AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TEMPO NO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE TRÊS ARGAMASSAS COLANTES INDUSTRIALIZADAS TIPO 3 - ACIII

Ana Flávia Steffen[1], Andrea Murillo Betioli[2], Luciana Maltez Calçada[3], Juliana Machado Casali[4]

[1] Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (ana.fs021@aluno.ifsc.edu.br)
[2] Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (andrea.betioli@ifsc.edu.br)
[3] Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (lucianamaltez@ifsc.edu.br)
[4] Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (juliana.casali@ifsc.edu.br)

Resumo: Este estudo avaliou o efeito do tempo (0, 15 e 45 min) no comportamento reológico de três argamassas ACIII. Os resultados mostraram aumento da viscosidade aparente e da tensão de escoamento ao longo do tempo, indicando maior estruturação interna e redução da fluidez. Também foram observadas diferenças reológicas entre marcas com a mesma finalidade, evidenciando a importância do controle tecnológico para assegurar a adequada aderência entre a placa cerâmica e o substrato.

Palavras-chave: Argamassa colante industrializada; ACIII; propriedades reológicas; tempo de avaliação.

INTRODUÇÃO

As argamassas colantes industrializadas configuram suspensões multifásicas complexas, constituídas essencialmente por agregados minerais, ligantes hidráulicos e aditivos químicos (Kudo; Cardoso; Pilegi, 2013). Segundo Carasek (2010), esses materiais têm como atribuição precípua promover a ligação solidária entre a placa cerâmica e o substrato, além de acomodar as deformações intrínsecas ao sistema de revestimento. Para cumprir tal função com eficácia, a matriz deve, obrigatoriamente, atender a requisitos simultâneos de trabalhabilidade no estado fresco, resistência de aderência à tração e capacidade de absorção de esforços.

De acordo com a norma vigente NBR 14081-1 (ABNT, 2012), esses materiais são classificados em diferentes categorias de acordo com suas exigências e ambientes de exposição (ACI, ACII e ACIII), destacando-se as do tipo ACIII por apresentarem uma aderência superior e maior flexibilidade. Essa classe é recomendada para situações de alta solicitação, como ambientes externos, fachadas e assentamento de peças com baixíssima absorção de água, o que demanda um teor elevado de aditivos poliméricos em sua formulação (Kudo; Cardoso; Pillegi, 2013). Os aditivos mais comuns incluem os éteres de celulose, responsáveis por aumentar a trabalhabilidade e garantir a retenção de água, e os polímeros redispersíveis (como o EVA), voltados para o incremento da adesão no estado fresco e aderência e flexibilidade no estado endurecido (Silva; Roman, 2002).

Apesar do desempenho em serviço ser comumente verificado no estado endurecido, as propriedades físicas e reológicas da argamassa no estado fresco são fundamentais. Segundo Betioli (2007), as cadeias poliméricas junto com o ar incorporado, inserido na fase de mistura, atuam no deslizamento das partículas da argamassa, na capacidade de lubrificação, na facilidade de aplicação e na formação de cordões. Desta forma, contribui para a facilidade de espalhamento e produtividade. Historicamente, segundo Kudo, Cardoso e Pillegi (2013), a avaliação dessas propriedades e do tempo útil em campo ocorre de forma empírica e sensorial pelo próprio aplicador.

Durante o período em que a argamassa permanece em repouso após a mistura, quando indicado pelo fabricante, o material passa por um processo contínuo de transformações reológicas, denominado período de consolidação (Modler, 2017). Nesse intervalo, ocorrem fenômenos como a hidratação inicial do cimento Portland, a floculação das partículas e a reorganização da estrutura interna da suspensão, resultando em alterações da viscosidade, da tensão de escoamento e da tixotropia do material (Pileggi *et al.*, 2001; Cardoso *et al.,* 2004). Tais propriedades são determinantes para a capacidade de espalhamento, formação e estabilidade dos cordões, molhabilidade do tardoz da placa e desenvolvimento da aderência inicial. No caso das argamassas colantes

do tipo ACIII, que apresentam maior teor de aditivos poliméricos e são destinadas a aplicações de elevada exigência técnica, o conhecimento da evolução reológica ao longo do tempo torna-se fundamental para compreender seu comportamento durante a aplicação e sua influência no desempenho do sistema de revestimento (Kudo; Cardoso; Pileggi, 2013).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento reológico de três argamassas colantes do tipo ACIII ao longo do tempo. Além disso, foi realizada a caracterização física das argamassas, buscando relacionar suas propriedades com os parâmetros reológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas três argamassas colantes industrializadas do tipo III (ACIII) com características apresentadas na Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 1. Propriedades físicas do agregado miúdo sem os finos e das argamassas anidras - Argamassa I

