

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DO REVESTIMENTO MONOCAMADA
ANTES E APÓS O ENVELHECIMENTO ACELERADO PROPOSTO
PELA CÂMARA DE INTEMPERISMO.**

Autor: Mauro Eugênio Lechi Vieira
Orientador Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior.
Coorientador Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva.

Belo Horizonte
Março/2019

MAURO EUGÊNIO LECHI VIEIRA

ANÁLISE DE DESEMPENHO DO REVESTIMENTO MONOCAMADA ANTES E APÓS O ENVELHECIMENTO ACELERADO PROPOSTO PELA CÂMARA DE INTEMPERISMO.

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil. Área de concentração: Materiais de Construção Civil.

Orientador Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior.

Coorientador Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva.

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2019

V658a

Vieira, Mauro Eugênio Lechi.

Análise de desempenho da monocamada antes e após o envelhecimento acelerado proposto pela câmara de intemperismo [recurso eletrônico] / Mauro Eugênio Lechi Vieira. – 2019.

1 recurso online (xiii, 142 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Antônio Neves de Carvalho Júnior.

Coorientador: Adriano de Paula e Silva.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Anexos: f. 115-128.

Bibliografia: f.107-114.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil - Teses. 2. Revestimentos - Teses. 3. Construção – Desempenho – Teses. 4. Materiais de construção – Durabilidade – Teses. I. Carvalho Júnior, Antônio Neves de. II. Silva, Adriano de Paula e. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 691(043)

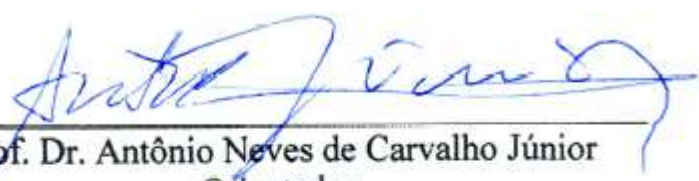
MAURO EUGÊNIO LECHI VIEIRA

“ANÁLISE DE DESEMPENHO DA MONOCAMADA ANTES E APÓS O ENVELHECIMENTO ACELERADO PROPOSTO PELA CÂMARA DE INTEMPERISMO”


Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Construção Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Belo Horizonte, 04 de abril de 2019.

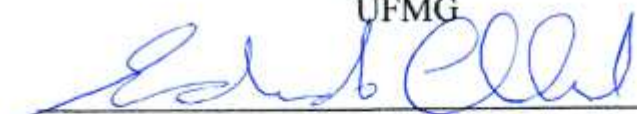
BANCA EXAMINADORA



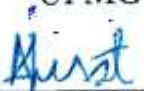
Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior
Orientador
UFMG



Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva
Coorientador
UFMG



Prof. Dr. Eduardo Chahud
UFMG



Prof. Dr. Ângelo Just da Costa e Silva
UPE

“Always pass on what you have learned.”

Mestre Yoda

Dedico este trabalho aos meus pais, minhas filhas e aos meus alunos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à todas as pessoas que contribuíram para essa conquista tão árdua e, em especial:

À Deus, por me apoiar nos momentos difíceis, propiciar coragem nas inúmeras incertezas e sempre mostrar o caminho à percorrer.

Aos meus pais, Mauro e Geralda, pelo exemplo de superação, perseverança e dedicação. O esforço de vocês foi a maior fonte de energia que eu poderia ter, obrigado. Pai, mesmo longe sempre esteve ao meu lado. Saudade imensa de você, seus ensinamentos e de nossas conversas. Te amo.

Às minhas filhas, Luiza, Júlia e Marcela. Amorecos, obrigado por compreender os momentos de ausência do papai. Este trabalho é nosso. Amo vocês.

À Claudia, pelo incentivo e confiança irrestrito.

À minha família, em especial a minha irmã, Ana Carolina, por toda confiança depositada.

Ao meu orientador ou melhor meu amigo, Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior, pelo constante apoio, disponibilidade e orientações. Serei eternamente grato pela vaga de disciplina isolada que me concedeu, possibilitando este trabalho. É difícil expressar a imensa admiração e respeito que sinto por você. Sua humildade e carisma são contagiantes, aprendi muito mais que os constantes ensinamentos que me passou.

Ao Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva, meu coorientador, pelo constante apoio e ajuda.

Ao Prof. Dr. Roberto Márcio da Silva pela disponibilização do laboratório de estruturas, LAEES e pelos ensinamentos.

Ao meu querido amigo William Cezar chefe da secretaria do mestrado, seus conselhos foram fundamentais para toda essa jornada.

À toda equipe do laboratório de concreto e de materiais metálicos do DEMC e do laboratório de estruturas, LAEES, em especial ao Ricardo, Dedé, Léo, Geraldo, Afonso e o Heron. Sem vocês não seria possível fazer os experimentos.

À Weber Quartzolit, em especial ao André Albieiro, Eduardo Kurtes, Francisco Lessa, Leonardo Caio, Luciane Lana e a Rafaela pela disponibilização da visita à fábrica e das amostras de ATD.

À ABCP pela doação das placas de substrato padrão, em especial a Ana Silveira e o Joaquim Cláudio.

À querida amiga Geciane pelo constante incentivo, ajuda e orientações.

Aos professores da Escola de Engenharia Kennedy, em especial ao Prof. Dr. Natanael Aleva e a Prof. Gisela Bemfica pelo enorme incentivo e compreensão necessários à este trabalho.

Aos meus alunos da Escola de Engenharia Kennedy, Pitágoras e Puc Minas.

À todos muito obrigado!

RESUMO

A atual situação do mercado da Construção Civil obriga as empresas do ramo a buscarem soluções que aumentem sua competitividade. Nesse contexto, o sistema monocamada surge como alternativa para racionalizar o processo construtivo sendo normatizado pela ABNT apenas em 26/04/2018 (NBR 16648:2018). Neste trabalho são avaliadas a durabilidade de monocamadas produzidas antes e após a publicação da norma NBR 16648:2018, por meio de ensaios de estanqueidade (método do cachimbo – CSTC NIT 224:2002) e de resistência de aderência à tração (NBR 15258:2005), antes e após a exposição de protótipos submetidos a ciclos de envelhecimento, equivalentes à 6 anos e 3 meses de exposição natural, utilizando-se a "Câmara de Intemperismo Acelerado". Os resultados do ensaio de estanqueidade pelo método do cachimbo das placas sem a presença de grumos, indicaram menor absorção da água após o envelhecimento acelerado quando comparado com as placas sem intemperismo. A absorção de água das placas envelhecidas com 490 dias de idade foi menor que a absorção das placas com 72 e 80 dias, indicando uma tendência de menor permeabilidade das argamassa técnica decorativas ao longo do tempo. As placas que apresentaram os grumos e que foram envelhecidas apresentaram absorção de água maior que as placas sem intemperismo, demonstrando que a estocagem do produto interfere na permeabilidade da argamassa técnica decorativa aplicada. Percebe-se correlação entre os resultados obtidos entre a resistência de aderência à tração e os resultados de estanqueidade para as placas estudadas. A resistência de aderência à tração das placas com e sem intemperismo mostraram-se adequadas em relação as normas Sinat (2016) e NBR 16648:2018. Não foram detectadas variações de tonalidades e fissuração superficial nas placas molhadas, tanto para as placas sem quanto para as placas com intemperismo após a realização dos ensaios.

Palavras-chave: revestimento, monocamada, desempenho, envelhecimento, durabilidade.

ABSTRACT

The current situation of the Civil Construction market has been forcing companies in this trade to seek solutions to increase their competitiveness. In this context, the monolayer system appears as an alternative to rationalize the constructive process being normalized by ABNT only on 04/26/2018 (NBR 16648: 2018). In this paper, it is evaluate the durability of monolayers produced before and after the publication of the standard NBR 16648: 2018 by means of tests of impermeability (pipe method - CSTC NIT 224: 2002) and tensile strength (NBR 15258: 2005) before and after the exposure of prototypes submitted to aging cycles, equivalent to 6 years and 3 months of natural exposure, using the "Accelerated Weather Chamber". The results of the leakproofness test by the pipe method of the plates without the presence of lumps indicated lower water absorption after the accelerated aging when compared to the plates without weathering. The 490-day-old water plaques absorption was lower than the plaques absorption at 72 and 80 days, indicating a trend of lower permeability of the decorative technical mortars over time. Agglomerated and aged plates have presented higher water absorption than plates without weathering, showing that the storage of product interferes with the permeability of the applied decorative technical mortar. It was also noted a correlation between the results obtained between the tensile strength and the leakage, and the results for the studied plates. The tensile adhesion strength of the plates with and without weathering were adequate in relation to Sinat (2016) and NBR 16648:2018 standards. No changes in shading and surface cracking were detected in the wet plates, both for the plates without and for the plates with weathering after the tests were carried out.

Keywords: coating, monolayer, performance, aging, durability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alterações ocorridas no sistema de revestimento externo para edifícios.	12
Figura 2 - Constituição do RDM.	13
Figura 3 - A) Substrato padrão, B) Espessura de 2 centímetros do RDM; C) RDM aplicado sobre o substrato padrão.	16
Figura 4 - Foto do galpão de produção e do misturador dos agregados.	17
Figura 5 - Acabamento do RDM.	18
Figura 6 - Revestimento ATD monocamada.	20
Figura 7 - Revestimento ATD multicamada (AET e ATD do mesmo fabricante).	20
Figura 8 - Revestimento ATD multicamada (AET e ATD de fabricantes diferentes).	21
Figura 9 - Forma de ruptura para um sistema de revestimento sem chapisco.	24
Figura 10 - Forma de ruptura para um sistema de revestimento com chapisco.	25
Figura 11 - Área com diâmetro de 27 +- 0,5 mm que representa a superfície de contato entre a água e a ATD.	28
Figura 12 - Esquema experimental adotado na pesquisa.	31
Figura 13 - gabarito articulado confeccionado pelo fabricante conforme a NBR 13276:2016.	35
Figura 14 - Resultados dos ensaios de aderência à tração realizados pela fábrica.	36
Figura 15 - ATD utilizada nos ensaios na UFMG.	38
Figura 16 - Utensílios utilizados.	38
Figura 17 - A) Embalagens com as placas de substrato padrão; B) Verso da placa de substrato com as anotação do dia, ordem e hora da aplicação da ATD; C) Placa de substrato padrão instalada no gabarito articulado de moldagem desenvolvido pelo autor.	39
Figura 18 - Espessura de dois centímetros em todo o gabarito.	40
Figura 19 - Pesagem da ATD no estado anidro e da água.	41
Figura 20 - Grumos de material já hidratado encontrado em 1,5kg de ATD.	42
Figura 21 - Mistura manual inicial da ATD com a água e a argamassadeira Contenco.	43
Figura 22 - Aplicação da primeira camada de ATD sob o substrato.	43
Figura 23 - Placa de substrato padrão acabada.	44
Figura 24 - Bancada de descanso das placas durante os 3 primeiros dias de vida.	45
Figura 25 - ATDs utilizados na aplicação do dia 26/09/2018.	46
Figura 26 - plano de ensaios a serem executados na placa de substrato padrão.	47
Figura 27 - Câmara de intemperismo.	48
Figura 28 - variação da temperatura relacionadas com o tempo utilizadas nos ciclos programados.	51
Figura 29 - Prazo mínimo de garantia da estanqueidade e aderência do revestimento externos de acordo com a NBR 15575-1:2013.	52
Figura 30 - Disposição das placas de substrato padrão dentro da câmara de intemperismo.	52
Figura 31 - Gabarito e uma placa já marcada.	53
Figura 32 - Ferramentas utilizadas.	54
Figura 33 - Fim de curso e o suporte articulado da furadeira utilizada.	55
Figura 34 - Sequência de corte de 1 a 4.	56
Figura 35 - Sequência de colagem da pastilha.	57
Figura 36 - Sequência de colagem da pastilha.	58
Figura 37 - Aderímetro utilizado.	59
Figura 38 - Placa de substrato padrão após o ensaio de resistência a aderência à tração.	59
Figura 39 - ferramentas e utensílios utilizados no ensaio de estanqueidade.	61
Figura 40 - A) placa de substrato padrão no suporte de madeira com os cachimbos afixados apresentando a posição de ensaio; B) cachimbo apresentando absorção de água pela ATD; C) e D) ampliação da absorção de água pela ATD.	62
Figura 41 - Placa de substrato padrão após a realização do ensaio de estanqueidade.	63
Figura 42 - ATDs executados em 01/08/2018, sendo a placa A sem intemperismo e B com intemperismo.	64
Figura 43 - ATDs executados em 26/09/2018, sendo a placa A sem intemperismo e B com intemperismo.	65
Figura 44 - ATDs executados em 01/08/2018 sem e com intemperismo.	66

Figura 45 - ATDs executados em 26/09/2018 sem e com intemperismo.....	67
Figura 46 - Resultado do ensaio realizado pela fábrica.....	69
Figura 47 - Ensaio de arrancamento dos 10 substratos executados durante visita à fábrica em Jandira/SP no dia 19/06/2017.....	70
Figura 48 - Ensaio de arrancamento dos 15 substratos executados na UFMG em 01/08/2018.....	73
Figura 49 - Quantidade de grumos encontrados em 1,5 kg do produto no estado anidro.....	74
Figura 50 – Grumos e vazios que permaneceram na mistura após destorroamento manual e a aplicação.....	75
Figura 51 - Grumos e vazios que permaneceram na mistura após destorroamento manual e a aplicação.....	76
Figura 52 - Resultado do ensaio de RA dos 10 substratos executados em 26/09/2018.....	79
Figura 53 - Substratos executados no laboratório da indústria e ensaiadas pelo autor sem intemperismo.....	82
Figura 54 - Substratos executados no laboratório da indústria e ensaiadas pelo autor com intemperismo.....	83
Figura 55 - Absorção de água dos 5 primeiros substratos executados em 01/08/2018 sem intemperismo.....	88
Figura 56 – Absorção do 6° ao 10° substrato executado dia 01/08/2018 sem intemperismo.....	89
Figura 57 - Absorção de água do 11° ao 15° substrato com intemperismo.....	90
Figura 58 - Substratos executados em 26/09/2018 no laboratório da UFMG sem intemperismo.....	94
Figura 59 - Substratos executados em 26/09/2018 no laboratório da UFMG com intemperismo.....	95
Figura 60 - Posicionamento dos tubos graduados e valores de absorção da placa 03 com intemperismo.....	96
Figura 61 - ATD executada em 19/06/2017, sendo a figura A sem intemperismo e a B com intemperismo, ambas com escala de 1 milímetros para 63,2 milímetros.....	99
Figura 62 - ATD executada em 01/08/2018, sendo a figura A sem intemperismo e a B com intemperismo, ambas com escala de 1 milímetros para 61,4 milímetros.....	100
Figura 63 - ATD executada em 26/09/2018, sendo a figura A sem intemperismo e a B com intemperismo, ambas com escala de 1 milímetros para 60,1 milímetros.....	101

- LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades do RDM no estado endurecido.....	14
Tabela 2 - Novos termos apresentados pela NBR 16648:2018.	19
Tabela 3 - Requisitos mecânicos no estado endurecido.	22
Tabela 4 - Normas internacionais relacionadas ao trabalho.....	30
Tabela 5 - Dados técnicos da ATD utilizada para aplicação no substrato durante visita à fábrica de Jandira.....	33
Tabela 6 - Sequência utilizada na mistura e na aplicação da ATD no substrato padrão realizado na fábrica.....	33
Tabela 7 - Dados técnicos da ATD utilizada para aplicação no laboratório de concreto da UFMG.....	37
Tabela 8 - Extremos de temperatura e umidade relativa internos da câmara.....	49
Tabela 9 - Média da umidade das capitais Brasileiras no ano de 2017 segundo site do Inmet.....	50
Tabela 10 - média dos tipos de ruptura das placa sem intemperismo e com intemperismo.....	72
Tabela 11 - Resistência de aderência à tração média, o coeficiente de variação e o tipo de ruptura das amostras executadas na UFMG em 01/08/2018.....	76
Tabela 12 - resistência de aderência à tração média, o coeficiente de variação e o tipo de ruptura das amostras executadas na UFMG em 26/09/2018.	80
Tabela 13 - Quadro resumo com os resultados do ensaio de arrancamento (RA) executados.....	81
Tabela 14 - Resultado do cálculo da eficiência.....	85
Tabela 15 - Resultados encontrado por Senna (2011).	87
Tabela 16 - Pico de absorção de água aos 15 minutos.....	91
Tabela 17 - Eficiência das 5 primeiras placas sem intemperismo relacionado com a absorção das placas envelhecidas (11° a 15°).....	92
Tabela 18- Eficiência da 6° a 10° placa sem intemperismo relacionado com a absorção das placas envelhecidas (11° a 15°).	93
Tabela 19 - Eficiência das placas executadas em 26/09/2018.....	97
Tabela 20 - Quadro resumo com os resultados do ensaio de estanqueidade executados.....	98

- LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CSTB – *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*, Paris (França)

DIN – *Deutsches Institut für Normung*, Berlin (Alemanha)

NBR – Norma Brasileira

ATD – Argamassa técnica decorativa

CPs – Corpo de prova

RA – Ensaio de resistência de aderência à tração

CV – Coeficiente de variação

MM – Milímetros

CM - Centímetros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA	3
2	OBJETIVO.....	4
2.1	Objetivo geral	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1	Construção Civil	5
3.2	Durabilidade	6
3.3	Logística	7
3.4	Custo	8
3.5	Revestimento Tradicional.....	9
3.6	Monocamada.....	11
3.7	ABNT NBR 16648:2018 e NBR 15258:2005	19
3.8	Ensaio de estanqueidade segundo CSTC NIT 224:2002	26
3.9	Câmara de intemperismo	29
4	METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	31
4.1	Definições iniciais dos ensaios.....	32
4.1.1	Aplicação de ATD sobre as placas de substratos padrões executados durante visita técnica.....	32
4.1.2	Aplicação de ATD sobre as placas d e substratos padrões executados no laboratório de concreto da UFMG.	37
4.2	Locação dos ensaios de resistência de aderência à tração e de estanqueidade.	47
4.3	Características da Câmara de Intemperismo.....	48
4.3.1	Temperaturas adotadas nos ensaios da câmara de intemperismo.....	49
4.3.2	Estimativa de envelhecimento da fachada	51
4.3.3	Disposição das placas de substrato padrão dentro da câmara de intemperismo.....	52
4.4	Ensaio de resistência de aderência à tração	53
4.5	Ensaio de estanqueidade segundo NIT 224 CSTC:2002	60
4.6	Variações de tonalidades visíveis a olho nu e fissuras no ensaio visual, de acordo com a NBR 16648:2018.....	64
4.7	Lupa Estereoscópica.....	67
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	68
5.1	Ensaio de resistência de aderência à tração	68
5.1.1	Substrato padrão executado e ensaiado no laboratório da indústria.....	68
5.1.2	Substratos padrões executados no laboratório da indústria e ensaiadas pelo autor...	70
5.1.3	Substratos padrões executados em 01/08/2018 no laboratório na UFMG.	72

5.1.4	Substratos padrões executados em 26/09/2018 no laboratório da UFMG.	78
5.2	Resultados do ensaio de estanqueidade.	82
5.2.1	Substratos padrões executados no laboratório da indústria e ensaiadas pelo autor... ..	82
5.2.2	Substratos padrões executados em 01/08/2018 no laboratório na UFMG.	87
5.2.3	Substratos padrões executados em 26/09/2018 no laboratório da UFMG.	94
5.3	Análise com a Lupa Estereoscópica.	99
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	106
8	REFERÊNCIAS	107
	ANEXOS	115

1 INTRODUÇÃO

A Construção Civil no Brasil passa por um momento extremo, poucas vendas aliadas ao crescimento contínuo dos custos, obrigando as empresas do ramo a desenvolver novas tecnologias para manter sua competitividade e desempenho. Além disso, segundo Crescêncio e Barros (2005), a maior exigência por parte dos consumidores respaldados legalmente pelo Código de Defesa do Consumidor levam as construtoras a melhorar a qualidade e o desempenho mínimo do produto final.

Segundo a NBR15575:2013, as estruturas devem ser duráveis de modo a desempenhar as funções para as quais foram dimensionadas, sob as condições de agressividade locais e do entorno aos quais estão inseridas ao longo da vida útil projetada.

No que diz respeito a durabilidade, ataque de sulfatos, reação álcali-agregado, lixiviação, carbonatação e ataque de cloretos são processos químicos degradantes das estruturas. Para o desencadeamento desses processos agressivos é necessário não só os agentes deletérios específicos de cada processo, mas também de água.

A água, além de funcionar como mecanismo de transporte dos agentes deletérios à estrutura, também é um componente necessário para o desenvolvimento dos processos que agredem as mesmas. O revestimento externo é a primeira barreira contra a entrada da água e de agentes deletérios, portanto, um revestimento eficiente é vital para garantir a durabilidade das construções.

O revestimento tradicional para fachadas de edifícios, aplicado em múltiplas camadas, usualmente o chapisco, o emboço e o reboco, vêm sofrendo profundas alterações visando reduzir etapas de produção, aumentar a produtividade, diminuir o consumo de materiais e prazo de entrega da obra e, por consequência, reduzir os custos finais (CRESCENCIO e BARROS, 2013).

O revestimento tradicional multicamadas exige das construtoras maior controle e planejamento dos processos e das etapas, além da cura adequada das camadas, o que infelizmente não é comum nas obras. Essas falhas acarretam várias manifestações patológicas que depreciam a construção, além de afetar

negativamente a imagem da construtora, uma vez que a fachada é o cartão de visitas das construções.

O próprio cenário atual dos engenheiros de obras vem favorecendo o desequilíbrio técnico das mesmas, pois eles são forçados a demandar grande parte do seu tempo em verificar custo e cronograma físico financeiro das edificações, esquecendo de examinar questões técnicas de materiais, etapas e processos de execução, delegando essas atribuições a profissionais não habilitados, prejudicando com isso a durabilidade das estruturas.

Nesse contexto, o Sistema Monocamada, tecnologia desenvolvida na França na década de 70, surge com o intuito de racionalizar o processo construtivo, reduzindo o prazo de entrega da obra e as patologias de fachadas. Em 2001 o Sistema Monocamada foi lançado no Brasil e desde então vem sendo usado pelas construtoras brasileiras (WEBER QUARTZOLIT, 2016).

Segundo Sinat (2016) o sistema monocamada é constituído por uma argamassa industrial desenvolvida para revestimento exterior e interior, aplicada em uma ou mais camadas, pretendendo cumprir todas as funções de regularização, proteção, dar estanqueidade e acabamento final conseguidas por um sistema multicamada tradicional.

Essa pesquisa tem como objetivo avaliar o desempenho do revestimento monocamada por meio de ensaios de laboratório para verificar a estanqueidade, a resistência de aderência à tração, a variação de tonalidade e a fissuração no ensaio visual, antes e após a exposição do revestimento a ciclos de intemperismos.

Com os resultados dos ensaios será possível identificar as manifestações patológicas e avaliar, de maneira geral, a eficiência técnica do sistema Monocamada.

1.1 JUSTIFICATIVA

O revestimento tradicional (chapisco, emboço ou reboco e textura acrílica) vem sendo utilizado à muito tempo pelas construtoras. Embora essa técnica de revestimento seja muito difundida, poucas são as empresas que conseguiram atenuar os gargalos desse sistema tão antigo. Dentre os problemas mais comuns cita-se: baixa produtividade devido a múltiplas etapas, consumo excessivo de materiais, vários profissionais diferentes envolvidos, dilatação dos prazos de obra, custo final elevado, além de manifestações patológicas devido à grande complexidade de todo o processo.

Segundo Quintela (2006), o desperdício de energia e materiais relacionado com a degradação do ambiente construído, torna esta situação um grande problema ambiental no contexto do desenvolvimento sustentável.

Aliado a esses fatores, os custos operacionais e de manutenção, das construtoras, são sempre crescentes e as margens de lucro são cada vez menores. Novas tecnologias são imprescindíveis para manter a competitividade das empresas sem interferir na durabilidade e desempenho das edificações ao longo do tempo. Nesse sentido surge a monocamada aplicada em uma única camada multifuncional (proteção e decoração ao mesmo tempo), aplicada diretamente à base de concreto, bloco cerâmico ou bloco de concreto.

As empresas que comercializam a Monocamada divulgam amplamente o ganho de tempo com a utilização do seu processo quando comparado ao sistema tradicional. Analisar as manifestações patológicas que podem ocorrer e a durabilidade do novo sistema será útil para as construções futuras.

Segundo Quintela (2006), a experiência na aplicação destes produtos, ainda não é suficiente para concluir sobre a sua durabilidade, comparativamente com os revestimentos tradicionais, não se conhecendo claramente a evolução das principais características de desempenho ao longo do tempo.

2 OBJETIVOS

Este capítulo apresenta os objetivos gerais e específicos que serão alcançados ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

2.1 Objetivo geral

Os objetivos gerais são:

- Avaliar o desempenho do revestimento monocamada com a realização de ensaios de estanqueidade, resistência de aderência à tração e exposição do revestimento a ciclos de intemperismos, além de verificar a variação de tonalidade e a fissuração no ensaio visual.
- Avaliar de maneira geral a eficiência técnica do sistema monocamada com base nos resultados obtidos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta revisão e análise dos temas gerais e específicos relacionados ao desempenho da monocamada em relação ao revestimento tradicional.

3.1 Construção Civil

Segundo Figuerêdo (2017), a construção civil é um dos ramos da economia mais importantes do Brasil, pois representa 34% dos estabelecimentos industriais, 24% do total de empregos gerados e 6,2% do PIB (produto interno bruto) do país.

A construção civil está relacionada com o crescimento econômico, sendo sempre lembrada pelas políticas governamentais que tendem a impulsionar a economia (AZEVEDO, 2015; TEIXEIRA, 2010).

Além de empregar profissionais específicos desenvolve vários setores afins, como: produção de materiais, transporte e logística, máquinas e equipamentos, apoio a produção e insumos.

A construção civil é considerada uma das principais indústrias de transformação do país, uma vez que modifica a matéria bruta transformando-a em produto acabado, consumindo muita matéria prima, gerando quantidades generosas de entulho, impactando fortemente no meio ambiente (VIEIRA, 2006).

Para Vieira (2006), a construção civil divide-se em três subsetores: edificações, construção pesada (construções de infra estruturas em geral) e montagem industrial (estruturas metálicas, geração de energia e exploração de recursos naturais). O presente trabalho baseia-se no subsetor de edificações, onde concentra-se a maior competitividade de toda a indústria.

Fatores como escassez de crédito, conscientização dos consumidores e aumento das exigências por mais qualidade obrigam as construtoras à inovar seus processos, usando materiais mais eficientes para produzir edificações mais duráveis.

A durabilidade é um dos fatores mais importantes para a seleção de materiais para a construção civil atualmente, independentemente do tipo de aplicação e localização (VILHENA, 2017).

3.2 Durabilidade

A norma de desempenho NBR 15575:2013 define durabilidade como capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas.

Para Quintela (2006), conhecer as propriedades dos materiais, seus componentes e às características dos ambientes aos quais estarão sujeitos são aspectos fundamentais para a durabilidade das construções. É importante conhecer o meio onde a estrutura será construída, determinando o tipo de exposição e o agente degradante.

As construções das grandes cidades, costeiras ou não, estão expostas à agentes agressivos extremos, como: monóxido de carbono, chuvas ácidas, névoa marinha e etc. Esses agentes propiciam os mecanismos de degradação ideias para a deterioração das estruturas, minimizando a vida útil projetada e interferindo diretamente na durabilidade das construções.

Nesse contexto, Smith e Evans (1986 *apud* Huang *et al.*, 2011) descobriram que um revestimento de boa qualidade, com pelo menos 20 milímetros de espessura, pode proporcionar uma proteção adicional a camada de cobrimento da armação de aproximadamente 10 milímetros.

O revestimento externo é a camada que envelopa o edifício sujeitando-se às ações mais agressivas (por exemplo, ações climáticas, impactos e agentes agressivos) e, por essa razão, a adequação ao uso de materiais de construção e processos construtivos são particularmente importantes para a durabilidade (VILHENA, 2017).

Segundo Vieira (2006), os materiais, componentes, serviços, armazenamento, o processamento dos materiais, a locação de recursos humanos e o fluxo do processo construtivo são diretamente impactados pela logística aplicada em cada canteiro de obras, formando com isso uma cadeia de interdependência cíclica. Essa cadeia quando bem trabalhada pode reduzir custos, aumentar a produtividade e o nível de serviço ao cliente final.

3.3 Logística

Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2007), a logística se preocupa em suprir no momento adequado, as frentes de trabalho, com produtos e serviços, quando necessário, transformando produtos inacabados em acabados pelo menor prazo e custo total.

Para Vieira (2006), a logística é responsável em administrar a cadeia de suprimentos que é o gerenciamento dos materiais, produção e distribuição ou transporte dos insumos minimizando desperdícios, gastos operacionais e humanos.

Para Christopher (2012), a gestão da cadeia de suprimentos é uma técnica obrigatória tanto no desenvolvimento de projetos quanto na execução da obra para a redução de custo e aumento da produtividade.

Atualmente observa-se grande preocupação por parte das empresas do ramo da construção civil nas questões técnico estruturais em prejuízo da gestão da cadeia de suprimentos. Essa política estrutural minimiza a principal vantagem da prática logística que é a otimização dos materiais nos processos de trabalho. A falta de foco nas questões de logística pode resultar em desperdício, perda de qualidade e menor produtividade (REZENDE; JESUS; MOURA, 2013).

Segundo Rezende, Jesus e Moura (2013), identifica-se nas literaturas que o setor da construção civil não utiliza corretamente as ferramentas da logística, continuando a produzir nos moldes tradicionais de execução que não integram os processos e a gestão de pessoas, perdendo com isso os benefícios que a técnica poderia oferecer.

Ainda de acordo com Rezende, Jesus e Moura (2013), a logística é uma ferramenta de gestão que atua em todo o processo eliminando as atividades ou etapas que não agregam valor ao produto final, priorizando o aumento da produtividade e minimizando falhas que, além de gerar custos e dilatação dos prazos, podem comprometer a credibilidade das empresas do ramo da construção civil dentro de um mercado extremamente competitivo na qual estão inseridas.

Nesse contexto, o estudo da durabilidade desse novo sistema é fundamental para gerar mais qualidade, lucro e reduzir processos de produção e custos (MARTINHO; JESUS; NETO, 2015).

3.4 Custo

Segundo Tcpo (2010), custos são todos os gastos necessários à produção de bens e serviços, do início até a conclusão da edificação. Estão inclusos nos gastos todos os custos unitários necessários para a realização da obra, tais como: o planejamento, projetos, canteiro, administração direta e indireta e os custos da produção (mão de obra, materiais, equipamentos, mobilização e desmobilização).

Os custos da produção são obtidos através da multiplicação das quantidades necessárias pelos preços de mercado dos insumos de acordo com os consumos de cada item (TCPO, 2010).

Segundo Pereira Filho; Rocha; Silva (2004), o processo produtivo é a conversão da matéria prima em produto acabado e o custo da produção é a somatória dos resultado de todos os processos produtivos que podem variar de acordo com as condições climáticas, qualidade da matéria prima, mão de obra e do processamento de ambas, além de condições técnicas específicas de cada empresa.

Planejar, medir e administrar a ampla gama de materiais e processos constantes na construção civil antecipam os fatores que podem interferir na produção e no produto, minimizando possíveis incorreções, e assim, possibilitam a tomada de decisão mais consciente e assertiva. Porém, várias empresas deixam o planejamento dos materiais e processos para a etapa de execução, onde imprevistos e imprecisões são comuns desperdiçando grande parte da eficiência produtiva da empresa (PEREIRA FILHO; ROCHA; SILVA, 2004).

Segundo Gonçalves; Melhado (2011), o orçamento que é uma prática de mercado que determina os custos de todos os insumos e etapas produtivas, não permite sua utilização como ferramenta de gerenciamento de processos e a tomada de decisões.

Não havendo o planejamento e controle das etapas produtivas, várias condições esperadas de produção podem não acontecer, impedindo o cumprimento de orçamento e prazos que são questões fundamentais para todo o setor da construção civil (PEREIRA FILHO; ROCHA; SILVA, 2004).

Conhecer todas as etapas do processo, além de planejar, medir, gerenciar e analisar os resultados de todos os itens que compõem a produção é fundamental para

minimizar os custos e poder determinar as ações corretivas necessárias à melhoria dos processos e da qualidade dos produtos (PEREIRA FILHO; ROCHA; SILVA, 2004).

3.5 Revestimento Tradicional

A norma NBR 15529:2013 define o sistema de revestimento como “Conjunto formado por revestimento de argamassa e acabamento decorativo”.

Ainda de acordo com a NBR 15529:2013, revestimento de argamassa é o "Cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final, decorativo ou não".

Segundo Carasek (2007), a argamassa é a mistura homogênea de areia (agregado miúdo), água e um ou mais aglomerantes, adicionando opcionalmente aditivos e adições obtendo da mistura aderência e endurecimento.

O revestimento externo tem a função de regularizar o substrato, servir de base para a camada subsequente, auxiliar na proteção da estrutura contra agentes agressivos e intempéries, contribuir com o desempenho acústico, térmico e estanqueidade à água da edificação, além de auxiliar na estética das edificações (BAÍIA, SABBATINI, 2001; CARASEK, 2007; MULLER, 2013; TEMP, 2014).

De acordo com Carasek (2007), o revestimento tradicional é constituído por multicamadas que podem ser classificadas de acordo com sua função, conforme as definições a seguir:

- Chapisco: “camada de preparo da base, aplicada de forma continua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento”;
- Emboço: “camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final”;

- Reboco: “camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final”;
- Acabamento decorativo: “revestimento decorativo aplicado sobre o revestimento de argamassa, como pintura, materiais cerâmicos, pedras naturais, placas laminadas, têxteis e papel”.

Para revestimentos argamassados a NBR 13749:2013 recomenda a espessura entre 5 a 20 milímetros para paredes internas, entre 20 e 30 milímetros para parede externa e menor que 20 milímetros para tetos.

Segundo Temp (2014), os revestimentos argamassados devem apresentar algumas propriedades no estado fresco e endurecido que estão diretamente ligados ao desempenho do revestimento, tais como: trabalhabilidade, adesão inicial e retenção de água para o estado fresco, além de aderência, capacidade de absorver deformações, retração, resistência mecânica e permeabilidade para o estado endurecido.

O processo produtivo do revestimento tradicional apresenta as etapas de mistura, transporte, aplicação e acabamento. Ao longo dessa cadeia produtiva problemas para a obtenção das propriedades acima citadas, perdas de material, baixa produtividade e patologias são frequentes nos canteiros de obras, forçando as empresas do ramo a buscar alternativas nas argamassas industrializadas.

Segundo Souza (2008), são verificadas perdas significativas quando da dosagem incorreta dos materiais, diferenças de prumo das fachadas compensadas pelo aumento da espessura da camada e quando a mão de obra não reutiliza em tempo hábil a argamassa que desprende da base após a chapada inicial, também conhecida como "massa de rebote".

Para Azevedo (2015), a quantificação do consumo de materiais na aplicação do revestimento tradicional é complexa, tendo em vista que a qualidade da argamassa sofre variações de canteiro para canteiro, devido à falta de uma sistemática eficiente de controle dos processos e dos materiais constituintes das camadas de revestimento.

Souza (2008), verificou a falha no processo e na produção dos revestimentos de fachada argamassados identificando variação no consumo de argamassa de 20 a 66 l/m² revestidos, portanto, nota-se uma dispersão de mais de 200%.

Segundo Ribeiro e Barros (2010), diferentes materiais e técnicas executivas são empregados no revestimento tradicional, esse contexto propicia comportamentos variados de deformações dessas camadas em relação as ações aos quais estarão sujeitos durante sua utilização.

Para Azevedo (2015), não é comum nos canteiros de obras nacionais o emprego de aditivos e adições que possam melhorar as propriedades do revestimento tanto do estado fresco quanto do endurecido, evidenciando o caráter conservador das empresas do ramo em relação a novas técnicas e tecnologias.

3.6 Monocamada

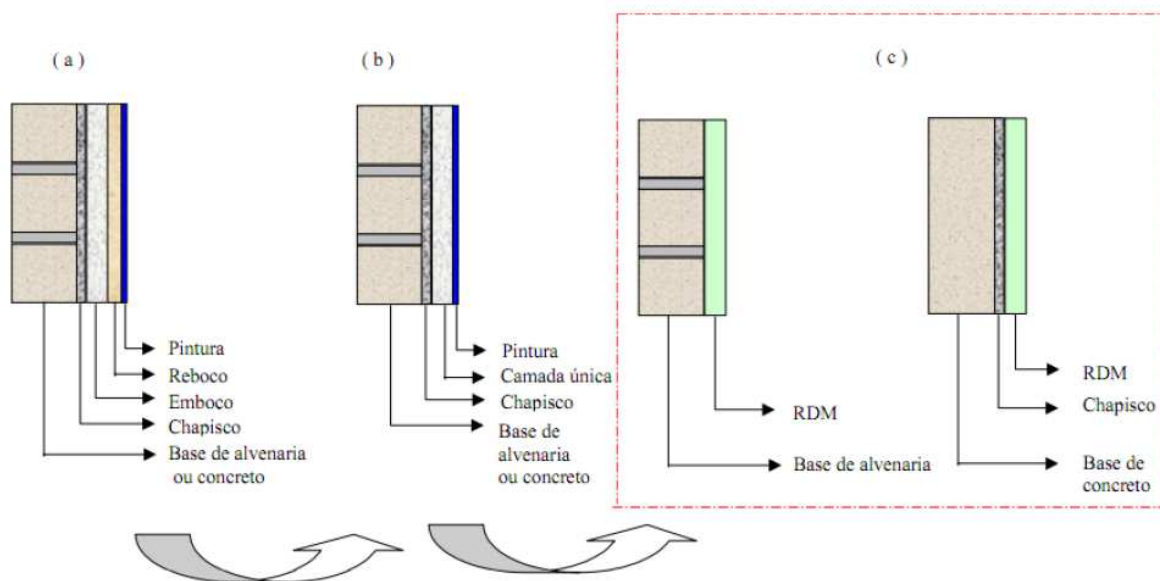
Quase que a totalidade dos edifícios construídos no Brasil utilizam o revestimento argamassado, sejam eles residenciais, comerciais e industriais. Essa técnica tradicional é uma prática que reporta ao início da colonização do país (ALIEVI, FOPPA, 2016; CRESCENCIO, BARROS, 2013).

