

INSTITUTO FEDERAL

Goiano

Campus Rio Verde

CURSO BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL

**UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE LAVAGEM DE BETONEIRA
COMO PREPARO DE BASE EM REVESTIMENTOS DE
ARGAMASSA**

LETÍCIA VIEIRA ANDRADE

Rio Verde, GO

2021

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
CURSO BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL**

**UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE LAVAGEM DE BETONEIRA
COMO PREPARO DE BASE EM REVESTIMENTOS DE
ARGAMASSA**

LETÍCIA VIEIRA ANDRADE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal Goiano –
Campus Rio Verde, como requisito parcial
para a obtenção do grau de bacharel em
Engenharia Civil.

Orientadora: Aline Crispim Canedo Girardi
Co-Orientador: Alisson Vieira de Moraes

Rio Verde - GO

Janeiro, 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

A553u Andrade, Letícia Vieira
Utilização de água de lavagem de betoneira como
preparo de base em revestimentos de argamassa. /
Letícia Vieira Andrade; orientadora Aline Crispim
Canedo Girardi; co-orientador Alisson Vieira de
Moraes. -- Rio Verde, 2021.
52 p.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. Aderência. 2. Chapisco. 3. Sustentabilidade.
I. Girardi, Aline Crispim Canedo, orient. II.
Moraes, Alisson Vieira de, co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÃO TÉCNICA NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano Sistema Integrado de Bibliotecas

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada eletronicamente abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Letícia Vieira Andrade

Matrícula: 2016102200840520

Título do Trabalho: Utilização de água de lavagem de betoneira como preparo de base em revestimentos de argamassa

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim

Justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 14/01/2021

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro e/ou artigo? Sim Não

Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a docente e/ou autor/a declara que:

1 - o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

2 - obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

3 - cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 14/01/2021

(Assinado Eletronicamente)
Letícia Vieira Andrade
Autor e Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

(Assinado Eletronicamente)
Aline Crispim Canedo Girardi
Orientadora

Documento assinado eletronicamente por:

- **Aline Crispim Canedo Girardi, ENGENHEIRO-AREA**, em 14/01/2021 14:52:07.
- **Letícia Vieira Andrade, 2016102200840520 - Discente**, em 14/01/2021 14:51:00.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 14/01/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 230022
Código de Autenticação: 83f977b799



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Reitoria

Rua 88, 310, Setor Sul, GOIANIA / GO, CEP 74.085-010

None



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 1/2021 - CGIO-REI/PRODI-REI/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 12 dias do mês de janeiro de 2020, às 19 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Aline Crispim Canedo Girardi (orientador), Alisson Vieira de Moraes (co-orientador), Bruna Oliveira Campos (membro) e Dalila Silva Rabelo (membro), para examinar o Trabalho de Curso anteriormente intitulado "Análise de métodos de Preparo de Base para Revestimentos de Argamassa" que após arguição passa a ser intitulado "Utilização de água de lavagem de Betoneira como Preparo de Base em Revestimentos de Argamassa" da estudante Letícia Vieira Andrade, Matrícula nº 2016102200840520 do Curso de bacharelado em Engenharia Civil do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Aline Crispim Canedo Girardi

Orientadora

(Assinado Eletronicamente)

Bruna Oliveira Campos

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Dalila Silva Rabelo

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Dalila Silva Rabelo, ENGENHEIRO-AREA**, em 14/01/2021 12:34:42.
- **Bruna Oliveira Campos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 13/01/2021 18:06:44.
- **Aline Crispim Canedo Girardi, ENGENHEIRO-AREA**, em 13/01/2021 17:17:58.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/01/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 229391

Código de Autenticação: df3caedf5b



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Reitoria

Rua 88, 310, Setor Sul, GOIANIA / GO, CEP 74.085-010

None

DEDICATÓRIA

A todos que, mesmo por um momento, cogitaram desistir, mas que encontraram forças dentro de si mesmos para continuar, e hoje carregam no peito o orgulho de mais uma vitória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais Maria Aparecida e Adersione, e ao meu irmão Rafael por estarem sempre ao meu lado, pois sem seu estímulo e encorajamento, este caminho teria sido muito mais árduo. E sem tê-los aqui comigo, essa conquista não teria sentido.