Abertura de peneira (mm)	Porcentagem Retida Acumulada (%)
4,8	0,00
2,4	0,00
1,2	0,03
0,6	2,44
0,3	27,34
0,15	75,58
Fundo	100,00
Módulo de Finura	1,02
Massa específica argamassa anidra (g/cm^3)	2,73

Fonte: Autores (2026).

Tabela 2. Propriedades físicas do agregado miúdo sem os finos e das argamassas anidras - Argamassa II

Abertura de peneira (mm)	Porcentagem Retida Acumulada (%)
4,8	0,00
2,4	0,00
1,2	0,00
0,6	2,89
0,3	19,64
0,15	81,76
Fundo	100,00
Módulo de Finura	1,04
Massa específica argamassa anidra (g/cm^3)	2,74

Fonte: Autores (2026).

Tabela 3. Propriedades físicas do agregado miúdo sem os finos e das argamassas anidras - Argamassa III

Abertura de peneira (mm)	Porcentagem Retida Acumulada (%)
4,8	0,00
2,4	0,00
1,2	0,03
0,6	1,76
0,3	11,47
0,15	80,28
Fundo	100,00
Módulo de Finura	0,94
Massa específica argamassa anidra (g/cm^3)	2,71

Fonte: Autores (2026).

Com o objetivo de proporcionar uma melhor análise da distribuição granulométrica, a Figura 1 apresenta as curvas granulométricas do agregado miúdo das argamassas avaliadas, desconsiderando a fração de finos presente nas amostras.

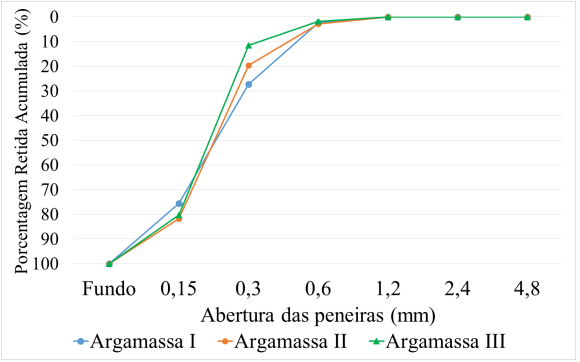


Figura 1. Curva granulométrica do agregado miúdo sem os finos das argamassas analisadas.
Fonte: Autores (2026).

As argamassas foram preparadas com a proporção de 220 g de material anidro e a quantidade de água indicada pelos respectivos fabricantes: Argamassa I (56,1 g), Argamassa II (50,6 g) e Argamassa III (48,4 g). O processo de mistura compreendeu uma etapa manual (30 s) seguida por processamento em mixer de 500 W (70 s).

A caracterização reológica foi realizada em um reômetro Haake Mars 40, utilizando geometria de cilindros concêntricos aletados (Vane Teste), conforme Figura 2. Foram empregados 25 mL de amostra à temperatura de 23 ºC e gap de 11 mm. O procedimento iniciou com um pré-cisalhamento à taxa de 100 s^{-1} durante 60 s, seguido por ciclos de aceleração e desaceleração variando entre 0,1 s^{-1} e 100 s^{-1}.



Figura 2. Geometria de cilindros concêntricos aletados (Vane Teste).
Fonte: Autores (2026).

Os parâmetros de tensão de escoamento (y_0) foram obtidos por meio do modelo matemático ($y = y_0 + b.x$), em que "y" representa a tensão de cisalhamento e "x" a taxa de cisalhamento. A viscosidade aparente foi determinada pela taxa máxima de cisalhamento, enquanto a área de histerese foi calculada a partir da diferença entre as curvas de aceleração e desaceleração. A área de histerese fornece informações sobre as alterações estruturais ocorridas durante o ensaio. A diferença entre as duas rampas está associada à capacidade do material de recuperar sua estrutura após a aplicação do cisalhamento, sendo frequentemente utilizada como um indicativo do comportamento tixotrópico.

