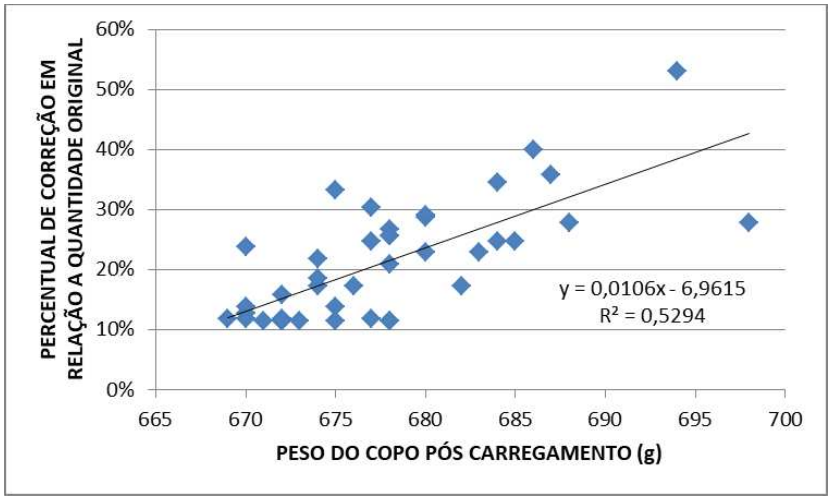
Fonte: Os autores (2025).

Com os dados apresentado na Figura 4, o resultado do cálculo de correlação de Pearson foi de 0,58, onde por definição, quanto mais próximo de 1 esse valor estiver, maior a relação

entre os dados analisado, justificando correlacionar os valores de variação de peso de copo com o percentual de caixas utilizadas na redosagem das cargas de argamassas.

Para as cargas que apresentaram valores de peso de copo superiores ao parâmetro estipulado, os resultados das redosagens são apresentados na Figura 5.

Figura 5 – Relação entre redosagem de aditivo incorporador de ar e variação de peso de copo.



Fonte: Os autores (2025).

Como apresentado na Figura 5, quando existe uma falta da incorporação de ar com a dosagem de aditivo pré-determinada no traço, a correção com a adição de uma quantidade extra de incorporador pode ser calculada pela Equação 1, onde, o peso do aditivo necessário para a redosagem ($Peso\ aditivo_{redosagem}$) é calculado multiplicando o peso total do aditivo que foi utilizado na carga original de argamassa ($Peso\ aditivo_{carregado}$) pela equação da curva linear da Figura 5, onde o valor de *x* corresponde ao pelo do copo pós carregamento.

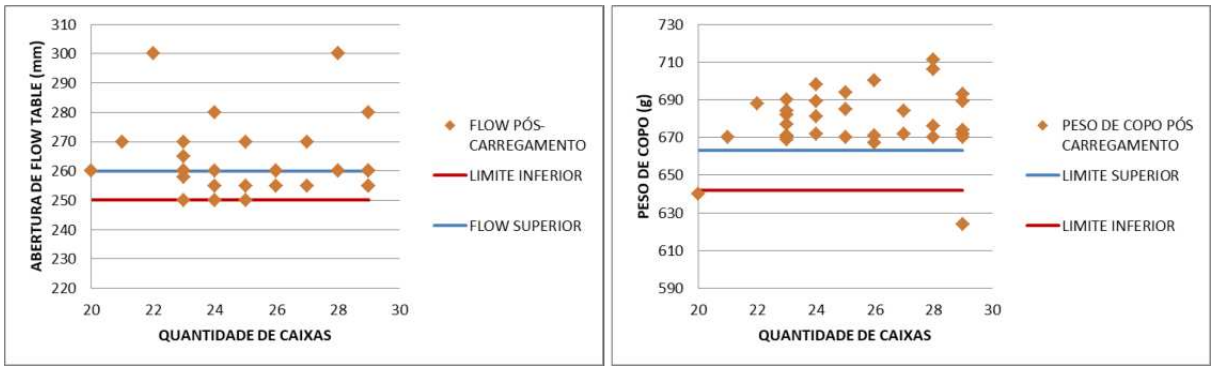
$$Peso\ aditivo_{redosagem} = Peso\ aditivo_{carregado} * (0{,}0106 * peso\ do\ copo - 6{,}9615) \quad (1)$$

O R^2=0,5294 apresenta uma correlação média, utilizou-se a ferramenta de correlação de Pearson que retornou um resultado de 0,73, indicando uma alta taxa de correlação como critério para aceite da equação.