Aos meus amigos Caroline, Danielle, Guilberth e Selmi por compartilharem comigo sua vivência e sabedoria. É na amizade que encontramos apoio e as grandezas do mundo não superam a presença de um bom amigo.

À minha orientadora Ma. Aline Crispim, não apenas por ter aceitado participar desta etapa comigo, mas também por, nos anos de convivência, ter se tornando um exemplo de coragem e obstinação. Sou grata por ter confiado e acreditado em mim, e por ser uma grande inspiração.

Aos colegas Jonathan e Alisson, cuja ajuda e empenho foram fundamentais para a conclusão deste projeto. À Construtora São Miguel LTDA pela doação de materiais necessários à pesquisa. Ao professor Alex Mizael e à UniRV pela disponibilização de equipamentos fundamentais para o estudo. E ao IF Goiano – Campus Rio Verde por proporcionar conhecimento para tornar possível este encerramento.

Por fim, a todos aqueles que cruzaram o meu caminho e que, para bem ou para mal, me influenciaram e me ajudaram a me tornar a pessoa que sou hoje.

RESUMO

ANDRADE, Letícia Vieira. **Utilização de água de lavagem de betoneira como preparo de base em revestimentos de argamassa.** 2020. 52p. Monografia (Curso Bacharelado em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *campus* Rio Verde, Rio Verde, GO, 2020.

Devido ao elevado potencial poluidor das águas provenientes da lavagem de caminhões betoneira, tem-se buscado novas aplicações a esse resíduo de construção civil, evitando seu descarte inadequado na rede pública de coleta de efluentes e na natureza. Nessa circunstância, foram realizados experimentos avaliando a aplicabilidade da água de lavagem de betoneira como alternativa ao chapisco convencional (cimento e areia). A avaliação central dos revestimentos ocorreu quanto à resistência de aderência à tração, em decorrência da preocupação do setor quanto às patologias em revestimentos argamassados, principalmente casos de descolamento no sistema revestimento/substrato. Para a viabilidade da pesquisa foram confeccionados corpos de prova de revestimentos, com substrato adotado de blocos cerâmicos convencionais, preparados com os seguintes tipos de chapisco: convencional, água de lavagem de betoneira com e sem cal. Na análise dos resultados observou-se que o preparo de base usando a água de lavagem de betoneira obteve resultados equivalentes ao preparo de base tido como chapisco convencional e dentro dos parâmetros normativos. Mais ainda, foi verificado que os preparos contendo cal obtiveram resultados inferiores.

Palavras-chave: Aderência, Chapisco, Sustentabilidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ancoragem mecânica entre revestimento e substrato.....	12
Figura 2: Bloco Cerâmico com furos na horizontal.....	18
Figura 3: Limpeza dos blocos da amostragem.....	19
Figura 4: Tomada das dimensões H, L e C, respectivamente.....	20
Figura 5: Tomada das dimensões D, F e diagonal.....	21
Figura 6: Ensaio de Absorção de água inicial.....	22
Figura 7: Curvas granulométricas.....	25
Figura 8: Metodologia de ensaio.....	28
Figura 9: Limpeza dos blocos.....	29
Figura 10: Blocos sem preparo de base e umedecidos.....	29
Figura 11: Aplicação do chapisco convencional.....	30
Figura 12: Cura dos blocos chapiscados.....	30
Figura 13: a) blocos umedecidos e com fôrmas recebendo a argamassa. b) desempenamento da argamassa. c) blocos finalizados.....	31
Figura 14: blocos desmoldados.....	32
Figura 15: blocos revestidos com água de betoneira.....	32
Figura 16: corte dos corpos de prova com serra copo diamantada.....	33
Figura 17: colagem da pastilha na superfície do corpo de prova.....	34
Figura 18: ensaio de arrancamento.....	34
Figura 19: Modos de ruptura.....	35
Figura 20: limpeza das pastilhas.....	36
Figura 21: Gráfico de dispersão.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de Cimento Portland.....	13
Tabela 2 - Caracterização do substrato.....	19
Tabela 3 - Características geométricas do substrato.....	21
Tabela 4 - Resultados para massa seca, absorção no ambiente e absorção de água total do bloco cerâmico.....	22
Tabela 5 - Caracterização do cimento.....	23
Tabela 6 - Caracterização da cal.....	24
Tabela 7 - Resultados para massa seca, absorção no ambiente e absorção de água total do bloco cerâmico.....	24
Tabela 8 - Ensaio granulométrico.....	25
Tabela 9 - dados de confecção das argamassas.....	26
Tabela 10 - Densidade das argamassas.....	27
Tabela 11 - Índice de absorção total das argamassas.....	28
Tabela 12 - Limites de resistência de aderência à tração.....	35
Tabela 13 - chapisco convencional/sem cal.....	37
Tabela 14 - chapisco convencional/com cal.....	38
Tabela 15 - água de betoneira – sem cal – 1ª lavagem/com cal.....	39
Tabela 16 - água de betoneira – sem cal – 2ª lavagem/com cal.....	39
Tabela 17 - água de betoneira – sem cal – 1ª lavagem/sem cal.....	39
Tabela 18 - água de betoneira – sem cal – 2ª lavagem/sem cal.....	40
Tabela 19 - água de betoneira – com cal – 1ª lavagem/com cal.....	40
Tabela 20 - água de betoneira – com cal – 2ª lavagem/com cal.....	41
Tabela 21 - água de betoneira – com cal – 1ª lavagem/sem cal.....	41
Tabela 22 - água de betoneira – com cal – 2ª lavagem/sem cal.....	41
Tabela 23 - resumo dos dados do preparo de base com água de betoneira considerando primeira e segunda lavagem.....	42
Tabela 24 - resumo dos dados do preparo de base com água de betoneira não considerando primeira e segunda lavagem.....	43
Tabela 25 - Resumo dos resultados.....	43