Os ensaios foram realizados nos tempos de 0, 15 e 45 min, considerando o período de repouso de 15 min recomendado pelo fabricante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figura 3, Figura 4 e Figura 5 apresentam os resultados de tensão de cisalhamento *versus* taxa de cisalhamento para as argamassas I, II e III, respectivamente, nos tempos de 0, 15 e 45 minutos.

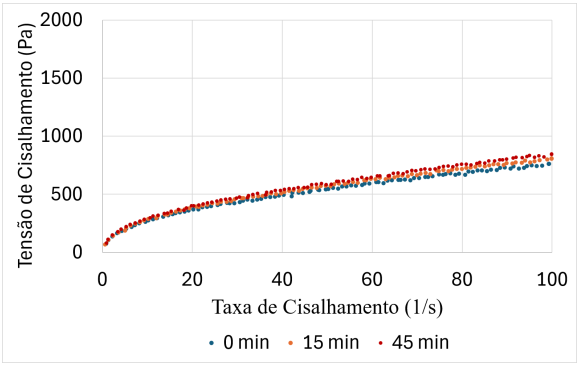


Figura 3. Tensão de cisalhamento *versus* Taxa de cisalhamento - Argamassa I.
Fonte: Autores (2026).

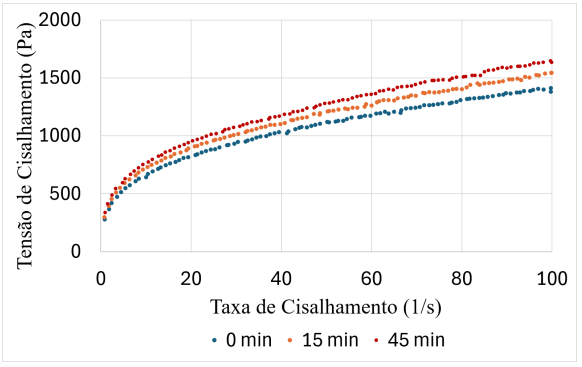


Figura 4. Tensão de cisalhamento *versus* Taxa de cisalhamento - Argamassa II.
Fonte: Autores (2026).

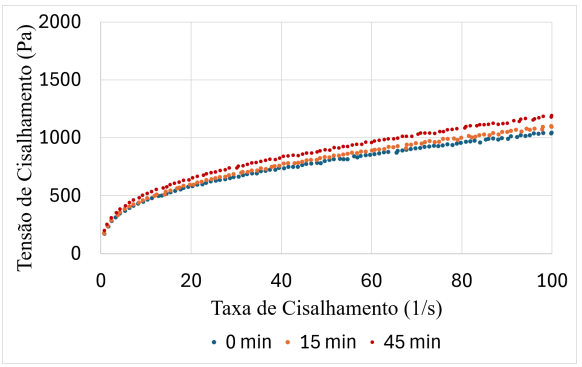


Figura 5. Tensão de cisalhamento *versus* Taxa de cisalhamento - Argamassa III
Fonte: Autores (2026).

Na Argamassa I (Figura 3), observa-se uma baixa tensão de escoamento quando comparada às demais misturas. Além disso, nota-se que quase não há diferença de comportamento ao longo do tempo, visto que as curvas correspondentes aos tempos de 0 min, 15 min e 45 min aparecem praticamente sobrepostos ao longo de todo o ensaio.

Esse perfil contrasta com as diferenças registradas na Argamassa II (Figura 4) e na Argamassa III (Figura 5). As curvas dessas duas composições mostram que elas são diferentes em relação à taxa de cisalhamento, exibindo perfis de propriedades reológicas bem distintas da Argamassa I.

Além disso, as tensões de cisalhamento obtidas na Argamassa II foram superiores àquelas das demais argamassas, como pode ser observado na Figura 6. A Figura 6 apresenta o comportamento reológico das três misturas após 15 minutos, período recomendado pelos fabricantes de repouso antes da aplicação da argamassa. Nesse intervalo, tornam-se evidentes as diferenças entre as formulações, observadas por meio das distintas relações entre tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento. Destaca-se que a argamassa I apresentou os menores valores de tensão de cisalhamento ao longo da faixa de taxas de cisalhamento avaliada, indicando possivelmente uma menor resistência ao escoamento quando comparada às demais misturas.