Argamassa de Revestimento de Fachada

Para as argamassas de Revestimento de fachada, os resultados de espalhamento e os pesos de copo são apresentados na Figura 6.

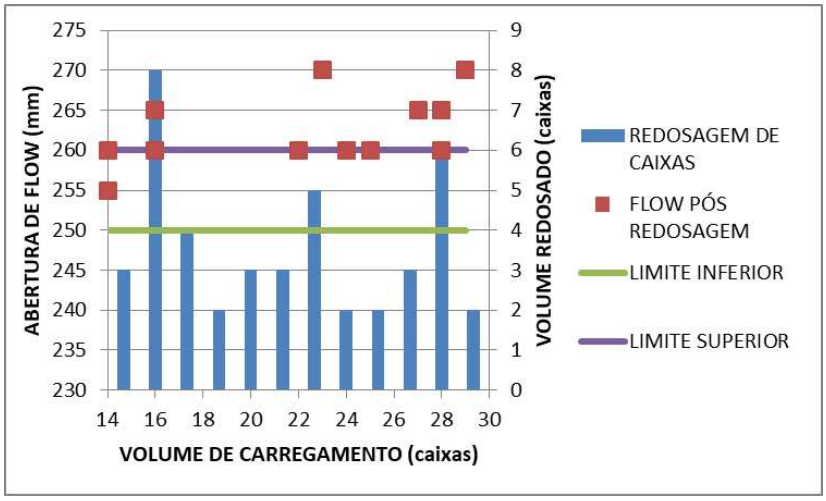
Figura 6 – Resultados de ensaio de *flow table* e de teor de ar incorporado das AFs.



Fonte: Os autores (2025).

Na Figura 6, se observa que os resultados de abertura variam de 250 à 300 mm sendo que em 68% dos resultados a abertura superou o parâmetro de 260mm. Para o peso de copo, 88% das argamassas tiveram teores de ar inferior ao estipulado e 9% apresentaram maior incorporação de ar. Com isso, a primeira analise considerando a correção de abertura pode ser observada na Figura 7.

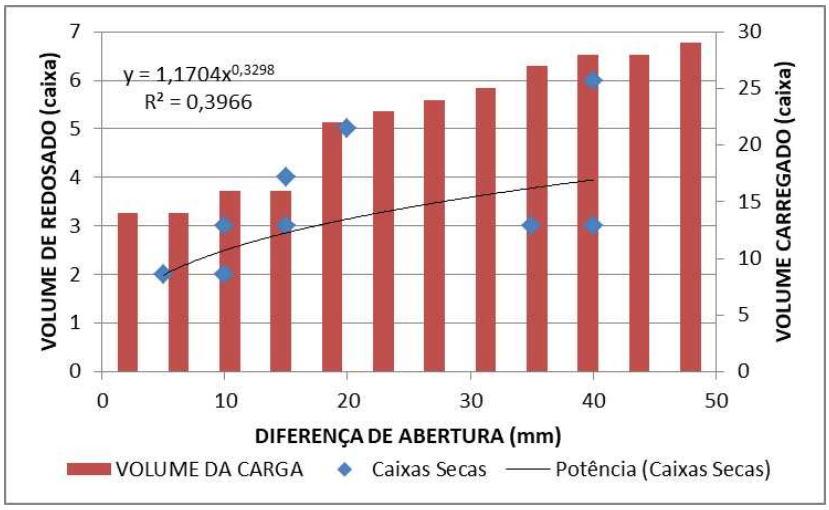
Figura 7 – Resultados de ensaio de consistência das argamassas de fachada.



