

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**BRUNO ARAÚJO DOMBROSKI  
RHANY TELES NADLER**

**EVOLUÇÃO DAS PROPRIEDADES DO ESTADO ENDURECIDO AO  
LONGO DO TEMPO DE ARGAMASSAS ESTABILIZADAS A PARTIR  
DE ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS**

**FLORIANÓPOLIS, 2025.**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**BRUNO ARAÚJO DOMBROSKI  
RHANY TELES NADLER**

**EVOLUÇÃO DAS PROPRIEDADES DO ESTADO ENDURECIDO AO  
LONGO DO TEMPO DAS ARGAMASSAS ESTABILIZADAS A PARTIR  
DE ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Juliana Machado Casali, Dr<sup>a</sup>

**FLORIANÓPOLIS, 2025.**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Nadler, Rhany Teles, Dombroski, Bruno Araújo  
Evolução das propriedades do estado endurecido ao longo do tempo das argamassas estabilizadas a partir de ensaios não-destrutivos / Dombroski, Bruno Araújo Nadler, Rhany Teles; orientação de Juliana Machado Casali.  
- Florianópolis, SC, 2025.

27 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.

Inclui Referências.

1. Argamassa estabilizada. 2. Estado endurecido.
3. Ensaio não-destrutivo. I. Machado Casali, Juliana. II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. Evolução das propriedades do estado endurecido ao longo do tempo das argamassas estabilizadas a partir de ensaios não-destrutivos.

# **EVOLUÇÃO DAS PROPRIEDADES DO ESTADO ENDURECIDO AO LONGO DO TEMPO DAS ARGAMASSAS ESTABILIZADAS A PARTIR DE ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS**

**BRUNO ARAÚJO DOMBROSKI  
RHANY TELES NADLER**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 25 de Fevereiro, 2025.

Banca Examinadora:

---

Juliana Machado Casali, Dr<sup>a</sup>  
Instituto Federal de Santa Catarina

---

Alexandre Lima de Oliveira, Dr  
Instituto Federal de Santa Catarina

---

Luciana Maltez Calçada, Dr<sup>a</sup>  
Instituto Federal de Santa Catarina

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>5</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>7</b>
2. 1 Materiais utilizados .....	7
2. 2 Método de avaliação da argamassa .....	10
2. 2. 1 Ensaio Não Destrutivo .....	12
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>14</b>
3. 1 Propriedades do estado fresco .....	14
3. 2 Propriedades do estado endurecido .....	16
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>267</b>

# EVOLUÇÃO DAS PROPRIEDADES DO ESTADO ENDURECIDO AO LONGO DO TEMPO DAS ARGAMASSAS ESTABILIZADAS A PARTIR DE ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS

Bruno Araújo Dombroski<sup>1</sup>, Rhany Teles Nadler<sup>2</sup>

## 1. RESUMO

As argamassas estabilizadas são materiais de construção amplamente utilizados devido às suas propriedades mecânicas e durabilidade superiores. No entanto, a garantia da qualidade desses materiais é essencial para sua aplicação eficaz em obras civis. Este trabalho tem como objetivo avaliar a evolução das propriedades do estado endurecido de argamassas estabilizadas. Foram avaliadas três argamassas estabilizadas prontas com dois tempos de utilização, 36 e 72 horas. No estado fresco as três argamassas foram testadas em relação ao índice de consistência, teor de umidade, densidade de massa e teor de ar incorporado. Já no estado endurecido foram determinadas as seguintes propriedades com 28 e 42 dias: densidade de massa, resistência à tração na flexão, resistência à compressão e módulo de elasticidade. Além disso, foi determinado o índice esclerométrico, velocidade do pulso ultrassônico e profundidade de penetração de pino. Os resultados obtidos demonstram que o ultrassom é uma técnica promissora para a avaliação da evolução das propriedades das argamassas estabilizadas, contribuindo significativamente para o controle de qualidade e o monitoramento desses materiais na construção civil. Além disso, houve o aumento das propriedades das argamassas ao longo do tempo. No entanto, não foi identificada uma relação clara entre os ensaios de penetração de pino ou esclerometria de argamassa e sua resistência.

**Palavras-Chave:** Argamassa estabilizada. Estado endurecido. Ensaio não-destrutivo.

---

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Santa Catarina, bruno.ad@aluno.ifsc.edu.br

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Santa Catarina, rhany.tn@aluno.ifsc.edu.br

## 1. 1 INTRODUÇÃO

No contexto desafiador da indústria da construção civil, a busca incessante por materiais de alta qualidade é vital para assegurar a estabilidade e a eficácia a longo prazo das estruturas.

Nesse cenário, as argamassas estabilizadas emergem como uma alternativa promissora, e para garantir a integridade e a qualidade dessas argamassas ao longo do processo é, contudo, um desafio constante. É fundamental adotar cuidados rigorosos durante a mistura, o transporte e a estocagem, seguindo atentamente as recomendações dos fabricantes para garantir que o desempenho do material não seja comprometido (Baia; Sabbatini, 2008). Segundo Polli (2023), o uso cada vez mais frequente se deve, dentre outras razões, à garantia de desempenho, à maior facilidade de seu emprego, com reflexos positivos na produtividade, bem como à sua maior homogeneidade e aos menores riscos de ocorrência de manifestações patológicas uma vez que elas têm sua composição previamente estudada e desenvolvida.

A preparação de argamassas na betoneira com misturas realizadas diretamente no canteiro de obras apresenta desafios conforme Marcondes (2009), como a variabilidade na qualidade das misturas, desperdícios de material e a necessidade de um controle rigoroso dos tempos de aplicação.

A argamassa estabilizada surge como uma solução para mitigar esses problemas. Trata-se de um tipo de argamassa que contém aditivos químicos que melhoram sua trabalhabilidade e prolongam seu tempo de uso. Além de cimento, agregado miúdo e água, são adicionados um aditivo incorporador de ar, que melhora a trabalhabilidade no estado fresco, e um estabilizador de hidratação, que prolonga o tempo de uso da mistura (Antoniazzi, 2019). Paralelamente, segundo Pelisser (2011) a resistência da argamassa estabilizada evolui a partir da reação dos compostos anidros do cimento Portland ( $C_2S$ ,  $C_3S$ ,  $C_3A$  e  $C_4AF$ ) com a água.

Essa argamassa traz vantagens importantes para o planejamento e a execução das obras, contribuindo para uma maior eficiência e sustentabilidade no uso de recursos (Turra, 2016).

Neste cenário desafiador, os ensaios não destrutivos se apresentam como ferramentas importantes para avaliar as propriedades das argamassas estabilizadas

de forma precisa e eficaz pois diferentemente dos métodos tradicionais, os ensaios não destrutivos são, em geral, técnicas ágeis que podem ser aplicadas diretamente na estrutura. Além disso, permitem a avaliação das propriedades da argamassa sem comprometer o material ou a edificação analisada, reduzindo o tempo necessário para as análises e evitando custos com reparos resultantes da extração de amostras. Esses ensaios, segundo Beraldo (2003), possibilitam verificar a presença de defeitos internos ou a presença de descontinuidades.

No estado endurecido, a NBR 13281-2 (ABNT, 2023) estabelece requisitos mínimos para argamassas. Entre os critérios exigidos, destacam-se a resistência à compressão, a variação dimensional e a resistência potencial de aderência à tração ao substrato. Neste trabalho, foram realizados ensaios de resistência à compressão, enquanto os demais requisitos não foram abordados.