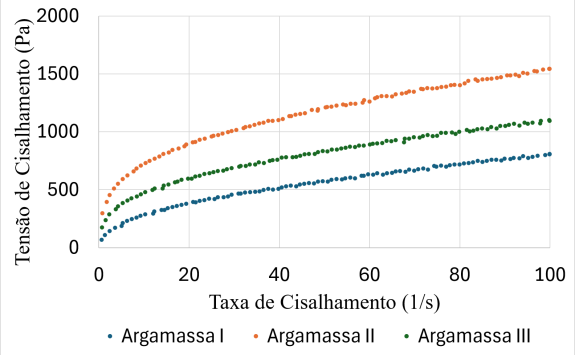


Figura 6. Tensão de cisalhamento *versus* Taxa de cisalhamento - 15 minutos.
Fonte: Autores (2026).

A tensão de escoamento ao longo do tempo para todas as argamassas avaliadas é apresentada na Figura 7.

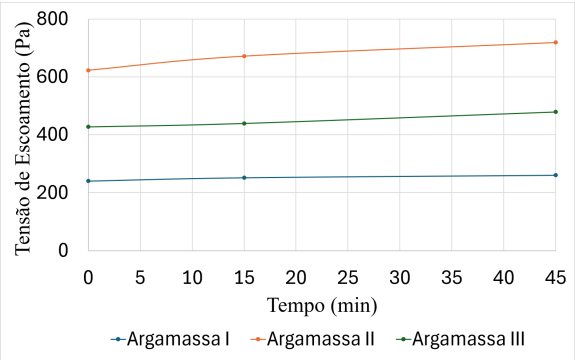


Figura 7. Tensão de escoamento ao longo do tempo para as argamassas avaliadas.
Fonte: Autores (2026).

A partir dos resultados, observa-se uma clara distinção na tensão de escoamento das misturas já no tempo inicial (t = 0 min). A argamassa II apresentou o maior valor inicial (uma diferença de aproximadamente 160% maior que a argamassa I), o que indica a necessidade de um esforço superior para a formação dos cordões do material durante a aplicação. Além disso, essa mesma argamassa exibiu uma inclinação de curva mais acentuada em relação às demais, evidenciando que o tempo exerce maior influência sobre a sua cinética de escoamento.

Os perfis de viscosidade em função da taxa de cisalhamento para as Argamassas I, II e III, obtidos nos intervalos de 0 min, 15 min e 45 min, estão dispostos nas Figuras 8, 9 e 10, respectivamente.

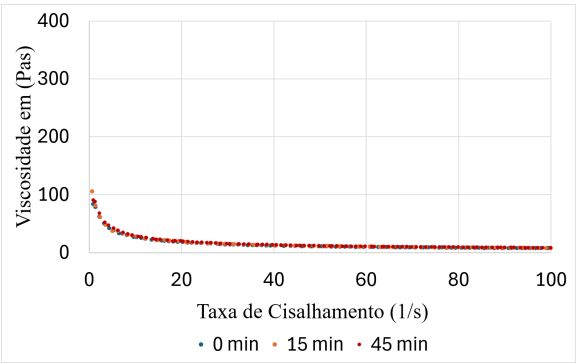


Figura 8. Viscosidade *versus* Taxa de Cisalhamento - Argamassa I.
Fonte: Autores (2026).

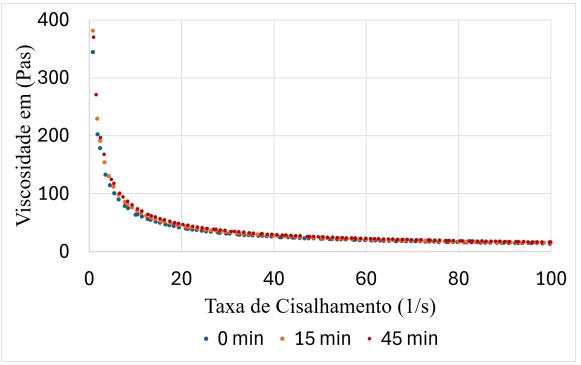


Figura 9. Viscosidade *versus* Taxa de Cisalhamento - Argamassa II.
Fonte: Autores (2026).