Embora largamente utilizado, o revestimento argamassado tradicional sofre com altos índices de desperdícios, falhas durante os processos e problemas que ocorrem durante a vida útil da edificação, culminando em custos elevados de manutenção (CRESCENCIO, BARROS, 2013).

Desenvolvido na França na década de 70 e desembarcando no Brasil ano de 2001, o revestimento monocamada surge como uma tentativa de inovação ao sistema tradicional multicamada, visando racionalizar o processo executivo, uma vez que elimina a etapa da pintura, além de necessitar de pequena espessura (CRESCENCIO, BARROS, 2005, 2013; WEBER QUARTZOLIT, 2016).

Devido à falta de terminologia normatizada, a monocamada foi denominada por Crescencio (2003) de Revestimento Decorativo Monocamada (RDM). A Figura 1 apresenta as alterações ocorridas no sistema de revestimento externo para edifícios.

Figura 1 - Alterações ocorridas no sistema de revestimento externo para edifícios.



Fonte: Crescencio e Barros (2013).

Segundo Datec (2015); Sinat (2016), o RDM é uma argamassa mineral pronta para uso, fornecido em várias cores, entregue em pó (estado anidro), aplicada em camadas entre 13 e 30mm, podendo ser usada como revestimento externo ou interno e visa cumprir a função de regularizar à base, contribuir para a termo acústica e a estanqueidade à água das vedações externas, além de propiciar acabamento decorativo.

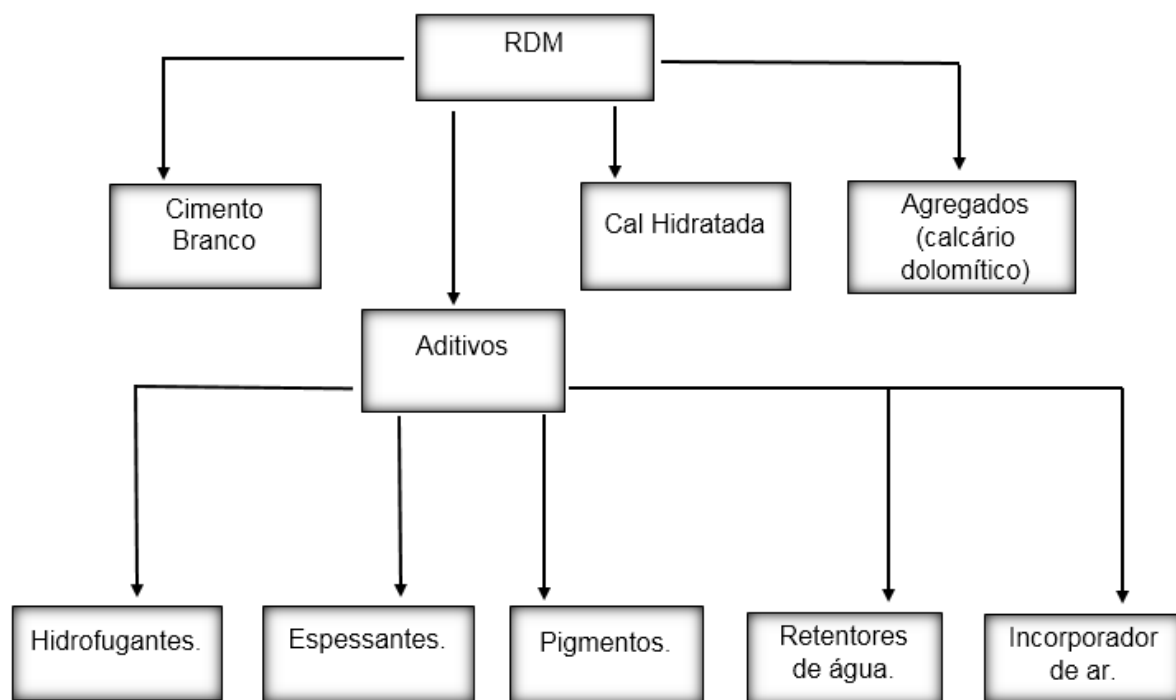
O RDM foi desenvolvido predominantemente para ser utilizado na região Sudeste, não sendo avaliado para a região Norte e permitido seu emprego na região Sul, desde que em áreas sem a incidência de temperatura negativa. Para a utilização sob temperaturas negativas é necessário avaliar o comportamento do produto aos ciclos de exposição ao calor e congelamento. A Datec (2015) com vencimento em outubro de 2017, não apresenta os resultados dos ensaios de exposição à ciclos de calor e congelamento, apresentando apenas os resultados obtidos em relação à ação do calor e choque térmico. É permitida a utilização do produto nas regiões Nordeste e Centro Oeste, havendo a limitação de aplicação quando a temperatura for superior a 35° C ou quando a temperatura for de 30° C combinada com a umidade relativa do ar abaixo de 30% (DATEC, 2015; SINAT, 2016).

Segundo Crescencio (2003), o RDM é “um revestimento monolítico, de pequena espessura, produzido a partir da aplicação, de camada única, de uma argamassa de base cimentícia pigmentada, podendo receber acabamento definitivo”.

O RDM pode ser aplicado sobre o substrato de alvenaria ou de concreto. Porém, como a argamassa do revestimento decorativo monocamada é pigmentada, é recomendável a utilização em camadas de pequenas espessuras, uma vez que seus aditivos dificultam sua utilização em espessuras acima da especificação projetada. Portanto, é exigido grande rigor do substrato de aplicação, especialmente da sua regularidade superficial e do seu prumo, para que não seja necessário aumento de espessura da camada, o que acarretará dificuldades na execução do revestimento, além do aumento do custo do sistema (CRESCENCIO, BARROS, 2013).

O RDM é uma argamassa mineral e a Figura 2 apresenta a sua constituição.

Figura 2 - Constituição do RDM.



Fonte: Autor (2017).

O RDM é um produto industrializado, produzido dentro de padrões tecnológicos fabris, sendo entregue ensacado, usualmente de 30kg e necessitando de adição de água para sua aplicação em quantidade definida por cada fabricante. O tempo de utilização também é variável, dependendo do fabricante e das condições de temperatura e umidade relativa do ar durante a aplicação (SINAT, 2016; AZEVEDO, 2015).

O RDM, no estado endurecido, deve apresentar os resultados da Tabela 01, de acordo com Datec (2015).

Tabela 1 - Propriedades do RDM no estado endurecido.

Resistência à tração na flexão	de 2,7 MPa a 4,5 MPa
Resistência à compressão	mínimo de 5,5 MPa
Módulo de elasticidade dinâmico	≤ 12 GPa
Resistência potencial de aderência à tração	$\geq 0,3$ MPa
Varição dimensional – retração	$\leq 1,4$ mm/m
Densidade de massa no estado endurecido	de 1600 kg/m ³ a 2000 kg/m ³
Coeficiente de capilaridade	$\leq 1,5$ g/dm ² . min-1/2;
Permeabilidade ao vapor d'água	Coeficiente de resistência à difusão de vapor ≤ 50

Fonte: Datec (2015).

De acordo com Sinat (2016), a resistência de aderência à tração deve ser maior ou igual à 0,3 MPa, obtidos em pelo menos oito de cada doze ensaios realizados. A ocorrência de som cavo (deslocamentos) é aceitável em áreas individuais menores que 0,1 m² ou área total superior a 10% da área do painel desde que não exista risco de queda do revestimento. Deve-se considerar os tipos de substratos, condições de aplicação, necessidade ou não de chapisco e os processos de aplicação de acordo com a indicação do fabricante.

Ainda segundo o Sinat (2016), o RDM deve apresentar sua capacidade funcional e estética durante no mínimo vinte anos, de maneira compatível com envelhecimento natural do revestimento, com o ambiente em que foi exposto e as condições de manutenção periódicas especificadas pelo fabricante. O revestimento de fachada após ser submetido a dez ciclos sucessivos de exposição a calor e resfriamento não pode apresentar fissuras, som cavo em área individual maior que 0,05m² ou área total superior a 5% da área do painel e diminuição na resistência de aderência maior que 50% dos resultados obtidos nos ensaios antes da exposição a ciclos de calor e resfriamento de acordo com a média de 2/3 dos maiores resultados. Com o revestimento molhado e a distância de um metro verifica-se o grau de fissuração e a

resistência a aderência a tração deve ser maior ou igual a 0,25MPa em no mínimo dois de cada três ensaios realizados.

Através da visita realizada no dia 19/06/2017 à um dos maiores fabricantes de argamassa de revestimento decorativo monocamada do mercado, localizada em Jandira em São Paulo, verifica-se o processo criterioso de seleção de materiais e controle de processos que interferem na qualidade final dos produtos.

Em todas as unidades produtoras do RDM do país dessa empresa, são realizados ensaios de caracterização dos produtos, controle de processo e da produção, além, de ensaios de compressão, arrancamento e flexão.

Para os produtos pigmentados, é realizado um controle imediato da cor dos agregados. Todos os agregados são ensaiados no espectrofotômetro no ato da chegada dos mesmos à fábrica, para que não ocorra nenhum desvio de tonalidade dos produtos pigmentados. Caso um desvio de tonalidade, mesmo que mínimo, seja constatado, o agregado é rejeitado antes de ser recebido na fábrica.

De cada lote produzido, são realizadas aplicações do RDM em substratos padrões na fábrica e um colorista treinado e certificado por certificadora credenciada verifica a cor após a aplicação para liberar ou não o lote para a venda.

Realizou-se aplicação de RDM em onze placas de substrato padrão no laboratório do fabricante. Dez dessas placas serão ensaiadas nessa pesquisa e uma foi ensaiada na própria fábrica.

Na Figura 03 identifica-se o substrato padrão na parte A, na parte B verifica-se a espessura de 2 centímetros aplicada sobre o substrato padrão e na parte C da Figura 03 apresenta-se a vista em planta do RDM aplicado sobre o substrato padrão na fábrica.

Figura 3 - A) Substrato padrão, B) Espessura de 2 centímetros do RDM; C) RDM aplicado sobre o substrato padrão.



A)



B)



C)

Fonte: Autor (2017).

Devido a política de sigilo industrial vigente na empresa, não foram permitidas a realização de fotos dos laboratórios dos agregados, dos laboratórios dos processos e de produtos. Sendo permitidos a realização de fotos da entrada do galpão de produção e do misturador dos agregados do RDM que garante a completa homogeneização do produto.

A Figura 4 apresenta a entrada do galpão de produção e do misturados dos agregados, respectivamente.

Figura 4 - Foto do galpão de produção e do misturador dos agregados.



Fonte: Autor (2017).

Já o revestimento tradicional é confeccionado dentro do próprio canteiro de obras, sofrendo as variações proporcionais a qualidade dos materiais constituintes e dos padrões de qualidade de cada construtora (DATEC, 2015; AZEVEDO, 2015).

Segundo DTU 26.1 CSTB (1978) apud Crescencio e Barros (2005); Datec (2015), podemos diferenciar o revestimento tradicional do RDM pelas seguintes características:

- Utilização de aditivos e adições especiais;
- Pode ser aplicada em uma ou mais demãos;
- Produto já pigmentado com diversas cores;
- Menor espessura;
- Três opções de acabamento (travertino, raspado e raspado alisado) sem a necessidade de camadas adicionais.

A Figura 5 apresenta os acabamentos do RDM: travertino, raspado e raspado alisado.

Figura 5 - Acabamento do RDM.



Fonte: Datec (2015).

Segundo Datec (2015), o RDM não deve ser aplicado nos seguintes casos:

- Sob superfícies saturadas ou com baixa resistência mecânica;
- Sob superfícies horizontais sujeitos a impactos mecânicos;
- Em superfícies metálicas, plásticas ou orgânicas;
- Sobre gesso ou impermeabilizações;
- Superfícies em contato permanente de água ou solo.

Ainda segundo Datec (2015), devem ser previstos proteções como rufos ou peitoris com pingadeiras quando utiliza-se o RDM sobre superfícies horizontais.

Segundo Crescencio e Barros (2013), para que o revestimento de fachada suporte as agressividades à ele impostas durante sua execução e sua vida útil, o RDM deve apresentar certas características como:

- Capacidade de aderência ao substrato. É a razão entre a área efetivamente aderida da argamassa-substrato e a área total possível de ser aderida;
- Capacidade de absorver deformações. É a capacidade de deformação do revestimento sem ruptura visível, permanecendo com sua integridade física;
- Estanqueidade. É o grau de impedimento do revestimento à entrada de água;
- Características superficiais. Característica ligada a geometria e a planicidade superficial do revestimento;
- Durabilidade e vida útil. É a interconectividade das propriedades acima citadas.

Ainda segundo Crescencio e Barros (2013), o RDM não é completamente normatizado nacionalmente, portanto, existe a necessidade de uma normatização específica sobre

o assunto ou que essa nova tecnologia seja incluída em alguma revisão das normas vigentes.

3.7 ABNT NBR 16648:2018 e NBR 15258:2005

Durante o desenvolvimento desta dissertação foi publicada, no dia 26/04/2018, a primeira edição da ABNT NBR 16648:2018 – Argamassas inorgânicas decorativas para revestimento de edificações – Requisitos e métodos de ensaios.

Esta norma especifica e contempla os requisitos, critérios e métodos de ensaio para a caracterização e aceitação dos revestimentos que utilizam as argamassas técnicas decorativas.

A NBR 16648:2018 apresenta novos termos e nomenclaturas para os revestimentos que utilizam o revestimento decorativo monocamada. Estes novos termos são apresentados na Tabela 01 abaixo.

Tabela 2 - Novos termos apresentados pela NBR 16648:2018.

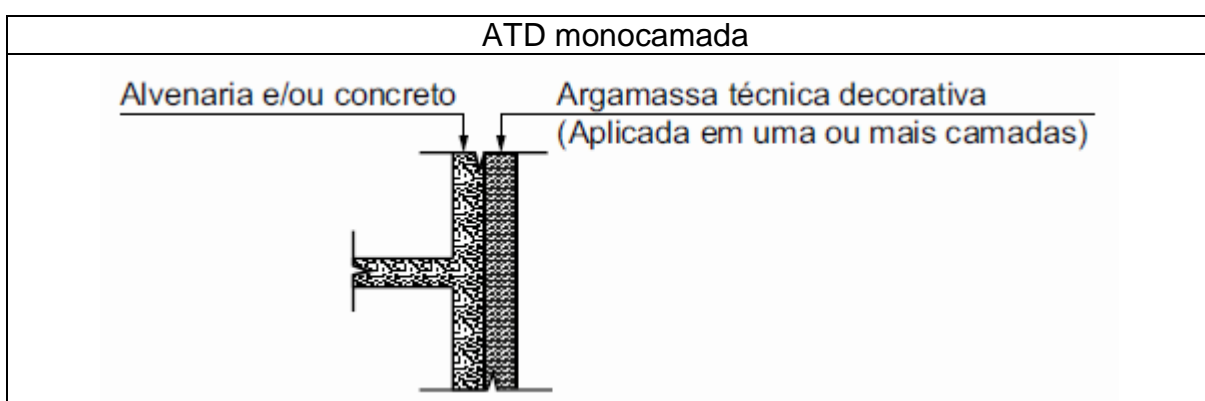
Termo	Sigla	Definição
Argamassa de regularização	AR	Argamassa de regularização como emboço e/ou reboco
Argamassa de emboço técnico	AET	Argamassa utilizada na primeira camada do revestimento de edificações. Funcionando como um substrato para a última camada, portanto é parte integrante de um revestimento ATD multicamadas.
Primer	PR	Utilizado para regularizar a absorção de água da AET ou AR e melhorar a aderência da ATD.
Argamassa técnica decorativa	ATD	Argamassa utilizada na última camada (camada aparente) do revestimento de edificações. Pode ser aplicada em camada única ou sobre AET ou AR.
Revestimento ATD Monocamada	ATD Monocamada	Revestimento aplicado diretamente sobre a alvenaria e/ou concreto, com ou sem chapisco. Utilizado como camada única ou camadas

		sobrepostas do mesmo material ainda no estado fresco, constituindo-se no acabamento final.
Revestimento ATD Multicamadas	ATD Multicamadas	Revestimento aplicado sobre AET ou AR, como ou sem a presença de PR. Essas camadas após a consolidação formam o acabamento final.

Fonte: Adaptado da NBR 16648 (2018).

O revestimento ATD monocamada aplicado diretamente sobre a alvenaria e/ou concreto é apresentado na Figura 06.

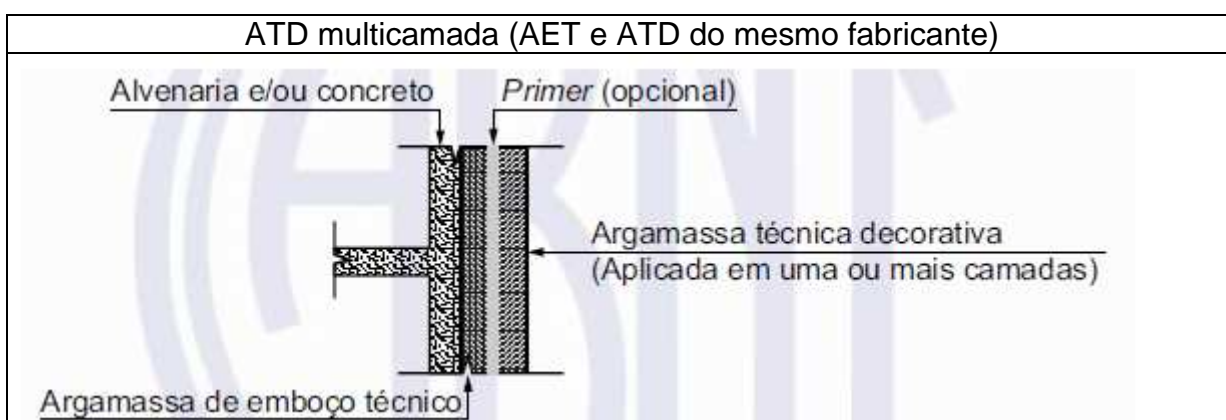
Figura 6 - Revestimento ATD monocamada.



Fonte: NBR 16648 (2018).

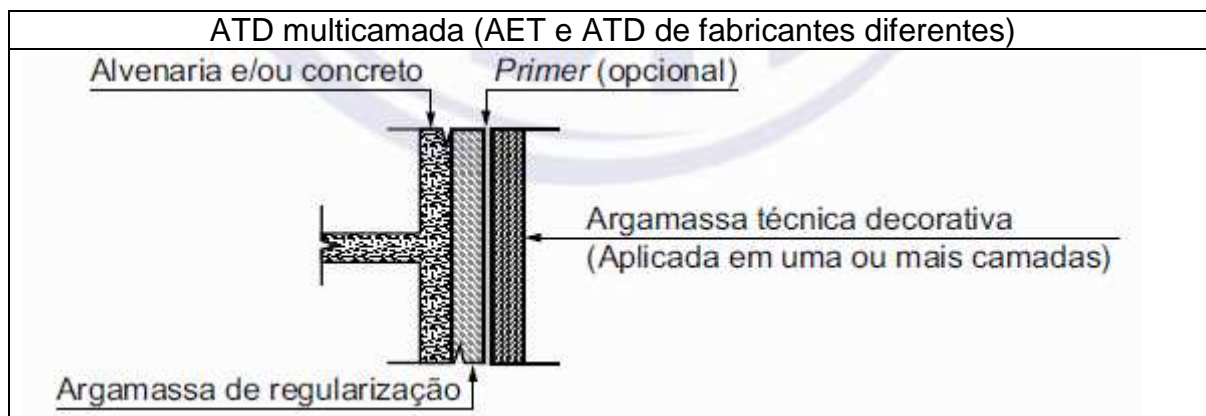
O revestimento ATD multicamada pode ser dividido em dois tipos: um composto de argamassas fornecidas pelo mesmo fabricante e o outro composto por argamassas fornecidos por fabricantes diferentes, conforme mostra-se nas Figuras 07 e 08 respectivamente.

Figura 7 - Revestimento ATD multicamada (AET e ATD do mesmo fabricante).



Fonte: NBR 16648 (2018).

Figura 8 - Revestimento ATD multicamada (AET e ATD de fabricantes diferentes).



Fonte: NBR 16648 (2018).

Neste trabalho será utilizado o revestimento ATD monocamada aplicado diretamente sobre a placa de substrato padrão. Portanto, será utilizado o termo ATD ao longo deste trabalho para referir-se à ATD monocamada.

Os requisitos mecânicos no estado endurecido para resultados obtidos em laboratório são apresentados na Tabela 03.

Tabela 3 - Requisitos mecânicos no estado endurecido.

Requisito ^a	Critério		Método de ensaio	
Resistência à tração na flexão	$\geq 2,0$ Mpa		ABNT NBR 13279	
Módulo de elasticidade dinâmico ^b	≤ 12 GPa		ABNT NBR 15630	
Variação dimensional (retração) ^b	$\leq 1,2$ mm/m		ABNT NBR 15261	
Resistência potencial de aderência à tração ^{c, d}	ATD Monocamada (Figura 1)	Uso externo	$\geq 0,50$ MPa	ABNT NBR 15258
		Uso interno	$\geq 0,40$ MPa	
	ATD Multicamadas (Figuras 2 e 3)	Uso externo	$\geq 0,40$ MPa	
		Uso interno	$\geq 0,30$ MPa	
AET (Figura 2) ^e	Uso externo	$\geq 0,50$ MPa		
	Uso interno	$\geq 0,40$ MPa		
Absorção de água por capilaridade (C_{24h}) ^f (somente decorativa)	Região Norte e zona costeira do Brasil ^g	$C_{24h} \leq 0,2$ kg/m ² .h ^{1/2}	EN ISO 15148	
	Demais regiões	$C_{24h} \leq 0,4$ kg/m ² .h ^{1/2}		
Fator de resistência à difusão do vapor de água (μ) ^h (somente decorativa)	Região Norte e zona costeira do Brasil ^g	≤ 20	EN ISO 12572	
	Demais regiões	≤ 35		
Permeabilidade à água sob pressão	$\leq 1,0$ mL/cm ² por período de 48 h		Anexo C	

^a O tempo de cura da argamassa é de 28 dias. O fabricante deve informar os casos em que a argamassa requer tempo de cura diferente deste.

^b Caso os resultados das amostras ATD para um ou ambos os ensaios (módulo de elasticidade dinâmico e variação dimensional - retração) não atendam aos critérios desta Tabela, realizar análise complementar conforme 5.2.2 e Tabela 3. Caso a ATD atenda aos critérios da Tabela 3, continuar a avaliação dos demais requisitos.

^c Os critérios estabelecidos para este ensaio referem-se a resultados em laboratório. Para obra, o método de ensaio para determinação da resistência de aderência à tração, bem como os critérios de aceitação estão estabelecidos em 7.3.

^d No caso da ATD multicamadas de um único fabricante (Figura 2) o ensaio deve ser realizado no sistema (AET + PR + ATD), por sua vez na ATD multicamadas de fabricantes diferentes (Figura 3) a ATD deve ser avaliada isoladamente, uma vez que a AR deve atender aos critérios estabelecidos na ABNT NBR 13281.

^e Estes critérios somente se aplicam quando a AET for avaliada isoladamente.

^f Recomenda-se, para a realização deste ensaio, que o corpo de prova de ATD seja moldado utilizando-se a fôrma de metal descrita no Anexo D.

^g Os estados e respectivos municípios abrangidos pela zona costeira estão estabelecidos em legislação do Ministério do Meio Ambiente (<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/gerenciamento-costeiro-nos-estados-gerco/item/9008>).

^h Para a realização deste ensaio, devem ser utilizados no mínimo cinco corpos de prova com diâmetro de (80 ± 2) mm. Recomenda-se que a ATD seja moldada em uma fôrma de metal não corrosivo, com medidas internas de (400 ± 5) mm \times (300 ± 5) mm \times (10 ± 2) mm, para que o corpo de prova não sofra dano ao ser removido da fôrma e cortado (utilizar furadeira de bancada com serra-copo).

Fonte: NBR 16648 (2018).

A ATD executado, aplicado sobre a alvenaria e/ou concreto, com ou sem a presença de chapisco, monocamada ou multicamadas tais coma ATD sobre AET ou sobre AR, com ou sem a presença de PR, deve ser verificado quanto à presença de som cavo

(deslocamento), resistência de aderência a tração, variação da tonalidade e ocorrência de fissuração, segundo a NBR 16648:2018.

O som cavo de ser verificado por ensaio de percussão, utilizando martelo de madeira, promovendo impacto leve em uma área de 1 m² a cada 50m² para tetos e 100m² para paredes. A ATD não deve apresentar som cavo ou deslocamentos para ser aceito (NBR 13749:2013).

A NBR 15258:2005 especifica o método de ensaio de aderência à tração de ATD aplicado sob substrato padrão executado em laboratório. Este teste verifica uma das principais propriedades do revestimento no estado endurecido que é a aderência.

O ensaio consiste na realização de corte com serra copo para delimitação do corpo de prova antes da realização do ensaio de tração. O corte deve ser feito a seco e ter a espessura de revestimento acrescidos de 1 milímetro para dentro do substrato. Deve-se ter muito cuidado quando do corte para não exercer torção na argamassa, podendo falsear os resultados e contribuir para dispersão dos resultados (CARASEK, 2012; NBR 15258:2005).

Antes de colar as pastilhas medir o corpo de prova após o corte para calcular a área real do arrancamento. Escova-se a superfície do corpo de prova para retirar as partículas destacáveis, aplica-se a cola na argamassa ou na pastilha pressionando a pastilha contra a argamassa de maneira a verificar o completo espalhamento da cola, retirando o excesso de cola caso exista. Após a cura da cola acoplar o equipamento de tração à pastilha aplicando o esforço de tração de maneira lenta, contínua e perpendicular ao corpo de prova. Deve-se executar 10 ensaios distribuídos no substrato, com no mínimo 40 milímetros das bordas e 20 milímetros entre as demais pastilhas. Registrar o esforço de ruptura, recalculando esse esforço com base na área real previamente calculada (NBR 15258:2005).

A NBR 16648:2018 especifica o critério mínimo de aceitação dos resultados encontrados nos ensaios de laboratório, onde a ATD deve apresentar tensão de ruptura individual maior ou igual a 0,50 MPa e a ATD interno apresentar resultado individual maior ou igual a 0,40 MPa, independente da amostragem.

Para ensaios realizados no canteiro de obra, o critério de aceitação dos resultados encontrados é diferente, a ATD deve apresentar tensão de ruptura individual maior ou

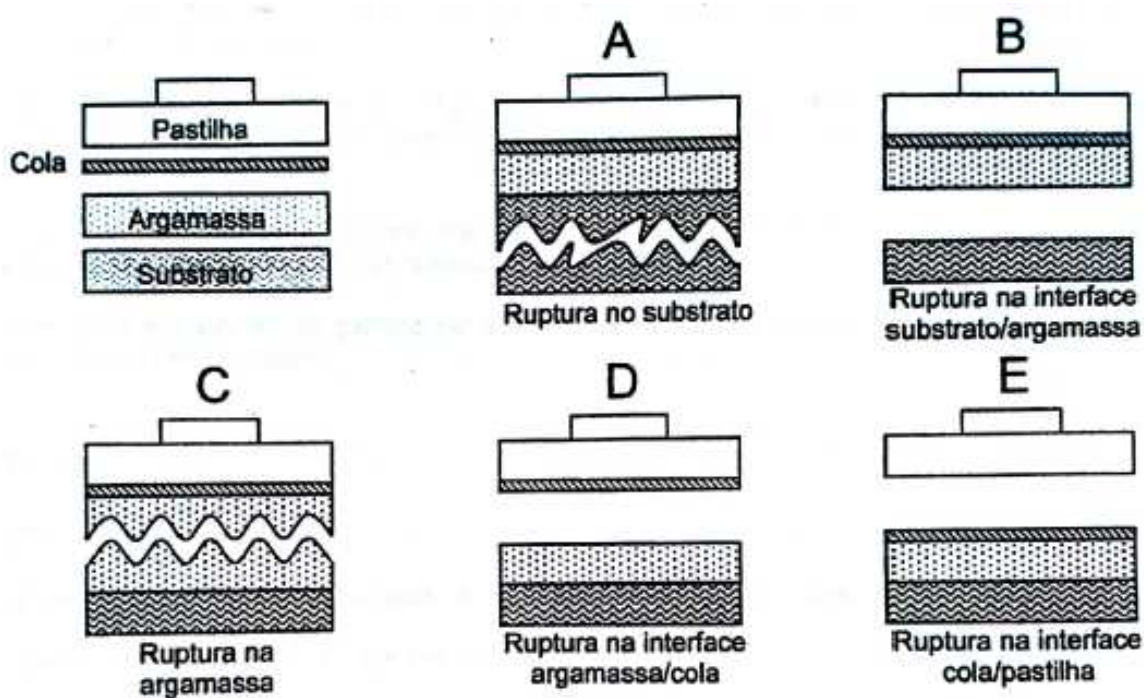
igual a 0,30 MPa e a ATD interno apresentar resultado individual maior ou igual a 0,20 MPa e são aceitos um resultado inferior em cada três para ambos os casos.

Segundo Sinat (2016), que foi válido até outubro de 2017, a resistência de aderência à tração da monocamada no estado endurecido deve ser maior ou igual a 0,3 MPa, sendo que esse limite deve ser atendido por oito de cada doze determinações de resistência de aderência à tração realizadas.

A NBR 15258:2005 especifica que além de expressar o valor da resistência de aderência, deve-se apresentar a forma de ruptura junto com o percentual de ocorrência, sendo quatro formas de ruptura: ruptura no substrato (S); ruptura na interface substrato/argamassa (S/A); ruptura na argamassa (A) e falha na colagem da peça metálica (F).

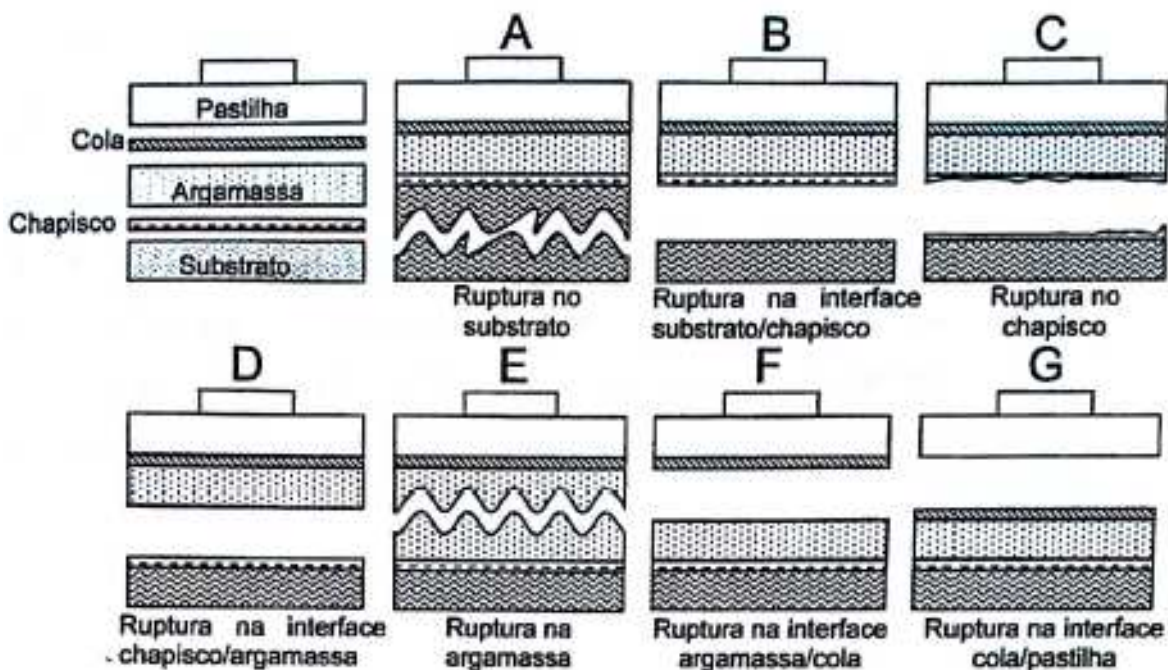
A Figura 09 e 10 apresentam, respectivamente, a forma de ruptura para um sistema de revestimento sem e com chapisco segundo a NBR 13528:2010.

Figura 9 - Forma de ruptura para um sistema de revestimento sem chapisco.



Fonte: NBR 13528 (2010).

Figura 10 - Forma de ruptura para um sistema de revestimento com chapisco.



Fonte: NBR 13528 (2010).

Segundo Carasek (2010) e Barreto e Brandão (2014), denomina-se ruptura do tipo coesiva quando ocorre a ruptura A e C da Figura 9 (ruptura na argamassa ou no substrato) e do tipo adesiva quando ocorre a ruptura B da Figura 9 (ruptura na interface argamassa/substrato). Os valores de resistência de aderência encontrados quando da ruptura coesiva, a menos que não sejam resultados muito baixos, são menos preocupante. Entretanto, os valores de resistência de aderência na ruptura adesiva devem ser altos, pois as manifestações patológicas são mais frequentes. Quando ocorre a ruptura D apresentada na Figura 9, significa que a camada superficial está fraca devido a pulverulência, principalmente se o resultado de resistência a aderência for baixo. Quando ocorre a ruptura E, apresentada na Figura 9, significa falha na colagem, ou seja, falha na execução do ensaio.

De acordo com a NBR 16648:2018, a ATD pode apresentar pequenas variações de tonalidades visíveis a olho nu e o critério de aceitação deve ser acordado entre cliente e fabricante. A ATD não pode apresentar fissuras no ensaio visual, realizado a uma distância de 1 metro do protótipo molhado, exceto quando ocorrer movimentação do substrato, e a área a ser inspecionada deve ser acordada entre o cliente e o fabricante.

Segundo o Anexo B da NBR 16648:2018, pode-se avaliar a aderência da ATD após 10 ciclos de exposição à calor e choque térmico. As diretrizes de ensaio e da construção do protótipo são especificadas na NBR 15575-4:2013. Após os 10 ciclos de exposição à calor e choque térmico, o protótipo deve ser avaliado quanto à ocorrência de fissuração, presença de som cavo (deslocamento) e resistência de aderência à tração.

O critério de verificação da fissuração da ATD após a exposição dos 10 ciclos é o mesmo da ATD antes de ser exposto, porém pode apresentar fissuras superficiais isoladas. A ATD pode apresentar som cavo em área individual menor ou igual a 0,05m², desde que a somatória de áreas com som cavo seja menor ou igual a 5 % do painel avaliado (NBR 16648:2018; NBR 13749:2013).

Quanto à resistência de aderência à tração após os 10 ciclos de exposição à calor e choque térmico, a ATD deve apresentar resultado maior ou igual a 0,25 MPa em oito dos 12 corpos de prova ensaiados e a média do resultado dos oito cp's não pode ser menor que 50% da média dos quatro maiores resultados de tração obtidos antes da ação do calor e choque térmico (NBR 16648:2018; NBR 13528:2010).

A NBR 16648:2018, contempla também, o ensaio de permeabilidade à água sob pressão, o ensaio de exposição da ATD ao intemperismo artificial acelerado (C-UV) e determinação da permeabilidade à água sob pressão após ciclos de calor e congelamento.

3.8 Ensaio de estanqueidade segundo CSTC NIT 224:2002

Os materiais de construção utilizados comumente nas edificações são porosos, conseqüentemente, permeáveis à água. O interior das estrutura de um revestimento ou alvenaria é constituído por um sistema de finos poros interconectados.

Esse sistema de poros permite a molhagem dessa camada devido à condução capilar (sucção), prosseguindo ao longo do tempo de maneira vertical e horizontal (CSTC NIT 224:2002).

O transporte vertical ocorre quando a água entra como água subterrânea na base de uma estrutura ou como água da chuva. A penetração de chuva em superfícies de parede resulta em transporte. Sob condições reais, a quantidade de penetração de chuva depende das condições de vento predominantes, bem como da composição e condição da superfície exposta. Medições precisas do avanço desta frente de molhagem feita em uma variedade de revestimentos demonstraram que a taxa de molhagem característica e o padrão de cada material são diretamente relacionados à sua estrutura capilar e a distribuição de tamanho dos poros (CSTC NIT 224:2002).

A absorção e a permeabilidade dos revestimentos à água tornam-se um estudo importante quando se analisa as manifestações patológicas e a deterioração das construções causadas pela penetração da água (DIAS, CARASEK, 2003).