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

MDF – Medium Density Fiberboard

MPa – Mega Pascal

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

RA – Resistência de aderência  tração

μm - micrmetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Argamassas de Revestimento	12
2.1.1 Cimento Portland.....	13
2.1.2 Agregado miúdo	14
2.1.3 Cal.....	14
2.1.4 Resistência de aderência à tração	15
2.2 Base ou Substrato	15
2.3 Preparo de Base	16
2.3.1 Chapisco convencional.....	16
2.3.2 Água de lavagem de betoneira.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Caracterização dos Materiais.....	18
3.1.1 Substrato	18
3.1.2 Aglomerantes.....	23
3.1.3 Agregado miúdo	24
3.2 Argamassas.....	25
3.2.1 Argamassa no estado fresco	26
3.2.2 Argamassa no estado endurecido	27
3.3 Confeção e Avaliação dos Revestimentos	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Equivalência Entre Primeira e Segunda Lavagem	42
4.2 Avaliação dos Conjuntos.....	43
5 CONCLUSÃO.....	46
6 SUGESTÕES	46
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

As argamassas são amplamente empregadas na Construção Civil e despertam grande interesse científico, objetivando melhorias nos produtos e técnicas já existentes. Sua composição, dotada de aglomerante, agregado miúdo e água, pode também apresentar cal ou ser acrescidas de aditivos ou adições para atingir melhoria de alguma propriedade específica bem como do desempenho após a aplicação (CANDIA; FRANCO, 1998).

As argamassas de revestimento têm a função de complementar a vedação nas edificações, além de trabalhar como base niveladora, promover isolamento termo acústico, proteger de intempéries e ambientes agressivos e estancar líquidos e gases, também atuam como elemento estético. Para que o revestimento cumpra de forma adequada com as suas funções, é imprescindível que não sofra com patologias (CANDIA; FRANCO, 1998).

As bases ou substratos são de fundamental importância na relação com o revestimento, pois suas características superficiais determinam a qualidade da aderência, propriedade principal dos revestimentos, que trabalha aderido ao substrato em grandes extensões de superfície exposta, o que resulta em esforços mecânicos de tração e cisalhamento na interface revestimento/substrato (KAZMIERCZAK *et al.*, 2007). De maneira simplificada, a aderência se dá pela penetração do aglomerante aos poros da superfície do substrato, gerando pontes de aderência. A movimentação entre as partes do sistema de revestimento argamassado pode deteriorar a adesão dos elementos, afetando a durabilidade de aderência do revestimento, o que pode resultar em problemas, sendo o mais grave deles o descolamento (SCARTEZINI *et al.*, 2002).