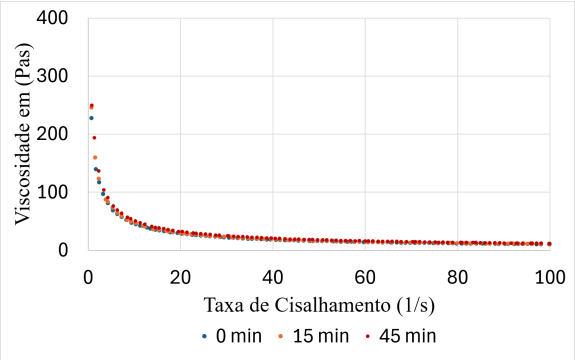


Figura 10. Viscosidade *versus* Taxa de Cisalhamento - Argamassa III.
Fonte: Autores (2026).

Todas apresentaram comportamento pseudoplástico, caracterizado pela redução da viscosidade aparente com o aumento da taxa de cisalhamento, indicando uma progressiva desestruturação da rede interna do material quando submetido ao cisalhamento.

Embora essa tendência já esteja implícita nas curvas de tensão de cisalhamento, a representação da viscosidade permite avaliar com maior clareza a intensidade do efeito pseudoplástico. A Argamassa I (Figura 8) apresentou os menores valores de viscosidade e a menor variação entre os tempos avaliados, sugerindo maior estabilidade reológica ao longo do período analisado. Já as Argamassas II (Figura 9) e III (Figura 10) apresentaram viscosidades mais elevadas em baixas taxas de cisalhamento e redução mais pronunciada com o aumento da solicitação mecânica, evidenciando maior sensibilidade ao cisalhamento.

Além disso, a manutenção do formato das curvas ao longo do tempo indica que o mecanismo de escoamento permaneceu semelhante entre os tempos avaliados, embora tenham ocorrido alterações nos níveis de viscosidade. Esse comportamento sugere que as modificações estruturais decorrentes da evolução ao longo do tempo da argamassa influenciam principalmente a magnitude da resistência ao fluxo, sem alterar significativamente seu caráter pseudoplástico.

A Figura 11 apresenta o comportamento da viscosidade aparente das argamassas ao longo do tempo.

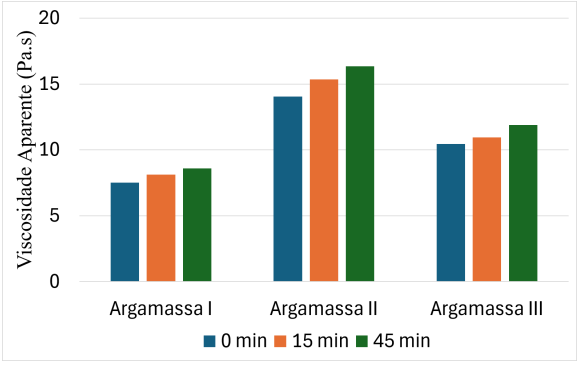


Figura 11. Viscosidade aparente ao longo do tempo.
Fonte: Autores (2026).

Observa-se na Figura 11 um aumento de viscosidade ao longo do tempo de avaliação e novamente os maiores valores obtidos para a argamassa II.

Apesar do pré-cisalhamento promover a reestruturação inicial das amostras, as diferenças observadas nas curvas de viscosidade e tensão de cisalhamento indicam distintos níveis de estruturação interna entre as argamassas avaliadas.

Os resultados obtidos durante o pré-cisalhamento evidenciam diferenças no estado estrutural inicial das argamassas antes da realização das medidas reológicas. Como essa etapa promove a ruptura das estruturas formadas durante o repouso, a resposta de cada material ao cisalhamento fornece indicativos sobre o grau de estruturação e a resistência da rede interna ao escoamento. Assim, as diferenças observadas entre as formulações refletem distintos comportamentos de desestruturação sob ação mecânica.