O Centre Scientifique et Technique de la Construction – CSTC, através do NIT 224, e a Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions – RILEM, através do test II.4, apresentam um método simples e não destrutivo para medir o volume de água absorvida por um material dentro de um período de tempo especificado. Este método é também conhecido como “Método do Cachimbo” (DIAS, CARASEK, 2003).

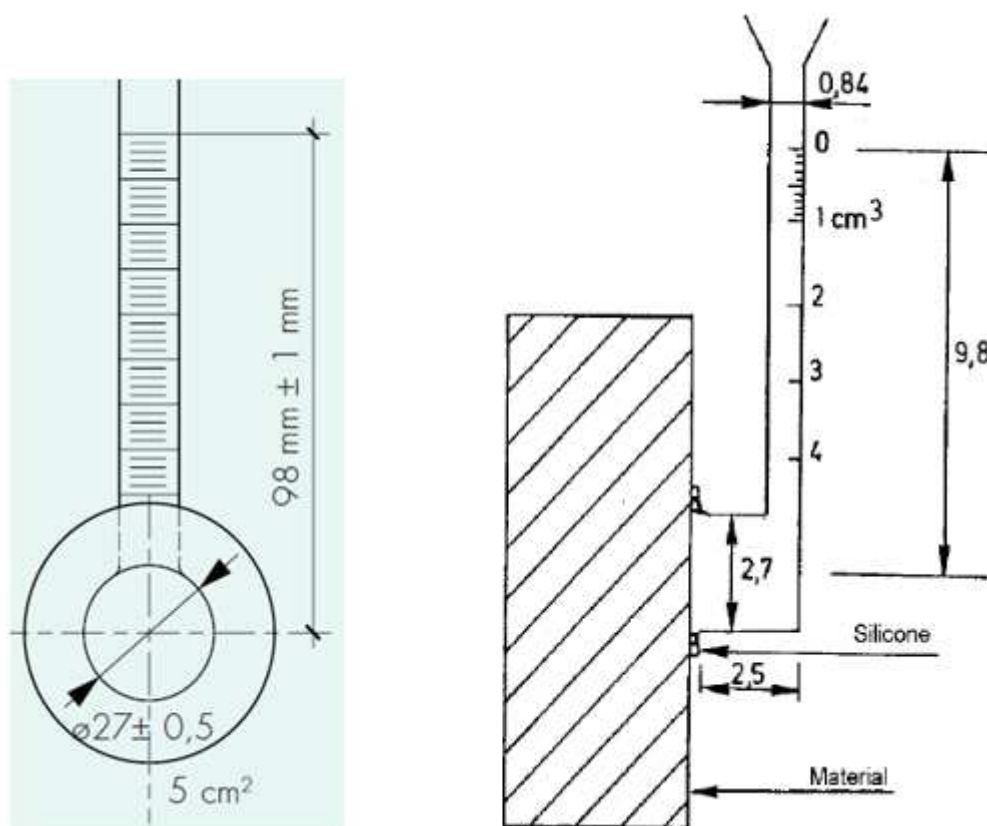
Utiliza-se no método do cachimbo, tubos de vidro graduados de 0 a 4 ml ($1\text{ml} = 1\text{cm}^3$) em forma de “L”, conhecidos como tubos de Carsten.

A parte superior é cilíndrica e a parte inferior do tubo é circular e plana, sendo esta utilizada para a fixação à superfície por meio de selante elastomérico ou massa de calafetar (SENN, 2011; DIAS, CARASEK, 2003).

Quando o tubo está preenchido até nível máximo, a pressão da água exercida na superfície do revestimento ($5,31\text{cm}^2$) é equivalente a 98 mm de altura da água, o que corresponde à pressão exercida por um vento na ordem de 40 m / s ($\approx 140\text{ km / h}$) perpendicularmente para a superfície de medição (CSTC NIT 224, 2002; DIAS, CARASEK, 2003).

A Figura 11 mostra a área com diâmetro de $27 \pm 0,5\text{ mm}$, que representa a superfície de contato entre a água e a ATD, portanto, deve estar livre.

Figura 11 - Área com diâmetro de $27 \pm 0,5$ mm que representa a superfície de contato entre a água e a ATD



Fonte: CSTC NIT 224 (2002) e RILEM test II.4.

Segundo Dias e Carasek (2003), este ensaio mede tanto a permeabilidade devido à pressão da coluna d'água sob a superfície quanto a absorção causada pelo contato da água com o revestimento.

Segundo CSTC NIT 224 (2002) o método do cachimbo é quantitativo e consiste em medir, em função do tempo, a quantidade de água que pode entrar nos suportes via a superfície tratada. A referida norma indica a leitura da diminuição da coluna d'água nos tempos de 5, 10 e 15 minutos antes e após o envelhecimento do revestimento.

De acordo com Dias e Carasek (2003), a falta de normatização no Brasil para este ensaio, aliado à falta de um parâmetro padrão que classifique as argamassas, acarretam dificuldades na interpretação das curvas de absorção e permeabilidade, tornando os resultados obtidos mais práticos.

No intuito de minimizar as dificuldades de interpretação, e tornar mais objetivo a análise dos resultados, será utilizado a eficiência do revestimento, de acordo com a CSTC NIT 224 (2002), calculando a diferença entre as leituras $\Delta(15-5)$, $\Delta(20-10)$, $\Delta(25-15)$ e $\Delta(30-20)$ antes e após o envelhecimento, conforme a equação número 1 abaixo.

Equação 1 - Equação da eficiência conforme CSTC NIT 224:2002.

$$\text{Eficiência (\%)} = 1 - \left(\frac{\Delta (15-5) \text{ após o envelhecimento} \times 100}{\Delta (15-5) \text{ antes do envelhecimento}} \right) \quad (1)$$

Fonte: Adaptado da CSTC NIT 224 (2002).

3.9 Câmara de intemperismo

Segundo, Freitas, Carasek e Cascudo (2014), as fachadas dos edifícios estão expostas às variações climáticas proporcionais a sua localização. Ciclos de temperatura e umidade interagem com o revestimento de fachada das edificações, podendo degrada-la. O conhecimento adequado dessa interação relacionado com a agressividade do meio é fundamental durante o projeto para que a durabilidade das construções não fiquem comprometidas.

Ainda segundo Freitas, Carasek e Cascudo (2014, p. 2):

As manifestações patológicas em fachadas resultantes da influência dos fenômenos atmosféricos vão desde um comprometimento estético sem maiores riscos, passando por fissuras, infiltrações e manchamentos mais acentuados, chegando até aos casos mais críticos de descolamentos e deslocamentos dos revestimentos.

Segundo Sentena (2015), é necessário conhecer o comportamento dos materiais e componentes da construção após expostos à variações climáticas para a correta especificação desses materiais e componentes, sem prejudicar a vida útil do edifício.

O ensaio acelerado de envelhecimento é uma forma muito utilizada para a estimativa da vida útil, desde de que estabelecidos parâmetros confiáveis que simulem adequadamente as condições reais aos quais os revestimentos serão submetidos, sem causar nenhuma degradação que não ocorreria na exposição natural (SENTENA, 2015).

Segundo Bitencourt da Silva (2014), existem um número pequeno de normas internacionais que especificam procedimentos de ensaios de envelhecimento acelerado. Na Tabela 4 apresenta-se as normas internacionais relacionadas ao estudo efetuado por este trabalho.

Tabela 4 - Normas internacionais relacionadas ao trabalho.

Organização	Norma
Internacional Standards Organizations (ISO)	ISO 15686 – Buildings and constructed assets - Service Life Planning (2012)
Society for Testing and Materials (ASTM)	ASTM E 632 – Standard Practice for Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life Building Components and Materials (1996)
	ASTM C 481 – Standard Method of test for Laboratory Aging of Sandwich Constructions (1999)
European Organization for Technical Assessment (EOTA)	EOTA Guidance Document GD 003 – Assessment of Working Life of Products (1999)
	EOTA Technical Report TR 010 – Exposure Procedure for Artificial Weathering (2004).

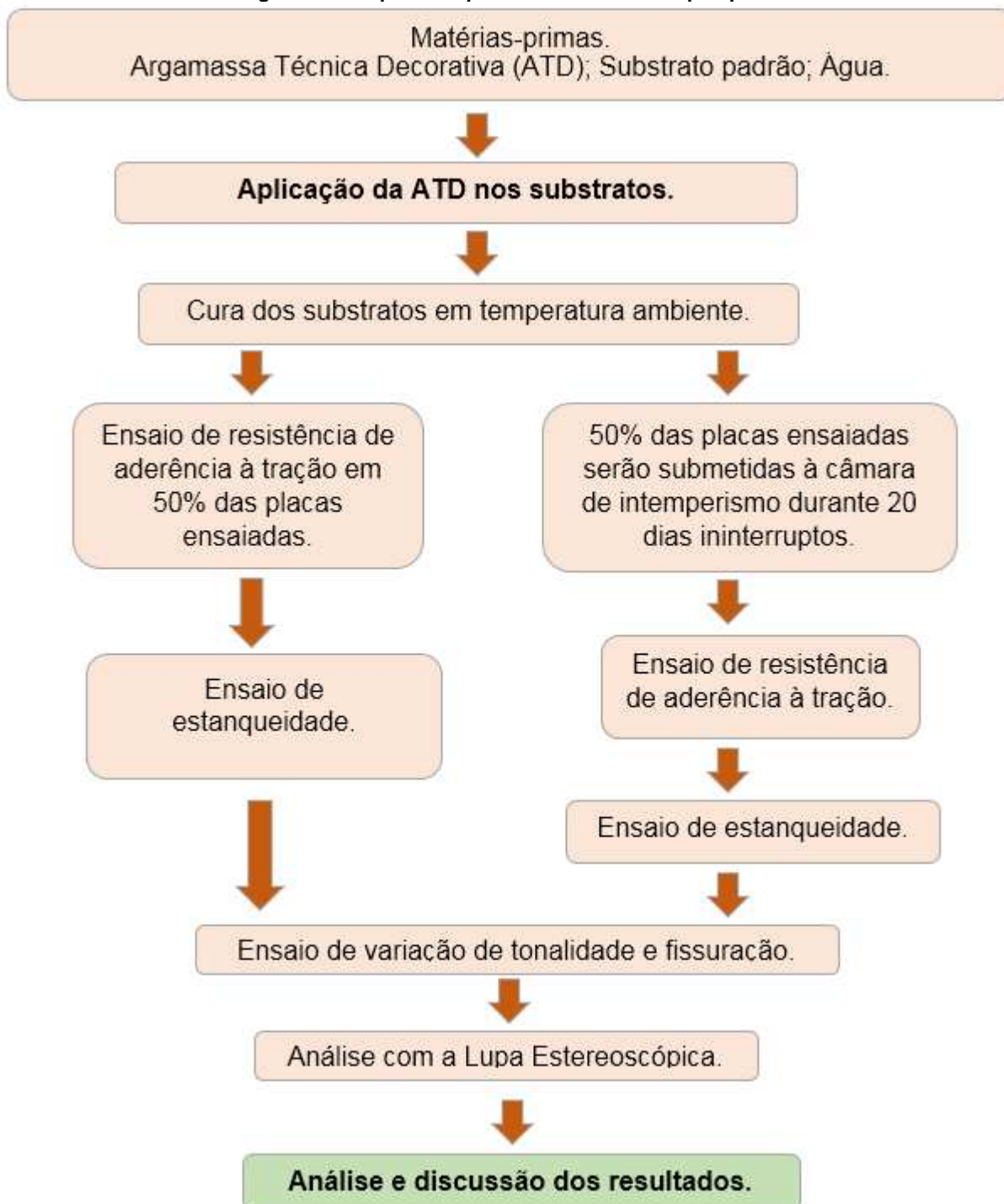
Fonte: Adaptado de Bitencourt da Silva (2014).

As normas listadas na Tabela 4 não atendem o trabalho pretendido por adotarem materiais diferentes ou serem superficiais sobre o assunto.

4 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Apresenta-se na Figura 12 o esquema experimental adotado nesta pesquisa.

Figura 12 - Esquema experimental adotado na pesquisa.



Fonte: Autor (2018).

4.1 Definições iniciais dos ensaios

A argamassa técnica decorativa, ATD, foi aplicada diretamente no substrato padrão produzido pela ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland, fabricado conforme a NBR 14081:2015.

Foram ensaiadas trinta e cinco placas de substrato padrão aplicadas com ATD, sendo quinze placas submetidas a câmara de intemperismo e vinte não foram envelhecidas.

Essa pesquisa iniciou-se antes da divulgação da NBR 16648:2018, executando-se 25 placas de substrato padrão com ATD produzidos segundo Sinat (2016). Após a emissão da NBR 16648:2018 executou-se 10 placas de substrato com ATD produzido segundo a referida norma com o intuito de verificar as possíveis variações entre os produtos e as normas. Portanto, foram ensaiados 35 placas de substrato padrão no total.

Utilizou-se neste trabalho ATDs de cores, lotes e datas de fabricação diferentes, tendo em vista que a ATD não é vendido no mercado varejista ou atacadista em geral. Portanto, dependeu-se das doações do fabricante e da disponibilidade da agenda do laboratório para realização das aplicações e dos ensaios.

Todas as placas foram ensaiadas quanto a:

- ✓ Resistência de aderência à tração (NBR 13528:2010);
- ✓ Estanqueidade segundo CSTC (NIT n.º224, 2002);
- ✓ Variações de tonalidades visíveis a olho nu, de acordo com a NBR 16648:2018;
- ✓ Fissuras no ensaio visual, realizado a uma distância de 1 metro do protótipo molhado, de acordo com a NBR 16648:2018;
- ✓ Análise com a Lupa Estereoscópica.

4.1.1 Aplicação de ATD sobre as placas de substratos padrões executados durante visita técnica.

Onze aplicações de ATD sobre substrato padrões foram executadas durante a visita realizada à indústria produtora de ATDs no dia 19/06/2017, e vinte e cinco substratos foram executadas nas dependências da UFMG.

As onze aplicações executadas na fábrica utilizaram ATD de acordo com a Tabela 05.

Tabela 5 - Dados técnicos da ATD utilizada para aplicação no substrato durante visita à fábrica de Jandira.

Cor	Marfim (nº 3150)
Data da fabricação	18/05/2017
Hora da fabricação	13:58hs
Validade	180 dias após a data de fabricação
Volume do saco	30kg
Água	5,4 litros / saco (18% do peso da ATD)

Fonte: Autor (2018).

As placas de substrato padrão foram limpas com escova de cerdas plásticas, para a retirada de material pulverulento e a ATD foi misturada pelos laboratoristas da fábrica, utilizando as recomendações presentes na embalagem do produto.

A água utilizada nos processos de mistura da ATD na fábrica foi fornecida pela rede pública de abastecimento.

A Tabela 06, apresenta a sequência do fabricante do produto, utilizada na mistura e na aplicação da ATD no substrato padrão.

Tabela 6 - Sequência utilizada na mistura e na aplicação da ATD no substrato padrão realizado na fábrica.

1º Passo	Dosagem da ATD estado anidro	Foram pesados 11 sacos com 4kg de ATD cada.
2º Passo	Água Utilizada.	Foi utilizada água do abastecimento público.
3º Passo	Dosagem da água.	De acordo com as recomendações do fabricante foi utilizado 18% do peso do produto em água, ou seja, 180 gramas de água por quilograma de ATD. Portanto, 720 gramas de água para cada saco de 4 kg de ATD.
4º Passo	Homogeneização	Dentro da cuba da argamassadeira colocou-se as 720g de água e logo após adicionou-se os 4kg de ATD no estado anidro. Efetuou-se

		homogeneização da mistura com espátula por 2 minutos.
5º Passo	1º Batida	Após a homogeneização manual, a mistura foi batida na velocidade lenta da argamassadeira por 30 segundos. Após esse tempo, retira-se a cuba com ATD da argamassadeira e efetua-se homogeneização com espátula por 2 minutos.
6º Passo	2º Batida	Após a homogeneização manual, a cuba volta para a argamassadeira por mais 60 segundos na velocidade alta.
7º Passo	Maturação	Não é necessária tempo de maturação. Portanto, após a 2º batida a ATD já está pronta para uso.
8º Passo	Substrato Padrão	Após a limpeza com escova de cerda plástica, o substrato padrão é colocado na horizontal, dentro de um gabarito articulado que garante a espessura de 2 centímetros.
9º Passo	Aplicação da 1º camada.	Aplica-se a 1º camada de ATD no substrato, perfazendo 1 centímetro de espessura. A ATD é espalhado igualmente por toda a superfície do substrato.
10º Passo	Aplicação da 2º camada.	Imediatamente após a 1º camada, aplica-se a 2º camada de ATD sob a 1º camada, perfazendo 2 centímetros de espessura. A ATD é espalhado igualmente por toda a superfície do substrato e utiliza-se régua de alumínio para o arrasamento do excesso e nivelamento correto da espessura desejada.
11º Passo	Retirada do substrato do gabarito.	Aguarda-se 5 minutos após o nivelamento para a retirada do substrato padrão com a ATD aplicado.
12º Passo	Cura	A placa de substrato padrão com a ATD aplicada segue para a grade de cura. A grade de cura

		impede o contato da placa com as demais, permitindo a cura de vinte e oito dias, em temperatura ambiente, sem risco de choques que possam comprometer a aderência mecânica da ATD com o substrato.
--	--	--

Fonte: Autor (2018).

Os substratos padrões receberam ATD com espessura de 2 centímetros e foram curados por 28 dias à temperatura ambiente do laboratório. Essa espessura, além de ser recomendada pela NBR 15258:2010, também é adotada pela fábrica para a realização dos ensaios, análises e verificações de qualidade da ATD.

O gabarito articulado utilizado na moldagem da ATD tem a função de servir de base para o substrato definindo a espessura desejada, além de proporcionar o fechamento lateral necessário para o arrasamento do revestimento. Este gabarito foi confeccionado pelo fabricante, conforme a NBR 13276:2016 e é apresentado na Figura 13.

Figura 13 - gabarito articulado confeccionado pelo fabricante conforme a NBR 13276:2016.



Fonte: Autor (2017).

Dos onze substratos aplicados durante a vista técnica, em apenas um substrato foi executado o ensaio de resistência de aderência à tração (ensaio de arrancamento) pela fábrica, conforme NBR 15258:2010. Os demais substratos foram ensaiados pelo autor no laboratório da UFMG.

O resultado do ensaio de arrancamento efetuado pela fábrica é apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Resultados dos ensaios de aderência à tração realizados pela fábrica.

Corpo de Prova	Valor (MPa)	Forma de Ruptura
CP 1	1,00	100 % A
CP 2	0,80	100 % A
CP 3	0,85	100 % A
CP 4	0,94	100 % A
CP 5	0,81	100 % A
CP 6	0,81	100 % A
CP 7	0,75	100 % A
CP 8	0,80	100 % A
CP 9	0,93	100 % A
CP 10	0,90	100 % A
<i>Média</i>	<i>0,86</i>	

Fonte: Autor (2017).

Estes resultados serão confrontados com os resultados realizados nessa pesquisa.

Os dez substratos restantes foram cuidadosamente embaladas em plástico bolha e transportadas amarradas na vertical para Belo Horizonte. Até a data da realização dos ensaios os substratos foram estocadas em local coberto, seguro dos intempéries e protegidas com plástico bolha e lona preta. Cinco substratos serão submetidas ao ensaio de resistência a aderência à tração e de estanqueidade sem envelhecimento. Os outros cinco substratos serão submetidas à câmara de intemperismo acelerado, para também serem realizados os ensaios de resistência a aderência à tração, estanqueidade e demais ensaios.

4.1.2 Aplicação de ATD sobre as placas d e substratos padrões executados no laboratório de concreto da UFMG.

Em 01/08/2018 e 26/09/2018 foram aplicadas ATDs em 15 e 10 substrato padrões respectivamente. As aplicações utilizaram ATDs produzidos em dias, lotes e cores diferentes. Todos doados pela indústria. Tentou-se reproduzir todo o processo de aplicação utilizado pelo laboratório da fábrica. O processo de mistura, aplicação e cura utilizados pelo autor serão relatados a seguir.

4.1.2.1 Aplicações executadas em 01/08/2018.

Em 01/08/2018, no laboratório de concreto da UFMG, foram aplicadas ATDs em 15 placas de substrato padrão com as especificações conforme a Tabela 07 e Figura 15.

Tabela 7 - Dados técnicos da ATD utilizada para aplicação no laboratório de concreto da UFMG.

Cor	Verde (nº 3700)
Data da fabricação	15/02/2018
Hora da fabricação	17:42hs
Validade	180 dias após a data de fabricação (14/08/2018)
Volume do saco	30kg
Água	5,4 litros / saco (18% do peso da ATD)

Fonte: Autor (2018)

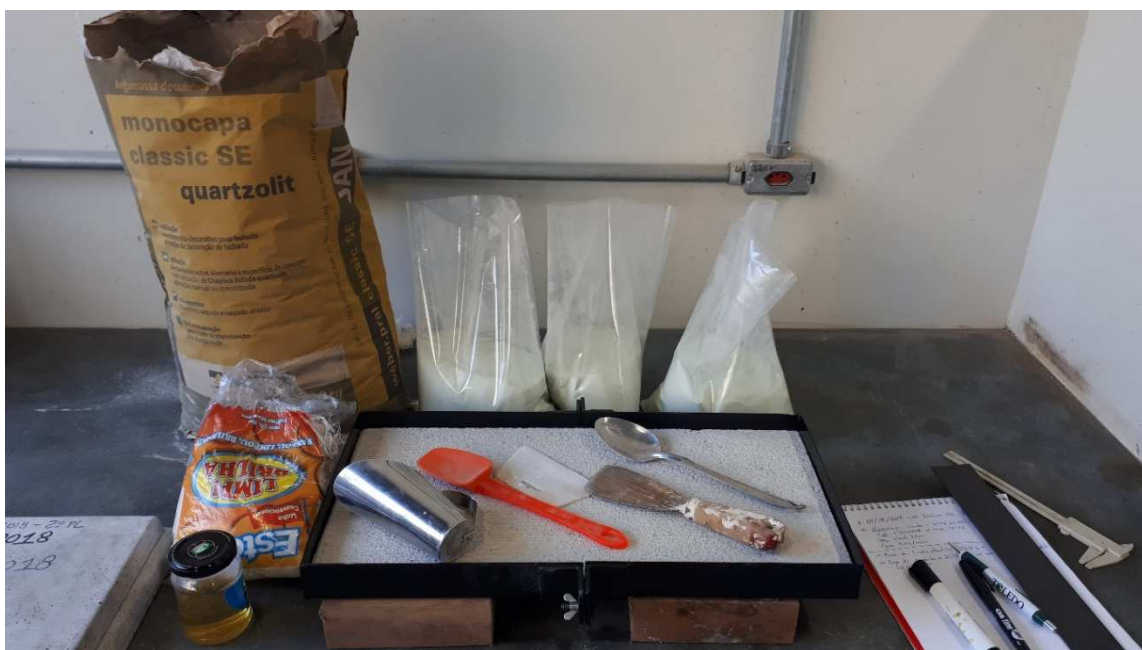
Figura 15 - ATD utilizada nos ensaios na UFMG.



Fonte: Autor (2018).

Foram utilizados alguns utensílios como espátulas, copo pegador, paquímetro, concha, estopa para limpeza, régua de fibra de carbono usada para arrasamento e óleo mineral para ser aplicado nas paredes do gabarito evitando a aderência da ATD à mesma. A Figura 16 apresenta os utensílios utilizados.

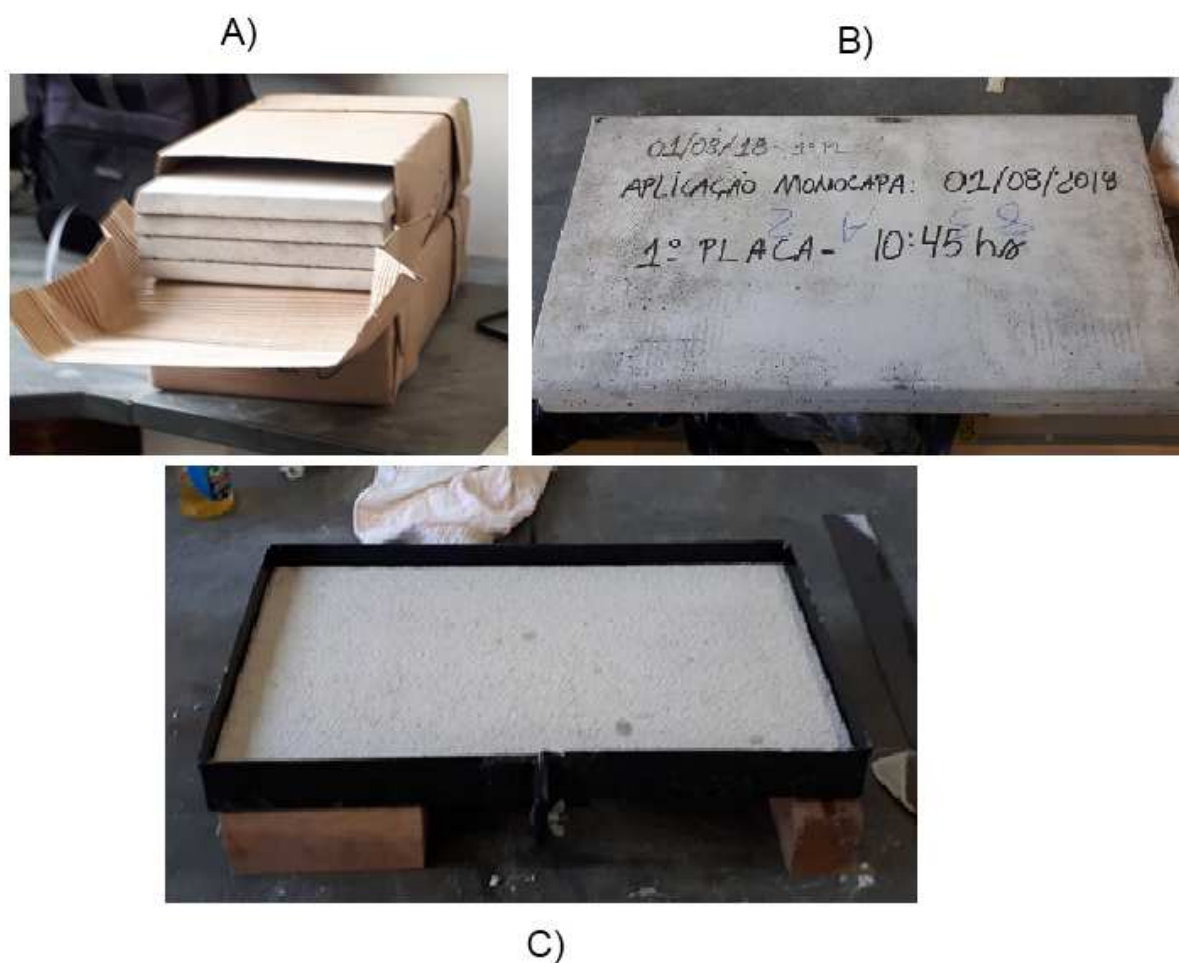
Figura 16 - Utensílios utilizados.



Fonte: Autor (2018).

As placas de substrato padrão são fornecidas em embalagens de 5 placas, conforme apresentado na Figura 17 A. No verso de cada placa foi escrito o dia, a ordem cronológica de execução e a hora da aplicação da ATD, conforme apresentado na Figura 17 B. Na Figura 17 C, verifica-se o gabarito articulado desenvolvido pelo autor, em conformidade com a NBR 13276:2016.

Figura 17 - A) Embalagens com as placas de substrato padrão; B) Verso da placa de substrato com as anotação do dia, ordem e hora da aplicação da ATD; C) Placa de substrato padrão instalada no gabarito articulado de moldagem desenvolvido pelo autor.

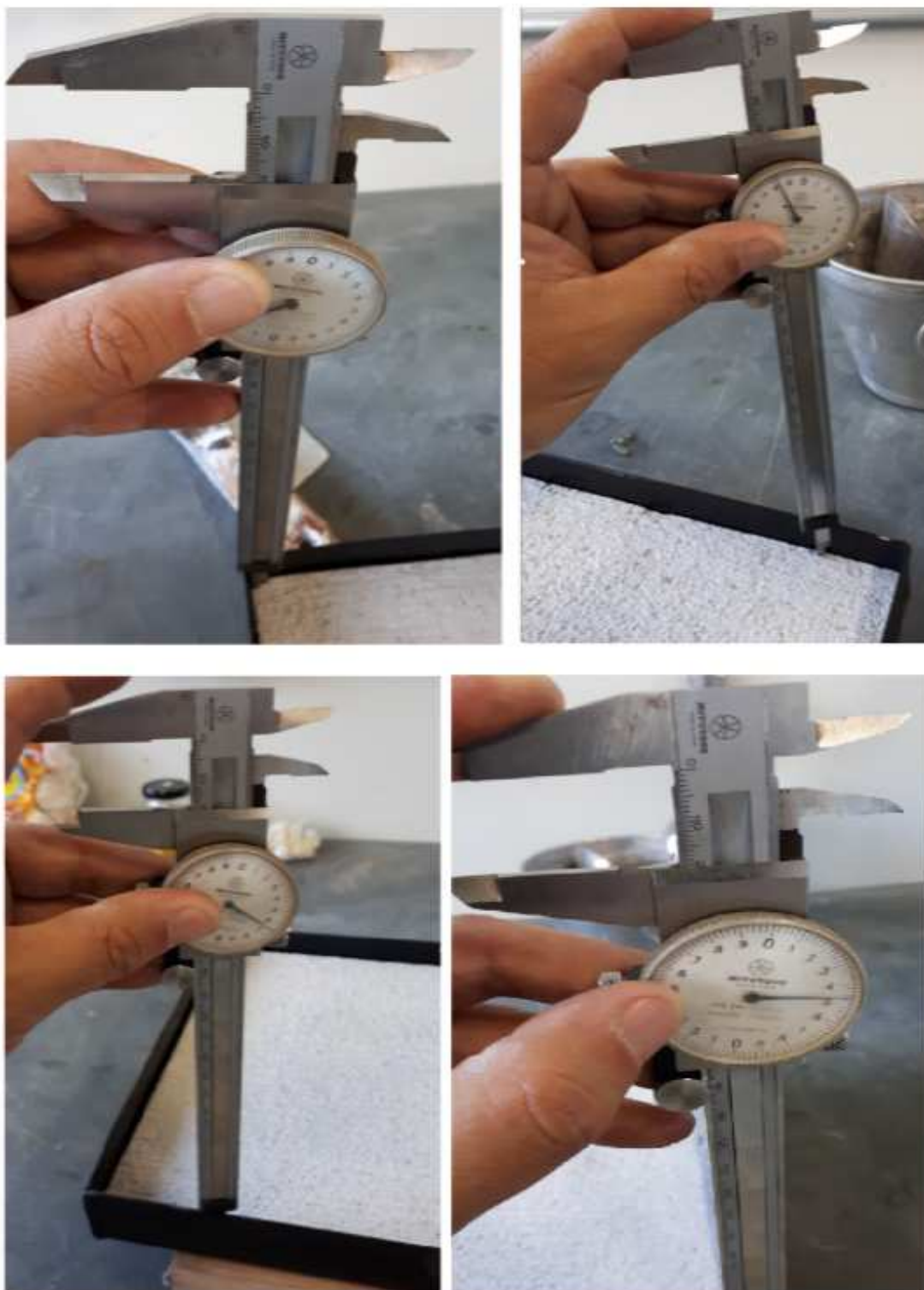


Fonte: Autor (2018).

Foi adotada a espessura de dois centímetros, de acordo com a NBR 15258:2005 e tendo em vista que essa espessura é utilizada pela fábrica para a realização dos ensaios nos lotes de ATD produzidos na mesma, e também por ser a espessura média mais utilizada nas obras. Outro fundamento que justifica a espessura de dois centímetros é encontrado na NBR 16648:2018, Anexo F, que indica a adoção da espessura de 1,5cm a 2,0 cm, caso o fabricante não recomende uma espessura

específica na embalagem, o que é o caso em questão. Na Figura 18 verifica-se a espessura de dois centímetros em todo o gabarito.

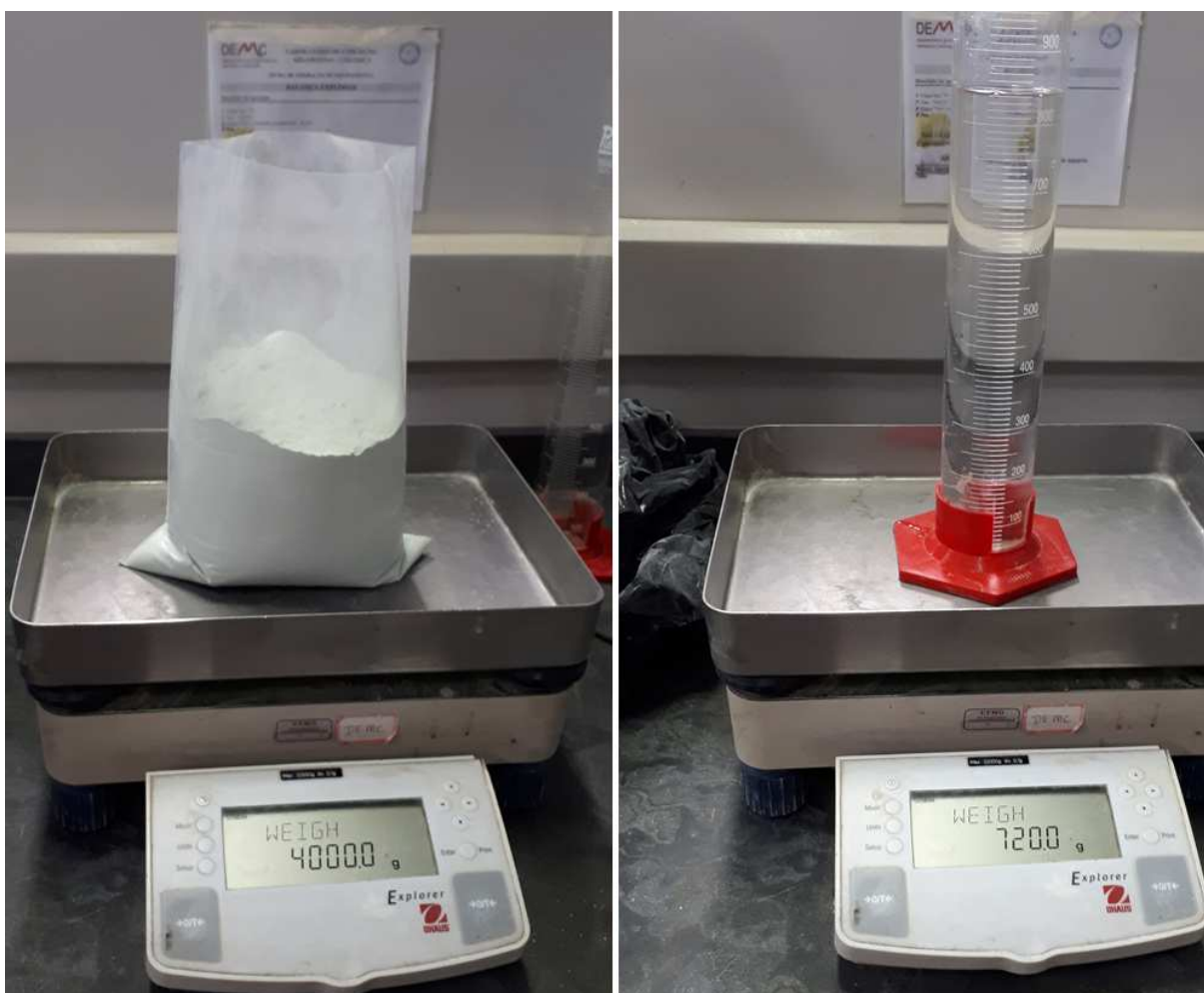
Figura 18 - Espessura de dois centímetros em todo o gabarito.



Fonte: Autor (2018).

Após a limpeza do substrato padrão utilizando a escova plástica, iniciou-se o processo de mistura e dosagem da ATD. Conforme apresenta a Figura 19, pesou-se sacos com 4kg de ATD no estado anidro e em uma proveta graduada pesou-se a água descontando a tara de cada recipiente. A água correspondente a 18% do peso da ATD, ou seja, 720 gramas de água, sendo permitida variação de mais ou menos 5%, segundo recomendação do fabricante constante na embalagem do produto. Para a pesagem dos insumos utilizou-se uma balança modelo Explorer Ohaus com precisão de 0,1 g.

Figura 19 – Pesagem da ATD no estado anidro e da água.



Fonte: Autor (2018).

A água utilizada nos processos de mistura da ATD nesta pesquisa, foi fornecida pela rede pública de abastecimento. Segundo a NBR 15900-1:2009 a água fornecida pelo sistema público de abastecimento é adequada para uso como água de amassamento para concretos e compósitos cimentícios sem necessidade de ser ensaiada.

Durante o processo de pesagem encontrou-se inúmeros grumos de material já hidratado dentro da embalagem da monocamada, conforme verifica-se na Figura 20.

Figura 20 - Grumos de material já hidratado encontrado em 1,5kg de ATD.



Fonte: Autor (2018).