Para evitar tais contratempos, deve-se buscar por formas de se obter alta aderência entre a argamassa de revestimento e o substrato. Essa melhora pode ser conferida aumentando-se a rugosidade superficial do substrato e regularizando a absorção de água. Tais melhorias são de grande interesse para as construtoras, uma vez que os problemas ligados à falta de aderência acabam por reduzir a vida útil do revestimento em obras (KAZMIERCZAK; BREZEZINSKI; COLLATTO, 2007).

Considerando que diferentes bases apresentam propriedades distintas, são utilizadas várias técnicas para preparo dos substratos, de modo a lhes conferir as características e rugosidade adequadas. Dentre os preparos conhecidos, o mais frequentemente adotado é o chapisco convencional, que consiste em uma massa cimentícia aplicada irregularmente sobre a superfície antes da aplicação do revestimento de argamassa (CARASEK, 1996).

Outra vertente importante da construção civil, que desperta o interesse dos pesquisadores é a redução dos resíduos e da poluição proveniente do setor, o mais poluente do mundo, tendo como principais impactos a supressão da vegetação, alteração de uso e ocupação do solo e cursos d'água e contaminações diversas, principalmente na produção de cimento, cal, areia, brita, aço e alumínio (GASQUES *et al.*, 2014).

Uma alternativa para reduzir a produção e o consumo de cimento é o estudo do desempenho da água oriunda da lavagem de caminhão betoneira como preparo de base, que pode proporcionar uma nova técnica construtiva, com redução da poluição tanto na produção do cimento quanto no descarte da água, visto que é um resíduo com características especiais, como elevado pH e alto teor de sólidos, que impedem seu descarte direto na rede de coleta de esgoto, e cujo tratamento requer elevados custos (GARCIA, 2017). Assim, sua utilização como preparo de base pode reduzir o consumo de água para a lavagem dos caminhões, despesas com materiais para a produção de chapisco e minimizar a poluição provocada pelo seu descarte.

Conforme exposto, os principais fatores de influência no desempenho dos revestimentos de argamassa são as características das bases ou substratos utilizados, seu preparo, as técnicas de execução e as condições ambientais. Não foram encontrados estudos conclusivos sobre a utilização da água de betoneira como preparo de base, o objetivo geral deste trabalho é, através de ensaios experimentais, indicar se o preparo de substrato reutilizando água de lavagem de betoneira se adequa aos parâmetros normativos.

Além disso, os objetivos específicos são:

- Analisar a influência da composição da argamassa na resistência de aderência à tração;
- Verificar se há diferenças no desempenho dos revestimentos produzidos;
- Verificar o nível de influência do preparo de base nas características e propriedades dos revestimentos;
- Avaliar a viabilidade produtiva da utilização do resíduo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Argamassas de Revestimento

As argamassas de revestimento são repetidamente empregadas na Construção Civil devido a certas facilidades tais como a não necessidade de mão de obra especializada, baixo custo quando comparada a outros métodos, ampla disponibilidade de materiais e baixa complexidade de aplicação. Ainda mais, a necessidade de melhor compreender as argamassas desperta grande interesse por parte de construtoras e pesquisadores (GASPERIN, 2011).

Segundo a NBR 7200 (ABNT, 1998), as argamassas são definidas como uma mistura homogênea de agregado miúdo, aglomerante e água, podendo ou não conter aditivos ou adições e possuindo propriedades de aderência e endurecimento. Dentre suas principais atribuições pode-se citar a função de vedação, isolamento termo acústico, estanqueidade à água e gases, além do dever estético (SABBATINI, 1986).

De acordo com Carasek (2010), um dos principais fatores acerca do revestimento de argamassa é a sua aderência. A argamassa deixa de ter funcionalidade caso não cumpra as exigências referentes à aderência, pois essa propriedade é responsável pela absorção das tensões atuantes na interface do material com a base. A NBR 13749 (ABNT, 2013) regulamenta os requisitos relacionados à espessura da camada de revestimento, à resistência de aderência à tração mínima para cada tipo de aplicação, entre outros aspectos. Além da aderência, as argamassas devem atender a outros critérios tais como trabalhabilidade, impermeabilidade e durabilidade.