Diante dessa realidade, o presente trabalho se propõe a investigar e avaliar os ensaios não destrutivos aplicados às argamassas estabilizadas com 28 e 42 dias, com o objetivo de observar a evolução das propriedades das argamassas estabilizadas ao longo do tempo, além de validar os métodos não destrutivos utilizados por meio de uma análise de métodos de ensaio (esclerômetro, penetração de pino e ultrassom) com os resultados obtidos.

## **2. 2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **1. 2. 1 Materiais utilizados**

Foram avaliadas três argamassas estabilizadas, sendo duas argamassas do mesmo fabricante com tempo de uso nominal de 36 e outra de 72 horas, e uma argamassa de um fabricante distinto com tempo de uso de 36 horas, conforme apresentado no Quadro 1.

**Quadro 1 – Tipos de argamassas analisadas**

Nome	Tipo de Argamassa	Fabricante	Tempo de uso (h)
Argamassa 1	estabilizada 36h	Fabricante A	36
Argamassa 2	estabilizada 36h	Fabricante B	36
Argamassa 3	estabilizada 72h	Fabricante B	72

Fonte: Os autores (2025).

As argamassas foram coletadas em obra e transportadas em baldes poliméricos com tampa e envolvidas em plásticos para evitar perda de umidade. Antes da avaliação das argamassas, as mesmas eram homogêneas pelo misturador universal MT40 da betomaq por aproximadamente 5 minutos.

Serão apresentados os ensaios de caracterização dos materiais utilizados (argamassa estabilizada e bloco cerâmico para simulação de um substrato).

Para todas as argamassas, foram realizadas inicialmente uma determinação da porcentagem de material fino (cimento Portland e agregado miúdo fino) na argamassa fresca, seguindo os critérios da NBR 7217 (ABNT, 2019). Posteriormente, a partir do material retido, correspondente ao agregado miúdo sem a fração de finos, foram determinados a distribuição granulométrica, conforme a NBR 17054 (ABNT, 2022) (Quadro 2), e a massa específica aparente, de acordo com a NBR NM 52 (ABNT, 2009) (Quadro 3).

**Quadro 2 – Granulometria das argamassas**

Peneira	AGREGADO A1			AGREGADO A2			AGREGADO A3		
	Massa retida	Retido	Passa	Massa retida	Retido	Passa	Massa retida	Retido	Passa
mm	g	Acumulado (%)	%	g	Acumulado (%)	%	g	Acumulado (%)	%
9,52	1,7	0,35	99,65	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00
6,3	0	0,35	99,65	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00
4,8	0	0,35	99,65	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00
2,36	10,2	2,48	97,52	0,43	0,15	99,85	0,22	0,07	99,93
1,18	21,4	6,95	93,05	0,71	0,38	99,62	0,36	0,19	99,81
0,6	34,3	14,10	85,90	3,45	1,55	98,45	2,58	1,05	98,95
0,3	117,3	38,57	61,43	86,36	30,67	69,33	80,22	27,63	72,37
0,15	240,2	88,67	11,33	189,59	94,61	5,39	195,97	92,59	7,41
Fundo	54,3	100,00	0,00	15,99	100,00	0,00	22,37	100,00	0,00
<b>Total</b>	<b>479,4</b>	-	-	<b>296,53</b>	-	-	<b>301,72</b>	-	-

Fonte: Os autores (2025).

Para as três argamassas foram determinadas a massa específica do material seco, obtido após a determinação do teor de umidade. O procedimento seguiu a norma NBR 16605 (ABNT, 2017), que estabelece a metodologia para a determinação da massa específica de cimento Portland (Quadro 3). A massa específica foi determinada para o primeiro dia e para o segundo dia de avaliação.

**Quadro 3 – Características das argamassas utilizadas.**

Propriedade	argamassa 1		argamassa 2		argamassa 3	
Massa específica da argamassa anidra (g/cm <sup>3</sup> )	2,81	2,89	2,67	2,71	2,72	2,68
Material pulverulento da argamassa anidra (%)	89,59%	88,60%	86,59%	87,27%	86,29%	87,42%

Fonte: Os autores (2025).

Posteriormente, realizou-se a moldagem de corpos de prova 4x4x16cm para cada argamassa e para cada idade avaliada, onde foram moldados 9 corpos de prova em moldes metálicos conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005) e 3 corpos de prova posicionados sobre um bloco cerâmico, com uma camada de papel vegetal interposta entre ambos, de modo a evitar contato direto com a argamassa. Adicionalmente, a parte inferior do corpo de prova apresentava uma abertura vazada, permitindo uma maior absorção de umidade do corpo de prova para apresentar resultados mais próximos da realidade em campo.

Para os blocos cerâmicos empregados na confecção dos corpos de prova com sucção, (foram determinados o índice de absorção inicial da face de assentamento). Foram utilizados dois blocos cerâmicos 9x19x19cm e o ensaio foi realizado de acordo com a NBR 15270-2 (ABNT, 2023). Com isso, obteve-se os resultados apresentados no Quadro 4.

**Quadro 4 – Índice de absorção inicial das faces dos blocos**

ÍNDICE DE ABSORÇÃO INICIAL			
Bloco	Δ Massa (g)	Área Líquida (cm <sup>2</sup> )	Absorção ((g/193,55cm <sup>2</sup> )/min)
1	17	0,017	190665,14
2	17	0,017	190665,14

Fonte: Os autores (2025).

2.

## 2. 2 Método de avaliação da argamassa

As argamassas foram avaliadas no estado fresco em relação ao índice de consistência, teor de umidade, densidade de massa e teor de ar incorporado. Essas avaliações foram realizadas em cada uma das três argamassas em relação aos dois tempos de utilização. Para as argamassas de tempo de uso de 36 horas, esses tempos foram pré-definidos como sendo de 0 hora (no mesmo dia da coleta da argamassa) e 24 horas. Já para a argamassa de tempo de uso de 72 horas foram pré-definidos 0 hora e 72 horas. Ainda no estado fresco foi utilizada a caracterização reológica *Squeeze Flow*.

Para o índice de consistência, o ensaio seguiu as diretrizes estabelecidas pela norma NBR 13276 (ABNT, 2016). Já para a densidade de massa e teor de ar incorporado utilizou-se a NBR 13278 (ABNT, 2005) e o teor de umidade foi obtido por secagem ao fogo.

Já no estado endurecido as argamassas foram avaliadas nos corpos de prova moldados em relação a velocidade de pulso ultrassônico seguindo a norma NBR 15630 (ABNT, 2008) para verificar a integridade das argamassas. Também foram avaliadas nos corpos de prova, a dureza superficial por meio de esclerometria de pêndulo e a resistência à penetração de pino. Além disso, foram determinadas a resistência de tração na flexão e a resistência à compressão, conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005).