Como o produto não é vendido no mercado, depende-se das doações do fabricante e estando o mesmo dentro do prazo de validade, optou-se pela quebra dos torrões manualmente e a continuidade do processo de mistura e aplicação sob o substrato padrão.

Após a pesagem dos insumos, adicionou-se 75% da quantidade total da água e os 4kg de ATD no estado anidro na cuba da argamassadeira (misturador eletromecânico) da marca Contenco, de hélice naval, com movimento planetário.

Efetou-se homogeneização da mistura com espátula por 2 minutos, adicionando o restante de água e verificando que não havia ATD desidratada no fundo da cuba.

Em seguida à homogeneização manual, a mistura foi batida na velocidade lenta da argamassadeira por 30 segundos. Retira-se a cuba com ATD da argamassadeira e efetua-se homogeneização com espátula por mais 2 minutos.

Tendo a homogeneização manual efetuada, a cuba volta para a argamassadeira por mais 60 segundos na velocidade alta.

Na Figura 21, verifica-se a mistura manual inicial da ATD com a água e a argamassadeira.

Figura 21 - Mistura manual inicial da ATD com a água e a argamassadeira Contenco.



Fonte: Autor (2018).

Conforme explicado e verificado na visita à fábrica, não é necessário tempo de maturação, ou seja, após a 2^o batida a ATD já está pronta para uso, embora na embalagem do produto seja prescrito tempo de 15 minutos de descanso. Limpo o substrato padrão com escova de cerda plástica, e já instalado no gabarito articulado de moldagem, aplica-se a primeira camada de ATD sob o substrato padrão de maneira homogênea até a espessura de um centímetro. Na Figura 22 verifica-se a aplicação da primeira camada de ATD sob o substrato.

Figura 22 - Aplicação da primeira camada de ATD sob o substrato.



Fonte: Autor (2018).

Em seguida aplica-se a 2^o camada de ATD sobre a 1^o, perfazendo 2 centímetros de espessura. A ATD é espalhado igualmente por toda a superfície do substrato e utiliza-se régua de alumínio para o arrasamento do excesso e nivelamento correto da espessura desejada. A Figura 23 apresenta a placa de substrato padrão acabada.

Figura 23 - Placa de substrato padrão acabada.



Fonte: Autor (2018).

Aguardou-se 5 minutos após o nivelamento para a retirada da placa com a ATD aplicado do gabarito articulado.

Os substratos executados ficaram três dias em cima da bancada do laboratório, protegidas de danos mecânicos e sob a temperatura ambiente (23°C), umidade relativa do ar de 63%, conforme a Figura 24.

Figura 24 - Bancada de descanso das placas durante os 3 primeiros dias de vida.



Fonte: Autor (2018).

No quarto dia os substratos foram estocadas embaixo da bancada, na posição vertical, em temperatura ambiente do laboratório, com proteção entre as mesmas para que não ocorram nenhum dano à superfície.

Aguardou-se o período de cura de 28 dias, a liberação da agenda do laboratório e dos demais equipamentos necessários, para o início dos ensaios.

4.1.2.2 Placas executadas em 26/09/2018.

Em 26/09/2018 foram executados 10 placas de substrato padrão sendo 07 placas com ATD cor platina e 03 placas com a cor areia. Ambas ATDs produzidas em 01/06/2018 e com validade até dia 27/12/2018.

As propriedades das ATDs utilizados são as mesmas, embora as cores sejam diferentes.

A Figura 25 apresenta as ATDs utilizados nessa aplicação.

Figura 25 - ATDs utilizados na aplicação do dia 26/09/2018.



Fonte: Autor (2018).

Cinco placas foram ensaias sem envelhecimento acelerado e as outras foram submetidas ao intemperismo.

O processo de mistura, aplicação e cura empregado na confecção desses 10 substratos foi o mesmo utilizado na aplicação realizada no dia 01/08/2018, relatado no item anterior (4.1.2.1).

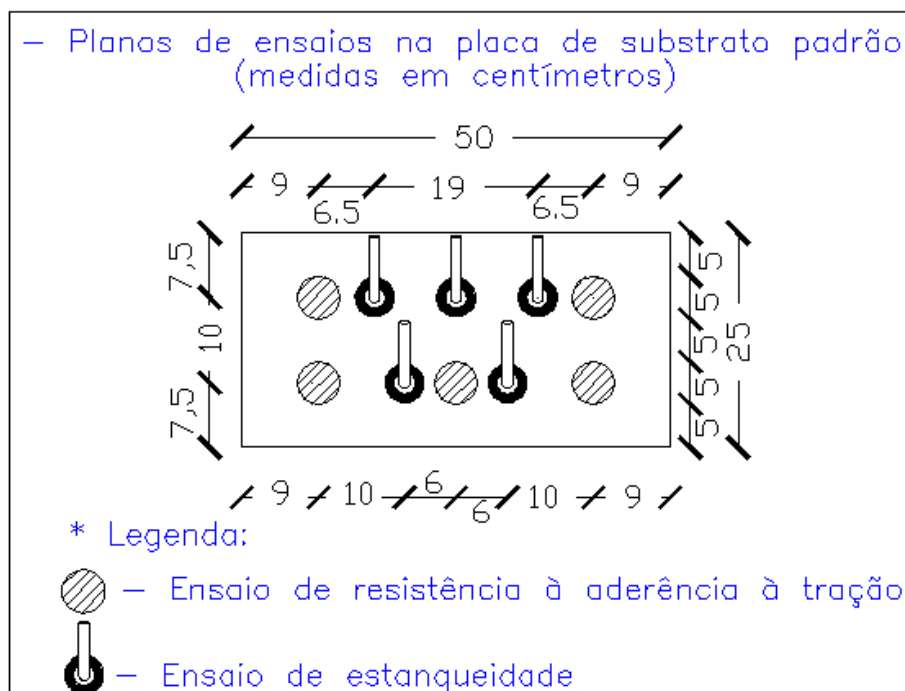
4.2 Locação dos ensaios de resistência de aderência à tração e de estanqueidade.

Segundo a NBR 15258:2005, deve-se ensaiar dez corpos de prova distribuídos no substrato padrão com espaçamentos mínimos de 40 milímetros das bordas e 20 milímetros entre si para a determinação da resistência potencial de aderência à tração.

Optou-se por ensaiar cinco corpos de prova para a determinação da resistência de aderência à tração em cada placa, a fim de que sobrasse espaço suficiente para a execução dos ensaios de estanqueidade na mesma placa. Utilizou-se o espaçamento de 50 milímetros das bordas para que fosse possível usar o aderímetro de tração apoiado diretamente sobre a placa de substrato padrão, ou seja, sem a necessidade de suporte que poderia atrapalhar os resultados do ensaio de arrancamento.

A intenção de fazer ambos os ensaios na mesma placa é verificar a existência ou não de alguma relação entre os resultados do ensaio de resistência a aderência à tração e os resultados dos ensaios de estanqueidade antes e depois do envelhecimento acelerado. A Figura 26 apresenta o plano de ensaios a serem executados na placa de substrato padrão.

Figura 26 - plano de ensaios a serem executados na placa de substrato padrão.



4.3 Características da Câmara de Intemperismo

Os ensaios de envelhecimento acelerado deste trabalho não foram norteados pela NBR 16648:2018, pois a mesma foi publicada após o início desta pesquisa. A referida norma indica choques térmicos de acordo com a NBR 15575-4:2013, anexo E, conforme citado no item 4.3.1.

O ensaio de envelhecimento acelerado utilizando a câmara de intemperismo consistiu em submeter as ATD monocamada aplicadas nas placas de substrato padrão a ciclos extremos de variação de temperatura e umidade relativa do ar no intuito de simular a exposição do revestimento às intempéries ao qual o mesmo estará submetido durante sua vida útil.

Utilizou-se a câmara de intemperismo da marca Feltron, modelo Climatic Test Chamber e instalada no laboratório de Engenharia de Estruturas (LAEES) da UFMG. A câmara trabalha com até 20 ciclos e 50 subciclos para cada ciclo. Opera na faixa de temperatura de -40°C até $+180^{\circ}\text{C}$, com controle interno de umidade relativa entre 10 a 95% e demais parâmetros programáveis de tempo de permanência e intervalo de troca de ciclos e subciclos. A câmara tem forma prismática de dimensões 750x700x600 mm e três divisões internas, conforme apresenta a Figura 27.

Figura 27 - Câmara de intemperismo.



Fonte: Autor (2018).

4.3.1 Temperaturas adotadas nos ensaios da câmara de intemperismo

A NBR 15575-4:2013, anexo E, estabelece um ensaio de envelhecimento acelerado de sistemas verticais de alvenaria revestida com argamassa submetidos a 10 ciclos consecutivos de aquecimento a uma temperatura de 80°C +- 3°C, mantendo essa temperatura por 1 hora e resfriamento por choque térmico até que a superfície atinja a temperatura de 20°C +- 3°C.

Segundo Sentena (2015), a referida norma procura estabelecer variações de temperatura que melhor represente a situação real de exposição que o revestimento estará sujeito ao longo da sua vida útil.

Sentena (2015) utilizou no seu trabalho picos máximos variáveis de temperatura entre 80°C e 0°C, criando uma variação térmica de 80°C e mantendo 20% de umidade no interior da câmara.

No intuito de submeter a ATD a extremos de temperatura, e poder verificar o seu desempenho antes e após o intemperismo, estabeleceu-se neste trabalho as temperaturas conforme a Tabela 8.

Tabela 8 - Extremos de temperatura e umidade relativa internos da câmara.

	Temperatura	Umidade relativa interna
Pico máximo	80° C (+- 4°C)	56% (+- 5%)
Pico mínimo	5°C (+- 4°C)	80% (+- 5%)

Fonte: Autor (2018).

A temperatura de 80°C foi adotada por ser a temperatura indicada pela NBR 15575-4:2013. A temperatura mínima de 5°C foi adotada porque a câmara de intemperismo utilizada varia + - 4°C durante o seu funcionamento. Então, como o revestimento monocamada não pode ser utilizado em áreas que apresentem temperaturas negativas, segundo Sinat (2016), adotou-se essa temperatura como mínima.

A umidade relativa do ar interna da câmara de 56% e 80%, utilizadas para a temperatura alta e baixa respectivamente, foram adotadas por serem a média da umidade relativa do ar nas capitais Brasileiras nos dia de maior e menor temperatura durante o ano de 2017, segundo dados obtidos em pesquisa feita no site do Instituto

Nacional de Meteorologia (Inmet), nos dias 23 e 27 de agosto de 2018 às 14hs e 10hs respectivamente, conforme a Tabela 9.

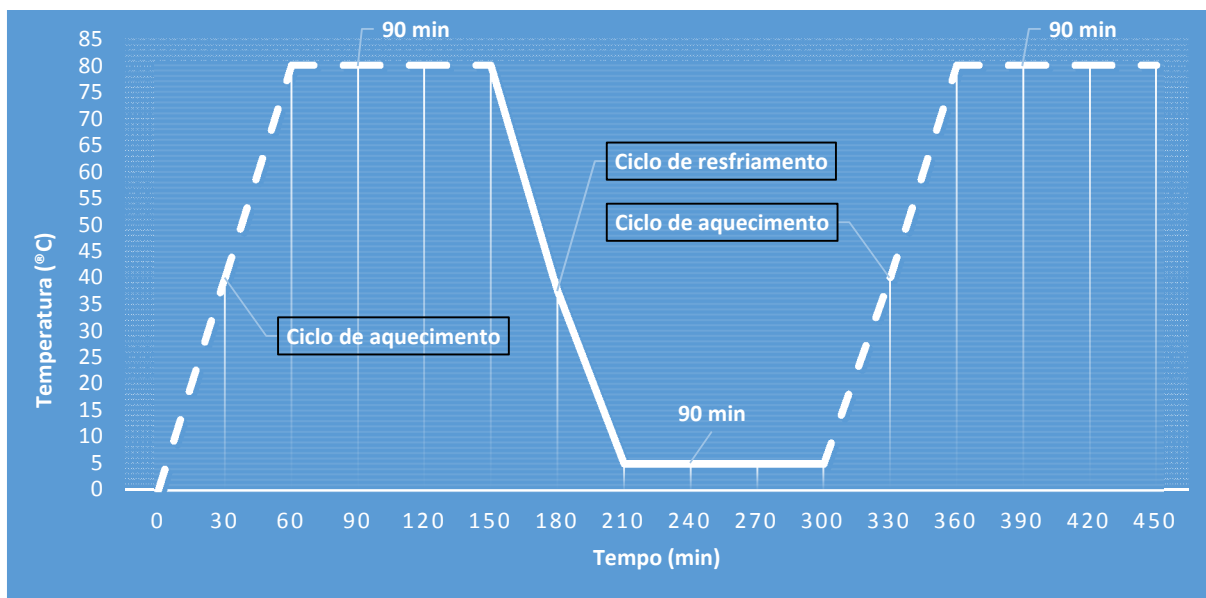
Tabela 9 - Média da umidade das capitais Brasileiras no ano de 2017 segundo site do Inmet.

Estado	Capital	Dia de maior calor em 2017	Temperatura °C	Umidade %	Dia mais frio em 2017	Temperatura °C	Umidade %
Acre	Rio Branco	31/07/2017	32	53	18/07/2017	17	63
Alagoa	Maceió	30/12/2017	30	67	30/06/2017	23	95
Amapá	Macapá	25/07/2017	32	65	16/01/2017	23	97
Amazonas	Manaus	03/09/2017	33	52	25/02/2017	24	95
Bahia	Salvador	27/01/2017	30	81	03/09/2017	23	96
Ceará	Fortaleza	09/02/2017	30	76	29/05/2017	24	95
DF	Brasília	15/10/2017	30	26	05/07/2017	16	58
ES	Vitória	07/04/2017	30	81	03/07/2017	18	81
GO	Goiânia	16/10/2017	34	28	19/07/2017	20	59
Maranhão	São Luiz	12/06/2018	33	80	07/07/2017	24	86
Mato Grosso	Cuiabá	25/09/2017	35	40	17/07/2017	14	75
MG Sul	C. Grande	10/09/2017	31	27	18/07/2017	9	50
MG	BHTE	25/12/2017	30	52	04/07/2017	14	50
Pará	Belém	04/12/2017	31	68	13/02/2017	25	95
Paraíba	J. Pessoa	15/03/2017	31	73	28/07/2017	22	98
Paraná	Curitiba	19/02/2017	29	63	19/07/2017	7	79
Pernambuco	Recife	24/02/2017	30	66	16/06/2017	23	86
Piauí	Terezina	25/10/2017	39	26	16/07/2017	22	58
RJ	RJ	28/10/2017	33	35	19/07/2017	17	89
RG Norte	Natal	17/05/2017	29	78	28/07/2017	22	94
RG Sul	P. Alegre	19/02/2017	32	68	18/07/2017	8	66
Rondônia	Porto Velho	06/08/2017	36	29	18/07/2017	21	57
Roraima	Boa Vista	19/08/2017	32	66	12/05/2017	24	96
S. Catarina	Florianópolis	04/03/2017	32	66	18/07/2017	11	58
SP	SP	19/02/2017	30	54	19/07/2017	11	88
Sergipe	Aracaju	19/02/2017	30	65	06/09/2017	23	95
Tocantins	Palmas	21/10/2017	36	28	18/01/2017	22	96
Média				56,04			79,81

Fonte: Autor (2018).

A Figura 28 representa a variação da temperatura relacionada com o tempo utilizado nos 20 ciclos programados na câmara de intemperismo acelerado deste trabalho.

Figura 28 - variação da temperatura relacionadas com o tempo utilizadas nos ciclos programados.



Fonte: Autor (2018).

4.3.2 Estimativa de envelhecimento da fachada

No trabalho desenvolvido por Bitencourt da Silva (2014), foi definido que 20 dias de exposição ao intemperismo acelerado equivalem a 480 horas, sendo 443 ciclos de 65 minutos cada, correspondendo a aproximadamente 5 anos de fachada.

O ciclo adotado por Bitencourt da Silva (2014), leva em consideração temperatura máxima de 70°C, temperatura mínima de 30°C sendo 5 minutos para resfriamento até 30°C e 10 minutos para aquecimento até 70°C, permanecendo nessa temperatura por 50 minutos. Repetindo essa sequência 443 vezes. O resfriamento do revestimento estudado por Bitencourt da Silva (2014) foi executado por aspersão de água.

A câmara de envelhecimento utilizada neste trabalho precisa de 60 minutos para alternar a temperatura de 80°C e 56% de umidade para 5°C e umidade de 80%. Com isso, foram executados 600 horas de intemperismo consecutivos em cada conjunto de 5 placas, correspondendo a aproximadamente 6 anos e 3 meses de exposição natural da fachada.

A NBR 15575-1:2013 estabelece que o prazo mínimo de garantia da estanqueidade e aderência do revestimento externos são 3 e 5 anos, respectivamente, conforme a

Figura 29. Por isso esse motivo adotou-se a exposição da ATD a um envelhecimento maior ou igual a 5 anos.

Figura 29 - Prazo mínimo de garantia da estanqueidade e aderência do revestimento externos de acordo com a NBR 15575-1:2013.

Sistemas, elementos, componentes e instalações	Prazos de garantia mínimos			
	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos
Revestimentos de paredes, pisos e tetos internos e externos em argamassa/gesso liso/ componentes de gesso acartonado		Fissuras	Estanqueidade de fachadas e pisos molháveis	Má aderência do revestimento e dos componentes do sistema

Fonte: Adaptado da NBR15575-1 (2013).

Dessa forma foi possível verificar estas duas propriedades após a realização dos ensaios.

4.3.3 Disposição das placas de substrato padrão dentro da câmara de intemperismo.

Para permitir a homogeneidade da temperatura e umidade relativa do ar no interior da câmara de intemperismo, optou-se por colocar apenas 5 placas de substrato padrão no seu interior. A distância entre as grades e a variação posicional das placas permitiram a livre circulação do ar, conforme apresenta a Figura 30.

Figura 30 - Disposição das placas de substrato padrão dentro da câmara de intemperismo.



Fonte: Autor (2018).

4.4 Ensaio de resistência de aderência à tração

Após a definição do plano de ensaio, iniciou-se o ensaio de aderência à tração de acordo com a NBR 15258:2005.

A partir do plano de corte, desenvolveu-se um gabarito em escala real para facilitar a locação e garantir o correto espaçamento entre os ensaios

Na Figura 31 apresenta-se o gabarito e uma placa já marcada para a realização do corte.

Figura 31 - Gabarito e uma placa já marcada.



Fonte: Autor (2018).

As ferramentas utilizadas estão apresentadas na Figura 32 e relacionadas abaixo.

Figura 32 - Ferramentas utilizadas.



Fonte: Autor (2018).

- A) Tigela para mistura da cola epóxi;
- B) Alicates de pressão utilizado para apertar os parafusos do aderímetro nas pastilhas já coladas na placa;
- C) Resina epóxi necessária para a colagem da pastilha na ATD;
- D) Equipamento de corte diamantado, com altura superior ao da ATD e diâmetro externo e interno de 53 e 48,4 milímetros respectivamente;
- E) Paquímetro para a execução de duas leituras de diâmetro após o corte;
- F) Espátula, colher e estilete para a execução da mistura da resina epóxi e corte do gabarito e das embalagens dos produtos;
- G) Trincha para a limpeza do resíduo do corte a seco;
- H) Trena.

A resina epóxi utilizada é um adesivo estrutural base epóxi de consistência fluida, com 1kg de peso, sendo 810 gramas do componente A e 190 gramas do componente B, ou seja, proporção de 1 parte do componente B para 4,26 do componente A. Segundo as informações do fabricante constantes na embalagem do produto, a cura inicial ocorre de três a cinco dias, cura final em sete dias e a espessura final mínima do produto deve ser de 1 milímetro. Portanto, decidiu-se aguardar os três dias iniciais

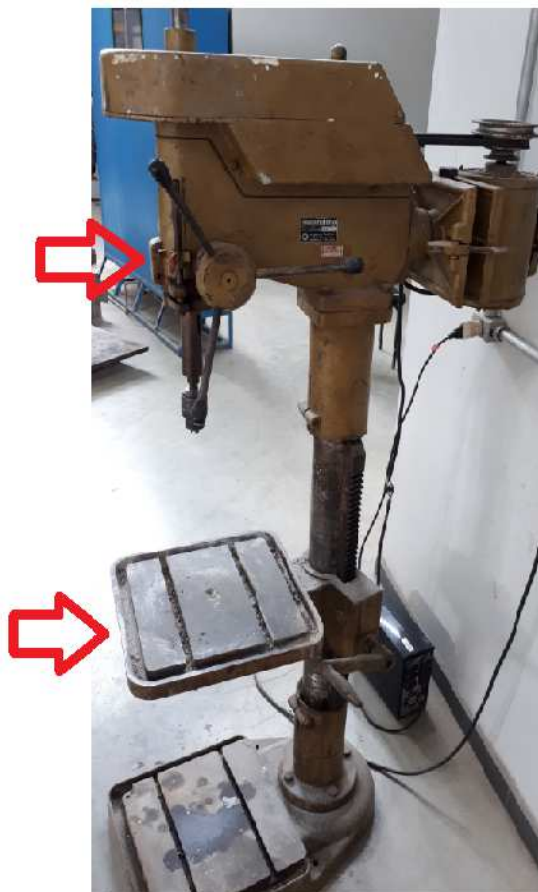
para proceder o ensaio de arrancamento, afastando com isso qualquer risco de ruptura entre a cola e a pastilha, uma vez que a tensão de arrancamento desse tipo de material geralmente é baixa, cerca de 0,5 MPa para ensaios em laboratório e 0,3 MPa para ensaios no canteiro de obra.

Após a marcação de todas as placas foi realizado o corte utilizando a furadeira com suporte articulado tipo FC 25, com capacidade de brocas de até 25 milímetros.

Devido ao fim de curso e o suporte articulado da furadeira utilizada, foi possível garantir a profundidade em cerca de um milímetro para dentro do substrato durante o corte e a perpendicularidade entre a furadeira e a placa de substrato padrão, a fim de se manter a integridade do corpo de prova (NBR 15258:2005).

A Figura 33 mostra o fim de curso e o suporte articulado da furadeira utilizada.

Figura 33 - Fim de curso e o suporte articulado da furadeira utilizada.

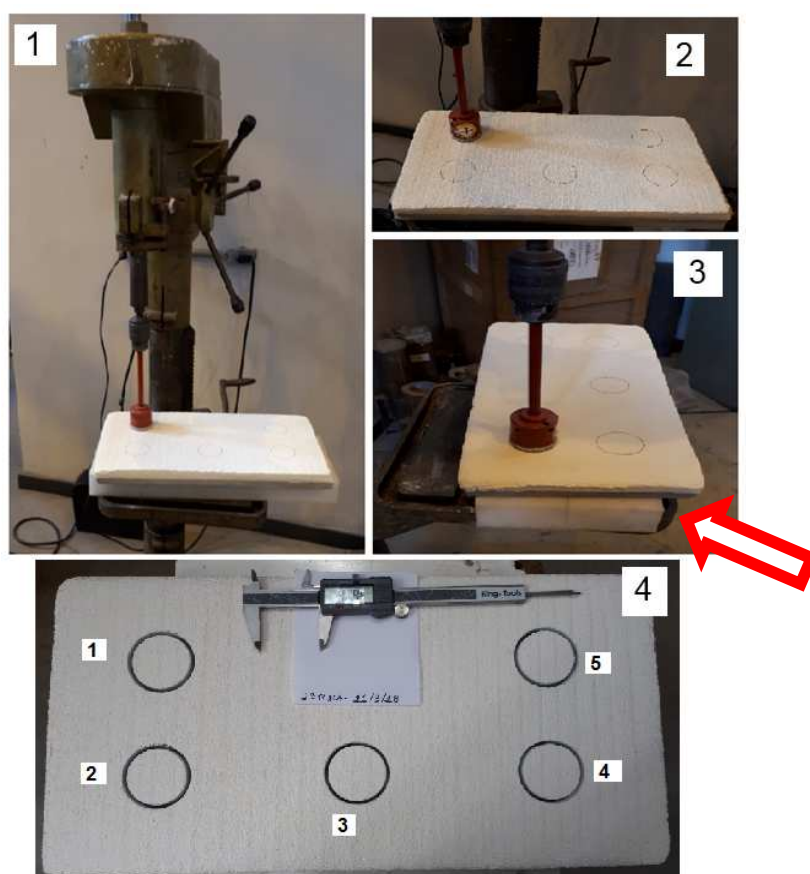


Fonte: Autor (2018).

Para diminuir a vibração e a movimentação da placa causado pela furadeira durante o corte, foi utilizado uma placa de poliuretano expandido de sete centímetros de espessura (Figura 34-3). Após os cortes na placa foi realizado limpeza grossa utilizando a trincha e depois a aspersão de ar com o compressor. Após a limpeza da placa, realiza-se duas medições do diâmetro final do corte executado, uma na horizontal e a outra na vertical do furo. Faz-se a média aritmética dessas duas medições para o cálculo da área real final de cada corte. Com a área real final pode-se calcular a tensão de tração real de cada pastilha colada.

A Figura 34 apresenta a sequência de corte de 1 a 4, onde: 1) Colocação da placa no suporte articulada da furadeira; 2) Alinhamento da marcação do corte constante na placa com a serra copo adaptada à furadeira ligada; 3) Estando o fim de curso ajustado à medida necessária, inicia-se o corte de maneira lenta e contínua até o final do fim de curso; 4) Cinco cortes executados, limpos, medidos com o paquímetro e identificados com a posição de corte de 1 a 5.

Figura 34 - Sequência de corte de 1 a 4



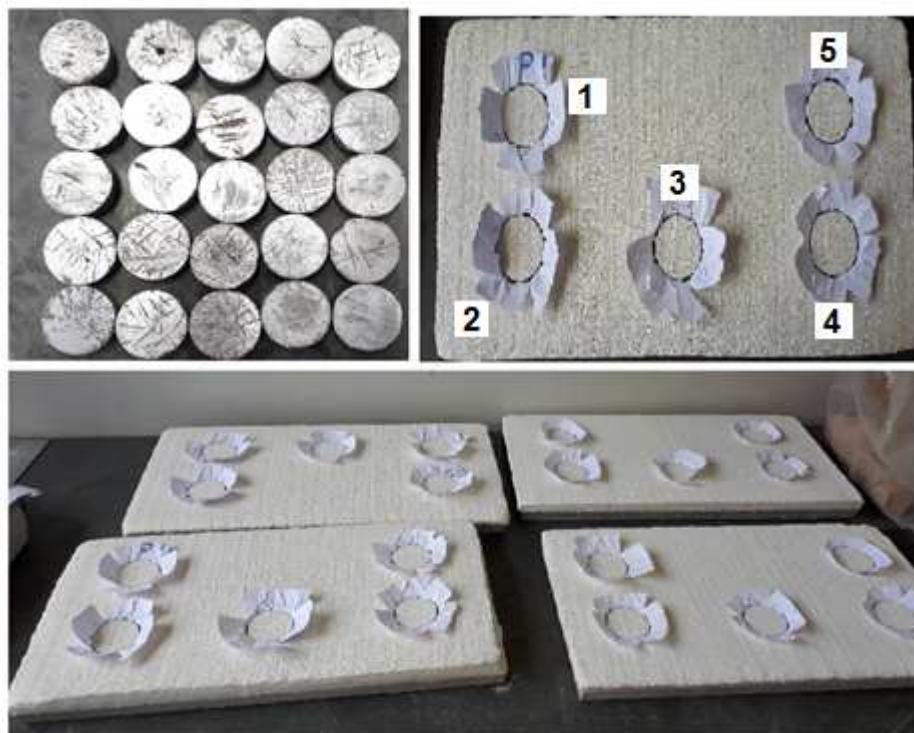
Fonte: Autor (2018).

Recalculada a área, inicia-se a etapa de colagem das pastilhas estando as mesmas lixadas e limpas. Mistura-se por 5 minutos 1 porção do componente B para 4,26 porções do componente A, em tigela limpa, utilizando espátula e colher (itens A e F da Figura 26) de modo a deixar a mistura homogênea.

Estando a superfície isenta de partículas destacáveis e pó, colocam-se tiras de papel na cavidade do corte para evitar que alguma parte do adesivo percole por essa cavidade, colando a área ensaiada com a ATD do restante do substrato e falseie com isso, o resultado obtido no ensaio. Após essa etapa, coloca-se uma porção de adesivo epóxi sobre a superfície a ser colado, aplicando a pastilha em seguida, de modo que seja expulsa uma pequena parte do adesivo pelas laterais da pastilha resguardando que a espessura final do adesivo fique entre 1 a 2 milímetros.

A Figura 35 e 36 apresentam a sequência de colagem da pastilha.

Figura 35 - Sequência de colagem da pastilha



Fonte: Autor (2018).

Figura 36 - Sequência de colagem da pastilha



Fonte: Autor (2018).

Transcorrido o período de três dias de cura, utilizando o aderímetro produzido pela Proceq, modelo Dyna Z16, iniciou-se o ensaio de resistência de aderência à tração. Este aparelho é manual, apresenta leitura manométrica digital, sem controle de carregamento, ou seja, apresenta a tensão de tração momentânea de acordo com a pressão exercida pela manivela de carregamento. O resultado apresentado é expresso em n/mm^2 , proporcional ao diâmetro da pastilha de 50 milímetros. Portanto, os resultados da resistência de aderência à tração foram recalculados de acordo com a área real final de cada pastilha obtidos pela média das duas medidas de diâmetro efetuados após a etapa de corte.

A Figura 37 mostra o aderímetro utilizado.

Figura 37 - Aderímetro utilizado.



Fonte: Autor (2018).

A Figura 38 apresenta a placa de substrato padrão após o ensaio de resistência de aderência à tração, com as pastilhas ao lado de cada arrancamento.

Figura 38 - Placa de substrato padrão após o ensaio de resistência a aderência à tração



Fonte: Autor (2018).

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência de aderência à tração serão apresentados e discutidos no item 5 – Análise e discussão dos resultados.

4.5 Ensaio de estanqueidade segundo NIT 224 CSTC:2002

Os ensaios de estanqueidade foram realizados segundo a NIT 224 do Centre Scientifique et Technique de la Construction – CSTC e pela Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions – RILEM. O ensaio tem o objetivo de avaliar a permeabilidade e a absorção de água da ATD antes e depois do envelhecimento acelerado proposto pela câmara de intemperismo acelerado.

A Figura 39 apresenta as ferramentas e utensílios utilizados no ensaio de estanqueidade, sendo:

A – Suporte de madeira para verticalizar a placa de substrato padrão e cunha de madeira para fixar a placa na vertical e impedir movimentações da mesma;

B – Tigela para despejo do excesso de água e copo para armazenar água limpa à ser usada na proveta graduada;

C – Massa para calafetar (mástique), para fixar o cachimbo na ATD;

D – Trena e etanol para limpeza o cachimbo;

E – Pisseta plástica graduada com capacidade de 500 ml, proveta graduada com capacidade de 10 ml e caneta preta para locação dos cachimbos no substrato padrão;

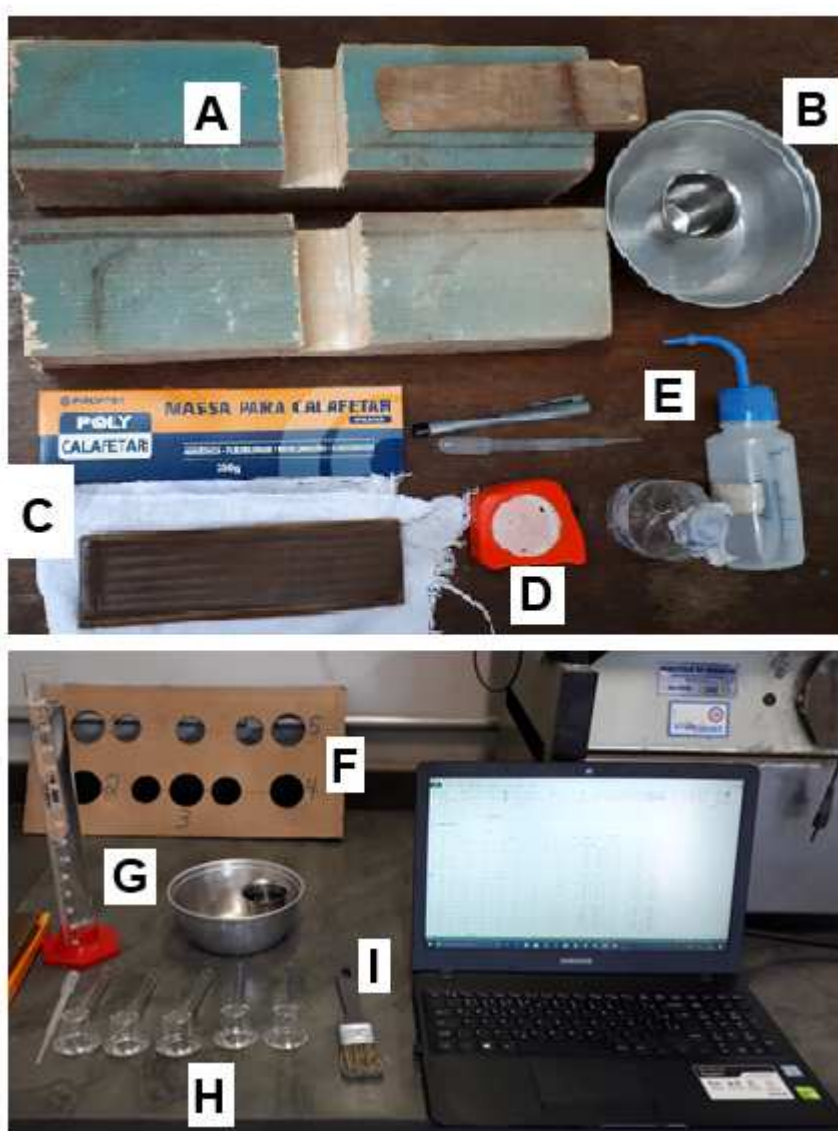
F – Gabarito de locação dos cachimbos no substrato padrão;

G – Tubo graduado;

H – Cachimbos de vidro, confeccionados conforme CSTC NIT 224:2002;

I – Trincha para limpeza da pulverulência e notebook para execução de planilha com as leituras realizadas de acordo com o tempo de exposição.

Figura 39 - ferramentas e utensílios utilizados no ensaio de estanqueidade



Fonte: Autor (2018).

São fixados os cachimbos por meio da massa de calafetar (mástique) nos locais marcados de acordo com o gabarito de locação. Quando se aperta o cachimbo com mástique contra a ATD, verifica-se a tendência de que o mástique percole para a área de contato da água com a ATD, diminuindo-a. Essa percolação pode falsear os resultados de absorção e permeabilidade, portanto teve-se o cuidado para que esse fato não ocorresse.

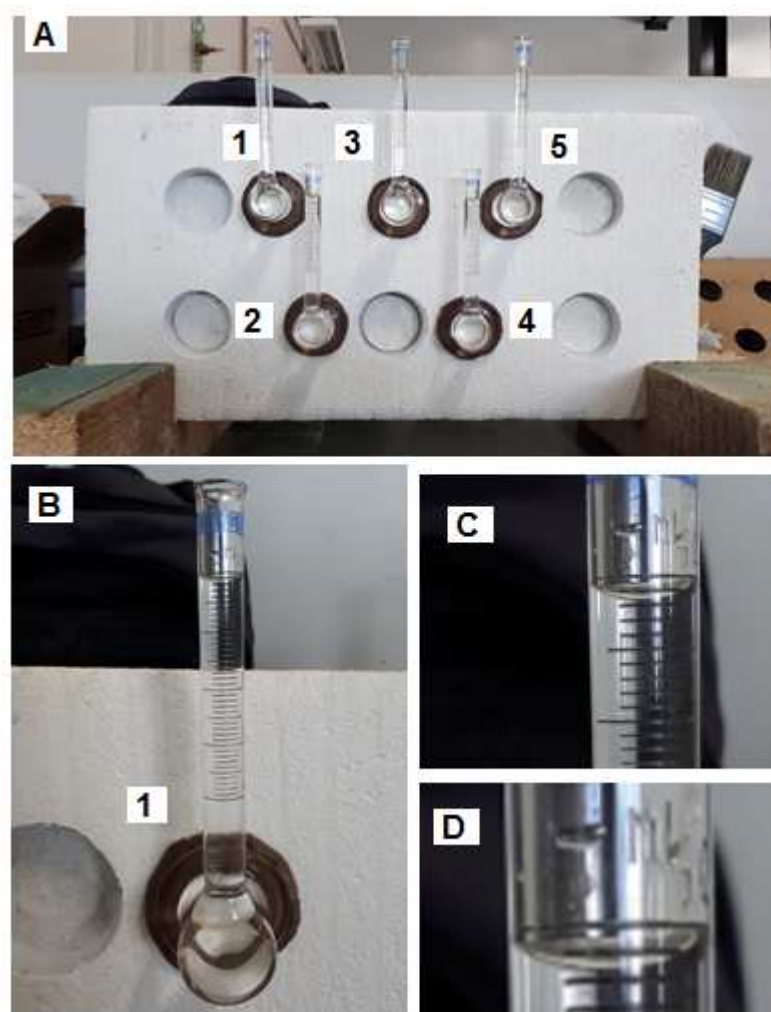
Afixados os cachimbos, a placa de substrato padrão é colocada no suporte de madeira que garante a verticalização da mesma, sendo travada com a cunha para impedir qualquer tipo de movimento durante o ensaio. Adiciona-se água com a pisseta

graduada até a marca limite, caso haja excesso de água retira-se com a proveta graduada.