A adesão das argamassas de cimento, segundo Szlak *et al.* (2002), se dá por meio de processo físico, onde o material penetra nos poros do substrato criando pontos de engaste. Após o endurecimento da argamassa é estabelecida ancoragem mecânica entre o revestimento e a base, conforme ilustrado na Figura 1.

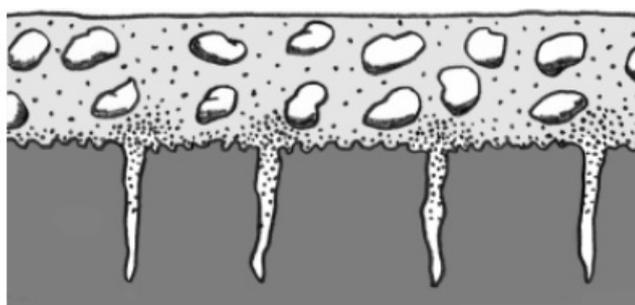


Figura 1: Ancoragem mecânica entre revestimento e substrato. (Fonte: Szlak *et al.*, 2002).

Considerando que a camada de revestimento que fica sujeita às condições ambientais em grandes extensões de superfície exposta e trabalha aderida ao substrato, é submetida a tensões de tração e cisalhamento na interface revestimento/base (SILVA; BAUER, 2009). E é justamente este esforço que deve ser avaliado e controlado, garantindo a qualidade no desempenho dos revestimentos.

2.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland surgiu na Inglaterra no ano de 1824. A criação de Joseph Aspdin muito se assemelhava em cor e dureza com uma pedra originária da ilha Portland até então muito usada na construção. Por conta dessa semelhança, o material foi patenteado com o nome de cimento Portland (AMBROZEWICZ, 2012).

O cimento, aglomerante mais utilizado no Brasil, é definido como um pó cinza que, geralmente, não possui água em sua composição, porém, em contato com a mesma torna-se um material com características ligantes e adquire resistência durante o endurecimento. Suas partículas apresentam dimensões na faixa de 1 a 50 μm (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Sua produção se dá pela queima de argila e calcário, resultando num pó fino denominado clínquer, ao qual é adicionada determinada quantidade de gesso como forma de regular o tempo de pega.

A classificação dos Cimentos Portland se dá conforme sua composição, que pode variar com a adição de compostos como escória de alto forno e pozolanas. Os tipos de cimento estão detalhados na Tabela 1.

Tabela 1 - Tipos de Cimento Portland.

DENOMINAÇÃO	SIGLA	NORMA
Portland comum	CP I	NBR 5732
Portland composto com escória	CP II - E	NBR 11578
Portland composto com pozolana	CP II - Z	NBR 11578
Portland composto com filler	CP II - F	NBR 11578
Portland de alto forno	CP III	NBR 5735
Portland pozolânico	CP IV	NBR 5736
Portland de alta resistência inicial	CP V- ARI	NBR 5733

Fonte: Szlak *et al*, 2002.

O cimento é o componente determinante para a resistência mecânica das argamassas. Por ser composto por partículas finas, contribui também para a retenção de água da mistura e para a plasticidade da argamassa. Quanto maior a quantidade de cimento na mistura, maior

será a retração, contudo, maior também será a aderência da argamassa à base (SZLAK *et al.*, 2002).

2.1.2 Agregado miúdo

Os agregados são materiais granulares que não apresentam volume nem forma definidos e geralmente são classificados como inertes. A NBR 9935 (ABNT, 2011) traz a seguinte definição para agregado “material granular, geralmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para a preparação de argamassa e concreto”.

A principal função dos agregados nas argamassas é preencher os espaços vazios que existem na pasta sem reagir com a água de amassamento (SILVA, 2006). A NBR 7211 (ABNT, 2009) classifica os agregados acerca de suas dimensões em agregado miúdo: agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm.

O agregado miúdo mais utilizado é a areia de origem natural, encontrada nos rios. A sua distribuição granulométrica e o formato dos grãos são de fundamental importância para a argamassa, pois interferem em seu estado fresco, na trabalhabilidade e no consumo de água e aglomerantes. Já no estado endurecido influenciam características como a rugosidade, a resistência mecânica e a permeabilidade (ANGELIM *et al.*, 2003).