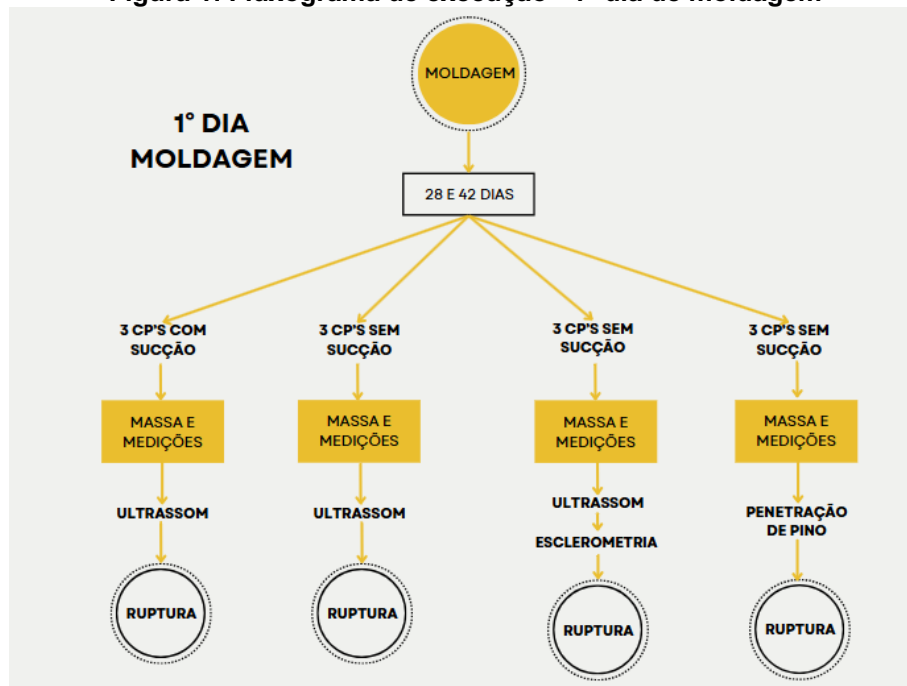
Para moldagem dos corpos de prova, os três tipos de argamassa estabilizada foram preparadas e colocadas em moldes prismáticos de 4x4x16cm adequados e compactados de forma padronizada garantindo a homogeneidade, sendo 24 corpos de prova moldados no primeiro dia de moldagem e outros 18 no segundo dia, esse processo foi repetido para os três diferentes tipos de argamassa totalizando 120 corpos de prova para a avaliação no estado endurecido.

Depois da moldagem no 1° e 2° dia, os corpos de prova foram curados em condições controladas de temperatura e em ambientes fechados com um recipiente com água e cloreto de cálcio para garantir a constância e equidade do teor de umidade relativa. Assim, realizou-se os ensaios em duas idades: a primeira ocorreu em 28 dias e a segunda em 42 dias.

Após o período de cura, os três corpos de prova com sucção e três corpos de prova sem sucção foram pesados e medidos, além disso também realizou-se as medidas de tempo do pulso ultrassônico. Outros três corpos de prova, também moldados sem sucção, foram analisados por meio de medições de massa e de dimensões, ensaio de ultrassom e esclerometria. Em seguida, um terceiro grupo de três corpos de prova, igualmente sem sucção, foram submetidos à medição de massa e ao teste de penetração de pino. Após essas etapas, todos os corpos de prova passam pelo ensaio de ruptura para a determinação de resistência à tração na flexão e à compressão .

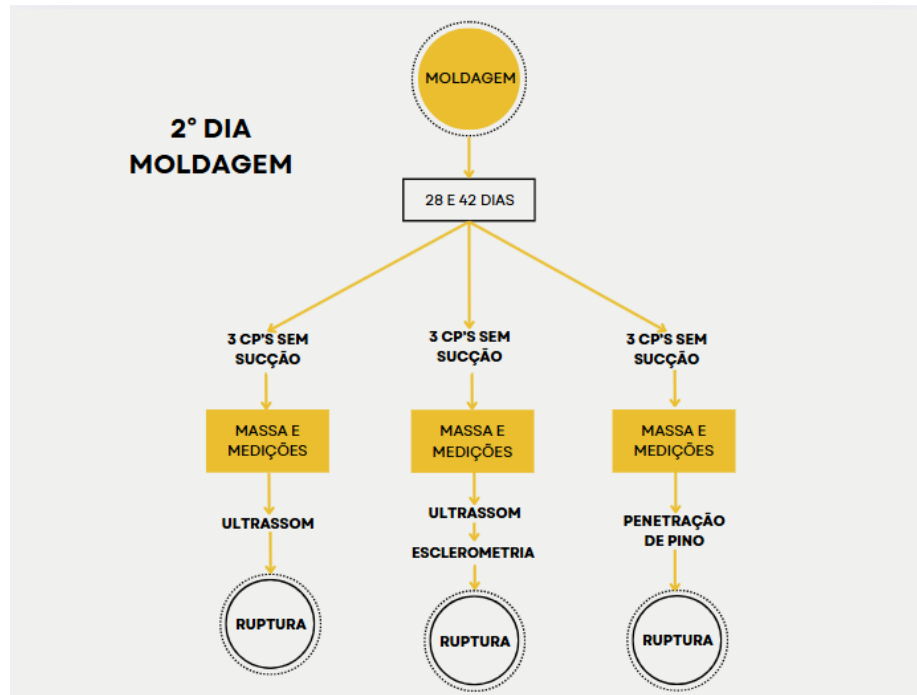
Todo esse processo do primeiro dia de moldagem repete-se para cada tipo de argamassa em 28 e 42 dias. Entretanto, para os moldados no segundo dia, foi realizado novamente o mesmo processo, porém sem os corpos de prova com sucção. Na Figura 1 e Figura 2 são apresentados dois fluxogramas ilustrando o processo de moldagem de ambos os dias.

Figura 1: Fluxograma de execução - 1º dia de moldagem



Fonte: Os autores (2025).

Figura 2: Fluxograma de execução - 2º dia de moldagem



Fonte: Os autores (2025).

1.

### 2. 2. 1 Ensaios Não Destrutivos

Nos corpos de prova moldados no primeiro dia de moldagem foram determinadas as seguintes propriedades: homogeneidade do material, dureza superficial e resistência à compressão, resistência mecânica da argamassa.

Os três corpos de prova com sucção e outros três sem sucção (com exceção do 2º dia de moldagem que não houveram sucção) foram submetidos ao ensaio de ultrassom (realizadas quatro leituras de tempo na maior dimensão em cada um) no equipamento *Proceq Pundit Lab* que determinou a homogeneidade do material e a presença de falhas internas, conforme os procedimentos estabelecidos pela NBR 15630 (ABNT, 2008) e, posteriormente, esses corpos de prova foram submetidos a ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão.

Além disso, foram avaliados três corpos de prova adicionais, sem o processo de sucção. Primeiramente, utilizou-se o equipamento *Proceq Pundit Lab* para determinar o tempo de velocidade de pulso ultrassônico onde foram realizadas quatro medições nas extremidades dos corpo de prova com uma fina camada de vaselina como acoplante entre os transdutores e os corpos de prova para garantir uma melhor precisão.

Para os ensaios de dureza superficial, utilizou-se o equipamento Proceq Schmidt OS-12, onde foram realizadas quatro medições na face mais lisa de cada corpo de prova, sendo duas nas extremidades e outras duas entre a extremidade e o meio do corpo de prova. Em seguida, o corpo de prova foi rotacionado em noventa graus no sentido horário, e outras duas medições foram realizadas nas extremidades, totalizando seis medições.

