Influência do tempo, do substrato e do tipo de cimento na absorção de água inicial e na aderência à tração do chapisco convencional

Tema: Desempenho de sistemas de revestimento

LEONARDO MARQUEZAN[1], GIOVANNA C. ASCHEBROCK[2], JÚLIA DA R. COSTA[3], JULIANE R. FALCÃO[4], ANGELA B. MASUERO[5]

[1]Mestrando, PPGCI – Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, leonardo.marquezan@ufrgs.br
[2]Mestranda, PPGCI – Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, giovanna.aschebrock@ufrgs.br
[3]Mestranda, PPGCI – Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, rosa.costa@ufrgs.br
[4]Mestranda, PPGCI – Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, juliane.falcao@ufrgs.br
[5]Profª. Drª, NORIE – Universidade Federal Rio Grande do Sul/UFRGS, angela.masuero@ufrgs.br

RESUMO

Em revestimentos de argamassa, segundo a ABNT NBR 13755:2019(1), é permitido a execução do emboço 3 dias após a aplicação do chapisco. Visto que a caracterização das argamassas ocorre 28 dias após sua produção, é necessário avaliar se essa conduta não prejudica o desempenho da camada de regularização. Sendo assim, o presente trabalho avaliou a absorção de água inicial e a resistência de aderência à tração de argamassas de chapisco aplicadas sobre diferentes substratos cerâmicos. Após 3 dias, nem todos os sistemas alcançaram os requisitos mínimos exigidos para uma argamassa de revestimento e nota-se que o cimento, o tempo de cura e o substrato geram influência significativa no desempenho do chapisco.

Palavras-chave: Chapisco, bloco cerâmico, AAI, aderência.

Influence of time, substrate and cement type on the initial rate of absorption and tensile bond strength of conventional roughcast

ABSTRACT

According to mortar coatings regulations(1), plastering is allowed three days after the roughcast application. Generally, mortar characterization occurs 28 days after production, so it is necessary to assess if this conduct does not affect the performance of the roughcast. In this way, the present research evaluated the initial rate of absorption and the tensile bond strength of roughcast mortars applied on different ceramic substrates. After three days, had been noted that some systems did not reach the minimum requirements of coating mortars and that the cement, the curing time, and the substrate significantly affected the performance of the roughcast.

Key-words: Roughcast, ceramic substrates, IRA, tensile bond strength.

1. INTRODUÇÃO

Impulsionado pelo reaquecimento da economia, a indústria da construção civil apresentou crescimento econômico acima da média nacional pelo segundo ano consecutivo[2]. Mesmo com bons números, a indústria enfrenta diversos problemas como o alto custo dos materiais, a elevada taxa de juros, a falta de trabalhadores qualificados e problemas decorrentes da má utilização e má execução dos sistemas construtivos[3,4].

Os sistemas de revestimento de argamassa, amplamente utilizados na construção civil, são, cada vez mais, alvos de pesquisas e consultorias, a fim de melhorar o seu desempenho e reduzir a ocorrência de manifestações patológicas. Nesse contexto, a perda de aderência entre as interfaces de revestimento, que pode resultar em descolamentos, é um dos principais sintomas patológicos recorrentes nas edificações, e, geralmente, está relacionada a incompatibilidade construtiva dos materiais formadores do sistemas de revestimento[5].

Associada diretamente à insuficiência dos mecanismos de adesão, a aderência entre as camadas de revestimento é afetada pelo grau de absorção e pela rugosidade do substrato, fatores que proporcionam, respectivamente, a micro e a macroancoragem, sendo necessários para o desenvolvimento das pontes de adesão[6,7]. Tendo em vista que a rugosidade do substrato é determinada pelo tipo de superfície a revestir, a uniformização do grau de absorção desse substrato tem suma importância para promover a microancoragem das camadas de revestimento ao substrato e amplificar o desempenho mecânico dessas[8,9].