Segundo a CSTC NIT 224:2002, deve-se fazer a leitura de absorção após 5, 10 e 15 minutos de ensaio. Porém, com o intuito de se verificar a absorção em um prazo maior, executou-se a leitura após 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de exposição da ATD à pressão da água exercida pelo cachimbo, utilizando um cronômetro para a marcação dos tempos de cada leitura.

A Figura 40 apresenta a placa de substrato padrão no suporte de madeira com os cachimbos afixados, e um cachimbo apresentando absorção de água.

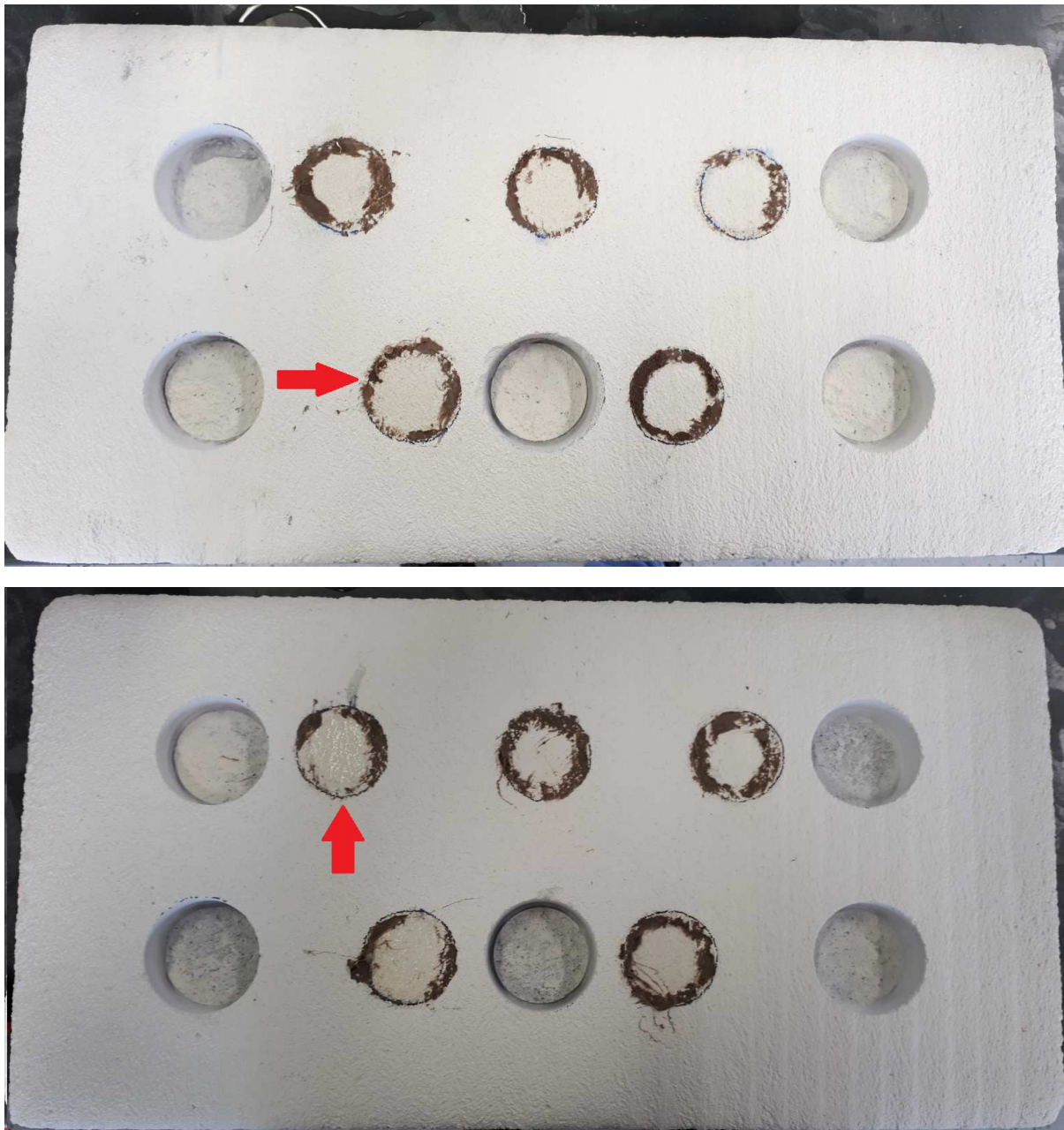
Figura 40 – A) placa de substrato padrão no suporte de madeira com os cachimbos afixados apresentando a posição de ensaio; B) cachimbo apresentando absorção de água pela ATD; C) e D) ampliação da absorção de água pela ATD.



Fonte: Autor (2018).

A Figura 41 apresenta a placa de substrato padrão após a realização do ensaio de estanqueidade.

Figura 41 - Placa de substrato padrão após a realização do ensaio de estanqueidade.



Fonte: Autor (2018).

Observa-se a mudança na cor da ATD no local da realização do ensaio de estanqueidade.

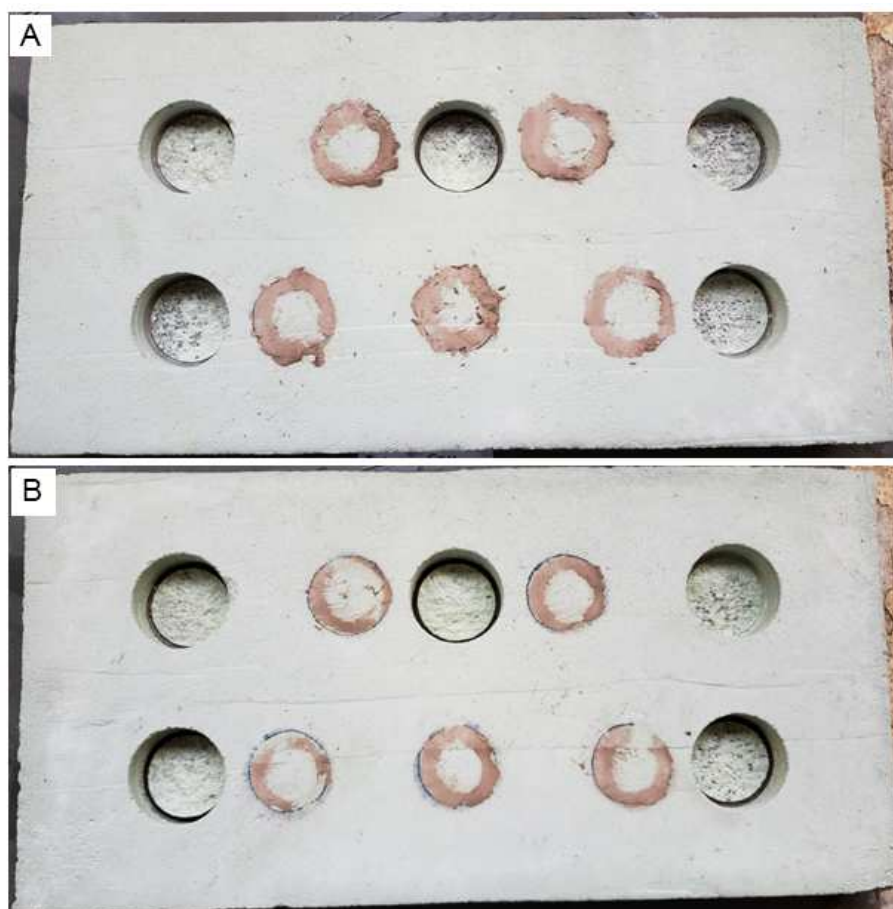
Após a leitura de absorção e permeabilidade de acordo com os tempos previstos, compilou-se os resultados em uma Tabela própria, calculando-se também a eficiência relativa a cada diferença (delta tempo).

Os resultados obtidos nos ensaios de estanqueidade segundo NIT 224 CSTC:2002 serão apresentados e discutidos no item 5 – Análise e discussão dos resultados.

4.6 Variações de tonalidades visíveis a olho nu e fissuras no ensaio visual, de acordo com a NBR 16648:2018.

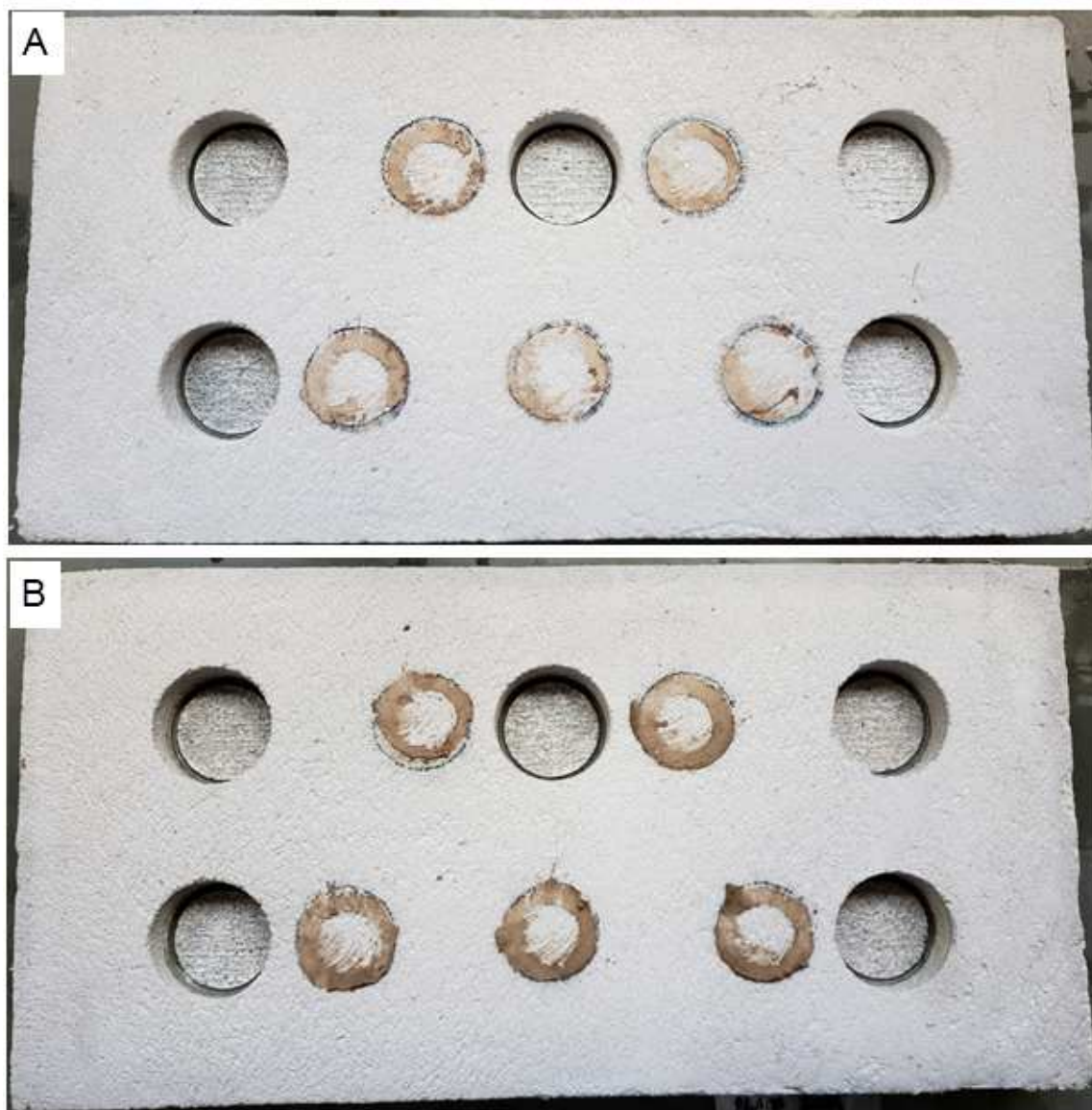
Após a realização dos ensaios de arrancamento e de estanqueidade, as placas de substrato padrão antes e após o envelhecimento acelerado proposto pela câmara de intemperismo foram molhadas para a verificação visual de fissuras a uma distância de 1 metro (NBR 16648:2018), conforme as Figuras 42 e 43.

Figura 42 - ATDs executados em 01/08/2018, sendo a placa A sem intemperismo e B com intemperismo.



Fonte: Autor (2018).

Figura 43 - ATDs executados em 26/09/2018, sendo a placa **A** sem intemperismo e **B** com intemperismo.



Fonte: Autor (2018).

As placas antes e após o envelhecimento acelerado proposto pela câmara de intemperismo foram colocadas lado a lado para verificar possíveis variações visuais perceptíveis a olho nu, conforme a Figura 44 e 45.

Figura 44 - ATDs executados em 01/08/2018 sem e com intemperismo.



Fonte: Autor (2018).

Figura 45 - ATDs executados em 26/09/2018 sem e com intemperismo.



Fonte: Autor (2018).

Os resultados obtidos nos ensaios visuais de variações de tonalidades e fissuração, de acordo com a NBR 16648:2018, serão apresentados e discutidos no item 5 – Análise e discussão dos resultados.

4.7 Lupa Estereoscópica

O equipamento é constituído por uma lente de aumento que permite a observação e o estudo, por reflexão da luz incidente, de amostras tridimensionais. Possui também uma câmara digital que permite a captura de imagens para posterior análise.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste item serão apresentados e discutidos os resultados obtidos dos ensaio de resistência de aderência à tração e de estanqueidade das ATDs aplicados sob as placas de substrato padrão submetidos ou não ao envelhecimento acelerado.

5.1 Ensaio de resistência de aderência à tração

Serão apresentados os resultados dos ensaios de arrancamento das placas que foram e que não foram submetido ao envelhecimento acelerado proposto pela câmara de intemperismo.

5.1.1 Substrato padrão executado e ensaiado no laboratório da indústria.

Foram executadas 11 placas no laboratório da indústria de argamassas localizada na cidade de Jandira, no estado de São Paulo durante visita à fábrica no dia 19/06/2017. A ATD analisado foi feito de acordo com as diretrizes do Datec (2015).

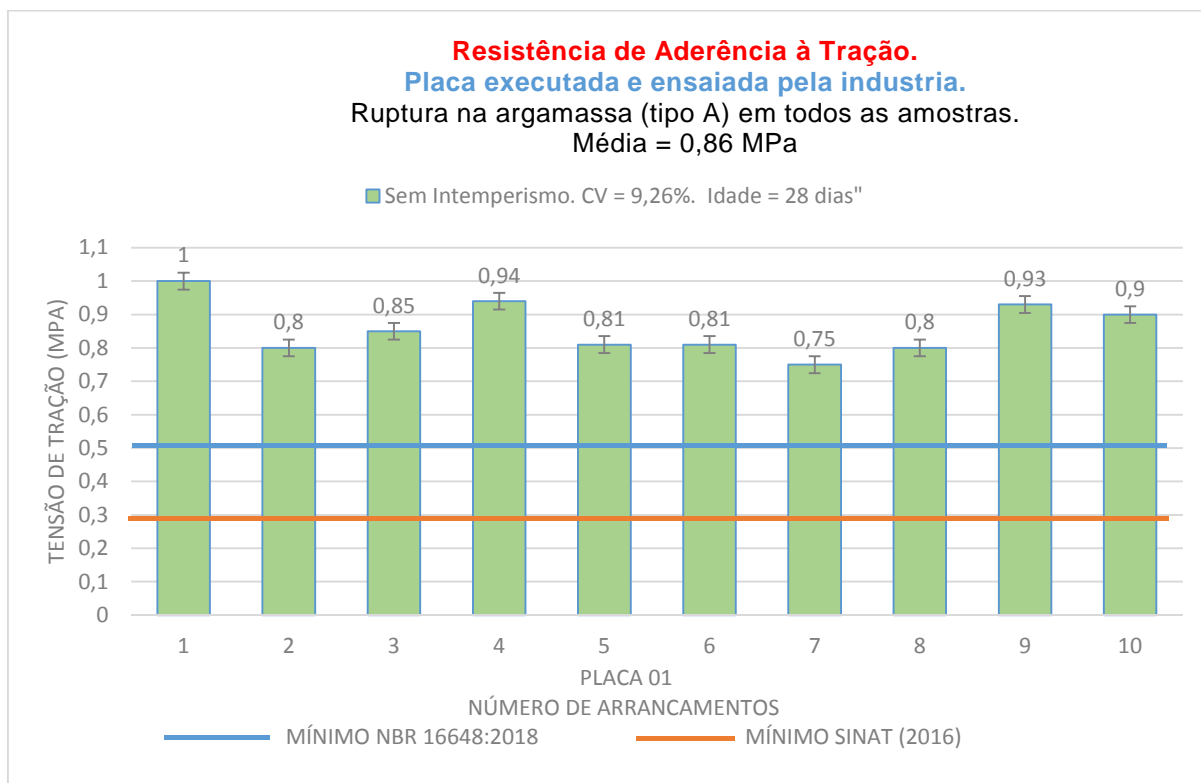
Das 11 placas feitas na fábrica, 10 serão analisadas no item 5.1.2 e uma placa foi ensaiada pela fabricante, no laboratório da indústria, aos 28 dias de idade.

O coeficiente de variação representa a heterogeneidade dos resultados obtidos e, de maneira geral, é um indicador de qualidade. Ele é obtido pela divisão do desvio padrão pela média vezes 100.

Segundo Carasek (2010), o coeficiente de variação (CV) de ensaios de RA em argamassas apresentam grandes dispersões, mas devem sempre estar na ordem de 10 a 35%, uma vez que quanto menor o CV menor a possibilidade de ocorrências manifestações patológicas, mais frequentes nos valores mais altos de CV.

A Figura 46 apresenta o resultado encontrado.

Figura 46 - Resultado do ensaio realizado pela fábrica.



Fonte: Autor (2018).

A linha superior azul, fixada em 0,5 MPa, representa a NBR 16648:2018 para a condição de laboratório e a linha inferior de cor laranja, representa o Sinat (2016). Ambos os resultados atendem as normativas citadas.

O CV obtido dos 10 arrancamentos (9,26%) foi inferior a 10%, o que representa baixa variabilidade, maior homogeneidade nas características e propriedades do revestimentos.

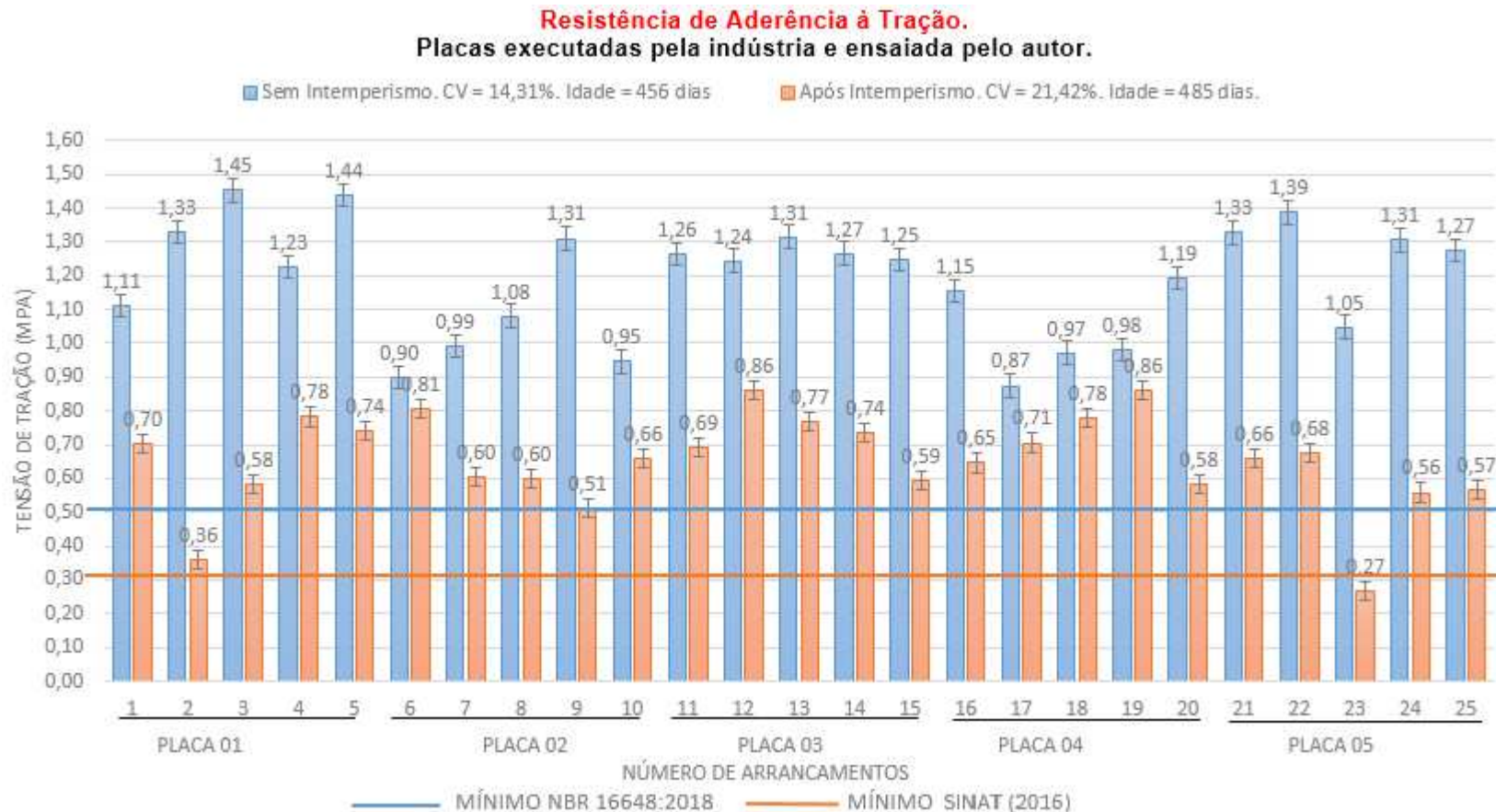
A ruptura tipo A verificada nas amostras apresenta característica coesiva, ou seja, a falha de coesão é predominante na argamassa, indicando que a resistência da argamassa é menor que a resistência na interface (aderência argamassa/substrato).

Não foi possível verificar variações de tonalidades visíveis a olho nu e a fissuração superficial na placa molhada a uma distância de 1 metro, uma vez que os ensaios foram realizados pelo fabricante da ATD.

5.1.2 Substratos padrões executados no laboratório da indústria e ensaiadas pelo autor.

A Figura 47 apresenta o resultado de RA das 10 placas executadas durante visita à fábrica em Jandira/ SP no dia 19/06/2017.

Figura 47 - Ensaio de arrancamento das 10 placas executadas durante visita à fábrica em Jandira/SP no dia 19/06/2017.



Fonte: Autor (2018).

Das 10 placas restantes, cinco foram submetidas ao envelhecimento acelerado proposto pela câmara de intemperismo durante 20 dias ininterruptos e 5 placas não foram envelhecidas. As placas sem e com intemperismo tinham a idade de 456 e 485 dias respectivamente, quando do ensaio de arrancamento e a ATD utilizado no ensaio tinha 32 dias de fabricação quando da aplicação no substrato padrão.

Apenas duas pastilhas arrancadas não obtiveram valores de RA superiores a 0,5 MPa (mínimo segundo a NBR 16648:2018 para a condição de laboratório, tanto sem intemperismo quanto com intemperismo).

Como a ATD foi desenvolvido segundo as diretrizes do Sinat (2016), o resultado inferior a 0,5 MPa não tem significância, uma vez que a resistência de aderência à tração mínima segundo o SINAT (2016) é de 0,3 MPa. O resultado inferior a 0,3 MPa é pouco representativo por ser o único resultado entre 50 pastilhas arrancadas e segundo Sinat (2016), o limite de 0,3 MPa atendeu mais oito de cada doze determinações de resistência de aderência à tração realizadas.

As placas sem envelhecimento apresentaram resistência de aderência à tração média de 1,19 MPa e as placas submetidas ao envelhecimento obtiveram média de 0,65 MPa de RA. Verifica-se redução de 45% de RA quando compara-se os resultados das placas sem e com o envelhecimento acelerado.

O coeficiente de variação foi obtido pela divisão do desvio padrão pela média vezes 100. O coeficiente de variação dos 25 arrancamentos sem intemperismo (CV=14,31%) foi inferior ao CV dos 25 arrancamentos envelhecidos (CV=21,42%). Essa diferença aliada a redução do RA das amostras envelhecidas confirma a degradação natural causada pela câmara de intemperismo.

Quando se compara a média dos resultados de Ra do ensaio executado pela fábrica (0,86 MPa) com a média dos resultados obtidos nas amostras ensaiadas na UFMG sem envelhecimento (1,19 MPa), verifica-se a redução de 28% na resistência de aderência à tração causado pela diferença de idade das amostras. Segundo Carasek (2003), com o passar do tempo, ocorre a redução da porosidade devido a hidratação do cimento e à carbonatação do hidróxido de cálcio da cal calcítica e do cimento hidratado.

Quanto a forma de ruptura, a Tabela 10 apresenta a média dos RAs e dos tipos de ruptura das placa sem e com intemperismo.

Tabela 10 - média dos tipos de ruptura das placa sem intemperismo e com intemperismo.

	Média de RA (MPa)	Ruptura substrato	Ruptura substrato/argamassa	Ruptura argamassa	Ruptura argamassa/cola
Placas sem intemperismo	1,19	0%	51%	49%	0%
Placas com intemperismo	0,65	0%	53%	47%	0%

Fonte: Autor (2018).

Verifica-se ruptura adesiva em ambas as condições, indicando que a resistência na argamassa é maior que a resistência na interface substrato/argamassa. Segundo Carasek (2012), esse tipo de ruptura não é o ideal, tendo em vista que a aderência é uma das principais propriedades para o revestimento e também pela maior incidência de manifestações patológicas.

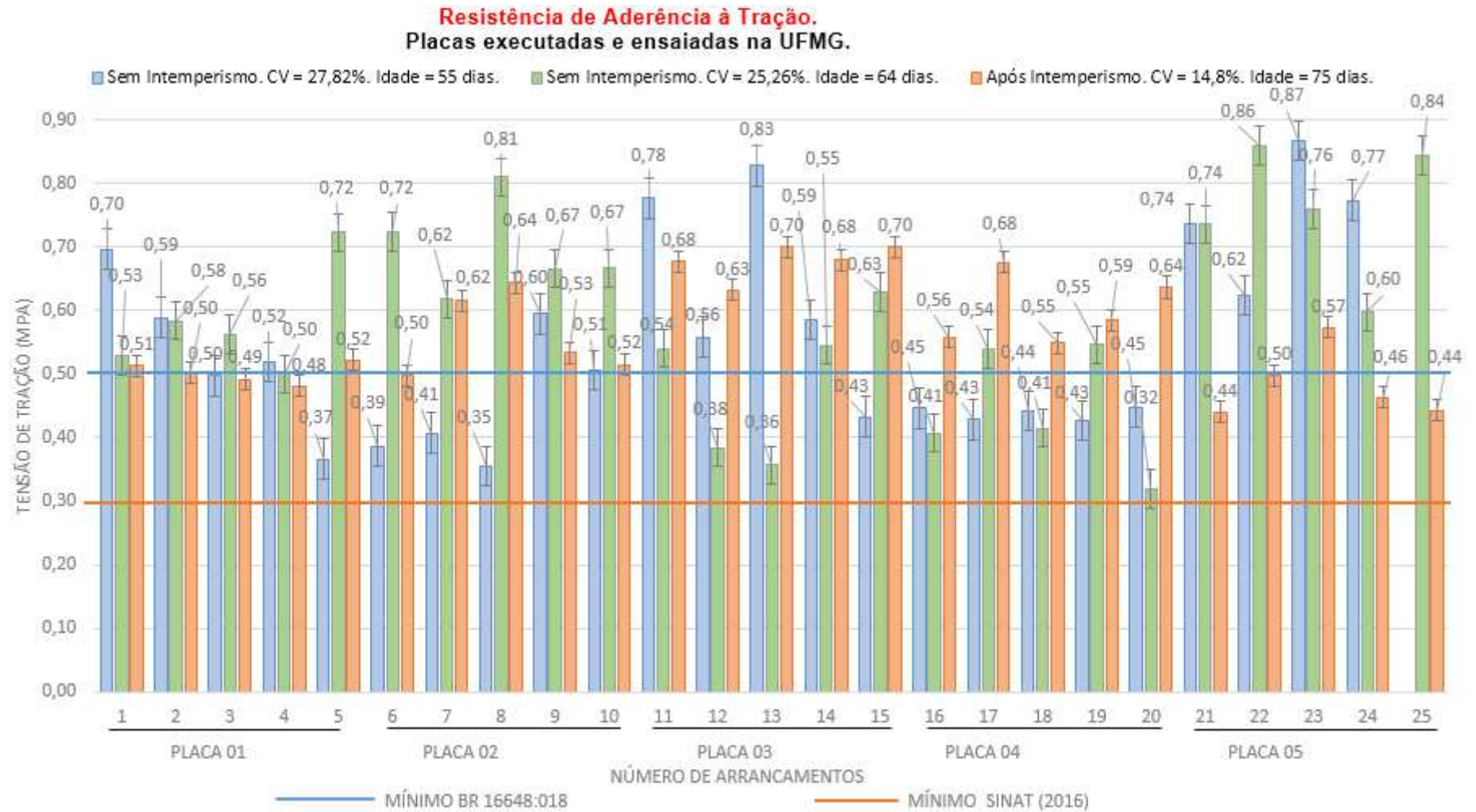
Segundo Costa (2007), isso se deve, possivelmente, a problemas de extensão de aderência, causados pela presença de desmoldante na superfície do substrato. Durante a confecção do substrato utiliza-se desmoldante no lado liso da mesma, contaminando o lado rugoso que é usado para a aplicação da ATD.

Não foram detectadas variações de tonalidades visíveis a olho nu e fissuração superficial na placa molhada a uma distância de 1 metro tanto para as placas sem quanto as placas com intemperismo após a realização dos ensaios.

5.1.3 Substratos padrões executados em 01/08/2018 no laboratório na UFMG.

Em 01/08/2018 foi aplicada ATD de cor verde em 15 substratos padrões. Dez substratos foram ensaiadas sem intemperismo e 5 foram submetidas ao envelhecimento acelerado. A Figura 48 apresenta o resultado dos 15 substratos.

Figura 48- Ensaio de arrancamento dos 15 substratos executados na UFMG em 01/08/2018.



Fonte: Autor (2018).

Em função da necessidade de adequação a agenda do laboratório, as dimensões da câmara de intemperismo e ao número de pastilhas disponíveis, os ensaios foram realizados de 5 em 5 placas. As cinco primeiras placas foram ensaiadas com 55 dias de idade, da sexta a decima placa os ensaios foram realizados com 64 dias e as cinco placas submetidas ao intemperismo foram ensaiadas com 75 dias de idade.

Segundo instruções presentes na embalagem do produto, a ATD utilizado foi fabricado em 15/02/2018 e válido por 180 dias consecutivos. Como a ATD foi utilizado em 01/08/2018, conclui-se que faltavam 13 dias para o vencimento do produto. Quando foram abertos os sacos percebeu-se grumos de ATD já formados dentro do mesmo. Como todos os 3 sacos fornecidos pela indústria estavam na mesma condição e o material estava dentro da validade, optou-se por aplicar a ATD nas placas de substrato padrão. Procedeu-se a quebra dos grumos de maneira manual.

A Figura 49 materializa a quantidade de grumos encontrados em 1,5 kg do produto no estado anidro.

Figura 49 - Quantidade de grumos encontrados em 1,5 kg do produto no estado anidro.



Fonte: Autor (2018).

A ATD utilizado foi fabricado seguindo os parâmetros do Sinat (2016), portanto, a resistência de aderência à tração deveria ser maior ou igual a 0,3 MPa. E foi exatamente o que foi verificado nos 75 arrancamentos efetuados nessa fase do trabalho. Todos as pastilhas obtiveram o mínimo de 0,3 MPa, incluindo os 5 substratos submetidos ao envelhecimento acelerado proposto pela câmara de intemperismo.

Em relação à NBR 16648:2018, apenas 20 ensaios do total de 75 arrancamentos não atenderam ao mínimo especificado pela referida norma. Isso se deve, possivelmente, a presença de grumos de aglomerantes já hidratados encontrados no peneiramento e pós ensaio de arrancamento. A transformação de aglomerante em agregado causa desproporção na ATD, enfraquecendo-a, alterando as propriedades do revestimento e, em especial, a resistência de aderência à tração.

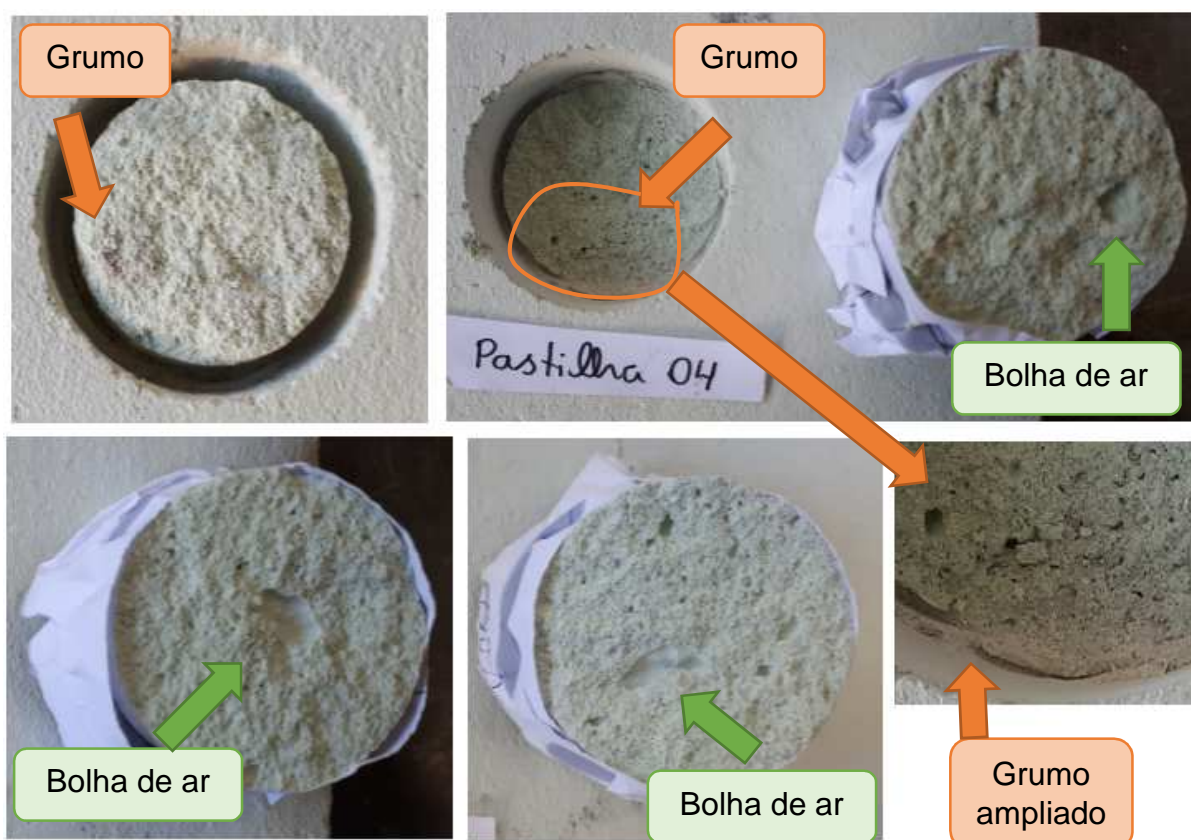
A Figura 50 e 51 ilustram os grumos pós arrancamento que permaneceram na mistura mesmo tendo sido executado o destorroamento manual. Percebe-se na ampliação do grumo, o material no estado anidro. Verifica-se também, bolhas de ar internas geradas durante a aplicação.

Figura 50 – Grumos e vazios que permaneceram na mistura após destorroamento manual e a aplicação.



Fonte: Autor (2018).

Figura 51 - Grumos e vazios que permaneceram na mistura após destorroamento manual e a aplicação.



Fonte: Autor (2018).

A resistência de aderência à tração média, o coeficiente de variação e o tipo de ruptura das amostras são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Resistência de aderência à tração média, o coeficiente de variação e o tipo de ruptura das amostras executadas na UFMG em 01/08/2018

	Média de RA (MPa)	Coeficiente de variação (%)	Tipo de ruptura			
			Ruptura substrato	Ruptura substrato/arg amassa	Ruptura argamassa	Ruptura argamassa/cola
5 primeiras placas sem intemperismo	0,55	27,82	0%	38%	37%	25%
6° a 10° Placa sem intemperismo	0,59	25,26	0%	63%	37%	0%
Placas com intemperismo	0,57	14,80	0%	17%	83%	0%

Fonte: Autor (2018).

As resistências de aderência à tração média das placas sem e com envelhecimento ficaram bem próximas entre si e menores que a média de RA das placas executadas em 19/06/2017, principalmente para as placas sem envelhecimento onde a redução foi de em torno de 50%. As possíveis justificativas para essa constatação pode ser a grande diferença de idade entre as placas, além da presença de grumos de aglomerante pré-hidratados no interior da ATD, diminuindo a quantidade de aglomerante da mistura e interferindo diretamente na RA das amostras com e sem intemperismo.