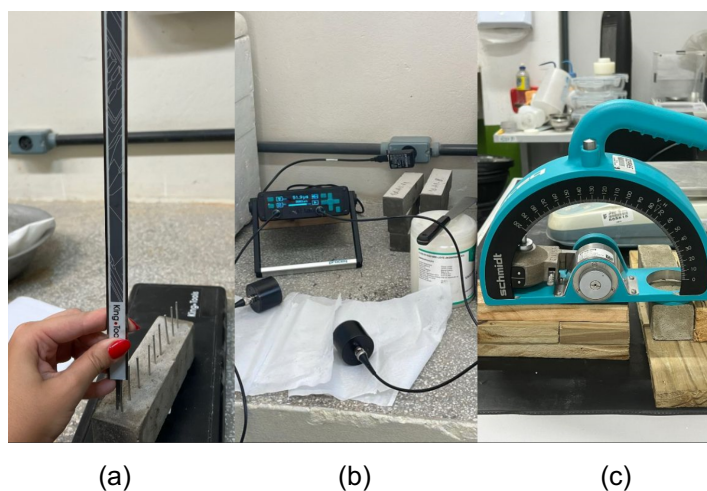
Todos os testes de esclerometria foram realizados com o auxílio de um suporte de madeira, construído com a finalidade de reduzir a chance de rompimento dos corpos de prova durante os ensaios. No entanto, apesar do uso do suporte, alguns corpos de prova sofreram rompimento durante os testes, e não foi possível observar uma clara eficácia do suporte na prevenção dessas rupturas.

Posteriormente, foram determinadas a resistência à compressão e resistência à tração na flexão. Cabe ressaltar que alguns corpos de prova foram rompidos durante a determinação da dureza superficial, sendo em seguida somente determinada a resistência à compressão

Por fim, em todas as idades avaliadas em outros três corpos de prova, foi determinada a resistência à penetração por pinos (10 pinos disparados em uma mesma face para cada corpo de prova), para este teste utilizou-se o *Pinador pneumático*.

Na Figura 3 são apresentados os equipamentos que foram utilizados nos ensaios.

**Figura 3 - a) Ensaio de Penetração de Pino, b) ultrassom e c) esclerômetro**



Fonte: Os autores (2025).

### 3. 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Primeiramente serão apresentadas as propriedades no estado fresco das argamassas estabilizadas e posteriormente no estado endurecido.

#### 1. 3. 1 Propriedades do estado fresco

No Quadro 5 são apresentados os valores obtidos de densidade de massa, teor de umidade e consistência (índice de consistência) para os dois dias avaliados.

**Quadro 5 – Propriedades no estado fresco**

Média	A1		A2		A3	
	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2
-						
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	1,82	1,79	1,73	1,65	1,72	1,66
Umidade (%)	11,62%	12,86%	15,49%	14,59%	15,89%	14,39%
Índice de consistência (mm)	174,17	172,33	251,67	240,00	236,67	227,67

Fonte: Os autores (2025).

Como observa-se no Quadro 5, os resultados do índice de consistência e teor de umidade foram menores na argamassa A1, enquanto as argamassas A2 e A3 apresentaram teores de umidade semelhantes. Importante ressaltar que essas argamassas eram dos mesmos fornecedores. No entanto, a argamassa A2 apresentou valores de índice de consistência maiores. Além disso, os valores do índice de consistência em todas as argamassas do primeiro para o segundo dia permaneceram constantes, bem como uma diminuição da densidade de massa (anexo B) e do teor de umidade nas argamassas A2 e A3.

O teor de ar incorporado obtido é apresentado no Quadro 6. Os valores individuais de cada argamassa e dia foram registrados no Anexo C.

**Quadro 6 – Resultado de teor de ar Incorporado**

Teor de ar incorporado (%)						
-	A1 (36h)		A2 (36h)		A3 (72h)	
	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2
Teor de ar incorporado	22,95	24,98	20,52	26,04	21,80	24,89

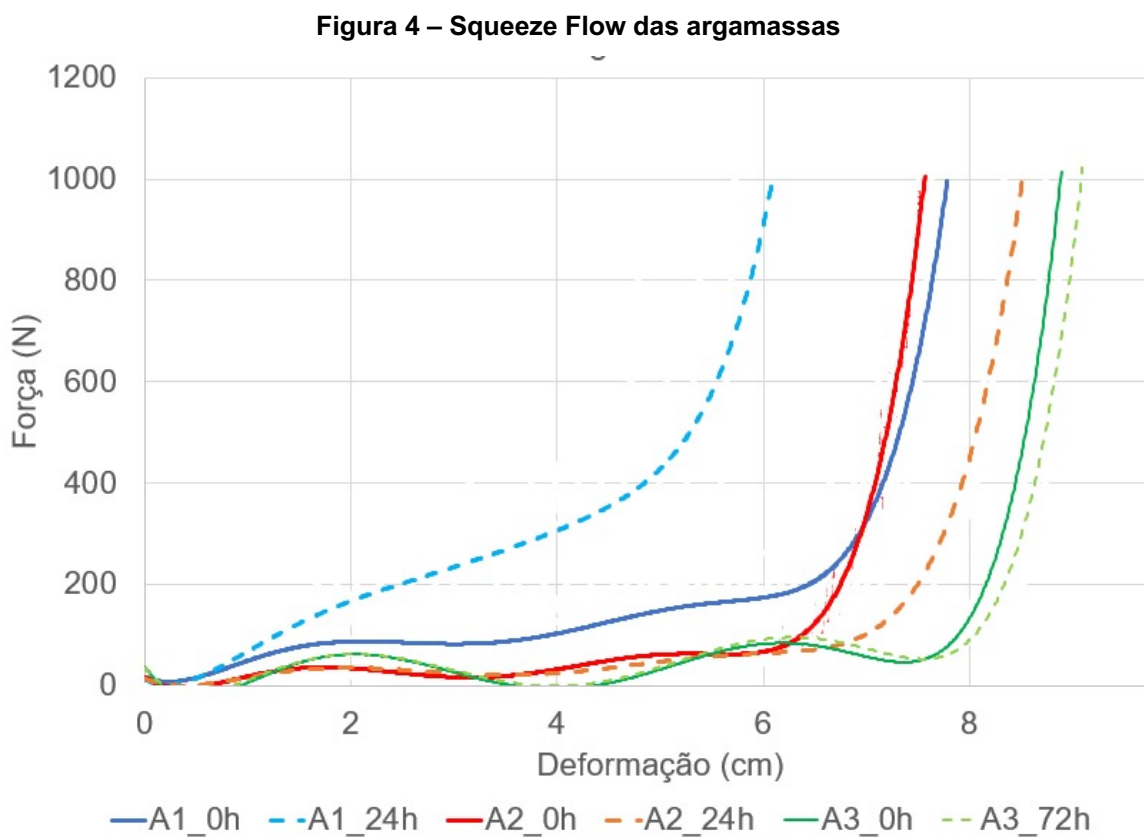
Fonte: Os autores (2025).

Observou-se no Quadro 6, aumento do teor de ar incorporado nas três argamassas no segundo dia evidenciando a homogeneização das argamassas, devido ao excesso de argamassa produzido no primeiro dia, que foi retornado ao recipiente de armazenamento, houve um tempo adicional de mistura no misturador de

argamassa para as amostras do segundo dia. Esse tempo prolongado de mistura resultou em um maior teor de ar incorporado nas três argamassas testadas no segundo dia.

Esse processo levou ao aumento do teor de ar incorporado na mistura, devido à maior agitação e reintrodução de bolhas de ar durante a homogeneização. Cabe ressaltar que o teor de umidade era inferior nessa avaliação, influenciando também nos resultados. Além disso, também observou-se que a argamassa A2 apresentou o menor valor de teor de ar incorporado no primeiro dia e o maior valor no segundo dia.