No caso da Argamassa I, a curva correspondente a essa etapa (Figura 12) revela pequenas oscilações na tensão de cisalhamento inicial; contudo, os valores convergiram e se estabilizaram ao final dos 60 segundos de ensaio.

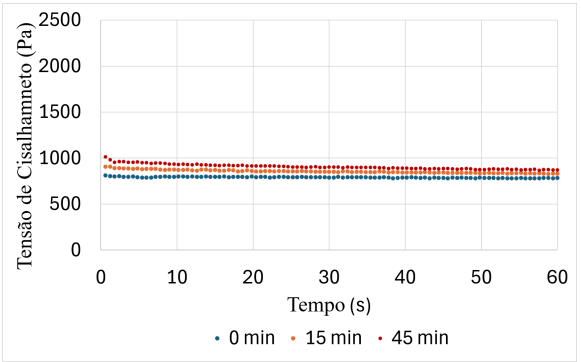


Figura 12. Pré Cisalhamento - Argamassa I.
Fonte: Autores (2026).

Por outro lado, para a Argamassa II (cujos valores estão apresentados na Figura 13), observam-se

diferenças significativas tanto na tensão de cisalhamento inicial quanto na final. Esse comportamento demonstra que, ao longo do tempo de avaliação, o material já apresentava indícios de aglomeração de partículas.

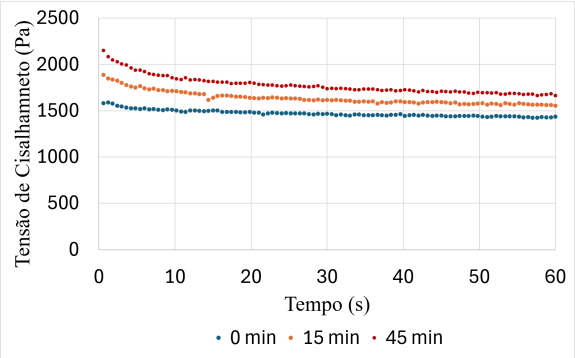


Figura 13. Pré Cisalhamento - Argamassa II.
Fonte: Autores (2026).

Tendência semelhante foi verificada na Argamassa III (Figura 14), contudo de forma menos acentuada, manifestando divergências nos valores finais de tensão principalmente no intervalo de 45 minutos de avaliação.

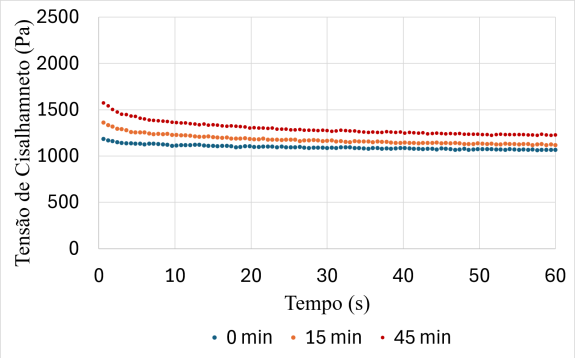


Figura 14. Pré Cisalhamento - Argamassa III.
Fonte: Autores (2026).

As diferenças observadas entre as formulações refletem distintos comportamentos de desestruturação sob ação mecânica.

No tempo de avaliação de 15 minutos, correspondente ao período de repouso recomendado pelos fabricantes antes da utilização da argamassa, observaram-se diferenças significativas entre os perfis reológicos das misturas. Essas diferenças manifestaram-se ao longo de toda a curva de escoamento, abrangendo desde os valores iniciais de tensão de cisalhamento até a condição de completa homogeneização da mistura (Figura 15).

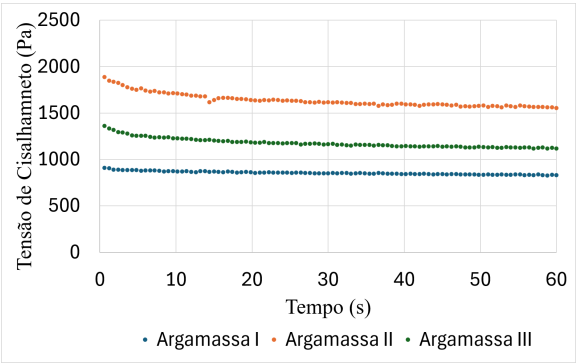


Figura 15. Pré Cisalhamento - 15 minutos.
Fonte: Autores (2026).