Aplicada de forma contínua ou descontínua, a regularização da superfície é comumente desenvolvida por meio da execução da camada de chapisco, utilizando argamassas de alta fluidez produzidas em obra ou industrializadas[1]. Tendo em vista que as demandas produtivas e a necessidade de agilizar processos são essenciais à indústria da construção civil, a ABNT NBR 7200:1998[6] permite que a execução da camada de emboço, sobre a camada de chapisco, tenha início apenas 3 dias após a execução da camada de regularização. Apesar de acelerar o ritmo construtivo, essa permissividade executiva desconsidera o fato de que a argamassa de chapisco pode não se encontrar totalmente pronta para desempenhar suas funções, uma vez que são necessários, no mínimo, 28 dias para alcançar o melhor desempenho.

Nesse contexto, através da adaptação dos ensaios de absorção de água inicial (AAI)[10] e de resistência de aderência à tração[11], executados diretamente nos sistemas compostos por substratos cerâmicos e argamassas de chapisco convencional, dosadas em laboratório, o presente trabalho visa avaliar o desempenho desses sistemas após 3 e 28 dias da execução da camada de regularização. Dessa forma, serão identificados os efeitos que o tempo de cura da argamassa de chapisco, o índice de absorção de água inicial dos blocos e o tipo de cimento, empregado no proporcionamento da argamassa, podem exercer no desempenho das argamassas de regularização.

2. MATERIAIS

2.1. Cimentos e agregado miúdo

Para a moldagem das argamassas, foram utilizados dois cimentos comerciais (CP II-Z 32 e CP IV-RS 32[12]) que foram fornecidos em sacos por uma empresa da região metropolitana de Porto Alegre/RS. Uma areia natural de granulometria média foi utilizada como agregado miúdo na produção das argamassas. Para a sua caracterização, foram realizados os ensaios de absorção de água e massa específica[13] e de granulometria[14]. Dessa forma, o material apresentou massa específica de 2,55 g/cm^3, absorção de água de 1,71% e granulometria conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização granulométrica do agregado miúdo

Abertura das peneiras (mm)	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075	Fundo
Porcentagem de material retido	20,3%	40,9%	27,8%	10%	0,8%	0,2%

2.2. Blocos cerâmicos

Foram utilizados dois tipos de blocos cerâmicos, de mesmas dimensões e disponibilizados por uma empresa de Sapucaia do Sul/RS, como substrato para a aplicação do chapisco. Escolhidos conforme a caracterização do fabricante, foram utilizados blocos cerâmicos de vedação com f_{bk} de 1,5 MPa e blocos cerâmicos estruturais com f_{bk} de 7 MPa[15].

Em laboratório, os blocos cerâmicos foram caracterizados quanto à variação dimensional[10] e quanto ao índice de absorção de água inicial, avaliado na face de revestimento dos blocos, através de uma adaptação do ensaio da norma ABNT NBR 15270-2:2017 (Anexo D)[10]. Os valores encontrados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização dos blocos cerâmicos

Bloco cerâmico		**Dimensões (mm)**			**Índice de absorção de água inicial (g/194²/min)**
Função	F_{bk} (MPa)	L	H	C	
Vedação	1,5	142,13	195,08	287,10	22,93
Estrutural	7,0	139,23	188,82	288,17	16,52

3. MÉTODOS

3.1 Preparo e caracterização das argamassas

Foram moldadas duas argamassas de chapisco convencional, variando o tipo de cimento Portland da mistura (CP II-Z 32 e CP IV-RS 32) e mantendo o mesmo proporcionamento, em massa, de 1:3. A mistura da argamassa ocorreu de acordo com a ABNT NBR 7200:1998[5] e a água total adicionada à mistura foi determinada de acordo com a experiência do operador que executou a camada de chapisco nos substratos cerâmicos.