Na análise dos ensaios de Squeeze Flow, foram registradas as curvas representativas para cada argamassa em dois tempos de avaliação indicados na Figura 4.



Fonte: Os autores (2025).

A caracterização da reologia do Squeeze Flow indicou um aumento da rigidez das argamassas ao longo do tempo, evidenciado pelo deslocamento das curvas para valores maiores da força no segundo dia. A argamassa A3 apresentou

maior deformação, seguida de A2 e, por último, A1. Portanto, foi comprovado que o tempo de armazenamento exerce influência direta sobre o deslocamento máximo obtido na força máxima, variando conforme a composição da argamassa.

## 2. 3. 2 Propriedades do estado endurecido

Os resultados obtidos de dureza superficial (esclerômetro de pêndulo) foram obtidos pelo índice esclerométrico do aparelho. A seguir, o Quadro 7 apresenta os resultados calculados:

**Quadro 7 – Resultado do índice esclerométrico**

ESTADO ENDURECIDO						
Esclerômetro	A1 (°)	Coef. de variação A1	A2 (°)	Coef. de variação A2	A3 (°)	Coef. de variação A3
28 dias	32,3	19,4%	32,3	13,2%	Rachou	-
42 dias	39,4	9,9%	32,1	6,3%	Rachou	-

Fonte: Os autores (2025).

Quanto ao índice esclerométrico os valores semelhantes apresentaram-se no primeiro dia entre A1 e A2, enquanto não foi possível obter os valores para a argamassa A3, visto que todos os corpos de prova que foram ensaiados para A3 romperam com o impacto do pêndulo do esclerômetro, portanto gerando valores não significativos de 28 e 42 dias.

Além disso, a evolução da resistência ao longo do tempo da argamassa de cada corpo de prova foi determinada pela ar e resistência de cada corpo de prova, onde os valores obtidos estão apresentados no Quadro 8.

**Quadro 8 – Resultado de resistência à Penetração de Pino**

ESTADO ENDURECIDO						
Pino	A1 (mm)	Coef. de variação A1	A2 (mm)	Coef. de variação A2	A3 (mm)	Coef. de variação A3
28 dias	10,7	23,1%	22,3	2,8%	34,9	0,0%
42 dias	0,7	6,8%	24,3	9,2%	34,9	0,0%

Fonte: Os autores (2025).

Conforme o Quadro 8, os corpos de prova A1 apresentaram os maiores resultados, seguidos por A2. Em contrapartida, no corpo de prova A3, todos os pinos testados perfuraram completamente a amostra, o que concorda com a quebra observada no ensaio de esclerometria para esta argamassa.

Os valores do ensaio de ultrassom são apresentados no Quadro 9.

**Quadro 9 – Resultado do Ensaio de Ultrassom**

ESTADO ENDURECIDO									
Ultrassom	A1 c/ sucção (mm/us)	A1 s/ sucção (mm/us)	Coef. de variação A1	A2 c/ sucção (mm/us)	A2 s/ sucção (mm/us)	Coef. de variação A2	A3 c/ sucção (mm/us)	A3 s/ sucção (mm/us)	Coef. de variação A3
28 dias	3,0	3,0	2,3%	2,8	2,5	4,8%	3,2	2,6	28,2%
42 dias	3,0	3,1	3,3%	2,8	2,4	0,9%	2,4	2,2	6,9%

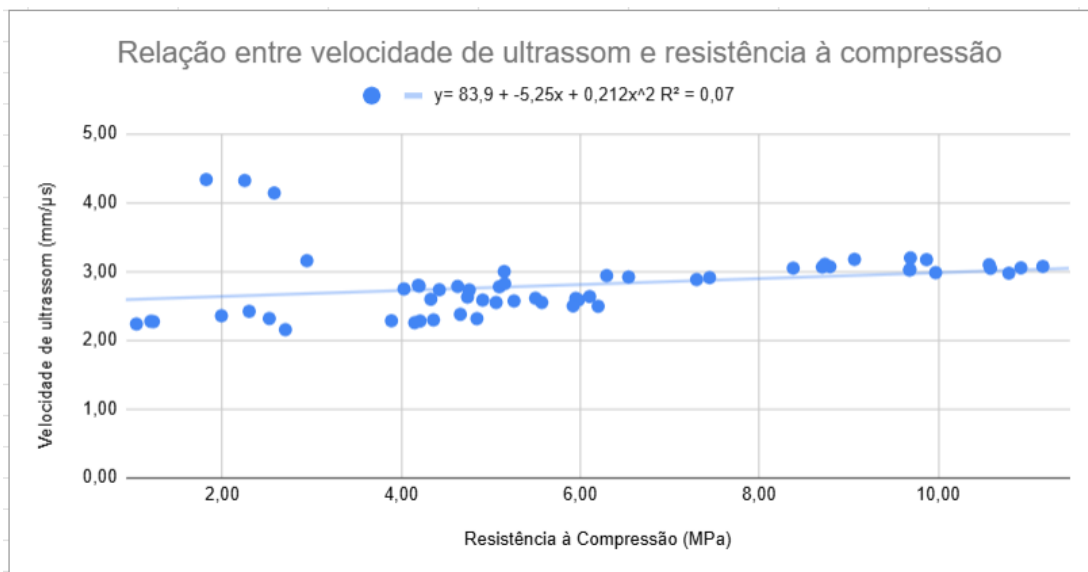
Fonte: Os autores (2025).

Os ensaios de propagação de pulso ultrassônico mostraram diferenças significativas no comportamento dos materiais ao longo do tempo. A argamassa A1 apresentou um aumento na velocidade do pulso entre os corpos de prova com 28 e outros com 42 dias, mantendo um coeficiente de variação baixo. A A2 teve uma pequena redução na velocidade como mostrado no Quadro 9, evidenciado pela queda do coeficiente de variação. Já A3 demonstrou um coeficiente de variação elevado (28,2%), e, apesar de uma melhora na uniformidade ao longo do tempo, não foi possível afirmar que houve uma queda na velocidade pois o coeficiente de variação foi muito elevado, com alterações indesejáveis na microestrutura.

De modo geral, A1 apresentou o melhor desempenho em relação aos resultados dos ensaios não destrutivos, enquanto A2 mostrou uma evolução na homogeneidade. A3 por outro lado, indicou fragilidades que podem comprometer sua qualidade e durabilidade devido a diferença de tempo na moldagem.

A Figura 5 apresenta o comparativo dos resultados obtidos da velocidade com a resistência à compressão da A1 (36h) para todos os pontos medidos. Assim, não é perceptível ao agruparmos todas as argamassas em um só gráfico.