Fonte: Os autores (2025).

Observando a Figura 7, tem-se que 41% das amostragens resultaram espalhamento acima de 260 mm. Disto, a razão entre “Número de caixas redosadas” pela “Quantidade de caixas na carga” na média fica em 16%, parte disto se da pelo fato que a abertura admissível deste produto ser menor, sendo necessário o consumo maior de caixas secas. Seguindo isto, foi possível criar um gráfico de correlação dos dados como apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Correlação para redosagem de consistência das argamassas de fachada.



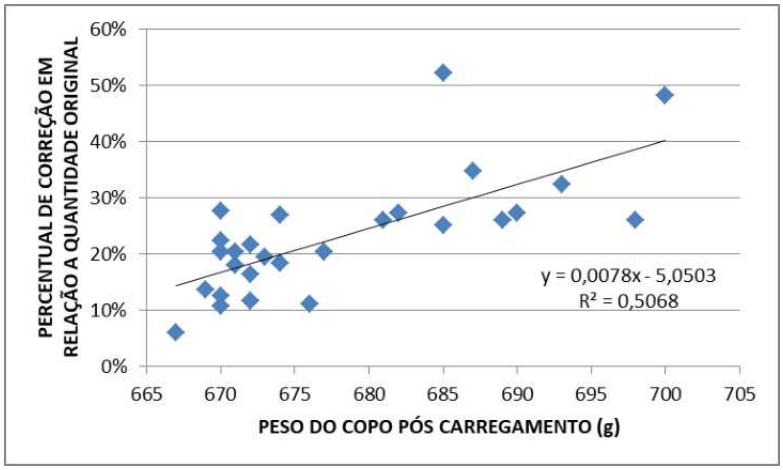
Fonte: Os autores (2025).

Com a Figura 8, foi possível desenvolver uma correlação onde, acessando com o volume carregado e qual a diferença de abertura de consistência se deseja atingir é possível retornar o volume de caixas a serem redosadas, padronizando o processo de correção de carga.

Em relação à correlação dos resultados, entre as diferenças de aberturas de *flow table* em relação ao volume redosado, o resultado foi de 0,51, sendo assim, existe uma correlação entre os valores encontrados. Analisando as cargas que possuem excesso de teor de ar incorporado, não houve ocorrência suficiente para realizar a correlação de resultados.

Para os resultados que não atingiram o teor mínimo de ar incorporado, a Figura 9 expressa a relação entre a redosagem de aditivo incorporador de ar e os valores de abertura.

Figura 9 – Relação entre redosagem de incorporador de ar e variação de peso de copo das fachadas.



Fonte: Os autores (2025).

Como apresentado na Figura 9, o percentual de redosagem de incorporador de ar para as argamassas de Fachada segue a Equação 2, onde, o peso do aditivo necessário para a redosagem ($Peso\ aditivo_{redosagem}$) é multiplicado pelo peso total do aditivo que foi

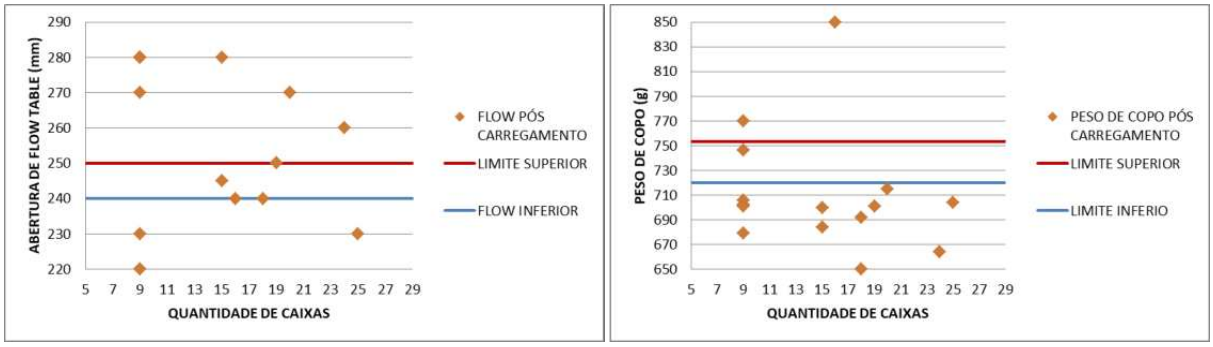
utilizado na carga original de argamassa ($Peso\ aditivo_{carregado}$) pela equação da curva da Figura 9, onde o valor de *x* corresponde ao pelo do copo pós carregamento