A fim de caracterizar as argamassas moldadas aos 3 e aos 28 dias, foram realizados ensaios conforme a ABNT NBR 13281-1:2023[16]. No estado fresco, executaram-se os ensaios de densidade de massa[17] e de índice de consistência[18]. No estado endurecido, as argamassas foram avaliadas pelos ensaios de módulo de elasticidade dinâmico[19], de resistência mecânica à tração na flexão e à compressão[20], de absorção de água por

capilaridade[16] e de potencial de aderência à tração[21]. A caracterização das argamassas é apresentada a partir da Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização das argamassas de chapisco

Ensaios		Cimento utilizado e traço, em massa, do chapisco			
		CPII-Z 32 - 1:3		CPIV-RS 32 - 1:3	
Estado fresco	Índice de consistência (mm)	328		367	
	Densidade de massa (kg/m³)	2240		2191	
Estado endurecido	Idade	3 dias	28 dias	3 dias	28 dias
	Densidade de massa (kg/m³)	2,11 ± 0,01	2,01 ± 0,01	2,03 ± 0,01	2,00 ± 0,02
	Módulo de elasticidade dinâmico (GPa)	27,38 ± 0,27	27,96 ± 0,57	18,13 ± 0,81	18,83 ± 0,43
	Resistência à tração na flexão (MPa)	3,22 ± 0,26	5,45 ± 0,47	1,68 ± 0,23	3,19 ± 0,09
	Resistência à compressão (MPa)	8,50 ± 0,34	16,80 ± 4,83	5,76 ± 0,19	9,35 ± 3,88
	Coeficiente de capilaridade - A_w (kg/m².s½)	0,20 ± 0,01	0,46 ± 0,06	0,38 ± 0,06	1,09 ± 0,13
	Potencial de aderência à tração (MPa)	0,82 ± 0,19	0,82 ± 0,18	0,35 ± 0,13	0,55 ± 0,18

3.2. Produção e avaliação dos sistemas substrato/chapisco

Com os blocos cerâmicos enfileirados, o operador responsável executou a camada de chapisco sobre a superfície dos blocos com as argamassas moldadas. Ao todo, foram produzidos quatro sistemas substrato/chapisco diferentes, classificados conforme a Tabela 4. Aos 3 e aos 28 dias de cura do chapisco, os sistemas foram submetidos aos ensaios de AAI[10] (adaptado) e de resistência de aderência à tração[11].

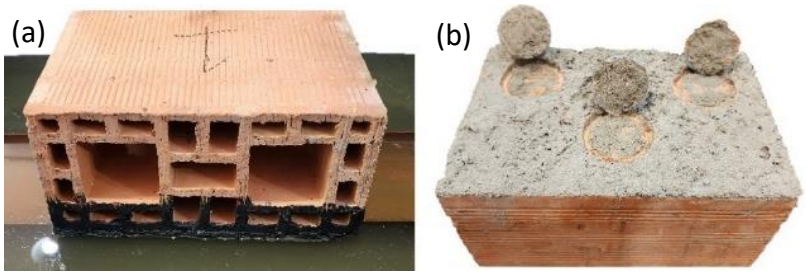
Tabela 4 – Sistemas analisados

Nome do sistema	CH II-Ved	CH IV-Ved	CH II-Est	CH IV-Est
Cimento utilizado	CP II-Z 32	CP IV-RS 32	CP II-Z 32	CP IV-RS 32
Tipo de bloco cerâmico utilizado	Vedação 1,5 MPa		Estrutural 7 MPa	

Para o ensaio de AAI, foram moldadas 6 amostras por sistemas. A face submersa na execução do ensaio foi a de revestimento do bloco (face lateral), e não a superfície de assentamento como determina a normativa (Figura 1a). Essa modificação deu-se em vista do objetivo de avaliar apenas a absorção inicial de água por parte da argamassa de regularização, e não por parte do bloco. Além disso, as faces do bloco cerâmico, que poderiam entrar em contato com a água, foram seladas com tinta impermeabilizante a fim de não interferirem nos resultados de absorção de água.