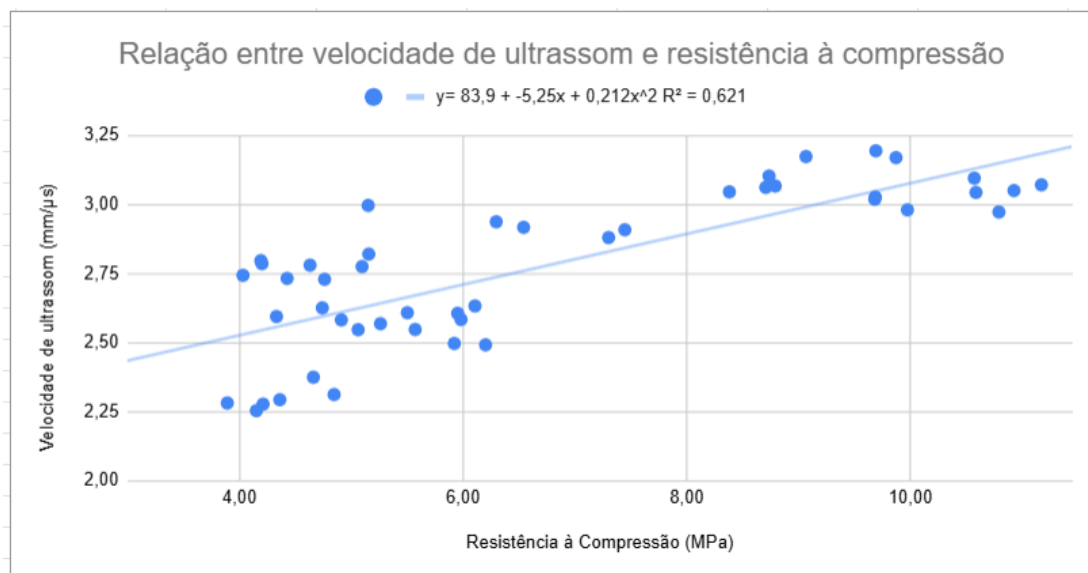
**Figura 5: Relação entre velocidade de ultrassom e resistência à compressão das argamassas**



Fonte: Os autores (2025).

Apesar disso, segundo a Figura 6, se forem considerados apenas os corpos de prova A2 e A3, é possível observar uma leve tendência entre a velocidade do ultrassom e a resistência à compressão.

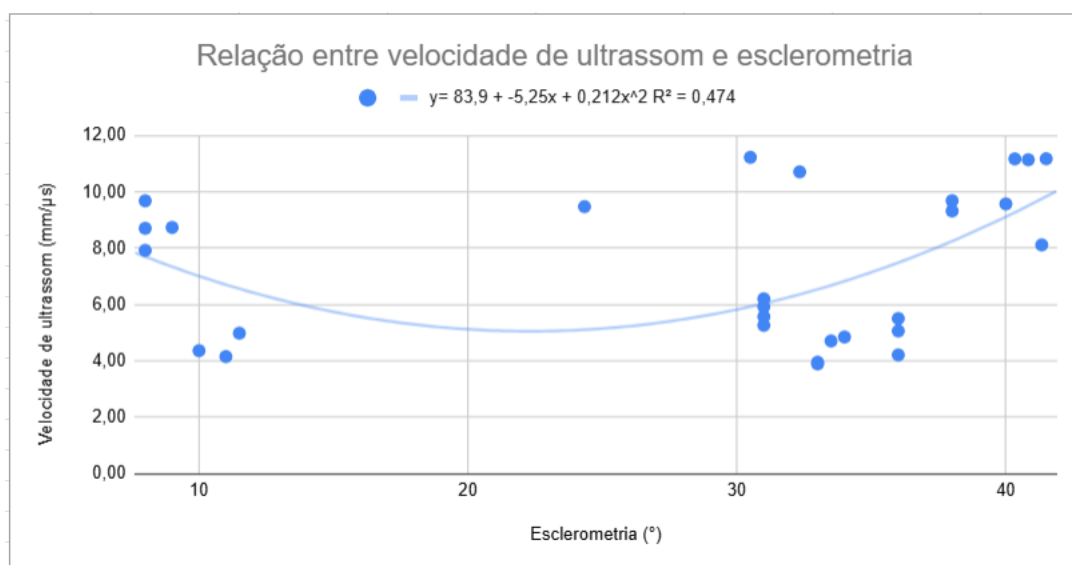
**Figura 6: Relação entre velocidade de ultrassom e resistência à compressão das argamassas A1 e A2**



Fonte: Os autores (2025).

Ainda sobre o ultrassom, em cada dia de moldagem, três corpos de prova foram submetidos aos testes de esclerometria logo após os ensaios de ultrassom, possibilitando a construção de um gráfico de relação entre esses parâmetros (Figura 7), apesar de não ser possível observar uma correlação entre os dois métodos.

**Figura 7: Relação entre velocidade de ultrassom e esclerometria**



Fonte: Os autores (2025).

O Quadro 10 apresenta os resultados de todos os corpos de prova referente à resistência à tração na flexão e resistência à compressão das argamassas analisadas.

**Quadro 10 – Resultado dos Ensaios de Resistência à Tração na Flexão e à compressão**

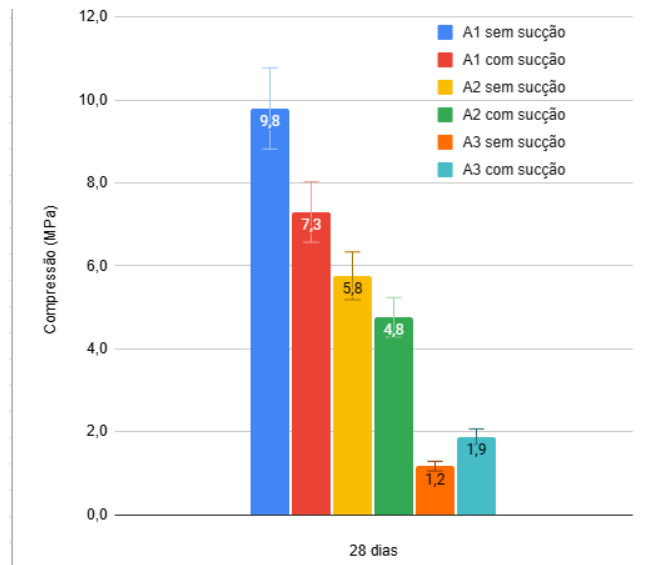
Resistência à Tração na Flexão (MPa)						
	A1	Coef. de variação A1	A2	Coef. de variação A2	A3	Coef. de variação A3
<b>28 dias</b>	2,3	14,9%	1,5	15,2%	0,6	40,0%
<b>42 dias</b>	2,7	14,6%	1,6	10,2%	0,8	138,6%
Resistência à Compressão (MPa)						
<b>28 dias</b>	9,7	15,3%	4,6	14,6%	1,4	28,1%
<b>42 dias</b>	10,0	17,4%	4,7	14,8%	2,2	25,7%

Fonte: Os autores (2025).

Pode-se observar que os resultados de 28 dias foram próximos aos de 42 dias com um pequeno aumento nas resistências em todas as argamassas.

Na Figura 8 apresentam-se os resultados de resistência à compressão para todas as argamassas aos 28 dias, comparando o contato com o substrato.

**Figura 8 – Resultado da resistência à compressão**



Fonte: Os autores (2025).

Um aspecto relevante observado na Figura 7 foi que os corpos de prova da A1 e A2 submetidos ao processo de sucção apresentaram resultados menores em comparação com aqueles confeccionados por moldagem tradicional, com exceção da A3 que houve um aumento. Também é possível inferir que a argamassa A3 não atende o requisito mínimo da NBR 13281-2 (ABNT, 2023) que estipula uma resistência mínima à compressão de 2 megapascal tanto para argamassas de vedação quanto para argamassas de encunhamento.

Os valores de módulo de elasticidade dinâmico obtidos do Ultrassom são apresentados no Quadro 11.

**Quadro 11 – Resultado dos Módulo de Elasticidade**

ESTADO ENDURECIDO						
Módulo de elasticidade	A1 (GPa)	Coef. de variação A1	A2 (GPa)	Coef. de variação A2	A3 (GPa)	Coef. de variação A3
28 dias	13,7	5,9%	9,4	10,3%	5,8	63,8%
42 dias	13,8	6,5%	7,9	20,1%	6,8	14,0%

Fonte: Os autores (2025).