A Figura 16 apresenta a evolução da área de histerese das argamassas ao longo do tempo. Observa-se que esse parâmetro aumentou para as três formulações avaliadas, embora com magnitudes e tendências distintas. A Argamassa I apresentou um incremento gradual da área de histerese durante todo o período de avaliação. A Argamassa II, por sua vez, registrou uma ligeira redução aos 15 minutos, seguida de um aumento expressivo aos 45 minutos. Já a Argamassa III exibiu crescimento contínuo da área de histerese em todos os intervalos analisados. Esses resultados indicam uma evolução ao longo do tempo da estrutura interna das misturas, refletindo diferenças nos processos de reorganização e reconstrução estrutural após o cisalhamento.

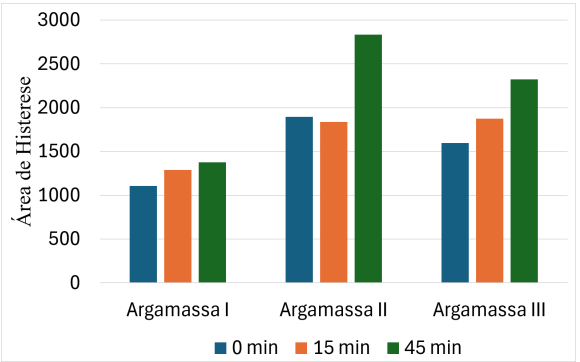


Figura 16. Área de Histerese ao longo do tempo.
Fonte: Autores (2026).

De forma geral, o aumento da área de histerese indica uma intensificação do comportamento tixotrópico das argamassas ao longo do tempo. Mesmo após o pré-cisalhamento, esse resultado sugere a ocorrência de processos de reestruturação interna, possivelmente associados à aglomeração de partículas e ao avanço das reações iniciais de hidratação do cimento Portland.

CONCLUSÃO

Os resultados evidenciam um incremento na tensão de escoamento e na viscosidade das argamassas colantes ao longo do tempo, indicando uma perda progressiva de fluidez do material, especialmente para a argamassa II. As alterações reológicas observadas dentro do intervalo de uso recomendado pelo fabricante sugerem que propriedades relacionadas à aplicação, como o espalhamento e a formação dos cordões podem ser afetadas precocemente, prejudicando a extensão do contato argamassa/base e, consequentemente, a aderência na interface no estado endurecido.

Também foram identificadas diferenças significativas entre as argamassas avaliadas para o mesmo fim (assentamento de placas cerâmicas), com variações significativas na curva de pré-cisalhamento, tensão de escoamento, viscosidade e área de histerese. Essas divergências decorrem do fato de que cada fabricante adota composições e aditivos específicos, evidenciando que materiais destinados à mesma aplicação podem apresentar comportamentos reológicos bastante distintos em função de suas composições e aditivos. Nesse contexto, os resultados reforçam a importância da caracterização reológica como ferramenta complementar aos métodos empíricos atualmente empregados, contribuindo para uma avaliação mais abrangente do desempenho das argamassas colantes no estado fresco e fornecendo subsídios para o aprimoramento de critérios técnicos e normativos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) – Campus Florianópolis pelo suporte institucional e financeiro. Este trabalho foi viabilizado pela concessão de bolsas de Iniciação Científica, bem como pela infraestrutura e recursos essenciais fornecidos para a execução do projeto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14081-1**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 1: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

BETIOLI, A. M. **Influência dos polímeros MHEC e EVA na consolidação de pastas cimentícias**. 2007. 190p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010. v. 2, cap. 26, p. 864-904.

KUDO, E. K.; CARDOSO, F. A.; PILLEGI, R. G. Avaliação de argamassas colantes por reometria rotacional. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 125-137, abr./jun. 2013.

KUDO, E. K. **Caracterização reológica de argamassas colantes**. São Paulo, 2012. 140 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MODLER, L. E. A. **Avaliação reológica do período de consolidação de argamassas colantes**. 2017. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

SILVA, D. A.; ROMAN, H. R. Caracterização microestrutural de pastas de cimento aditivadas com polímeros HEC e EVA. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 31-46, abr./jun. 2002.