Os ensaios de resistência de aderência à tração foram executados diretamente nas amostras substrato/chapisco. Ao todo, foram necessários produzir 8 amostras por sistemas, a fim de permitir a execução do ensaio de 12 pontos por idade. Dessa forma, foram avaliados 3 pontos de arrancamento de cada amostra, de cada sistema, como mostra a Figura 1b.

Figura 1 – Ensaios dos sistemas: (a) AAI; (b) Resistência de aderência à tração



Fonte: Autores

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Índice de absorção de água inicial (AAI) dos sistemas substrato/chapisco

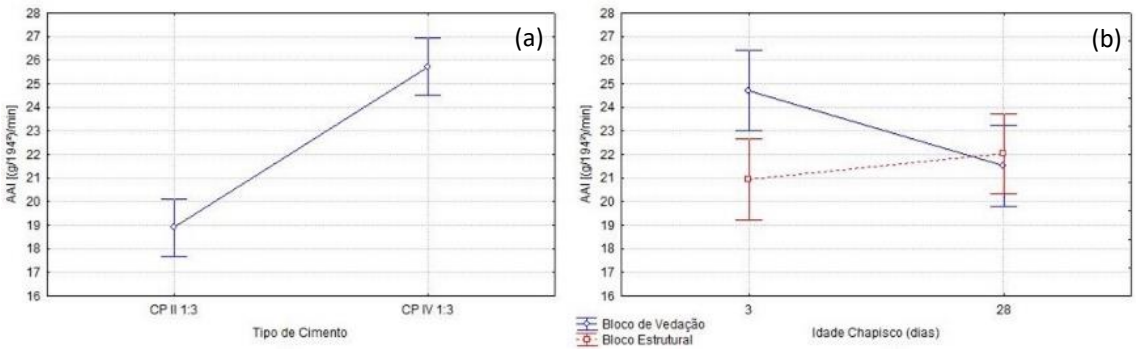
Os resultados dos índices de AAI dos quatro sistemas (substrato/chapisco), realizados após 3 e 28 dias da execução da camada de regularização, são apresentados na Tabela 5. Observa-se que os dois sistemas com argamassa de CP II apresentaram os menores índices de AAI, para ambas as idades e tipos de blocos.

Tabela 5 – Índice de AAI dos sistemas aos 3 e 28 dias da execução do chapisco

Sistema			CH II-Ved	CH II-Est	CH IV-Ved	CH IV-Est
Idade de avaliação	3 dias	**Índice de absorção de água (g/194²/min)**	20,34	18,15	29,09	23,75
	28 dias		18,4	18,69	24,64	25,36

A partir da análise de variância (ANOVA) das variáveis (tipo de bloco, tipo de cimento e idade do chapisco), com um nível de confiança de 95%, nota-se que apenas o tipo de cimento e a combinação de tipo de bloco e idade do chapisco geram influência significativa nos resultados encontrados para os índices de AAI. Através da Figura 2a observa-se que a absorção de água inicial foi menor para o chapisco executado com CP II em comparação ao com CP IV. Essa ocorrência também foi verificada no ensaio de absorção por capilaridade das argamassas. Na Figura 2b, verifica-se que, aos 3 dias, os sistemas com bloco estrutural apresentaram o menor valor de absorção de água, contudo, aos 28 dias, as combinações com os dois tipos de bloco analisados apresentaram comportamento semelhante.

Figura 2 – Análise de variância ANOVA da AAI: a) influência do tipo de cimento; b) Influência dos fatores combinados: tipo de bloco e idade do chapisco



Fonte: Autores

Segundo a ASTM C216:2022[22], o AAI auxilia na decisão de qual argamassa utilizar para um determinado substrato e se há a necessidade de umedecer o mesmo antes da aplicação. Essa normativa ainda indica que o aumento do AAI pode não reduzir a adesão, devendo ser seguidas as boas práticas construtivas, no qual substratos com AAI elevados, devem ser empregadas argamassas com alta retenção de água.