Pode-se observar na Figura 50 a ocorrência de 10 arrancamentos com RA menores que 0,5 MPa para as 5 primeiras placas sem intemperismo, 5 valores inferiores a 0,5 MPa para a 6ª a 10ª placa sem intemperismo e 5 valores de RA menores que 0,5 MPa para as placas envelhecidas, mostrando que há relação entre a idade da placa e a resistência de aderência à tração.

O coeficiente de variação das amostras são inferiores a 35% (CARASEK, 2012). Verifica-se que o CV das amostras com intemperismo foram menores que o CV das placas sem intemperismo. Esse fator demonstra a menor dispersão de resultados ocorrido nas placas envelhecidas e apresenta resultado contrário ao encontrado nas amostras anteriores. A média dos resultados de RA entre as amostras com e sem intemperismo são parecidas.

O tipo de ruptura das amostras foram bem diferentes entre si. As 5 primeiras placas apresentaram ruptura adesiva, mas, apresentaram também, uma parcela de ruptura superficial. Ruptura predominantemente adesiva verifica-se nas placas intermediárias (6ª a 10ª placa sem intemperismo). As placas envelhecidas apresentaram ruptura coesiva, representando uma inversão de ruptura em relação às demais.

De maneira geral, baseado nos parágrafos anteriores, nota-se melhoria gradativa nas propriedades da ATD dos 5 primeiros substratos ensaiados em relação aos substratos envelhecidos.

Essa ocorrência pode estar relacionada com a diferença de idade entre as placas, sendo 20 dias de diferença entre as placas envelhecidas e as 5 primeiras placas ensaiadas e 11 dias entre as placas envelhecidas e a 6ª/ 10ª placa sem intemperismo.

Pode ter ocorrido um retardo na hidratação do cimento e na carbonatação do hidróxido de cálcio devido à presença de grumos de aglomerantes pré-hidratados, alterando com isso a microestrutura da argamassa que passou a necessitar de mais tempo de cura para apresentar as propriedades finais, interferindo diretamente na resistência de aderência à tração.

Os CVs verificados nestes ensaios (01/08/2018) são maiores que os CVs dos substratos executados na indústria (19/06/2017). Uma justificativa a essa constatação seria a maior prática dos laboratoristas da indústria.

Não foram detectadas variações de tonalidades e fissurações superficiais para ambos os tratamentos aos quais foram submetidas as placas.

5.1.4 Substratos padrões executados em 26/09/2018 no laboratório da UFMG.

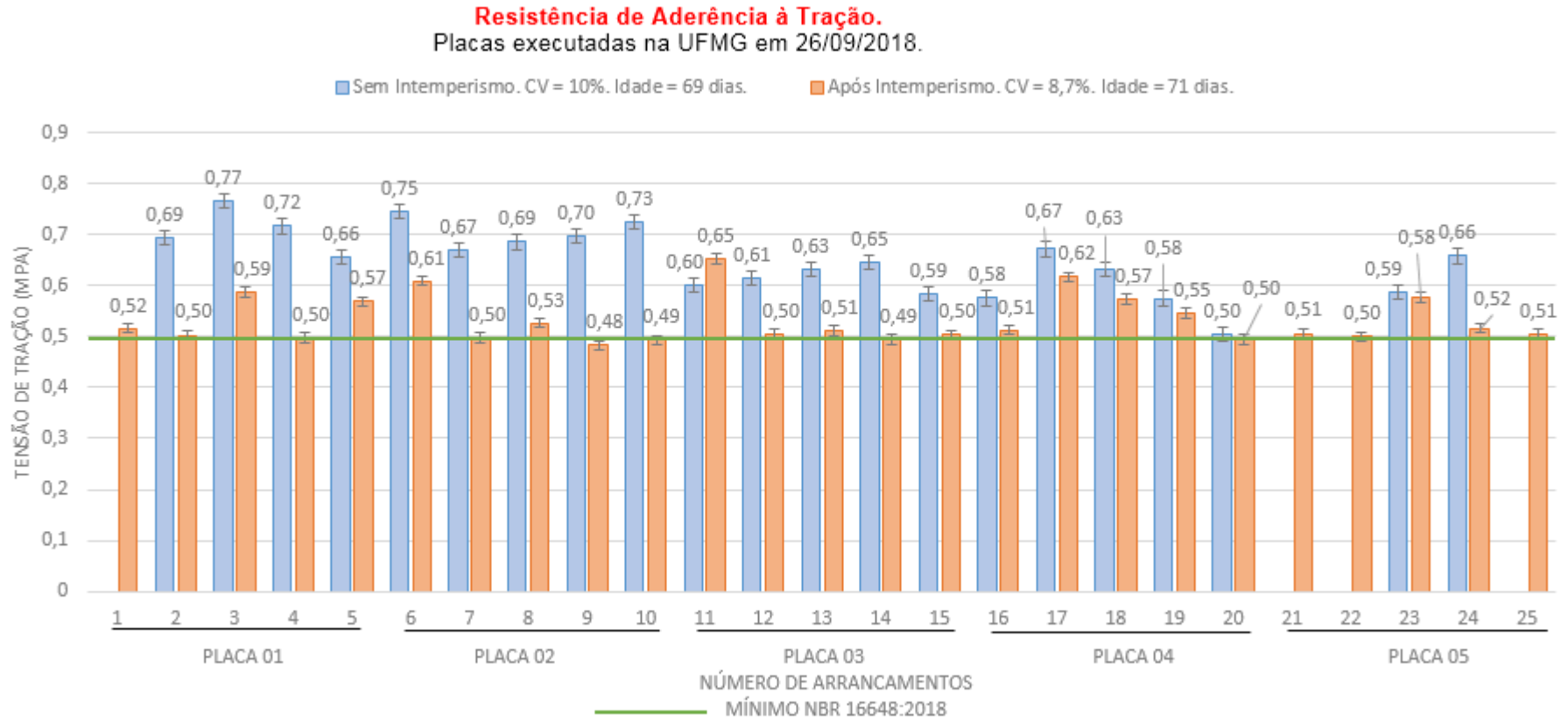
Em 26/09/2018 foram executadas 10 placas de substrato padrão, sendo utilizada ATD que estava na metade da validade. 5 placas foram ensaiadas sem intemperismo e 5 placas foram submetidas ao intemperismo.

As placas sem intemperismo tinham 69 dias de idade e as placas submetidas ao envelhecimento acelerado tinham 71 dias de idade quando do ensaio de arrancamento.

A NBR 16648:2018 é datada do dia 26/04/2018, portanto, anterior à fabricação da ATD utilizada nas 10 placas executadas neste item. Por esse motivo, a resistência de aderência à tração mínima para a condição de laboratório é 0,5 MPa.

A Figura 52 apresenta o resultado das 10 placas.

Figura 52 - Resultado do ensaio de RA dos 10 substratos executados em 26/09/2018.



Fonte: Autor (2018).

Segundo a NBR 16648:2018, quanto a resistência de aderência à tração após os 10 ciclos de exposição ao calor e choque térmico, a ATD deve apresentar resultado maior ou igual a 0,25 MPa em oito dos 12 corpos de prova ensaiados e a média do resultado dos oito cp's não pode ser menor que 50% da média dos quatro maiores resultados de tração obtidos antes da ação do calor e choque térmico. Portanto, verifica-se que os 3 resultados de RAs menores que 0,5 MPa são irrelevantes e que 100% das amostras foram aprovadas pela NBR 16648:2018.

A resistência de aderência à tração média, o coeficiente de variação e o tipo de ruptura das amostras são apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 - resistência de aderência à tração média, o coeficiente de variação e o tipo de ruptura das amostras executadas na UFMG em 26/09/2018.

	Média de RA (MPa)	Coeficiente de variação (%)	Tipo de ruptura			
			Ruptura substrato	Ruptura substrato/arg amassa	Ruptura argamassa	Ruptura argamassa/cola
Placas sem intemperismo	0,65	10,0	0%	92%	3%	5%
Placa com intemperismo	0,53	8,7	0%	84%	16%	0%

Fonte: Autor (2018).

Nota-se a redução de resistência de aderência à tração média de 19,5% das placas não envelhecidas em relação às placas com intemperismo. Analisando a média de RA da Tabela 12 com as placas executadas pela fábrica em 19/06/2017 verifica-se redução de RA de 45% entre as placas sem envelhecimento e 18,5% entre as placas envelhecidas. Acredita-se que a diferença de idade justifique esta ocorrência.

Comparando a média de RA das ATDs sem e com intemperismo fabricadas em 26/09/2018 (Tabela 12) com a média de RA das ATDs fabricadas em 01/08/2018 (Tabela 11), percebe-se pequena diferença, enquanto que o coeficiente de variação diminuiu consideravelmente, o que demonstra uma melhor homogeneidade dos resultados de RA das amostras fabricadas em 26/09/2018. Percebe-se que a presença de grumos pré hidratados interferiu nos resultados dos substratos executados em 01/08/2018 quando comparado com os resultados dos demais substratos com suas respectivas datas de aplicação.

Ainda comparando as Tabelas 11 e 12, grande variação é verificada no tipo de ruptura principalmente após o submissão das placas ao intemperismo. Nas placas de 01/08/2018 envelhecidas, a ruptura foi coesiva, ao passo que nas placas com e sem envelhecimento acelerado fabricadas em 26/09/2018 a ruptura foi predominantemente adesiva. Vale ressaltar, que a ruptura adesiva aliado a valores de RA próximos ao mínimo da norma é preocupante, tendo em vista o grande potencial de futuras manifestações patológicas (CARASEK, 2012).

Nessas amostras manteve-se o coeficiente de variação inferior a 35% e a diminuição do CV após o intemperismo, ratificando a menor dispersão de resultados de RA e igualando ao encontrado nas placas fabricadas em 01/08/2018.

Não foram detectadas variações de tonalidades e fissurações superficiais após a realização dos ensaios.

A Tabela 13 apresenta o quadro resumo com os resultados do ensaio de arrancamento (RA) executados.

Tabela 13 - Quadro resumo com os resultados do ensaio de arrancamento (RA) executados.

Data da aplicação	Tratamento	Idade do substrato	Número RAs executados	Média dos RAs (MPa)	CV	Ruptura predominante
ATD executado e ensaiado pela indústria	Sem envelhecimento	28 dias	10	0,86 MPa	9,26%	Coesiva
ATD executado em 19/06/2017	Sem envelhecimento	456 dias	25	1,19 MPa	14,31%	Adesiva
	Com envelhecimento	485 dias	25	0,65 MPa	21,42%	Adesiva
ATD executado em 01/08/2018	Sem envelhecimento	55 dias	24	0,55 MPa	27,82%	Adesiva
	Sem envelhecimento	64 dias	25	0,59 MPa	25,26%	Adesiva
	Com envelhecimento	75 dias	25	0,57 MPa	14,80%	Coesiva
ATD executado em 29/09/2018	Sem envelhecimento	69 dias	22	0,65 MPa	10,00%	Adesiva
	Com envelhecimento	71 dias	25	0,53 MPa	8,70%	Adesiva

Fonte: Autor (2018).

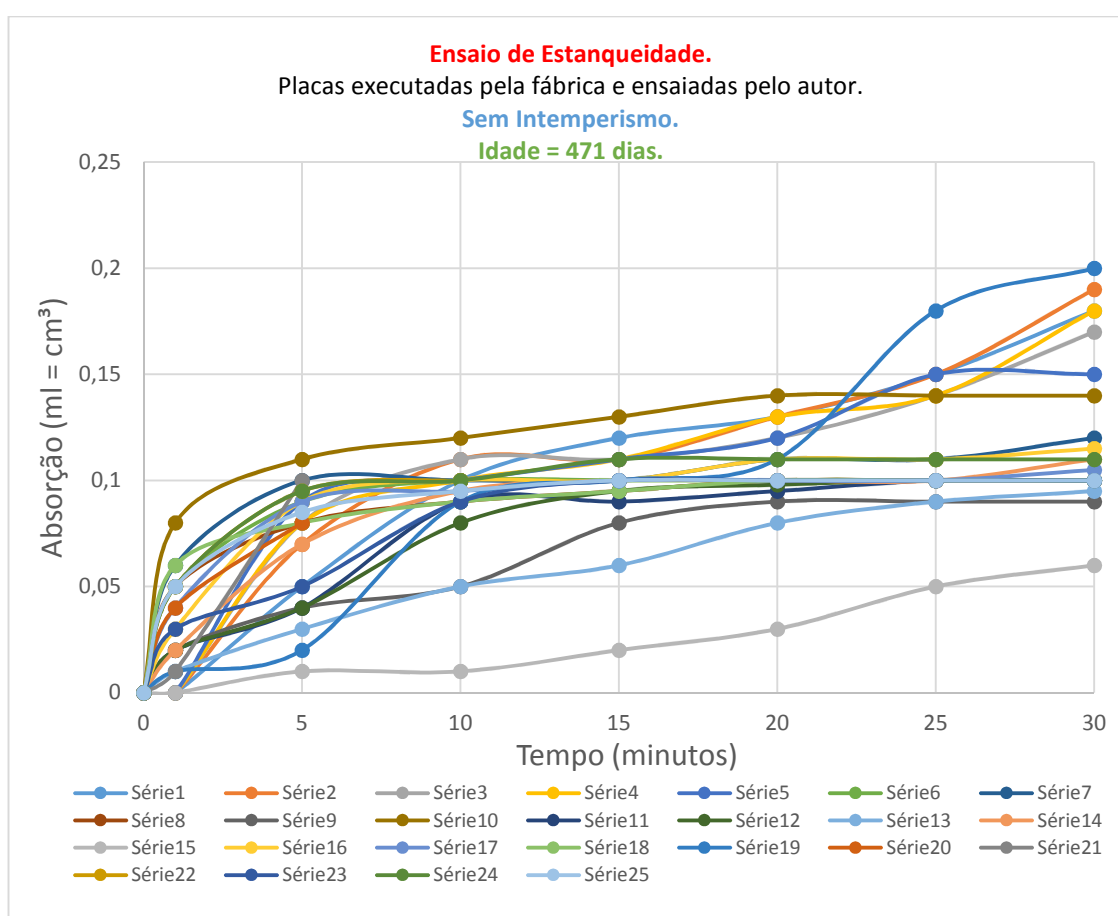
5.2 Resultados do ensaio de estanqueidade.

A seguir são apresentados os resultados dos ensaios de estanqueidade a NIT 224:2002 segundo a NIT 224 CSTC:2002, também conhecido como “método do cachimbo” das placas que foram e que não foram submetido ao envelhecimento acelerado proposto pela câmara de intemperismo.

5.2.1 Substratos padrões executados no laboratório da indústria e ensaiadas pelo autor.

Ensaiou-se os 10 substratos produzidos pela fábrica, sendo 5 sem intemperismo e 5 após à submissão ao envelhecimento acelerado. Aplicou-se 5 cachimbos em cada substratos, conforme locação descrita no item 4.2 realizando a leitura da absorção de água nos tempos de 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos consecutivos. A Figura 53 apresenta a absorção dos substratos sem intemperismo.

Figura 53 - Substratos executados no laboratório da indústria e ensaiadas pelo autor sem intemperismo.



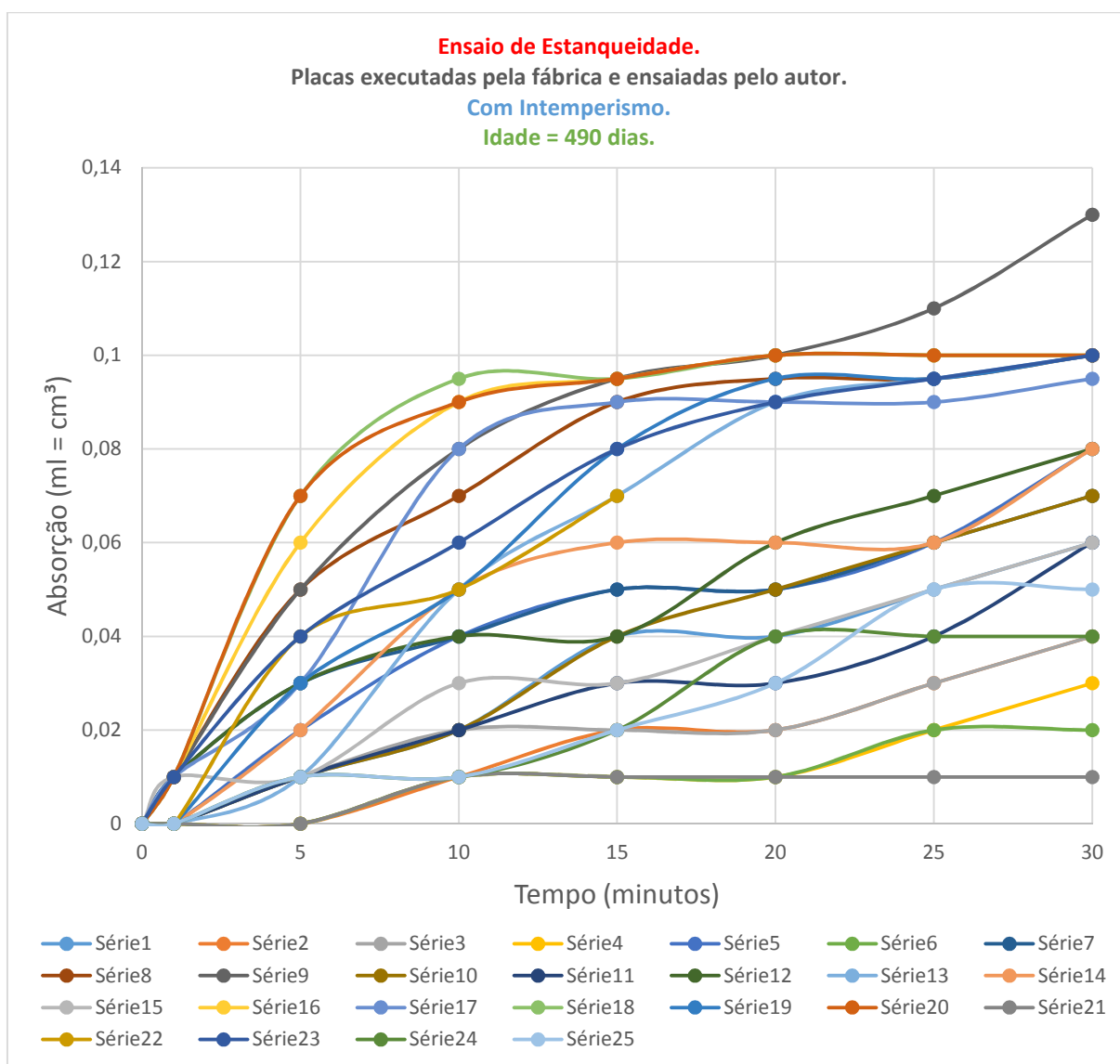
Fonte: Autor (2018).

Verifica-se que a absorção de água para a ATD sem intemperismo aumenta gradativamente ao longo do tempo.

Para a maioria das amostras a absorção máxima ao final de 30 minutos ficou entre 0,1 e 0,2 cm^3 .

A Figura 54 apresenta a absorção dos substratos após o intemperismo.

Figura 54 - Substratos executados no laboratório da indústria e ensaiadas pelo autor com intemperismo.



Fonte: Autor (2018).

Após o intemperismo, além da absorção aumentar ao longo do tempo, nota-se grande dispersão de resultados nas amostras. A absorção máxima ao final de 30 minutos é 0,1 cm^3 com um ponto isolado a 0,13 cm^3 .

Analisando os gráficos percebe-se nas placas submetidas ao intemperismo que a absorção de água foi menor quando comparado à absorção nas placas sem o tratamento. Essa constatação indica menor permeabilidade do revestimento envelhecido.

De acordo com CSTC NIT 224 (2002), pode-se calcular a eficiência do revestimento calculando a diferença entre a leitura de 15 e 5 minutos (Δ (15-5)) antes e após o envelhecimento, conforme a equação número 1.

Equação 2 - Equação da eficiência conforme CSTC NIT 224:2002.

$$\text{Eficiência (\%)} = \left(1 - \frac{\Delta \text{ (15-5) após o envelhecimento}}{\Delta \text{ (15-5) antes do envelhecimento}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Fonte: Adaptado da CSTC NIT 224 (2002).

Sobre a eficiência, cabe salientar que ela interpreta a absorção de água ao longo dos pontos amostrais de todo o ensaio, ou seja, analisa as variações de absorção nos tempos de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos. Diferente das análises feitas até aqui, que foram norteadas pela absorção máxima ao final dos 30 minutos. Portanto, a eficiência torna-se uma importante ferramenta tendo em vista a dificuldade em se interpretar as inclinações das curvas de absorção e a falta de parâmetro padrão normatizado que classifique as argamassa.

Quando a eficiência resulta em um valor positivo, significa que o Δ (15-5) após o envelhecimento foi menor que o Δ (15-5) antes do envelhecimento, indicando que a absorção após o envelhecimento é menor que antes do intemperismo.

Eficiência negativa, significa que o Δ (15-5) após o envelhecimento foi maior que o Δ (15-5) antes do envelhecimento, indicando que a absorção após o envelhecimento é maior que antes do intemperismo.

Quando a eficiência resulta em o valor nulo (0,00%), significa que o Δ (15-5) após o envelhecimento foi igual ao Δ (15-5) antes do envelhecimento.

A Tabela 14 apresenta o resultado do cálculo da eficiência levando em consideração os resultados de absorção antes e após o intemperismo das placas.

Tabela 14 - Resultado do cálculo da eficiência.

Placa nº	Posição do tubo	EFICIÊNCIA				Resumo das Eficiências			
		Δ (15-5)	Δ (20-10)	Δ (25-15)	Δ (30-20)	Δ (15-5)	Δ (20-10)	Δ (25-15)	Δ (30-20)
1	1	57,14%	33,33%	66,67%	60,00%	11 quadros	6 quadros	9 quadros	8 quadros
	2	50,00%	50,00%	75,00%	66,67%	10 quadros	11 quadros	3 quadros	4 quadros
	3	66,67%	100,00%	66,67%	60,00%	1 quadro	2 quadros	4 quadros	1 quadro
	4	66,67%	100,00%	66,67%	60,00%	1 quadro	1 quadro	6 quadros	8 quadros
	5	-50,00%	50,00%	75,00%	0,00%	0	2 quadros	0	1 quadro
2	1	0,00%	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!				
	2	#DIV/0!	0,00%	0,00%	-100,00%				
	3	33,33%	-25,00%	#DIV/0!	#DIV/0!				
	4	-12,50%	50,00%	-50,00%	#DIV/0!				
	5	-50,00%	-50,00%	-100,00%	#DIV/0!				
3	1	60,00%	-100,00%	0,00%	-500,00%				
	2	81,82%	-11,11%	-500,00%	-900,00%				
	3	-100,00%	-33,33%	16,67%	33,33%				
	4	-33,33%	-100,00%	#DIV/0!	-100,00%				
	5	-100,00%	50,00%	33,33%	33,33%				
4	1	-250,00%	0,00%	50,00%	100,00%				
	2	-500,00%	-100,00%	#DIV/0!	0,00%				
	3	-66,67%	50,00%	0,00%	#DIV/0!				
	4	37,50%	-125,00%	81,25%	94,44%				
	5								
5	1								
	2								
	3	20,00%	-200,00%	#DIV/0!	#DIV/0!				
	4	33,33%	-200,00%	#DIV/0!	#DIV/0!				
	5	33,33%	-300,00%	#DIV/0!	#DIV/0!				

Legenda:

	* Eficiência positiva - Absorção após intemperismo menor q antes do intemperismo.
	* Eficiência negativa - Absorção após intemperismo maior q antes do intemperismo.
0,00%	* Eficiência neutra - Absorção igual antes e após o intemperismo.
#DIV/0!	* Indica que a absorção antes do intemperismo foi igual a 0.
100%	* Indica que a absorção após o intemperismo foi igual a 0.
	* Sem leitura de absorção antes ou após o intemperismo.

Fonte: Autor (2018).

O quadro resumo apresenta a evolução da absorção de acordo com o tempo de ensaio. Os quadros amarelos representam o resultado ideal, onde a absorção após mais de 6 anos de envelhecimento foi inferior à absorção das placas sem o envelhecimento acelerado. Já os quadros verdes representam preocupação, pois indicam que a absorção após o intemperismo foi superior à absorção das placas sem

envelhecimento. Os quadros azuis indicam que a absorção antes e após o intemperismo foram iguais. Os quadros alaranjados representam a absorção antes do intemperismo iguais a zero, ou seja, a leitura se manteve ao longo dos tempos de leitura. Os quadros cinza claro sinalizam para absorção após o intemperismo não alterou ao longo dos tempos de leitura. O quadro branco indica que não houve leitura devido a vazamento do cachimbo.

Analisando o quadro resumo verifica-se que os quadros alaranjados aumentaram de quantidade à medida que o tempo do ensaio evoluiu, apresentando uma tendência de estabilização de absorção para as placas antes do intemperismo. A diferença entre os quadros amarelos e verdes ao longo do ensaio, exceto no Δ (20-10), aumentaram em relação ao Δ (15-5), aliado ao aumento dos quadros alaranjados, indicam que a absorção após o intemperismo é menor que antes do envelhecimento acelerado em todo o ensaio.

Senna (2011) realizou ensaio de estanqueidade pelo método do cachimbo em 3 tipos de argamassa diferentes da argamassa utilizada neste trabalho. As argamassas utilizadas por Senna (2011) foram pintadas com textura acrílica do tipo rolado, sendo:

- Argamassa rodada *in loco* com traço 1:1:6 (cimento, cal hidratado e areia), denominada 116. Antes da pintura os painéis foram preparados com 3 tipos distintos de preparo, que são: 116-1 (utilizou fundo preparador de parede); 116-2 (utilizou-se como selador a textura acrílica diluída (50%)); 116-3 a textura foi aplicada diretamente sobre a argamassa;
- Argamassa rodada *in loco* com traço 1:6 (cimento e areia), denominada 16. Antes da pintura os painéis foram preparados com 3 tipos distintos de preparo, que são: 16-1 (utilizou fundo preparador de parede); 16-2 (utilizou-se como selador a textura acrílica diluída (50%)); 16-3 a textura foi aplicada diretamente sobre a argamassa;
- Argamassa industrializada, denominada IND. Antes da pintura os painéis foram preparados com 3 tipos distintos de preparo, que são: IND-1 (utilizou fundo preparador de parede); IND-2 (utilizou-se como selador a textura acrílica diluída (50%)); IND-3 a textura foi aplicada diretamente sobre a argamassa.

Os ensaios realizados pela autora não foram envelhecidos. A Tabela 14 apresenta a absorção máxima aos 15 minutos dos ensaios realizados por Senna (2011).

Tabela 15 - Resultados encontrados por Senna (2011).

Tipo de argamassa	116			16			IND		
	116-1	116-2	116-3	16-1	16-2	16-3	IND-1	IND-2	IND-3
Absorção máxima aos 15 minutos de ensaio (cm ³)	0,35	0,3	0,5	0,35	0,15	0,4	0,09	0,2	0,1

Fonte: Adaptado de Senna (2011).

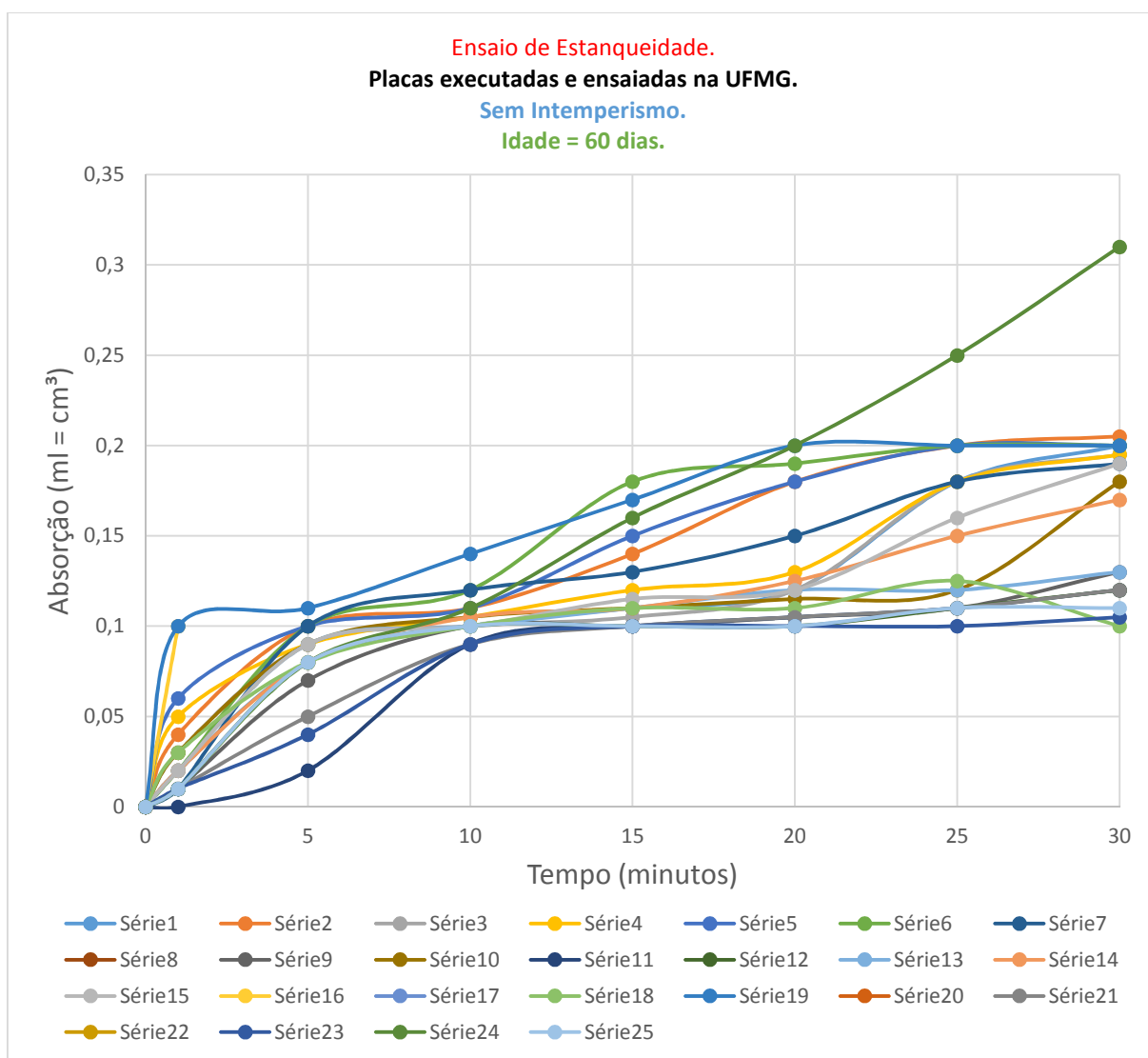
No presente trabalho, a maior absorção de água aos 15 minutos de ensaio para as placas executadas na fábrica sem intemperismo foi 0,13 cm³ e 0,095 cm³ para as placas envelhecidas. Portanto, é possível concluir que a ATD é menos permeável que todas as argamassas ensaiadas por Senna (2011) exceto a IND-1 e IND-3 para as placas sem intemperismo e para as placas envelhecidas praticamente se iguala a permeabilidade de IND-1 e é menor que IND-3.

5.2.2 Substratos padrões executados em 01/08/2018 no laboratório na UFMG.

Pela Figura 55 observa-se que a absorção de água dos 5 primeiros substratos de ATD ficaram, em sua grande maioria, entre a absorção de 0,1 cm³ e 0,2 cm³. Comparando com a Figura 53, verifica-se diferença de absorção entre os substratos tendo em vista que a maioria das placas absorveram entre 0,9 e 0,15 cm³, embora o pico máximo de absorção seja praticamente o mesmo para as amostras (0,2 cm³).

Ainda analisando a Figura 55, percebe-se a grande absorção de água presente na curva 24 (pico de 0,31 cm³). A presença de torrões pré-hidratados ou até mesmo vazios causados por alguma bolha de ar próximos da superfície justificariam essa distorção não apresentada nas demais amostras.

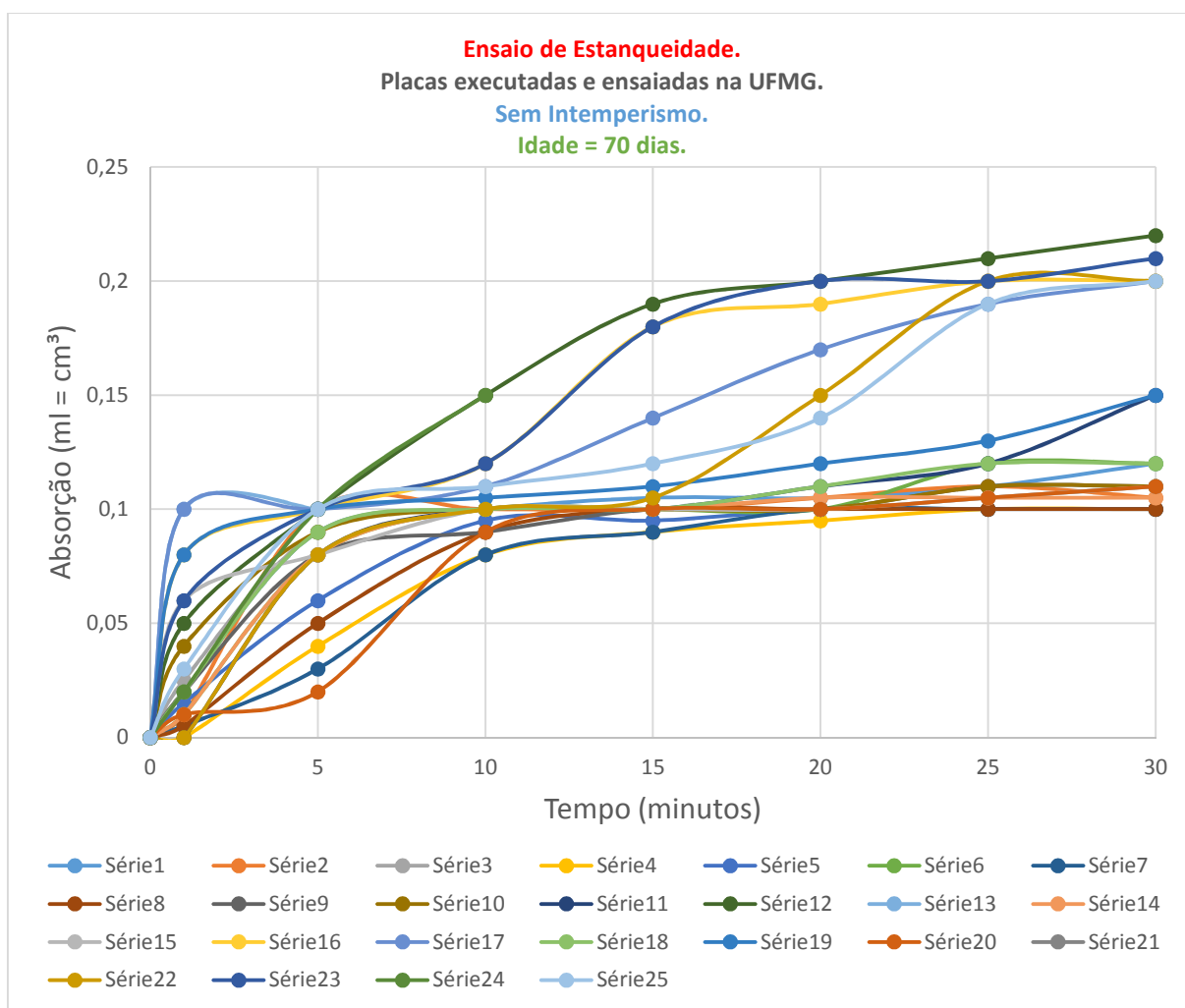
Figura 55 - Absorção de água dos 5 primeiros substratos executados em 01/08/2018 sem intemperismo.



Fonte: Autor (2018).

A Figura 56 apresenta a absorção da 6ª a 10ª placa executada dia 01/08/2018. A maioria das placas apresentaram absorção entre 0,1 e 0,15 cm³ e pico máximo de 0,22cm³. Quando compara-se a Figura 53, verifica-se similaridade na absorção entre as placas uma vez que a maioria das placas absorveram entre 0,9 e 0,15 cm³, mesmo havendo grande diferença de idade entre elas e a presença dos grumos pré-hidratados nas placas executadas em 01/08/2018.

Figura 56 – Absorção do 6° ao 10° substrato executado dia 01/08/2018 sem intemperismo.