2.1.3 Cal

A cal hidratada é obtida pela hidratação da cal virgem, sendo esse processo denominado extinção. É composta, segundo a NBR 7175 (ABNT, 2003), por uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio ou ainda uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

A cal possui tanto propriedades aglomerantes quanto de adsorção, ou seja, a adesão das moléculas de um fluido a uma superfície sólida. Também retém água na mistura, evitando que haja absorção excessiva da água pelo substrato (CAMARINI; HIDEMITSU, 2004).

Em argamassas onde há apenas cal na sua composição, a cal funciona principalmente como aglomerante, onde também se destacam a trabalhabilidade e a capacidade de absorver deformações, mas a resistência mecânica e a aderência são reduzidas consideravelmente. Já numa argamassa mista, composta por cal e cimento, há maior retenção de água devido à finura das partículas de cal, podendo contribuir para uma melhor hidratação do cimento e, de maneira mais significativa, na trabalhabilidade (SZLAK *et al.*, 2002).

2.1.4 Resistência de aderência à tração

Após a aplicação nos substratos, o revestimento apresenta como uma de suas principais características a resistência de aderência à tração, determinante para o desempenho do sistema. A aderência da argamassa à base se descreve pela ancoragem do primeiro material aos ressaltos macroscópicos do segundo, possibilitando a identificação da extensão de aderência dos revestimentos. Essa união sofre influência tanto das características da própria argamassa e da base quando da técnica construtiva adotada (KAZMIERCZAK *et al.*, 2007).

Segundo Carasek *et al.* (2001), a absorção de água, a porosidade e a textura superficial dos substratos aliadas às características das argamassas levam a penetração da água de amassamento, contendo elementos aglomerantes, aos poros da base, dando início ao processo de precipitação dos géis de silicato presentes no cimento. Este fenômeno é responsável por, no decorrer da cura da argamassa, viabilizar a ancoragem entre a argamassa e a base.

A aderência é um fenômeno controlado pela capacidade da argamassa em recobrir o substrato. Um contato eficiente depende que a argamassa apresente características reológicas apropriadas ao tipo de substrato utilizado (COSTA *et al.*, 2010).

2.2 Base ou Substrato

A base ou substrato podem ser caracterizados por meio de sua textura, porosidade, função, absorção de água, dentre outras características (CORTEZ, 1999). A NBR 13529 (ABNT, 2013) define base/substrato como parede ou teto de material inorgânico não metálico onde o revestimento é aplicado.

Os tipos de substratos mais comumente adotados no Brasil são os blocos cerâmicos ou de concreto para alvenaria, em conjunto com estruturas de concreto. Segundo Cortez (1999), o substrato tem por função proporcionar a aderência do revestimento através das suas características superficiais, que variam conforme os tipos de materiais e sua fabricação, de modo a se adotar a melhor técnica de preparação.

Estudos anteriores concluíram que uma mesma argamassa aplicada sobre diferentes bases apresenta resultados de aderência distintos. Scartezini e Carasek (2003) relatam que o responsável prevaiente pela aderência é o substrato.

A base deve apresentar as seguintes características: resistência mecânica superior ao revestimento, rugosidade, porosidade e absorção capilar (SZLAK *et al.*, 2002).

2.3 Preparo de Base

Por conta da grande variedade de características apresentadas pelos diversos tipos de bases se faz necessária a adequação de algumas propriedades buscando melhores condições para a aderência da argamassa (CANDIA; FRANCO, 1998). Mesmo diante de tal importância, muitas vezes o preparo da base é negligenciado, ou mesmo executado de forma a se não aproveitar essa camada no desempenho dos revestimentos.

O preparo da base deve ser executado de forma a se utilizar materiais e métodos que melhorem as condições de aderência da argamassa, sua escolha é baseada nas características superficiais, buscando criar a rugosidade adequada para tal fim (CANDIA; FRANCO, 1998).

2.3.1 Chapisco convencional

A NBR 13529 (2013) define chapisco como “camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento”.

Szlak (2002) define o chapisco como uma camada de preparo de base composta de cimento, areia e aditivos aplicada de forma contínua ou não, objetivando uniformizar a superfície para melhorar sua absorção e a aderência do revestimento. É o pré-tratamento mais comum nas obras brasileiras, proporcionando as características necessárias ao substrato e serve também como ligação entre revestimento e substrato (GASPERIN, 2011).