$$Peso\ aditivo_{redosagem} = Peso\ aditivo_{carregado} * (0{,}0078 * peso\ do\ copo - 5{,}0503) \quad (2)$$

ARGAMASSA DE CONTRAPISO

Para as argamassas de Contrapiso, os resultados de abertura de *flow table* e os pesos de copo são apresentados na Figura 10.

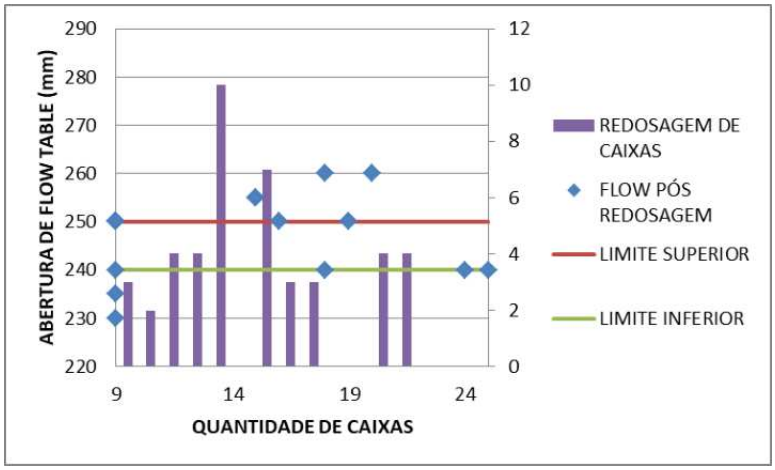
Figura 10 – Resultados de ensaio de *flow table* e de teor de ar incorporado da Argamassa de Contrapiso.



Fonte: Os autores (2025).

A Figura 10 indica que os resultados de *flow table* oscilavam de 220 até 280 mm de abertura, sendo que 50% das amostras apresentaram valores de abertura acima do limite de 250mm. Para o peso do copo, 88% das cargas apresentaram valores menores que as 720g e 13% apresentaram pesos de copo superior à 753g. As correções de carregamento em relação à abertura superior ao limite, os resultados de caixas adicionadas são apresentadas na Figura 11.

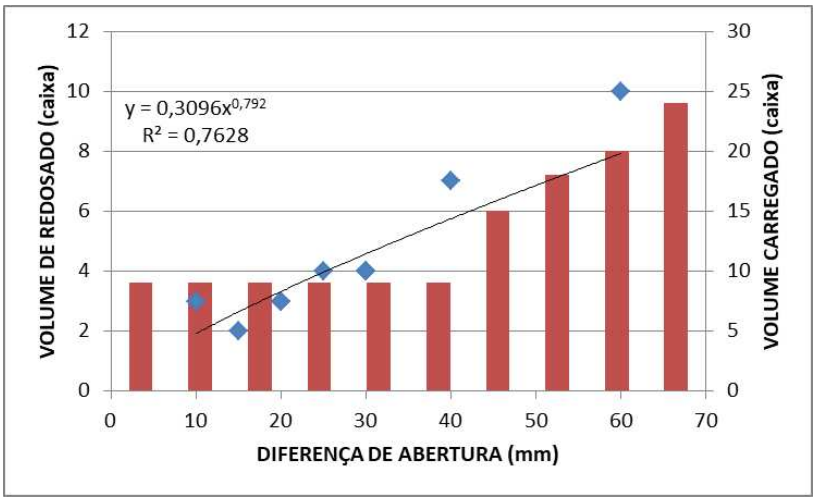
Figura 11 – Resultados de ensaio de consistência das argamassas de Contrapiso.