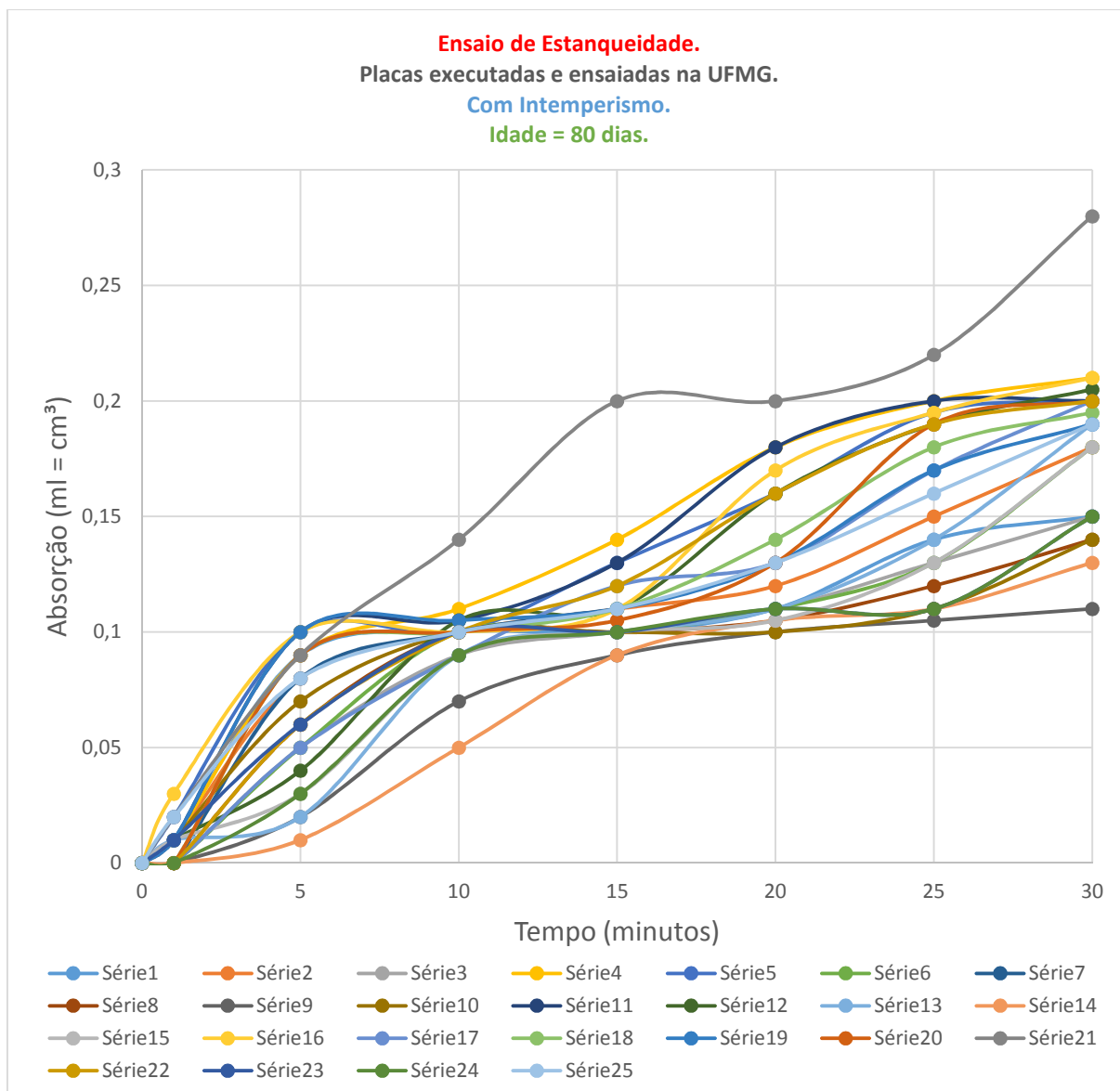


Fonte: Autor (2018).

A Figura 57 apresenta a absorção de água do 11° a 15° substrato. Todas os substratos foram submetidas a 20 dias consecutivos de envelhecimento acelerado promovido pela câmara de intemperismo.

Comparando a Figura 57 com as Figuras 55 e 56, conclui-se que existe similaridade na absorção de água aos 30 minutos do ensaio, mesmo após o envelhecimento sofrido pelas placas da Figura 57. Essa constatação mostra que o envelhecimento não alterou a permeabilidade dos substratos a ponto de aumentar a absorção de água ao final dos 30 minutos.

Figura 57 - Absorção de água do 11° ao 15° substrato com intemperismo.



Fonte: Autor (2018).

Em contrapartida, a absorção de água dos substratos envelhecidos feitos pela indústria (Figura 53) é bem menor que a absorção das placas envelhecidas pelo autor (Figura 56). Os substratos feitos pela indústria apresentaram absorção entre 0,01 e 0,10 cm³ (com 1 caso isolado de 0,13cm³) aos 30 minutos de ensaio, enquanto que as placas feitas pelo autor em 01/08/2018 absorveram 0,11 a 0,22 cm³ (com 1 caso isolado de 0,28cm³). Aliado a este fator, nota-se a diferença de resistência de aderência à tração encontrado entre as placas. Esse comportamento distinto entre os substratos, pode ser explicado pela diferença de idade entre as amostras e pela

presença de torrões pré-hidratados verificado no peneiramento e após o arrancamento nas amostras do dia 01/08/2018.

A absorção de água máxima aos 15 minutos é apresentado na Tabela 16.

Tabela 16 - Pico de absorção de água aos 15 minutos.

	5 primeiras placas. Sem intemperismo	6° a 10° placa. Sem intemperismo	11° a 15° placa. Com intemperismo
Absorção máxima aos 15 minutos de ensaio (cm ³)	0,18	0,19	0,14 (com uma ocorrência a 0,2 cm ³)

Fonte: Autor (2018).

Comparando os picos máximos de absorção da Tabela 16 com o pico de absorção de máxima encontrado no trabalho de Senna (2011) apresentado na Tabela 15, mostra que a ATD executado dia 01/08/2018 foi mais permeável que os painéis 16-2 (0,15 cm³), IND-1 (0,09 cm³) e IND-3 (0,10 cm³) e menos permeável em relação aos demais.

A eficiência será tratada analisando o resultado de absorção das 5 primeiras placas sem intemperismo relacionada com a absorção das placas envelhecidas (11° a 15°), conforme a Tabela 17. Analogamente, será analisado o resultado de absorção da 6° a 10° placa sem intemperismo com a absorção das placas envelhecidas (11° a 15°), conforme apresenta-se na Tabela 18.

Sobre o quadro resumo da Tabela 17 cabe observar que fica claro a ineficiência da ATD após o envelhecimento acelerado. Exceto no Δ (20-10) em que o número de quadros amarelos é maior que os quadros verdes, nos demais a absorção de água após o intemperismo foi maior que a absorção das placas sem intemperismo fazendo com que o número de quadros verdes tenham maior quantidade que os amarelos.

A Tabela 17 apresenta a eficiência das 5 primeiras placas sem intemperismo relacionado com a absorção das placas envelhecidas (11° a 15°).

Tabela 17 - Eficiência das 5 primeiras placas sem intemperismo relacionado com a absorção das placas envelhecidas (11° a 15°).

EFICIÊNCIA (Placas 1 a 5 e Intemperismo)			
Δ (15-5)	Δ (20-10)	Δ (25-15)	Δ (30-20)
66,67%	50,00%	42,86%	50,00%
25,00%	71,43%	33,33%	-140,00%
-233,33%	0,00%	60,00%	46,67%
-66,67%	-180,00%	0,00%	53,85%
40,00%	14,29%	-30,00%	-100,00%
37,50%	85,71%	-50,00%	-600,00%
0,00%			
-133,33%	-500,00%	-50,00%	60,00%
-50,00%	100,00%	0,00%	38,46%
62,50%	-400,00%	-600,00%	-33,33%
-250,00%	#DIV/0!	-700,00%	-125,00%
-300,00%	0,00%	-300,00%	-700,00%
-166,67%	-175,00%	50,00%	44,44%
-180,00%	25,00%	33,33%	-7,14%
33,33%	-300,00%	-366,67%	650,00%
83,33%	58,33%	-100,00%	#DIV/0!
-120,00%	-300,00%	-100,00%	-433,33%
33,33%	0,00%	#DIV/0!	-700,00%
12,50%	77,78%	88,89%	63,64%
-50,00%	#DIV/0!	-400,00%	-500,00%

Resumo das Eficiências			
Δ (15-5)	Δ (20-10)	Δ (25-15)	Δ (30-20)
9 quadros	7 quadros	6 quadros	8 quadros
10 quadros	6 quadros	10 quadros	10 quadros
1 quadro	3 quadros	2 quadros	1 quadro
0	2 quadros	1 quadro	1 quadro
0	1 quadro	0	1 quadros

Legenda:

	* Eficiência positiva - Absorção após intemperismo menor q antes do intemperismo.
	* Eficiência negativa - Absorção após intemperismo maior q antes do intemperismo.
0,00%	* Eficiência neutra - Absorção igual antes e após o intemperismo.
#DIV/0!	* Indica que a absorção antes do intemperismo foi igual a 0.
100%	* Indica que a absorção após o intemperismo foi igual a 0.
	* Sem leitura de absorção antes ou após o intemperismo.

Fonte: Autor (2018).

A Tabela 18 apresenta a eficiência da 6° a 10° placa sem intemperismo relacionado com a absorção das placas envelhecidas (11° a 15°).

Tabela 18- Eficiência da 6° a 10° placa sem intemperismo relacionado com a absorção das placas envelhecidas (11° a 15°).

EFICIÊNCIA (Placas 6 a 10 e Intemperismo)				Resumo das Eficiências			
Δ (15-5)	Δ (20-10)	Δ (25-15)	Δ (30-20)	Δ (15-5)	Δ (20-10)	Δ (25-15)	Δ (30-20)
33,33%	-100,00%	-700,00%	-166,67%	9 quadros	3 quadros	3 quadros	2 quadros
#DIV/0!	-300,00%	-300,00%	#DIV/0!	11 quadros	12 quadros	15 quadros	13 quadros
-400,00%	#DIV/0!	-500,00%	-300,00%	2 quadros	2 quadros	2 quadros	2 quadros
0,00%	-366,67%	-500,00%	-500,00%	1 quadro	4 quadros	1 quadro	4 quadros
14,29%	-1100,00%	-1200,00%	#DIV/0!	0	0	0	0
-150,00%	#DIV/0!	-50,00%	-250,00%				
50,00%							
20,00%	50,00%	#DIV/0!	#DIV/0!				
-250,00%	-200,00%	-50,00%	0,00%				
-200,00%	#DIV/0!	0,00%	-300,00%				
-50,00%	-650,00%	-250,00%	50,00%				
22,22%	-10,00%	-300,00%	-125,00%				
180,00%							
-300,00%	-1000,00%	-300,00%	#DIV/0!				
-250,00%	#DIV/0!	-500,00%	-650,00%				
87,50%	0,00%	-325,00%	-300,00%				
-75,00%	33,33%	0,00%	-133,33%				
-100,00%	-300,00%	-250,00%	-450,00%				
0,00%	-66,67%	-200,00%	-100,00%				
81,25%	-200,00%	-1600,00%	-600,00%				
-140,00%	-20,00%	26,32%	20,00%				
50,00%	87,50%	50,00%	-300,00%				
-50,00%	0,00%	28,57%	0,00%				

Legenda:

	* Eficiência positiva - Absorção após intemperismo menor q antes do intemperismo.
	* Eficiência negativa - Absorção após intemperismo maior q antes do intemperismo.
0,00%	* Eficiência neutra - Absorção igual antes e após o intemperismo.
#DIV/0!	* Indica que a absorção antes do intemperismo foi igual a 0.
100%	* Indica que a absorção após o intemperismo foi igual a 0.
	* Sem leitura de absorção antes ou após o intemperismo.

Fonte: Autor (2018).

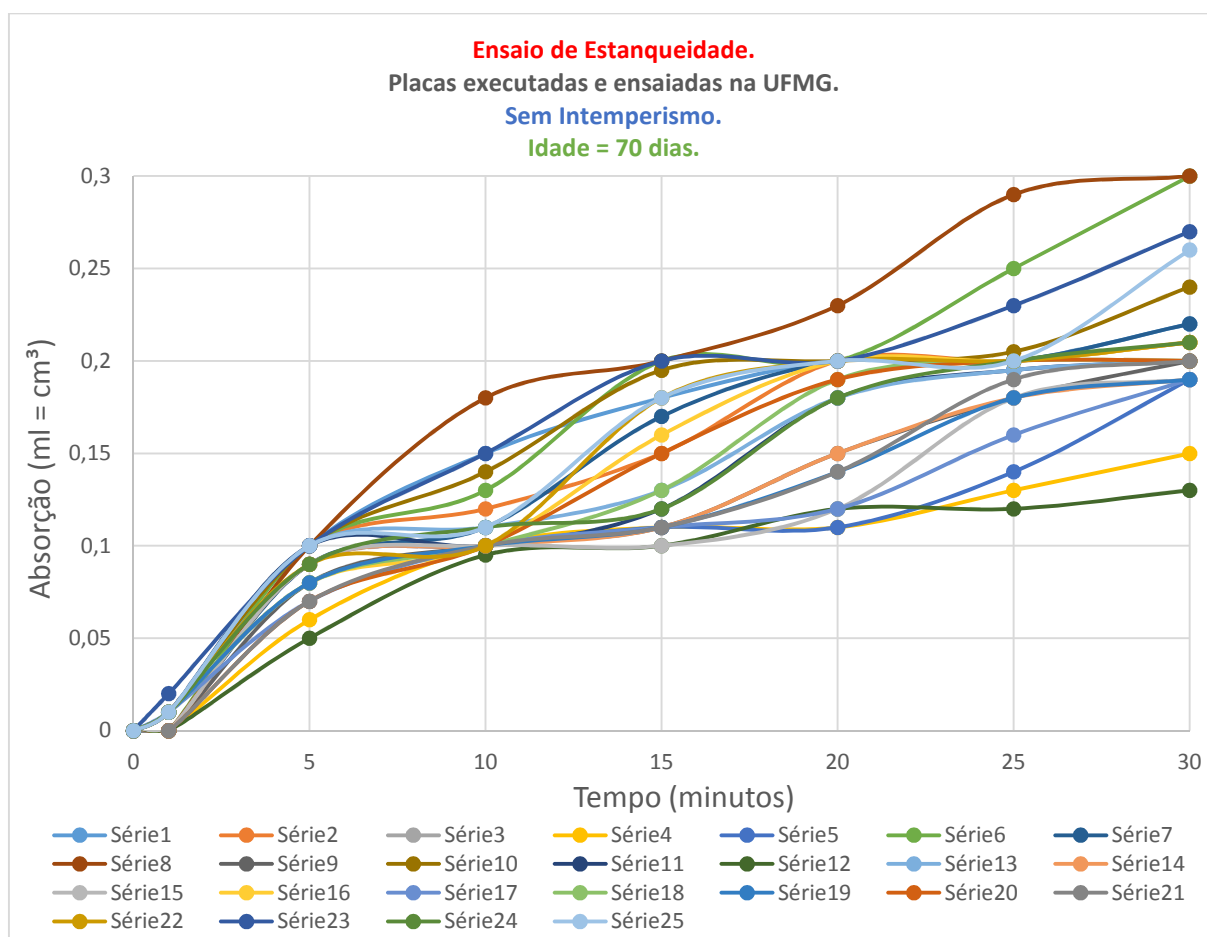
No quadro resumo constante da Tabela 18, fica evidente a piora acentuada da permeabilidade após o envelhecimento acelerado da ATD moldado em 01/08/2018. A absorção de água após o intemperismo aumenta ao longo dos tempos de ensaio.

Relacionando a Tabela 14 com as Tabelas 17 e 18, nota-se que as placas executadas pela fábrica são menos permeáveis que as placas executadas pelo autor em 01/08/2018. Como justificativa a essa ocorrência pode-se dizer que o intemperismo pode ter degradado mais as placas executadas em 01/08/2018 por serem mais porosa que as placas feitas pela fábrica. A variação de porosidade pode ser consequência da diferença de idade, aumento de vazios e da diminuição da quantidade de aglomerante provocada pela pré-hidratação do aglomerantes (grumos).

5.2.3 Substratos padrões executados em 26/09/2018 no laboratório da UFMG.

A Figura 58 apresenta o gráfico de absorção de água dos substratos executados em 26/09/2018 com 70 dias de idade.

Figura 58 - Substratos executados em 26/09/2018 no laboratório da UFMG sem intemperismo.

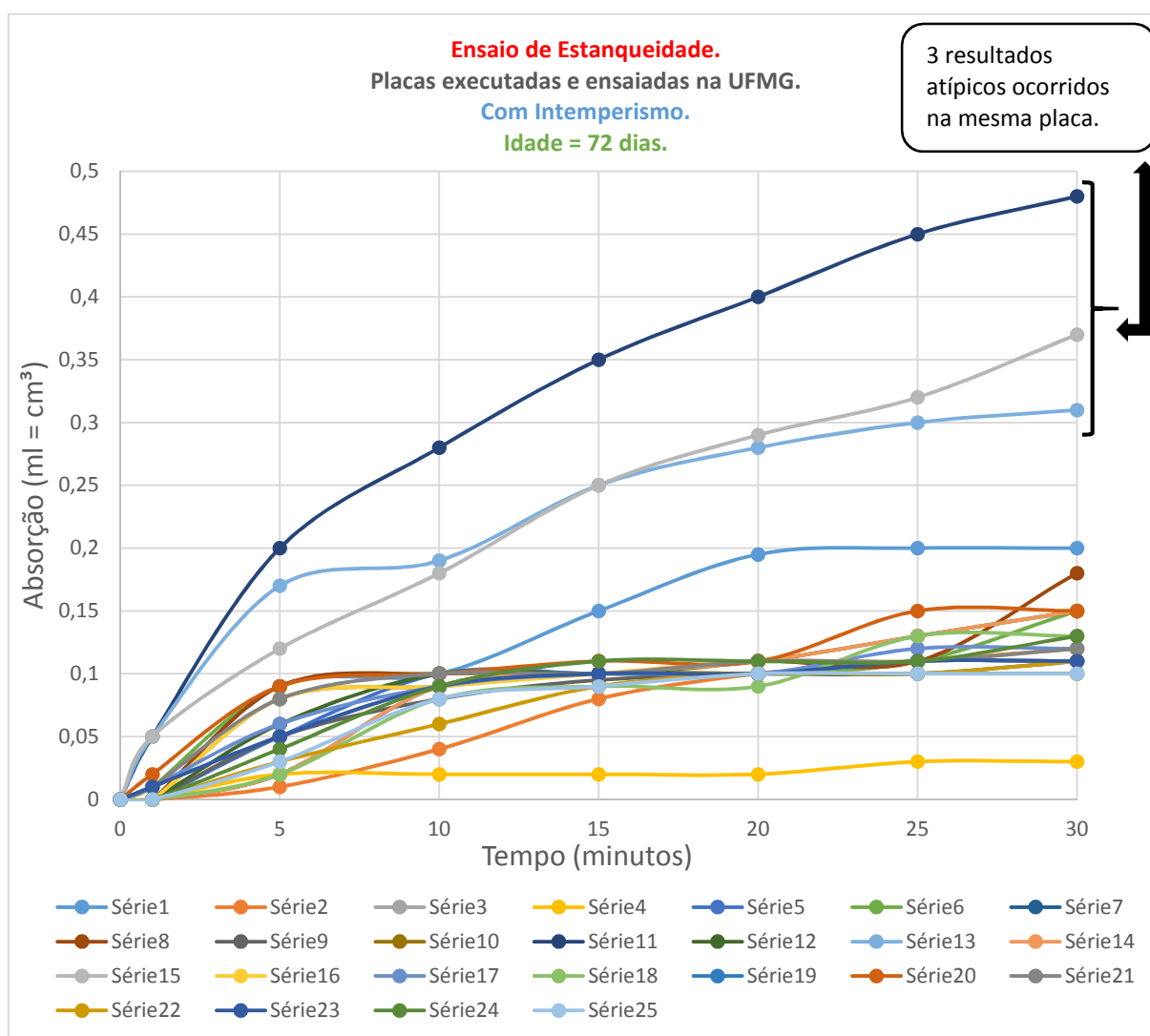


Fonte: Autor (2018).

Sobre o gráfico da Figura 58 pode-se observar grande dispersão de absorção ao longo da faixa de 0,13 e 0,30 cm³ no final dos 30 minutos de ensaio. Estas amostras obtiveram o maior pico máximo de absorção (0,30 cm³) de todas os substratos ensaiados sem intemperismo.

A Figura 59 apresenta o resultado da absorção de água dos substratos submetidos ao intemperismo.

Figura 59 - Substratos executados em 26/09/2018 no laboratório da UFMG com intemperismo.

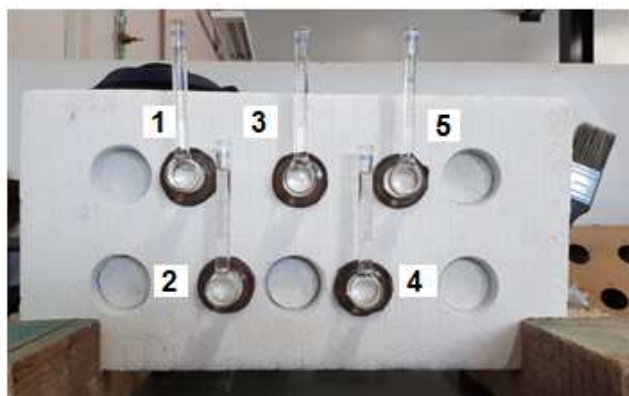


Fonte: Autor (2018).

Observa-se o maior pico máximo de absorção (0,47 cm³) de todas os substratos ensaiados independente do tratamento adotado. Analisando os 3 maior valores de absorção verificados nos substratos com intemperismo percebe-se que eles foram

obtidos na linha superior da mesma placa (posição 1, 3 e 5), conforme verificamos na Figura 60. Esses 3 conjuntos de resultados destoam dos demais devido aos valores elevados de absorção. Acredita-se que pode ter ocorrido algum problema de mistura ou aplicação da ATD no substrato padrão que justifique valores maiores que o dobro da absorção encontrada dos demais tubos graduados.

Figura 60 - Posicionamento dos tubos graduados e valores de absorção da placa 03 com intemperismo.



nº	Tempo							
	0	1	5	10	15	20	25	30
3.1	0	0,05	0,2	0,28	0,35	0,4	0,45	0,48
3.2	0	0	0,06	0,1	0,1	0,11	0,13	0,15
3.3	0	0,05	0,17	0,19	0,25	0,28	0,3	0,31
3.4	0	0	0,02	0,09	0,1	0,11	0,13	0,15
3.5	0	0,05	0,12	0,18	0,25	0,29	0,32	0,37

Fonte: Autor (2018).

Desconsiderando as 3 curvas destoantes, percebe-se que a absorção após o intemperismo é menor que a absorção dos substratos não envelhecidas.

Os resultados de absorção dos substratos após o intemperismo da ATD executado dia 26/09/2018 (Figura 59) é similar ao resultado de absorção dos substratos envelhecidos produzidos no dia 01/08/2018 (Figura 57) e maior que a absorção dos substratos envelhecidos e executados pela fábrica no dia 19/06/2017 (Figura 54).

Ainda desconsiderando as 3 placas após o intemperismo, identifica-se a absorção de máxima de 0,15 cm³ aos 15 minutos de ensaio e 0,2 cm³ de absorção máxima aos 15 minutos para as placas não envelhecidas. Comparando com os resultados de Senna (2011), Tabela 15, nota-se que a absorção das placas sem intemperismo é maior que absorção das argamassas 16-2, IND-1 e IND-3. Já para as placas envelhecidas a absorção é maior que os dados de Senna (2011) para as argamassas IND-1 e IND-3.

A Tabela 19 apresenta o resultado da eficiência das placas executadas em 26/09/2018.

Tabela 19 - Eficiência das placas executadas em 26/09/2018.

EFICIÊNCIA (Placas 1 a 5 e Intemperismo)				Resumo das Eficiências			
Δ (15-5)	Δ (20-10)	Δ (25-15)	Δ (30-20)	Δ (15-5)	Δ (20-10)	Δ (25-15)	Δ (30-20)
25,00%	-90,00%	-150,00%	75,00%	11 quadros	16 quadros	17 quadros	10 quadros
-40,00%	25,00%	40,00%	-100,00%	9 quadros	4 quadros	3 quadros	7 quadros
				2 quadros	0	0	4 quadros
100,00%	100,00%	50,00%	75,00%	0	0	1 quadro	0
-150,00%	100,00%	66,67%	87,50%	1 quadro	3 quadros	3 quadros	2 quadros
90,00%	100,00%	80,00%	50,00%				
0,00%	88,89%	100,00%	50,00%				
90,00%	80,00%	88,89%	0,00%				
-50,00%	60,00%	78,57%	80,00%				
78,95%	83,33%	100,00%	100,00%				
-650,00%	-50,00%	-33,33%	-300,00%				
20,00%	60,00%	-50,00%	-300,00%				
-166,67%	-28,57%	23,08%	-50,00%				
-300,00%	60,00%	57,14%	0,00%				
-1200,00%	-450,00%	12,50%	-14,29%				
75,00%	80,00%	75,00%	0,00%				
0,00%	50,00%	60,00%	71,43%				
-40,00%	88,89%	42,86%	-300,00%				
75,00%	88,89%	20,00%	-300,00%				
50,00%	75,00%	87,50%	83,33%				
33,33%	60,00%	50,00%	0,00%				
50,00%	80,00%	66,67%	85,71%				
-133,33%	71,43%	100,00%	33,33%				
25,00%	77,78%	50,00%	100,00%				

Legenda:

	* Eficiência positiva - Absorção após intemperismo menor q antes do intemperismo.
	* Eficiência negativa - Absorção após intemperismo maior q antes do intemperismo.
0,00%	* Eficiência neutra - Absorção igual antes e após o intemperismo.
#DIV/0!	* Indica que a absorção antes do intemperismo foi igual a 0.
100%	* Indica que a absorção após o intemperismo foi igual a 0.
	* Sem leitura de absorção antes ou após o intemperismo.

Fonte: Autor (2018).

De acordo com o resumo das eficiências apresentado na Tabela 19, verifica-se o ótimo desempenho em relação a permeabilidade da ATD envelhecido em relação aos substratos sem intemperismo, devido a grande maioria dos quadros amarelos. Nota-se similaridade com os resultados da eficiência dos substratos executados pela fábrica constantes na Tabela 14, permitindo afirmar, de maneira geral, que em condições normais de estocagem, estanqueidade da sacaria, validade, dosagem, mistura e preparo as ATDs seguem um padrão regular de absorção e permeabilidade uma vez que foram ensaiadas placas com 60, 70, 80, 471 e 490 dias de vida.

A Tabela 20 apresenta o quadro resumo com os resultados do ensaio de estanqueidade executados.

Tabela 20 - Quadro resumo com os resultados do ensaio de estanqueidade executados.

	Absorção de substratos sem intemperismo		Absorção de substratos com intemperismo	Eficiência
Substratos executados em 19/06/2017	0,05 a 0,2 cm ³ 471 dias		0,01 a 0,1 cm ³ 490 dias	Positiva
Substratos executados em 01/08/2018	0,1 a 0,2 cm ³ 60 dias	0,1 a 0,22 cm ³ 70 dias	0,11 a 0,22 cm ³ 80 dias	Negativa
Substratos executados em 26/09/2019	0,13 a 0,3 cm ³ 70 dias		0,02 a 0,20 cm ³ 72 dias	Positiva

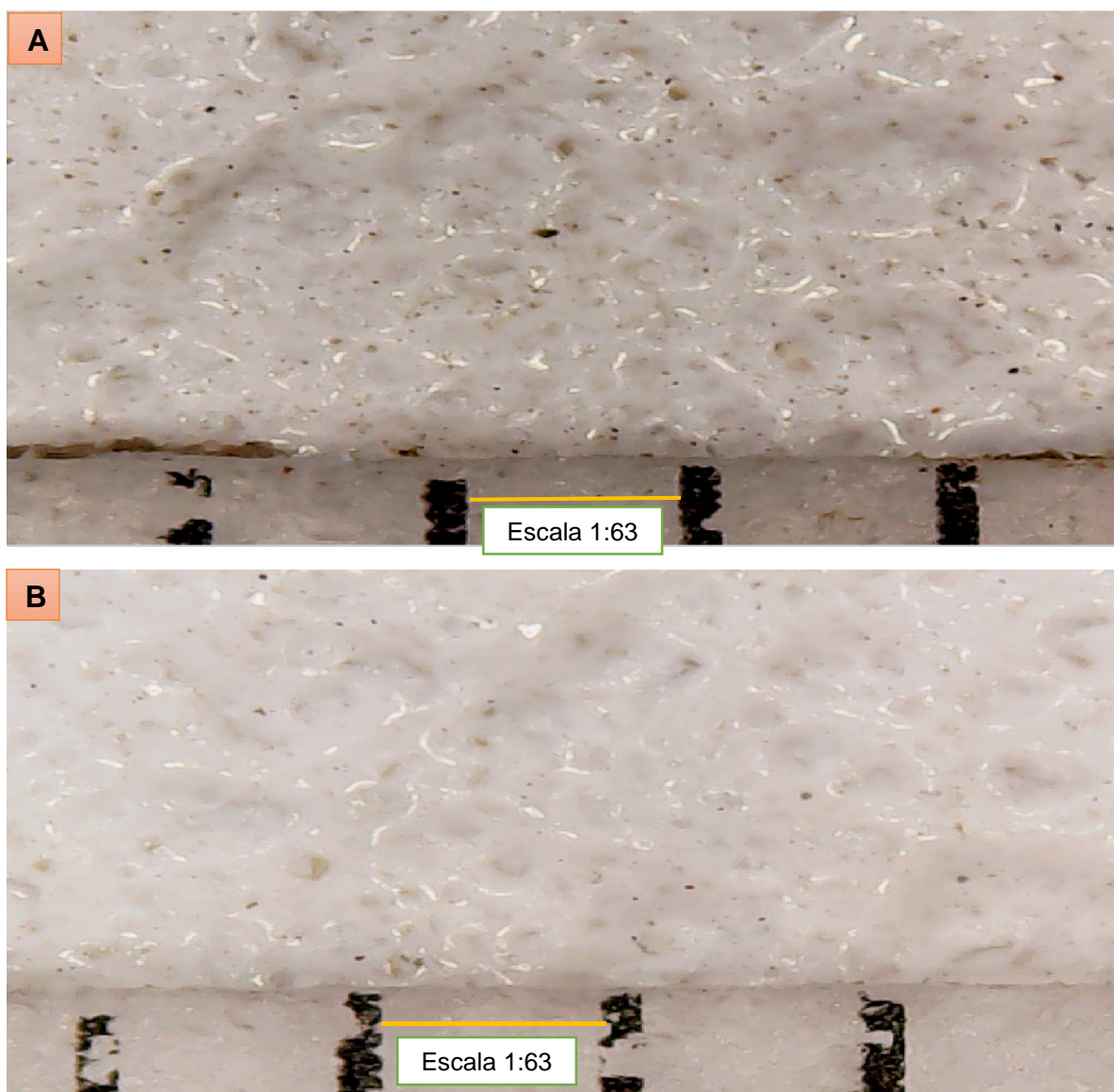
Fonte: Autor (2018).

5.3 Análise com a Lupa Estereoscópica.

Utilizou-se a lupa estereoscópica para verificar possíveis alterações superficiais nas ATDs de acordo com as idades de cada substrato e para verificar se existe alguma relação com a absorção de água apresentada no método do cachimbo.

A Figura 61 apresenta a ATD executada em 19/06/2017, sendo a figura A sem intemperismo e a B com intemperismo, ambas com escala de 1 milímetro para 6,32 centímetros. Esta escala indica que 1 mm foi ampliado para 63,2 mm, portanto representa aumento de 63,2 vezes em relação a medida real da ATD.

Figura 61 - ATD executada em 19/06/2017, sendo a figura A sem intemperismo e a B com intemperismo, ambas com escala de 1 milímetros para 6,32 centímetros.

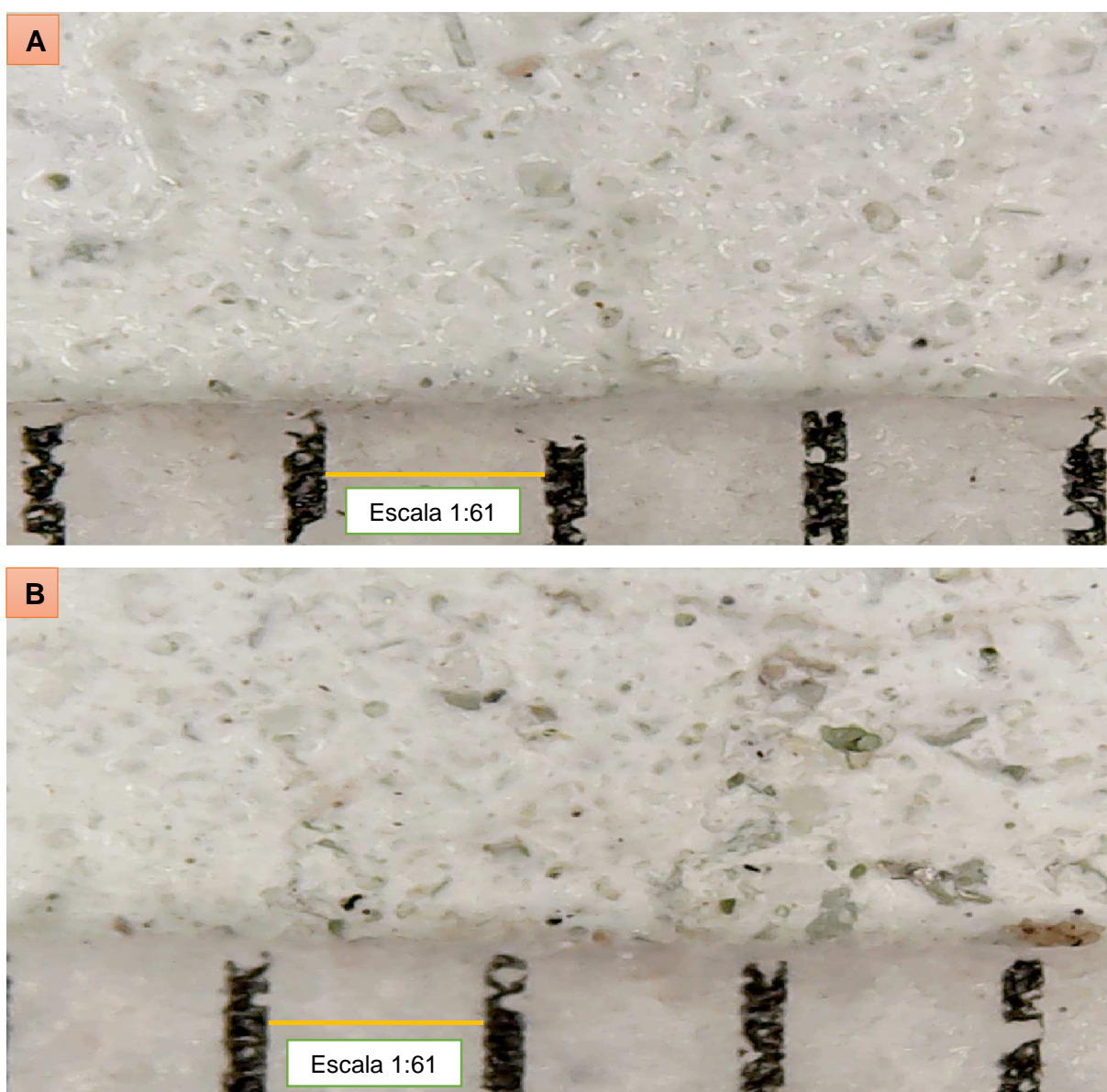


Fonte: Autor (2018).

Na figura 61, nota-se pequena diferença de reflexão da luz da lupa quando compara-se a ATD sem e com intemperismo.

A figura 62 apresenta a ATD executada em 01/08/2018, sendo a figura A sem intemperismo e a B com intemperismo, ambas com escala de 1 milímetro para 61,4 milímetros (aumento de 61,4 vezes em relação a medida real da ATD).

Figura 62 - ATD executada em 01/08/2018, sendo a figura A sem intemperismo e a B com intemperismo, ambas com escala de 1 milímetro para 61,4 centímetros.



Fonte: Autor (2018).

Verifica-se grande diferença de reflexão entre as ATDs. Sendo que a ATD sem intemperismo reflete mais a luz da lupa estereoscópica que a ATD submetida ao envelhecimento.

A figura 63 apresenta a ATD executada em 26/09/2018, sendo a figura A sem intemperismo e a B com intemperismo, ambas com escala de 1 milímetro para 60,1 milímetros (aumento de 60,1 vezes em relação a medida real da ATD).

Figura 63 - ATD executada em 26/09/2018, sendo a figura A sem intemperismo e a B com intemperismo, ambas com escala de 1 milímetro para 6,01 centímetros.



Fonte: Autor (2018).

Observa-se pequena diferença de reflexão da luz entre as placas executadas em 26/09/2018.

Entretanto, percebe-se variação de reflexão de luz quando compara-se as fotos das ATDs executados nas 3 datas distintas (figuras 61, 62 e 63), embora as ATDs tenham cores diferentes.

Os substratos executados em 19/06/2017 e em 26/09/2018 apresentaram reflexão e absorção de água similares antes e após o envelhecimento acelerado.

Já os substratos executados em 01/08/2018 apresentaram comportamento inverso aos demais substratos. Eles refletem menos luz e absorveram mais água nos substratos envelhecidos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como foco principal a verificação de desempenho da ATD (argamassa técnica decorativa) em relação a resistência de aderência à tração, estanqueidade pelo método do cachimbo e análise utilizando a lupa estereoscópica, antes e após a submissão de placas de substrato padrão ao envelhecimento acelerado efetuado pela câmara de intemperismo.

As análises de resultados obtidos neste trabalho foram discutidas no Capítulo 5, propiciando formular um conjunto de considerações finais estabelecendo-se tendências gerais e algumas distorções justificadas ao longo do contexto deste trabalho.