As três argamassas apresentaram diferentes resultados ao longo dos 28 e 42 dias. A A1 demonstra diferença, com pequenas variações no módulo de elasticidade e no coeficiente de variação, indicando bom desempenho. Entretanto, a A2 sofreu uma queda significativa no módulo de elasticidade por conta do aumento de teor de ar incorporado na argamassa, embora o coeficiente diminua um pouco, sugerindo perda de resistência possivelmente à presença de microfissuras presentes nos corpos de prova antes do rompimento. A argamassa A3 apresentou uma queda considerável no módulo de elasticidade e uma redução considerável no coeficiente, indicando maior quantidade de ar nos corpos de prova, o mesmo com A2, mas maior homogeneidade com o tempo, sem melhorar sua resistência pois houve problemas iniciais de mistura e dispersão pelo reuso de material e umidade no dia do ensaio.

Esses resultados indicam que a formulação diferente nas argamassas impactou diretamente na qualidade, estabilidade e resistência. Fatores como alta porosidade, microfissuras e hidratação deficiente influenciaram nos resultados.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os ensaios não destrutivos aplicados às argamassas estabilizadas permitiram avaliar a evolução de suas propriedades ao longo do tempo, revelando diferenças significativas entre as formulações. No estado fresco, verificou-se que a argamassa A1 apresentou menor índice de consistência e teor de umidade, indicando um comportamento com menor variação ao longo do tempo, enquanto A2 e A3 mostraram maior fluidez, influenciada pelo aumento do teor de ar incorporado. Além disso, a redução do teor de umidade e da massa específica ao longo do tempo impactou a dispersão dos aditivos e o teor de ar incorporado e umidade, resultando em alterações progressivas nas propriedades reológicas e na trabalhabilidade das argamassas.

O ensaio de *Squeeze Flow* confirmou o aumento da rapidez das argamassas com o tempo, evidenciado pelo deslocamento das curvas para maiores forças no segundo dia. Os resultados demonstraram que o tempo de armazenamento influencia diretamente o deslocamento máximo na força máxima, variando conforme a composição da argamassa.

Entretanto, nos ensaios não destrutivos não foi possível apresentar a correlação esperada, uma vez que muitos corpos de prova foram rompidos devido aos

ensaios de penetração de pino e esclerometria. Além disso, não foi possível também a correlação entre os ensaios de esclerometria e ultrassom.

No estado endurecido, os ensaios de esclerometria mostraram desempenhos semelhantes para A1 e A2, enquanto A3 apresentou rompimentos, comprometendo sua análise, sugerindo que sua estrutura enfraqueceu com o tempo. Nos ensaios de ultrassom, A1 demonstrou aumento na densidade e homogeneidade, com aumento na velocidade do pulso ao longo do tempo. A2 teve valores muito próximos na velocidade, mas maior uniformidade, evidenciando um ótimo comportamento ao longo do período analisado. A3 revelou alta heterogeneidade inicial e, apesar de certa melhora na uniformidade, manteve fragilidades.

Os ensaios de resistência à tração e à compressão indicaram que todas as argamassas mantiveram valores próximos na resistência entre 28 e 42 dias, sendo A1 a que manteve o maior desempenho, com crescimento constante ao longo dos dois tempos. Os resultados também demonstraram que o módulo de elasticidade dinâmico variou entre as argamassas ao longo do tempo. A1 teve pequenas variações, mantendo um desempenho consistente. A2 apresentou queda no módulo de elasticidade conforme apresentou-se nos resultados, indicando possivelmente a microfissuração progressiva presentes nos corpos de prova antes do rompimento e perda de resistência. A3, embora tenha se tornado mais homogênea, sofreu redução no módulo.

Dessa forma, conclui-se que fatores como formulação, tempo de estabilização e controle de umidade impactam significativamente as propriedades das argamassas estabilizadas ao longo do tempo. O monitoramento e otimização desses parâmetros são fundamentais para garantir maior durabilidade, estabilidade e desempenho mecânico das argamassas ao longo de sua vida útil.

**2.**

### **3. REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217: Análise granulométrica de agregados**. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação do índice de consistência.** 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.** 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281-2: Argamassas inorgânicas — requisitos e métodos de ensaios parte 2: argamassas para assentamento e argamassas para fixação de alvenaria.** 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2: Componentes cerâmicos - blocos e tijolos para alvenaria - parte 2: métodos de ensaios.** 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15630: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica.** 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605: Cimento portland e outros materiais em pó — determinação da massa específica.** 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054: Agregados - determinação da composição granulométrica - método de ensaio.** 2022.

ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. **NM 52: Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente.** 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. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Volume 13 (2019): XIII. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/Shk4WMzdWBKdYLnJxfBR5ds/?lang=pt>>. Acesso em: 08 fev. 2024.

BAÍA, Luciana. L. M.; SABBATINI, Fernando H. **Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa**. 4 ed. São Paulo: Nome da Rosa, 2008.

BERALDO, Antonio Ludovico; VIEIRA, Flávia de Freitas. **Ensaio não destrutivo (END) aplicados à argamassas com adição de fibra de sisal**. In: PAN – American Conference for Nondestructive Testing, 3., 2003, Rio de Janeiro. Artigo. Rio de Janeiro: SBTA, 2003. P. 1-8.

CARASEK, Helena. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1ª ed. ISAIA, Geraldo Cechella–São Paulo: IBRACON, 2007, Cap. 26 – Argamassas, pág. 863 a 904. Volume2

CORREA, Thiago. KRETZER, Rafael. MOURA, Romulo. CALÇADA, Luciana. CASALI, Juliana. **Comparação entre os Métodos Não-Destrutivos para Avaliação da Resistência da Argamassa Industrializada**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Volume 13 (2019): XIII. Disponível em: <<https://eventos.antac.org.br/index.php/sbta/article/view/4669>>. Acesso em: 23 mar. 2024.

DUARTE, Geraldo. KARKOTLI, Lucas. AMORIM, Marina, CALÇADA, Luciana. CASALI, Juliana. **Estudo da Trabalhabilidade da Argamassa Estabilizada ao Longo do Tempo de Armazenamento para Assentamento de Bloco de Concreto**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, v. XIII, 2019. Disponível em: <<https://eventos.antac.org.br/index.php/sbta/article/view/4665/4129>>. Acesso em: 23 mar. 2024.

GALVÃO, Gabriel Moreira. **Estudo da Aplicação do Ensaio Esclerométrico em Estruturas de Concreto**. Centro Universitário Atenas, 2019. Disponível em: <[http://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/spic/monography/ESTUDO\\_DA\\_APLICACAO\\_DO\\_ENSAIO\\_ESCLEROMETRICO\\_EM ESTRUTURAS\\_DE\\_CONCRETO.pdf](http://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/spic/monography/ESTUDO_DA_APLICACAO_DO_ENSAIO_ESCLEROMETRICO_EM ESTRUTURAS_DE_CONCRETO.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2024.

HICKEL, Guilherme. SERPA, Vitória. CORREIA, Vera. SOUZA, Rafael. OLIVEIRA, Alexandre. CASALI, Juliana. CALÇADA, Luciana. **Ensaio não-destrutivo para argamassas: Comparação e avaliação da eficácia para a determinação das propriedades no estado endurecido**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, (2017): Disponível em: <<https://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/635-ensaios-nao-destrutivos-argamassas-esclerometria-cravacao-de-pi-nos-ultrassom?start=40>>. Acesso em: 23 mar. 2024.