Fonte: Os autores (2025).

De acordo com a Figura 11, 25% das amostras apresentaram abertura acima de 250 mm e 58% das amostras ficaram dentro dos limites estabelecidos. A correlação entre “Número de caixas redosadas” pela “Quantidade de caixas na carga” apresentou resultado de -0,126, sendo assim, não existiram amostragem suficiente para que a razão entre os resultados gerasse um percentual de parâmetro admissível. Porém, a Figura 12 apresenta o gráfico de correlação de índice de consistência para a argamassa de contrapiso.

Figura 12 – Gráfico de correlação para redosagem de consistência das Argamassas de Contrapiso.



Fonte: Os autores (2025).

No gráfico apresentado na Figura 12, a relação entre o volume carregado e a quantidade de caixas a serem redosadas se baseia em analisar qual a diferença de abertura do índice de consistência que precisa para atingir os parâmetros, com isso, se para cargas com abertura até 40mm de diferença, a redosagem de quatro caixas secas será suficiente, acima disto, é crescente o volume de caixas secas à medida que a abertura se distância do parâmetro inferior.

Em relação às redosagem por conta de variações no teor de ar incorporado, não houve valores suficientes para calcular interações, pois a correlação de Pearson entre os volumes carregados e as redosagens resultou no valor de 0,10, indicando que não há associação entre as duas variáveis.

CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou levantar históricos de inconsistências de cargas de argamassas de hidratação controlada produzidas dentro de uma central dosadora e com esses dados, correlacionar os métodos de correção das cargas executados historicamente, uma vez que, devido a fatores externos, existe a necessidade de se adequar o produto carregado para que não gere o descarte excessivo de material. Quando os teor de ar incorporado e o índice de consistência são discrepantes, se fez necessário avaliar individualmente cada produto para que, a tomada de decisão do método a ser adotado seja condizente com as alterações necessárias.

Para as argamassas de Revestimento e Assentamento, foi possível determinar que, por se tratar de um produto com a maior abertura no ensaio de índice de consistência, as redosagens com materiais secos chegam a aproximadamente 6 caixas, uma vez que a variação de ensaio pós carregamento para o limite inferior no histórico é de 30mm. Assim como, devido ao maior volume de produção, é o produto com maior quantidade de histórico disponível para o tratamento dos dados e criação de gráficos de correlação.

Para a argamassa de Fachada, a abertura no teste de índice de consistência apresentou um gráfico de redosagem com o consumo de "caixas secas" maior que em relação a argamassa de RA por conta do limite de abertura ser de 250 mm. Temos também que, este foi o produto com maior taxa de ocorrência de falta de incorporação de ar em relação a todos os outros tipos de argamassas produzidas, sendo necessária assim, uma correção de aditivo no próprio traço.

As argamassas de contrapiso são as que apresentarem menor volume de produção, por consequência, a análise de correção em relação aos teores de ar incorporado não tiveram resultados pela falta de histórico, sendo necessário o levantamento de um range maior de tempo de produção.

Destas análises, a criação de correlações criou metodologias de correção de inconsistências de carregamento, tornando o processo padronizado e com capacidade para aperfeiçoar os parâmetros. Assim como, os retornos dos dados de redosagem auxiliam a equipe técnica a corrigir os traços conforme as inconsistências acontecem, diminuindo a taxa de ocorrência, os custos com redosagem e geração de resíduos.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação do índice de consistência. 3 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2016. 6 p.

[2] 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. 2 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2005. 4 p.

[3] BARRETO NETO, J. A., DOURADO, J.B., MELO, J. M.. Estudo comparativo entre argamassa estabilizada. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, n°75, 2018, Maceio.

[4] MONTEIRO, Hugo Vasconcelos Queiroz et al. **RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA EM OBRAS VERTICAIS COM A UTILIZAÇÃO DE ARGAMASSA ESTABILIZADA PRODUZIDA EM CENTRAIS DE CONCRETO COMERCIAIS**. 2017. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.