A resistência de aderência à tração dos substratos com e sem intemperismo mostraram-se adequadas em relação as normas Sinat (2016) e NBR 16648:2018.

Entretanto, verificou-se grandes dispersões de resultados em relação aos coeficientes de variação das amostras e aos tipos de ruptura encontrados, mesmo com o cuidado do autor em garantir a padronização dos processos.

Sobre a dispersão de resultados (CV) e o tipo de ruptura, concluiu-se que:

- Os resultados de resistência de aderência à tração demonstraram a proporcionalidade com a idade dos substratos;
- Ficou evidente a vulnerabilidade da ATD em relação à validade e estanqueidade da sacaria. A validade do produto depende da maneira com que os sacos são armazenados e transportados antes do uso. O transporte e armazenamento incorreto interferem diretamente na conservação das propriedades da ATD, prejudicando a resistência de aderência à tração do revestimento que é uma das principais propriedades das argamassas. O correto manuseio, estocagem e estanqueidade dos sacos permitem a utilização da ATD até a data de validade final;
- As variações dos valores de RA e a ruptura predominantemente adesiva podem ser justificados pela falha na aderência entre argamassa e substrato;
- As bolhas de ar encontradas no interior da ATD após aplicação no substrato padrão indicaram a necessidade do rigor no processo executivo de aplicação

da ATD. Segundo Carasek (2012), a aplicação mecanizada de argamassas diminui o coeficiente de variação, com isso, diminui-se a possibilidade de manifestações patológicas.

Os resultados de eficiência do ensaio de estanqueidade pelo método do cachimbo dos substratos sem a presença de grumos, indicaram menor absorção da água após o envelhecimento acelerado quando comparado com os substratos sem intemperismo. A absorção de água dos substratos envelhecidos com 490 dias de idade foi menor que a absorção dos substratos com 72 e 80 dias, indicando uma tendência de menor permeabilidade das ATDs ao longo do tempo.

Os substratos nos quais as ATDs apresentaram grumos e que foram envelhecidos apresentaram absorção de água maior que os substratos sem intemperismo, de acordo com os resultados de eficiência. Isso demonstra que a maneira com que os sacos são estocados durante a validade do produto, aliado ao intemperismo, interferiram na absorção de água e consequentemente, na permeabilidade da ATD aplicado.

Nota-se que os substratos que apresentaram maiores valores de RA e menores CVs também apresentaram menor absorção de água após o intemperismo, logo maior quantidade de pontos positivos de eficiência. Por outro lado, os substratos executados em 01/08/2018 apresentaram menores valores de RA e maiores CVs também apresentaram maior absorção de água após o intemperismo, logo menor quantidade de pontos positivos de eficiência. Portanto, percebe-se correlação entre os resultados obtidos entre a resistência de aderência à tração e os resultados de estanqueidade para os substratos estudados.

A absorção de água da ATD aos 15 minutos, para os substratos com e sem intemperismo, mostraram-se compatíveis quando comparado com os valores de absorção obtidos por Senna (2011), inclusive, apresentando menor permeabilidade que várias argamassas estudadas pela autora citada, embora tivessem sido utilizadas argamassas diferentes em ambas pesquisas.

Acredita-se que não só os aglomerantes, mas os demais aditivos como incorporadores de ar, espessantes, hidrofugantes, pigmentos e demais constituintes

da ATD pré hidratados podem ter interferido no desempenho dos substratos executadas em 01/08/2018, conforme verifica-se nas fotos da lupa estereoscópica.

Não foram detectadas variações de tonalidades visíveis a olho nu e fissuração superficial no substrato molhado a uma distância de 1 metro, tanto para os substratos sem quanto para as placas com intemperismo após a realização dos ensaios. Isso se deve possivelmente, ao pequeno tamanho da placa de substrato padrão (25 x 50 cm).

Percebe-se correlação dos resultados de reflexão da luz obtidos pela lupa estereoscópica e a absorção de água para os substratos executados em 19/06/2017 e em 26/09/2018 antes e após o envelhecimento acelerado.

Os substratos executados em 01/08/2018 apresentaram menor reflexão de luz e maior absorção de água para os substratos envelhecidos.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A seguir são apresentadas as principais sugestões para trabalhos futuros com o intuito de complementar a análise do desempenho das ATDs antes e após o intemperismo:

- Submeter a ATD a um tempo de intemperismo superior ao adotado neste trabalho, para verificar a resistência de aderência à tração e a estanqueidade;
- Verificar o desempenho da ATD utilizando a espessura mínima e máxima da NBR 16648:2018 antes e após o intemperismo, executando os ensaios de RA e de estanqueidades;
- Realizar pesquisa mais apurada relativa à vida útil do produto ensacado e estocado com foco na perda de desempenho dos aglomerantes e também dos demais aditivos como hidrofugantes, espessantes, incorporador de ar, pigmentos e etc;
- Desenvolver análise estatística para validar a interpretação dos resultados de absorção e permeabilidade obtidos pelo método do cachimbo.

8 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

_____. **NBR 15258**: Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 13528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificações. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 14081-2**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Execução do substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaios. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15900-1**: Água para amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 16648**: Argamassas inorgânicas decorativas para revestimento de edificações – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2018.

ALIEVI, C. V.; FOPPA, C. **Projeto de Revestimento de Fachada**. Revista Especialize On-line IPOG, 2016. Goiânia, GO. Edição nº 11, Vol. 01/2016, julho/2016. Disponível em: <<http://file:///d:/mestrado%20em%20constru%c3%87%c3%83o%20civil/monocapa/pesquisa%20bibliografica/artigos%20de%20consulta%20direta/melhores/projeto%20de%20revestimento%20de%20fachada.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

AZEVEDO, E. A. M. **Revestimento Decorativo Monocamada Pigmentado, com Resíduo de Vidro Temperado, Para Aplicação em Fachadas**. 2015. 146 p. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2015.

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa: primeiros passos da qualidade no canteiro de obras.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2001. 82 p.

BARRETO, M.F.O. BRANDÃO, P.R.G. **Avaliação da resistência de aderência à tração de argamassas de cimento Portland novas e envelhecidas.** In: 21 CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, 2014.

BITENCOURT DA SILVA, Simone Campo. **Estudo da degradação acelerada da argamassa em um sistema de revestimento cerâmico de fachadas.** Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Criciúma, SC, 2014. 129 p.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. **Gestão da cadeia de suprimentos e logística.** Tradução de Cláudia Mello Belhassof. 2^o. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 442 p.

CARASEK, H. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de materiais**, 1. Ed, 2007, 870p.

CARASEK, H. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** Argamassas. In: Isaia, G.C. (ed.). São Paulo: Ibracon, 2010. P. 892-944.

CARASEK, H. **Avaliação de resultados do ensaio de resistência de aderência de revestimentos de argamassa.** Revista Techne. São Paulo. Edição 185, junho/2012. Disponível em <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/185/avaliacao-de->

resultados-do-ensaio-de-resistencia-de-aderencia-de-286939-1.aspx› Acesso em 12 de dezembro de 2018 as 18:04hs.

Cornet I. Protection with mortar coatings. Mater Prot 1967; March: 56–8.

Costa, E. B. C. **Investigação do método de ensaio de determinação da resistência de aderência de revestimentos de argamassa.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás. Escola de Engenharia Civil, 2007. 205f.

CRESCENCIO, R. M. **Avaliação de desempenho do revestimento decorativo monocamada.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Usp. 189f. São Paulo, 2003.

CRESCENCIO, R. M.; BARROS, M. M. S. B. de. **Revestimento decorativo monocamada: produção e manifestações patológicas.** Boletim técnico da Escola Politécnica da Usp, Departamento de Engenharia da Construções Civil) -. São Paulo, 2005.

CRESCENCIO, R. M.; BARROS, M. M. S. B. de. **Tecnologia construtiva de revestimento decorativo monocamada.** Informações Tecnológicas. Área Construção Civil. SENAI-SP editora, 104p. São Paulo/SP. 2013.

CHRISTOPHER, M. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.** 4.ed. São Paulo: CENGAGE Learning, 2012. 332 p.

CSTB, Centre Scientifique et Technique du Batiment – CSTB D.T.U 26.1 – **Trauxd’enduits aux mortiers de liantehydrauliques** – Cahiers des charges, Paris, CSTB, sep. 1978, 28 p.

CSTC, Centre Scientifique et Technique de la Construcción – CSTC (2002). **Hidrofuges de surface**. Bruxelles, 51 p. (Note D'information Technique – NIT n. 224 – remplace la NIT n. 140).

DATEC, n.º 019A, **Argamassa Decorativa " Weber-parl Classic SE" para Revestimentos Monocamada**. Avaliação técnica coordenada pelo Instituto de Pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, São Paulo, 2015.

DIAS, L.A., CARASEK, H. **Avaliação da Permeabilidade e da Absorção de Água de Revestimentos de Argamassa pelo Método do Cachimbo**. Anais do V Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Argamassa (SBTA). São Paulo, 2003.

ESQUIVEL, J. F. T. **Avaliação da influência do choque térmico na aderência dos revestimentos de argamassa**. São Paulo, 2009. 262 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) – Setor de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. p. 22. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-03092009-162624/pt-br.php>>. Acesso em 06 de setembro de 2017.

FIGUERÊDO, P. **Construção civil representa 6,2% do PIB Brasil**. Disponível em: <<https://www.sistemafibra.org.br/fibra/sala-de-imprensa/noticias/1315-construcao-civil-representa-6-2-do-pib-brasil.html>>. Acesso em: 21. Set. 2017.

FILHO, J. I. P.; ROCHA, R. A. da; SILVA, L. M. da. **Planejamento e controle da produção na Construção Civil para gerenciamento de custos**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXIV., 2004, Florianópolis, SC. Anais da ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção... [S.l.]: ABEPRO, 2004. p. 643-650. v. 1.

FREITAS, J. G. DE; CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Utilização de termografia infravermelha para avaliação de fissuras em fachadas com revestimento de argamassa e pintura.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 57-73, jan./mar. 2014.

GONÇALVES, C. M. M.; MELHADO, S. B. **Método para gestão do custo da construção no processo de projeto de edifícios:** EPUSP, 2011. 27p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/573).

HUANG, N.M; CHANG, J.J.; LIANG, M.T. **Effect of plastering on the carbonation of a 35-year-old reinforced concrete building.** Elsevier - Construction and Building Materials, [S.l.], v. 29, p. 206-214, nov. 2011.

MAGALHÃES, T. C. M. de. **Influência da Pigmentação e/ou da Quantidade de Aditivo Hidro-repelente na Patologia de Desagregação da Argamassa de Rejuntamento.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Construção Civil. - Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, 2008.

MARTINHO, G. M. de S.; JESUS, Maria Elisângela da Costa de; NETO, Lúcio de Souza Campos. **LOGÍSTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: estudo de caso em uma construtora na região metropolitana de Belo Horizonte, MG.** Revista Petra. Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 64-75, jul. 2015.

MULLER, A. A. **Avaliação de propriedades e fatores que regem as variações de cor do Revestimento Decorativo Monocamada.** 2013. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

OLIVEIRA, N. M. **Otimização do processo de aplicação do chapisco colante desempenado**. 2007. 31f. Relatório Final (PIBIC) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

QUINTELA, M. B. O. A. **Durabilidade de revestimentos externos de parede em reboco monocamada**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Construção de Edifícios. Universidade do Porto, Portugal, 2006.

REZENDE, H. A.; JESUS, R. B. de; MOURA, R. C. de A. **A Logística no Contexto da Construção Civil**. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas. Sergipe, v. 1, n. 16, p. 135-146, mar. 2013.

RIBEIRO, F. A.; BARROS, M. M. S. B. de. **Juntas de Movimentação em Revestimentos Cerâmicos de Fachadas**. 1º. ed. São Paulo: Editora Pini, 2010. 146 p.

ROY S. K., NORTHWOOD D. O., POH K. B. **Effect of plastering on the carbonation of a 19- Year-old reinforced concrete building**. Construct Build Mater 1996;10 (4):267–72.

SENNA, F. A. B. de. **Influência do substrato em argamassa no desempenho do revestimento em pintura texturizada acrílica**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. 151 f. BHTE/MG – 2011.

SENTENA, J. A. A. **Discursão sobre métodos acelerados para a avaliação do envelhecimento de revestimentos de argamassas submetidos a ciclos térmicos:**

aplicação em argamassa com filer de concreto. Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. UNISINOS. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 152 f. São Leopoldo/Rio Grande do sul– 2015.

SINAT. Diretriz N°. 006 REV. 01: **Revestimento decorativo monocamada em argamassa inorgânica.** Diretriz para Avaliação Técnica de Produtos, Brasília, 2016.

SMITH, D. G. E.; EVANS, A. R. **Purple concrete in a Middle East town.** Concrete1986:36–9.

SOUZA, U. E. L. **Planejamento: Consumo de Argamassa.** Revista Equipe de Obra, PINI. São Paulo. Edição 18, julho/2008. Disponível em < <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/18/consumo-de-argamassa-97050-1.aspx>> Acesso em 21 de novembro de 2017.

TCPO. **Tabela de composição de Preços para Orçamento.** São Paulo: PINI, 13ª Edição, 2010.

TEIXEIRA, L. P. **Desempenho da construção brasileira.** Belo Horizonte: UFMG, 2010. 630p.

TEMP, A. L. **Avaliação de Revestimentos de Argamassa à Permeabilidade ao Vapor de Água.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014. 152 p.

VIEIRA, H. F. **Logística aplicada à Construção Civil: Como melhorar o fluxo de produção nas obras.** 1º.ed. São Paulo: Pini, 2006. 178 p.

VILHENA, A.; SILVA. C.; FONSECA. P.; COUTO, S. **Exterior walls covering system to improve thermal performance and increase service life of walls in rehabilitation interventions.** Elsevier - Construction and Building Materials, [S.l.], v. 142, p. 354-362, mar. 2017.


WEBER QUARTZOLIT. **Informe Sistema de Revestimento Monocamada: Antecipando o Futuro.** Disponível em http://www.weber.com.br/uploads/media/8154_img.pdf Acesso em 11 de outubro de 2016.


ANEXOS

Resultados do arrancamento de 5 placas feitas durante visita ao fabricante dia 19/06/2017, sem envelhecimento.

Nº da placa	Posição do corte	Tensão de Tração Real (Mpa)	Forma de ruptura (%)			
			Sub.	Sub/Arg.	Arg.	Arg./Cola
1	1.1*	1,11				
	1.2	1,33		70%	30%	
	1.3	1,45		75%	25%	
	1.4	1,23		40%	60%	
	1.5	1,44		80%	20%	
2	2.1	0,90		55%	45%	
	2.2	0,99		97%	3%	
	2.3	1,08		95%	5%	
	2.4	1,31		85%	15%	
	2.5	0,95		97%	3%	
3	3.1	1,26		30%	60%	
	3.2	1,24		20%	80%	
	3.3	1,31		60%	40%	
	3.4	1,27		20%	80%	
	3.5	1,25		35%	65%	
4	4.1	1,15		25%	75%	
	4.2	0,87		20%	80%	
	4.3	0,97		35%	65%	
	4.4	0,98		35%	65%	
	4.5	1,19		60%	40%	
5	5.1	1,33		35%	65%	
	5.2	1,39		35%	65%	
	5.3	1,05		25%	75%	
	5.4	1,31		40%	60%	
	5.5	1,27		80%	20%	
Média =		1,19 MPa				

Legenda:

 Resultados que atendem o Datec (2015) e a NBR 16648:2018.

 * O ensaio foi executado, mas não foi possível proceder o arrancamento total da pastilha uma vez que o parafuso estava soltando.

Resultados do arrancamento das 5 primeiras placas efetuadas no DEMC no dia 01/08/2018, sem envelhecimento.

Nº da placa	Posição do corte	Tensão Ra Real (Mpa)	Forma de ruptura (%)			
			Sub.	Sub/Arg.	Arg.	Arg./Cola
1	1.1*	Não arrancado			100%	
	1.2	0,70			25%	75%
	1.3	0,59		80%	20%	
	1.4	0,50		40%	60%	
	1.5	0,52			15%	85%
2	2.1	0,37			15%	85%
	2.2	0,39			30%	70%
	2.3	0,41			5%	95%
	2.4	0,35			85%	15%
	2.5	0,60			95%	5%
3	3.1	0,51			75%	25%
	3.2	0,78		70%	30%	
	3.3	0,56		35%	65%	
	3.4	0,83		75%	25%	
	3.5	0,59		95%	5%	
4	4.1	0,43		85%	15%	
	4.2	0,45			20%	80%
	4.3	0,43			100%	
	4.4	0,44			40%	60%
	4.5	0,43		95%	5%	
5	5.1	0,45		85%	15%	
	5.2	0,74		85%	15%	
	5.3	0,62		50%	50%	
	5.4	0,87		45%	55%	
	5.5	0,77		80%	20%	
		Média = 0,55 MPa				

Legenda:



Resultados que atendem o Datec (2015) e a NBR 16648:2018.



Resultados que atendem o Datec (2015), mas não atendem a NBR 16648:2018.



* A pastilha foi arrancada durante a colocação do parafuso. Ruptura na argamassa.

Resultados do arrancamento das 6ª a 10ª placa efetuada no DEMC no dia 01/08/2018, sem envelhecimento.

Nº da placa	Posição do corte	Tensão Ra Real (Mpa)	Forma de ruptura (%)			
			Sub.	Sub/Arg.	Arg.	Arg./Cola
1	1.1	0,53		80%	20%	
	1.2	0,58		70%	30%	
	1.3	0,56		65%	35%	
	1.4	0,50		80%	20%	
	1.5	0,72		65%	35%	
2	2.1	0,72		80%	20%	
	2.2	0,62		85%	15%	
	2.3	0,81		50%	50%	
	2.4	0,67		70%	30%	
	2.5	0,67		65%	35%	
3	3.1	0,54		65%	25%	
	3.2	0,38		95%	5%	
	3.3	0,36		65%	35%	
	3.4	0,55		80%	20%	
	3.5	0,63		90%	10%	
4	4.1	0,41			100%	
	4.2	0,54			100%	
	4.3	0,41			100%	
	4.4	0,55		70%	30%	
	4.5	0,32			100%	
5	5.1	0,74		70%	30%	
	5.2	0,86		80%	20%	
	5.3	0,76		75%	25%	
	5.4	0,60		80%	20%	
	5.5	0,84		95%	5%	
Média =		0,59 MPa				

Legenda:



Resultados que atendem o Datec (2015) e a NBR 16648:2018.



Resultados que atendem o Datec (2015), mas não atendem a NBR 16648:2018.

Resultados do arrancamento de 5 placas efetuadas no DEMC no dia 26/09/2018, sem envelhecimento.

Nº da placa	Posição do corte	Tensão Ra Real (Mpa)	Forma de ruptura (%)			
			Sub.	Sub/Arg.	Arg.	Arg./Cola
1	1.1	Arrancado pela serra copo				
	1.2	0,69		100%		
	1.3	0,77		100%		
	1.4	0,72		100%		
	1.5	0,66		100%		
2	2.1	0,75		100%		
	2.2	0,67		100%		
	2.3	0,69		100%		
	2.4	0,70		100%		
	2.5	0,73		100%		
3	3.1	0,60		100%		
	3.2	0,61		100%		
	3.3	0,63		90%	10%	
	3.4	0,65		75%	25%	
	3.5	0,59		65%	35%	
4	4.1	0,58		100%		
	4.2	0,67		100%		
	4.3	0,63		100%		
	4.4	0,58		100%		
	4.5	0,50		100%		
5	5.1	Arrancado pela serra copo				
	5.2	Arrancado pela serra copo				
	5.3	0,59		100%		
	5.4	0,66				100%
	5.5	Arrancado pela serra copo				
Média =		0,65 MPa				

Legenda:



Resultados que atendem o Datec (2015) e a NBR 16648:2018.



Resultados que atendem o Datec (2015), mas não atendem a NBR 16648:2018.

Resultado do ensaio de arrancamento das 5 placas efetuadas no laboratório da indústria em 19/06/2017, após intemperismo acelerado.

Nº da placa	Posição do corte	Tensão Ra Real (Mpa)	Forma de ruptura (%)			
			Sub.	Sub/Arg.	Arg.	Arg./Cola
1	1.1	0,70		75%	25%	
	1.2	0,36		80%	20%	
	1.3	0,58		25%	75%	
	1.4	0,78		30%	70%	
	1.5	0,74		40%	60%	
2	2.1	0,81		10%	90%	
	2.2	0,60		80%	20%	
	2.3	0,60		30%	70%	
	2.4	0,51		40%	60%	
	2.5	0,66		50%	50%	
3	3.1	0,69		20%	80%	
	3.2	0,86		35%	65%	
	3.3	0,77		50%	50%	
	3.4	0,74		70%	30%	
	3.5	0,59		85%	15%	
4	4.1	0,65		85%	15%	
	4.2	0,71		60%	40%	
	4.3	0,78		65%	35%	
	4.4	0,86			100%	
	4.5	0,58		55%	45%	
5	5.1	0,66		10%	90%	
	5.2	0,68		50%	50%	
	5.3	0,27		99%	1%	
	5.4	0,56		85%	15%	
	5.5	0,57		95%	5%	
Média =		0,65 MPa				

Legenda:



Resultados que atendem o Datec (2015) e a NBR 16648:2018.



Resultados que atendem o Datec (2015), mas não atendem a NBR 16648:2018.

Resultados do arrancamento das placas efetuadas no DEMC no dia 01/08/2018, após intemperismo acelerado.

Nº da placa	Posição do corte	Tensão Ra Real (Mpa)	Forma de ruptura (%)			
			Sub.	Sub/Arg.	Arg.	Arg./Cola
1	1.1	0,51		10%	90%	
	1.2	0,50		40%	60%	
	1.3	0,49			100%	
	1.4	0,48			100%	
	1.5	0,52			100%	
2	2.1	0,50			100%	
	2.2	0,62			100%	
	2.3	0,64			100%	
	2.4	0,53			100%	
	2.5	0,52			100%	
3	3.1	0,68		70%	30%	
	3.2	0,63		80%	20%	
	3.3	0,70		10%	90%	
	3.4	0,68		5%	95%	
	3.5	0,70		40%	60%	
4	4.1	0,56		25%	75%	
	4.2	0,68		1%	99%	
	4.3	0,55		1%	99%	
	4.4	0,59			100%	
	4.5	0,64			100%	
5	5.1	0,44		20%	80%	
	5.2	0,50		60%	40%	
	5.3	0,57		60%	40%	
	5.4	0,46			100%	
	5.5	0,44			100%	
Média =		0,57 MPa				

Legenda:



Resultados que atendem o Datec (2015) e a NBR 16648:2018.



Resultados que atendem o Datec (2015), mas não atendem a NBR 16648:2018.

Resultados do arrancamento das placas efetuadas no DEMC no dia 26/09/2018, após intemperismo acelerado.

Nº da placa	Posição do corte	Tensão Ra Real (Mpa)	Forma de ruptura (%)			
			Sub.	Sub/Arg.	Arg.	Arg./Cola
1	1.1	0,52		100%		
	1.2	0,50		100%		
	1.3	0,59		100%		
	1.4	0,50		100%		
	1.5	0,57		100%		
2	2.1	0,61		100%		
	2.2	0,50		100%		
	2.3	0,53			100%	
	2.4	0,48		100%		
	2.5	0,49		100%		
3	3.1	0,65			100%	
	3.2	0,50		100%		
	3.3	0,51			100%	
	3.4	0,49			100%	
	3.5	0,50		100%		
4	4.1	0,51		100%		
	4.2	0,62		100%		
	4.3	0,57		100%		
	4.4	0,55		100%		
	4.5	0,50		100%		
5	5.1	0,51		100%		
	5.2	0,50		100%		
	5.3	0,58		100%		
	5.4	0,52		100%		
	5.5	0,51		100%		
Média =		0,53 MPa				

Legenda:



Resultados que atendem o Datec (2015) e a NBR 16648:2018.



Resultados que atendem o Datec (2015), mas não atendem a NBR 16648:2018.

Resultados do ensaio de estanqueidade pelo método do cachimbo nas 5 placas feitas durante visita ao fabricante, dia 19/06/2017, sem envelhecimento.

Placa nº	Posição do tubo	Absorção de acordo com cada tempo (minutos)						
		1	5	10	15	20	25	30
1	1	0	0,05	0,1	0,12	0,13	0,15	0,18
	2	0	0,07	0,11	0,11	0,13	0,15	0,19
	3	0	0,08	0,11	0,11	0,12	0,14	0,17
	4	0	0,08	0,1	0,11	0,13	0,14	0,18
	5	0	0,09	0,1	0,11	0,12	0,15	0,15
2	1	0,05	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	2	0,06	0,1	0,1	0,1	0,11	0,11	0,12
	3	0,05	0,08	0,09	0,095	0,1	0,1	0,1
	4	0,02	0,04	0,05	0,08	0,09	0,09	0,09
	5	0,08	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14
3	1	0,02	0,04	0,09	0,09	0,095	0,10	0,1
	2	0,02	0,04	0,08	0,095	0,098	0,10	0,1
	3	0,01	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09	0,095
	4	0,02	0,07	0,095	0,1	0,1	0,10	0,11
	5	0	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06
4	1	0,03	0,09	0,1	0,1	0,11	0,11	0,115
	2	0,04	0,09	0,095	0,1	0,1	0,10	0,105
	3	0,06	0,08	0,09	0,095	0,1	0,10	0,1
	4	0,01	0,02	0,09	0,1	0,11	0,18	0,2
	5	0,04	0,08					
5	1	0,01	0,1					
	2	0,05	0,095	0,1	0,17			
	3	0,03	0,05	0,09	0,1	0,1	0,10	0,1
	4	0,05	0,095	0,1	0,11	0,11	0,11	0,11
	5	0,05	0,085	0,095	0,1	0,1	0,10	0,1

Legenda:



* Vazamento verificado do início da hachura em diante.

Resultados do ensaio de estanqueidade pelo método do cachimbo das 5 primeiras placas efetuadas no DEMC no dia 01/08/2018, sem envelhecimento.

Placa nº	Posição do tubo	Absorção de acordo com cada tempo (minutos)						
		1	5	10	15	20	25	30
1	1	0,02	0,08	0,1	0,11	0,12	0,18	0,2
	2	0,04	0,1	0,11	0,14	0,18	0,20	0,205
	3	0,03	0,09	0,1	0,105	0,12	0,18	0,195
	4	0,05	0,09	0,105	0,12	0,13	0,18	0,195
	5	0,06	0,1	0,11	0,15	0,18	0,20	0,2
2	1	0,02	0,1	0,12	0,18	0,19	0,20	0,2
	2	0,01	0,1	0,12	0,13	0,15	0,18	0,19
	3							
	4	0,01	0,07	0,1	0,1	0,105	0,11	0,13
	5	0,03	0,09	0,105	0,11	0,115	0,12	0,18
3	1	0	0,02	0,09	0,1	0,105	0,11	0,12
	2	0,01	0,08	0,1	0,1	0,1	0,11	0,12
	3	0,02	0,09	0,1	0,11	0,12	0,12	0,13
	4	0,02	0,08	0,105	0,11	0,125	0,15	0,17
	5	0,02	0,09	0,1	0,115	0,12	0,16	0,19
4	1	0,1						
	2							
	3	0,03	0,08	0,1	0,11	0,11	0,125	0,1
	4	0,1	0,11	0,14	0,17	0,20	0,2	0,2
	5							
5	1	0,01	0,05	0,09	0,1	0,105	0,11	0,12
	2							
	3	0,01	0,04	0,09	0,1	0,1	0,10	0,105
	4	0,01	0,08	0,11	0,16	0,2	0,25	0,31
	5	0,01	0,08	0,1	0,1	0,1	0,11	0,11

Legenda:



* Vazamento verificado do início da hachura em diante.

Resultado do ensaio de estanqueidade da 6ª a 10ª placa efetuada no DEMC no dia 01/08/2018, sem envelhecimento.

Placa nº	Posição do tubo	Absorção de acordo com cada tempo (minutos)						
		1	5	10	15	20	25	30
1	1	0,02	0,09	0,1	0,105	0,105	0,11	0,12
	2	0,01	0,1	0,1	0,1	0,105	0,11	0,105
	3	0,025	0,09	0,1	0,1	0,1	0,105	0,11
	4	0	0,04	0,08	0,09	0,095	0,1	0,1
	5	0,015	0,06	0,095	0,095	0,1	0,1	0,1
2	1	0,01	0,08	0,1	0,1	0,1	0,12	0,12
	2	0,005	0,03	0,08	0,09	0,1	0,10	0,1
	3	0,005	0,05	0,09	0,1	0,1	0,10	0,1
	4	0,02	0,08	0,09	0,1	0,1	0,11	0,11
	5	0,04	0,09	0,1	0,1	0,1	0,11	0,11
3	1	0	0,08	0,1	0,1	0,11	0,12	0,15
	2	0,05	0,1	0,15	0,19	0,2	0,21	0,22
	3	0,1	0,1					
	4	0,01	0,08	0,1	0,1	0,105	0,105	0,105
	5	0,06	0,08	0,1	0,1	0,1	0,105	0,11
4	1	0,08	0,1	0,12	0,18	0,19	0,20	0,2
	2	0,1	0,1	0,11	0,14	0,17	0,19	0,2
	3	0,02	0,09	0,1	0,1	0,11	0,12	0,12
	4	0,08	0,1	0,105	0,11	0,12	0,13	0,15
	5*	0,01	0,02	0,09	0,1	0,1	0,105	0,11
5	1							
	2	0	0,08	0,1	0,105	0,15	0,20	0,2
	3	0,06	0,1	0,12	0,18	0,2	0,20	0,21
	4	0,02	0,1	0,15				
	5	0,03	0,1	0,11	0,12	0,14	0,19	0,2

Legenda:



* Vazamento verificado do início da hachura em diante.

Resultado do ensaio de estanqueidade de 5 placas efetuadas no DEMC no dia 26/09/2018, sem envelhecimento.

Placa nº	Posição do tubo	Absorção de acordo com cada tempo (minutos)						
		1	5	10	15	20	25	30
1	1	0,01	0,1	0,15	0,18	0,2	0,2	0,22
	2	0,01	0,1	0,12	0,15	0,2	0,2	0,21
	3							
	4	0	0,06	0,1	0,11	0,11	0,13	0,15
	5	0	0,09	0,1	0,11	0,11	0,14	0,19
2	1	0	0,1	0,13	0,2	0,2	0,25	0,3
	2	0	0,09	0,11	0,17	0,2	0,2	0,22
	3	0	0,1	0,18	0,2	0,23	0,29	0,3
	4	0	0,08	0,1	0,11	0,15	0,18	0,2
	5	0,01	0,1	0,14	0,195	0,2	0,205	0,24
3	1	0,01	0,1	0,1	0,12	0,18	0,195	0,2
	2	0	0,05	0,095	0,1	0,12	0,12	0,13
	3	0,01	0,1	0,11	0,13	0,18	0,195	0,2
	4	0	0,09	0,1	0,11	0,15	0,18	0,19
	5	0	0,09	0,1	0,1	0,12	0,18	0,19
4	1	0,01	0,08	0,1	0,16	0,2	0,20	0,21
	2	0,01	0,07	0,1	0,11	0,12	0,16	0,19
	3	0,01	0,08	0,1	0,13	0,19	0,20	0,2
	4	0,01	0,08	0,1	0,11	0,14	0,18	0,19
	5	0	0,07	0,1	0,15	0,19	0,20	0,2
5	1	0	0,07	0,1	0,11	0,14	0,19	0,2
	2	0,01	0,09	0,1	0,18	0,2	0,2	0,21
	3	0,02	0,1	0,15	0,2	0,2	0,23	0,27
	4	0,01	0,09	0,11	0,12	0,18	0,2	0,21
	5	0,01	0,1	0,11	0,18	0,2	0,2	0,26

Legenda:



* Vazamento verificado do início da hachura em diante.

Resultados do ensaio de estanqueidade pelo método do cachimbo nas 5 placas feitas durante visita ao fabricante, dia 19/06/2017, após intemperismo acelerado.

Placa nº	Posição do tubo	Absorção de acordo com cada tempo (minutos)						
		1	5	10	15	20	25	30
1	1	0	0,01	0,02	0,04	0,04	0,05	0,06
	2	0	0	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04
	3	0	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04
	4	0	0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
	5	0	0,02	0,04	0,05	0,05	0,06	0,08
2	1	0	0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
	2	0,01	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07
	3	0,01	0,05	0,07	0,07	0,095	0,10	0,1
	4	0,01	0,05	0,08	0,095	0,1	0,11	0,13
	5	0	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07
3	1	0	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06
	2	0,01	0,03	0,04	0,04	0,06	0,07	0,08
	3	0	0,01	0,05	0,07	0,09	0,095	0,1
	4	0	0,02	0,05	0,06	0,06	0,06	0,08
	5	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06
4	1	0,01	0,06	0,09	0,095	0,1	0,10	0,1
	2	0,01	0,03	0,08	0,09	0,09	0,09	0,095
	3	0,01	0,07	0,095	0,095	0,1	0,10	0,1
	4	0	0,03	0,05	0,08	0,095	0,10	0,1
	5	0,01	0,07	0,09	0,095	0,1	0,100	0,1
5	1	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	2	0						
	3	0,01	0,04	0,06	0,08	0,09	0,10	0,1
	4	0	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,04
	5	0	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,05

Legenda:



* Vazamento verificado do início da hachura em diante.

Resultados do ensaio de estanqueidade pelo método do cachimbo de 5 placas efetuadas no DEMC no dia 01/08/2018, após intemperismo acelerado.

Placa nº	Posição do tubo	Absorção de acordo com cada tempo (minutos)						
		1	5	10	15	20	25	30
1	1	0,01	0,09	0,1	0,1	0,11	0,14	0,15
	2	0,01	0,08	0,1	0,11	0,12	0,15	0,18
	3	0	0,05	0,09	0,1	0,11	0,13	0,15
	4	0,01	0,09	0,11	0,14	0,18	0,2	0,21
	5	0,02	0,1	0,1	0,13	0,16	0,195	0,2
2	1	0	0,05	0,1	0,1	0,11	0,13	0,18
	2	0	0,08	0,1	0,11			
	3	0	0,06	0,1	0,1	0,105	0,12	0,14
	4	0	0,02	0,07	0,09	0,1	0,105	0,11
	5	0,01	0,07	0,1	0,1	0,1	0,11	0,14
3	1	0,01	0,1	0,105	0,13	0,18	0,2	0,2
	2	0,01	0,04	0,105	0,11	0,16	0,19	0,205
	3	0,01	0,02	0,09	0,1	0,11	0,14	0,19
	4	0	0,01	0,05	0,09	0,105	0,11	0,13
	5	0,01	0,03	0,09	0,1	0,105	0,13	0,18
4	1	0,03	0,1	0,1	0,11	0,17	0,195	0,21
	2	0	0,05	0,09	0,12	0,13	0,17	0,2
	3	0	0,09	0,1	0,11	0,14	0,18	0,195
	4	0,01	0,1	0,105	0,11	0,13	0,17	0,19
	5	0	0,09	0,1	0,105	0,13	0,19	0,2
5	1	0,02	0,09	0,14	0,2	0,2	0,22	0,28
	2	0	0,06	0,1	0,12	0,16	0,19	0,2
	3	0,01	0,06	0,1	0,1	0,11	0,11	0,15
	4	0	0,03	0,09	0,1	0,11	0,11	0,15
	5	0,02	0,08	0,1	0,11	0,13	0,16	0,19

Legenda:



* Vazamento verificado do início da hachura em diante.

Resultados do ensaio de estanqueidade pelo método do cachimbo de 5 placas efetuadas no DEMC no dia 26/09/2018, após intemperismo acelerado.

Placa nº	Posição do tubo	Absorção de acordo com cada tempo (minutos)						
		1	5	10	15	20	25	30
1	1	0	0,09	0,1	0,15	0,195	0,2	0,2
	2	0	0,01	0,04	0,08	0,1	0,11	0,12
	3	0,01	0,05	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1
	4	0	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
	5	0	0,05	0,1	0,1	0,1	0,11	0,11
2	1	0,01	0,09	0,1	0,1	0,1	0,11	0,15
	2	0	0,02	0,09	0,1	0,1	0,1	0,11
	3	0	0,09	0,1	0,1	0,11	0,11	0,18
	4	0	0,05	0,08	0,095	0,1	0,11	0,11
	5	0	0,08	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1
3	1	0,05	0,2	0,28	0,35	0,4	0,45	0,48
	2	0	0,06	0,1	0,1	0,11	0,13	0,15
	3	0,05	0,17	0,19	0,25	0,28	0,3	0,31
	4	0	0,02	0,09	0,1	0,11	0,13	0,15
	5	0,05	0,12	0,18	0,25	0,29	0,32	0,37
4	1	0	0,08	0,09	0,1	0,11	0,11	0,12
	2	0,01	0,06	0,09	0,1	0,1	0,12	0,12
	3	0	0,02	0,08	0,09	0,09	0,13	0,13
	4							
	5	0,02	0,09	0,1	0,11	0,11	0,15	0,15
5	1	0,01	0,08	0,1	0,1	0,11	0,11	0,12
	2	0	0,03	0,06	0,09	0,1	0,1	0,11
	3	0,01	0,05	0,09	0,1	0,1	0,11	0,11
	4	0	0,04	0,09	0,11	0,11	0,11	0,13
	5	0	0,03	0,08	0,09	0,1	0,1	0,1

Legenda:



* Vazamento verificado do início da hachura em diante.