IBRACON. **Argamassa Estabilizada: Características e Aplicações**. IBRACON. Disponível em: <[http://www.ibracon.org.br/eventos/53cbc/pdfs/ARGAMASSA\\_ESTABILIZADA.pdf](http://www.ibracon.org.br/eventos/53cbc/pdfs/ARGAMASSA_ESTABILIZADA.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2024.

JOFFLY, Irene. **Avaliação do Ensaio de Penetração de Pino para Mensuração Indireta da Resistência à Compressão do Concreto**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil. Universidade de Brasília, 2010. Disponível em: <<https://www.pecc.unb.br/wp-content/uploads/dissertacoes/M10-3A-Irene-Joffly.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2024.

FERREIRA, Karina. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ARGAMASSAS CONVENCIONAIS E INDUSTRIALIZADAS**. 2016. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão. Campo Mourão, 2016.

MARCONDES, C. G. **Características e benefícios da argamassa estabilizada. Massa Cizenta**. Publicado em 9 de junho de 2009. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/caracteristicas-e-beneficios-da-argamassa-estabilizada/>>. Acesso em 28 de janeiro de 2025.

MATOS, Paulo Ricardo. **Estudo da Utilização de Argamassa Estabilizada em Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil: Universidade Federal de Santa Catarina, 2013. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/30393473.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2024.

MEDEIROS, A. **Aplicação do ultrassom na estimativa da profundidade de fendas superficiais e na avaliação da eficácia de injeções em elementos de concreto armado**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2007.

NETO, José Alexandrino Barreto. MELO, João Mateus Reis. **Estudo Comparativo entre Argamassa Estabilizada e Argamassa Convencional para Revestimento**. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 6, p. 4948-4967, 2019. Disponível em: <<https://www.google.com/url?q=https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/1688/1614&sa=D&source=docs&ust=1721088494496949&usg=AOvVaw0DIppPSIQMG62h95vNbXOX>>. Acesso em: 23 mar. 2024.

NORMA MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. **NM 52: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente**. 2009.

PELISSER, F, DE SOUZA BARCELOS, A.; **Efeito de inibidores de hidratação na resistência de aderência à tração em argamassas de revestimento. v. 15, 2013.**

Disponível em:

<<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1262/1/Airton%20de%20Souza%20Barcelos.pdf>>.

Acesso em: 25 jan. 2025.

PEREIRA, C. H. A. F. **Contribuição ao estudo da fissuração, da retração e do mecanismo de descolamento do revestimento à base de argamassa.** Tese (Doutorado). Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

POLLI, Fellipe Hartman. **Influência da ação combinada de aditivos, incorporador de ar e estabilizador de hidratação, nas propriedades da argamassa estabilizada por até 48 horas.** Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais (PPGECM),

RIBEIRO, Fernanda. **Vista do CONTROLE TÉCNICO NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA ESTABILIZADA.** Disponível em:

<<https://eventos.antac.org.br/index.php/sbta/article/view/4771/4355>>. Acesso em: 25 jan. 2025.

ROCHA, Carla. **Argamassa estabilizada Engemix.** Mapa da Obra, 2021. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/negocios/argamassa-estabilizada-engemix/>>. Acesso em: 3 jul 2024.

SFALCIN, André Melo. **Avaliação de aderência à tração em argamassas utilizando a técnica de ultrassom.** 2019. Trabalho de conclusão de bacharelado, Universidade Federal do Pampas.

TURRA, Daniel Giovani. **Contribuições para o estudo de algumas propriedades nos estados fresco e endurecido da argamassa estabilizada por 72 horas.** 2016. Trabalho de Diplomação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

#### **4. ANEXOS**

##### **ANEXO A – Ensaio do Estado Fresco**

ESTADO FRESCO - ENSAIOS						
MASSA ESPECÍFICA						
-	A1 (36h)		A2 (36h)		A3 (72h)	
	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2
Massa do recipiente (g)	636,80	889,20	876,20	876,10	876,20	637,10
Massa do rec. + arg. (g)	1344,30	1583,10	1549,60	1516,30	1544,90	1282,70
Volume (g)	388,58	388,58	388,58	388,58	388,58	388,58
<b>Massa específica (g/cm³)</b>	<b>1,82</b>	<b>1,79</b>	<b>1,73</b>	<b>1,65</b>	<b>1,72</b>	<b>1,66</b>
UMIDADE						
-	A1 (36h)		A2 (36h)		A3 (72h)	
	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2
Massa frigideira (g)	305,30	305,50	305,30	305,20	302,60	305,50
Massa frigideira + arg (g)	864,20	805,60	995,70	940,50	1044,90	808,70
Massa frigideira seca (g)	806,00	748,60	903,10	859,60	943,10	745,40
<b>Umidade (%)</b>	<b>11,62%</b>	<b>12,86%</b>	<b>15,49%</b>	<b>14,59%</b>	<b>15,89%</b>	<b>14,39%</b>
ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA						
-	A1 (36h)		A2 (36h)		A3 (72h)	
	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2
Espalhamento 1 (mm)	173,00	172,00	251,00	240,00	237,00	230,00
Espalhamento 2 (mm)	175,00	172,00	258,00	241,00	239,00	226,00
Espalhamento 3 (mm)	174,50	173,00	246,00	239,00	234,00	227,00
<b>Média (mm)</b>	<b>174,17</b>	<b>172,33</b>	<b>251,67</b>	<b>240,00</b>	<b>236,67</b>	<b>227,67</b>

Fonte: Os autores (2025).

## ANEXO B - Massa Específica Querosene

MASSA ESPECÍFICA - Querosene						
-	A1 (36h)		A2 (36h)		A3 (72h)	
	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2
massa	55,60	57,60	50,10	51,00	53,30	50,10
Li	20,30	20,40	19,70	19,80	19,50	19,60
Lf	0,50	0,50	0,70	0,80	-0,10	0,90
<b>Massa específica (g/cm³)</b>	<b>2,81</b>	<b>2,89</b>	<b>2,64</b>	<b>2,68</b>	<b>2,72</b>	<b>2,68</b>
MASSA ESPECÍFICA - Querosene						
-	A1 (36h)		A2 (36h)		A3 (72h)	
	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2
massa			51,30	52,40	53,30	50,10
Li			19,50	19,50	19,50	19,60
Lf			0,50	0,40	-0,10	0,90
<b>Massa específica (g/cm³)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,70</b>	<b>2,74</b>	<b>2,72</b>	<b>2,68</b>
<b>Média</b>	<b>2,81</b>	<b>2,89</b>	<b>2,67</b>	<b>2,71</b>	<b>2,72</b>	<b>2,68</b>

Fonte: Os autores (2025).

## ANEXO C - Resultados do Teor de Ar Incorporado

Teor de ar incorporado						
-	A1 (36h)		A2 (36h)		A3 (72h)	
	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2	dia 1	dia 2
Densidade de massa	1,82	1,79	1,73	1,65	1,72	1,66
Densidade teorica	2,36	2,38	2,18	2,23	2,20	2,21
<b>Teor de ar incorporado</b>	<b>22,95</b>	<b>24,98</b>	<b>20,52</b>	<b>26,04</b>	<b>21,80</b>	<b>24,89</b>

Fonte: Os autores (2025).