3.2. Resistência de aderência à tração dos sistemas substrato/chapisco

A Tabela 6 apresenta os valores de resistência de aderência à tração para as quatro combinações propostas, ensaiadas aos 3 e 28 dias. Segundo a ABNT NBR 13755:2019[1], o revestimento é considerado aprovado quando pelo menos 8, dos 12 pontos ensaiados,

apresentam resistência superior à 0,3 MPa. Caso essa condição não seja satisfeita, a decisão de aprovação fica a critério do projetista ou o sistema é reprovado.

Tabela 6 – Valores de resistência de aderência à tração do chapisco

Sistema	CH II-Ved		CH II-Est		CH IV-Ved		CH IV-Est	
Idade Chapisco	3	28	3	28	3	28	3	28
Valores em MPa (em vermelho, resultados abaixo do limite de 0,30 MPa para paredes externas segundo a ABNT NBR 13749:2013)	0,24	0,53	0,45	0,42	0,34	0,55	0,51	0,71
	0,67	0,48	0,41	0,59	0,16	0,22	0,27	0,38
	0,55	0,39	0,65	0,66	0,25	1,03	0,19	0,41
	0,17	1,04	0,5	0,54	0,29	0,71	0,33	0,54
	0,15	0,88	0,68	0,73	0,36	0,7	0,45	0,43
	0,4	1,03	0,38	0,48	0,31	0,83	0,38	0,34
	0,16	0,83	0,85	0,81	0,3	0,65	0,43	0,77
	0,41	0,96	0,57	0,73	0,3	0,33	0,48	0,57
	0,25	0,95	0,22	0,71	0,36	0,89		0,65
	0,53	0,85	0,27	0,9	0,36	0,55	0,43	0,5
	0,52	0,9	0,44	0,3	0,24	0,69	0,33	0,53
	0,39	0,69	0,31	0,65	0,21	0,69	0,29	0,45
Média (MPa)	**0,37**	**0,79**	**0,48**	**0,63**	**0,29**	**0,65**	**0,37**	**0,52**
DP (MPa)	**0,18**	**0,22**	**0,18**	**0,17**	**0,06**	**0,22**	**0,10**	**0,13**
CV (%)	**47,3%**	**27,7%**	**38,5%**	**27,1%**	**22,1%**	**34,3%**	**26,5%**	**25,5%**

De modo geral, na avaliação aos 3 dias, ambos os sistemas produzidos com blocos de vedação e diferentes chapiscos não cumpriram o requisito normativo para argamassas de apresentar, pelo menos, 8 pontos com resistência à tração superior à 0,3 MPa. Consequentemente, o sistema de revestimento também poderá não cumprir este critério. Entretanto, salienta-se que todos os sistemas apresentaram valores médios superiores ao valor mínimo requerido e que os coeficientes de variação apresentaram altos valores devido à elevada dispersão dos resultados. Essa é uma característica negativa deste ensaio e também fora observada por Ramos *et al*. (2012)[23].

Na idade de 28 dias, todos os sistemas atenderam as exigências normativas, demonstrando, estatisticamente, influência significativa do tempo na resistência de aderência à tração. Observou-se, também, a influência significativa dos efeitos combinados do tipo de bloco e da idade do chapisco, uma vez que os sistemas produzidos com blocos de vedação, aos 28 dias, apresentaram valores médios de resistência à tração superiores aos demais.

Assim como na AAI, o tipo de cimento também exerceu influência significativa nos resultados de resistência de aderência à tração dos chapiscos. Esse comportamento superior de aderência das argamassas dosadas com CP II-Z, possivelmente, está associado ao menor teor de adição de materiais suplementares e, consequentemente, ao maior teor de clínquer, que este cimento possui[12,24]. Por fim, vale ressaltar que, como observado, substratos com maior AAI podem proporcionar maior resistência de aderência aos 28 dias. Esse comportamento pode estar relacionado a maior taxa de absorção de água a qual auxilia no transporte da pasta para os poros do substrato, favorecendo a microancoragem[25].

4. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos é possível concluir que o tipo de cimento empregado influencia na AAI e na resistência de aderência à tração do chapisco aplicado sobre substratos cerâmicos. Os sistemas com CP II-Z apresentaram maiores valores de aderência à tração e menores valores de AAI, dessa forma, ressalta-se que para o mesmo

proporcionamento, o chapisco convencional produzido com CP II-Z apresenta desempenho superior ao dosado com CP IV-RS.

Além disso, constata-se também que a interação do tipo de bloco com a idade do chapisco influencia, significativamente, a aderência e a absorção de água do chapisco, sendo que os sistemas que empregaram blocos de vedação apresentaram maior AAI aos 3 dias e maior resistência de aderência à tração aos 28 dias.

Por fim, destaca-se que, aos 3 dias, os sistemas produzidos com blocos de vedação não cumpriram o requisito de resistência à tração, independentemente da argamassa de chapisco utilizada. Esse resultado demonstra que a alta taxa de AAI do substrato e o curto espaço de tempo entre a execução das camadas de revestimento podem influenciar e prejudicar o desempenho da camada de regularização nos sistemas de revestimento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13755**: Revestimento cerâmico de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante – Projeto, execução, inspeção e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.
2. Construção Civil confirma expectativas e cresce forte pelo segundo ano. **Agência CBIC**, 2023. Disponível em: <https://cbic.org.br/construcao-civil-confirma-expectativas-e-cresce-forte-pelo-segundo-ano/>. Acesso em: 11 de maio de 2023.
3. MELO, Karine. Estimativa do PIB da construção civil cresce pela segunda vez este ano. **Agência Brasil**, Brasília, 25 de jul. de 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2022-07/estimativa-do-pib-da-construcao-civil-cresce-pela-segunda-vez-este-ano>. 11 de maio de 2023.
4. Análise econômica: mercado de trabalho, taxa de juros e custo da construção**. Agência CBIC**, 2023. Disponível em: <https://cbic.org.br/analise-economica-mercado-de-trabalho-taxa-de-juros-e-custo-da-construcao/>. Acesso em: 11 de maio de 2023.
5. GASPERIN, J. **Aderência de revestimentos de argamassa em substratos de concreto: Influência da forma de aplicação e composição do chapisco.** 2011. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1998.
7. MOURA, C. B. **Aderência de Revestimentos Externos de Argamassa em Substrato de Concreto: Influência das Condições de Temperatura e Ventilação na Cura do Chapisco.** 2007. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre.
8. BROCKEN, H. J. P. et al. Water extraction out of mortar during brick laying: A NMR study. **Materials and structures**, v. 31, p. 49-57, 1998.
9. MOREIRA, E. B. **Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de**

revestimento em substrato cerâmico. 2006. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre.

10. ____.**NBR 15270-2**: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 2: Métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2017.
11. ____. **NBR 13528**: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2019.
12. ____. **NBR 16697**: Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.
13. ____. **NBR 16916**: Agregado miúdo – determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.
14. ____. **NBR 17054**: Agregados – determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.
15. ____.**NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.
16. ____.**NBR 13281-1**: Argamassas inorgânicas - Requisitos e métodos de ensaios – Parte 1: Argamassas para revestimento de paredes e tetos. Rio de Janeiro, 2023.
17. ____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.
18. ____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.
19. ____. **NBR 15630**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2009.
20. ____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.
21. ____.**NBR 15258**: Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2021.
22. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C216**: Standard Specification for Facing Brick (Solid Masonry Units Made from Clay or Shale). West Conshohocken, PA – USA, ASTM International, 2022.
23. RAMOS, N. M. M. et al. Reliability of the pull-off test for in situ evaluation of adhesion strength. **Construction and Building Materials**, v. 31, p. 86-93, 2012.
24. VISEDO, G. et al. **Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050.** SNIC, Rio de Janeiro, 2019. 64f.
25. SANTOS, A. M. et al. The influence of lime solution in kneading water substitution on cement roughcast and mortar coating. **Materials**, v. 14, 4174, 2021.