Mesmo sendo composto pelos mesmos materiais que a argamassa, a consistência do chapisco é diferente, sendo esta mais fluida, facilitando a aplicação e proporcionando uma camada irregular e rugosa (SZLAK *et al.*, 2002). É importante ressaltar que os substratos devem ser previamente umedecidos antes do recebimento do preparo evitando a rápida absorção de parte da água de amassamento.

2.3.2 Água de lavagem de betoneira

O sistema de lavagem dos caminhões betoneira é apontado como a atividade mais poluidora em uma usina de concreto, sendo considerada a de maior impacto ambiental (PAULA; ILHA, 2014). A água proveniente da lavagem de caminhão betoneira é produzida em grande quantidade tanto nas centrais dosadoras de concreto quanto nas obras que optam pela utilização de concreto produzido manualmente. Essa água residual, além de gerar custos às empresas, apresenta significativo potencial poluidor.

Estudos realizados por Sandrolini e Franzoni (2000) apontam que, na Itália, utiliza-se cerca de 700 a 1300 litros de água para a lavagem de um caminhão com capacidade de 8 m³. Conforme Tsimas e Zervaki (2011), a média de consumo de água para a lavagem dos caminhões ao fim de um dia de trabalho é de 1500 litros. Estudo semelhante realizado no Brasil mostrou que esse número se equipara à marca de 850 litros por caminhão (VIEIRA, 2010). Garcia (2017) destaca que, além do volume gasto na lavagem, deve ser considerado o que será gasto em uma nova produção, sendo que essa quantidade pode ser reduzida através da reutilização da água residual.

A água de lavagem de betoneira tem sua classificação controversa, seguindo os parâmetros definidos, no Brasil, pela Resolução n° 307 (CONAMA, 2002) e pela NBR 10004 (ABNT, 2004). No artigo 3° da Resolução a água é enquadrada na Classe I - Resíduos perigosos (ABNT, 2004), enquanto que os sólidos residuais presentes nessa água são classificados como resíduos de Classe II-B (não perigosos inertes).

Com relação à destinação final, a Resolução n° 430 (CONAMA, 2011), que trata das condições para lançamento de efluentes, categoriza os resíduos sólidos presentes nessa água como resíduo Classe II-A, que se trata do resíduo não perigoso – não inerte conforme NBR 10004 (2004).

Um dos principais problemas encontrados na água de lavagem dos caminhões é o seu elevado pH, que por vezes pode ser superior a 11,5 (TSIMAS; ZERVAKI, 2011). Além disso, segundo a Resolução n° 430 (CONAMA, 2011), essa água, por conter material cimentício, não pode ser descartada diretamente na rede de esgoto urbana.

Destacando as recomendações da resolução do n° 430 (CONAMA, 2011), o pH ideal para as condições de lançamento de efluentes contendo material cimentício se encontra entre 5 e 9. Su *et al.* (2002) constaram que a água residual oriunda da lavagem dos caminhões betoneira apresenta uma maior alcalinidade, acelera a hidratação do cimento e ativa a reação pozolânica de algumas adições ou da escória de alto forno existente no cimento.

Devido a todas as informações apresentadas tanto sobre o potencial poluidor deste resíduo quanto seu grande volume, fica clara a necessidade de se reutilizar a água originada na lavagem dos caminhões betoneira.

Levando em conta as suas características, sugere-se que esse resíduo tem potencial para funcionar como preparo de base para recebimento de revestimentos de argamassa, atendendo às exigências normativas. Sua utilização como preparo de base para receber

revestimento de argamassa poderá contribuir para a preservação do meio ambiente e minimizar os custos com o emprego de água limpa e outros recursos na produção de chapisco.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão explanados os materiais e os procedimentos experimentais adotados no decorrer dos ensaios.

3.1 Caracterização dos Materiais

3.1.1 Substrato

O substrato escolhido para ser utilizado foi o bloco cerâmico de vedação com furos horizontais, de um único lote de indústria da cidade de Rio Verde – GO. Na Figura 2 há um desenho esquemático do bloco.

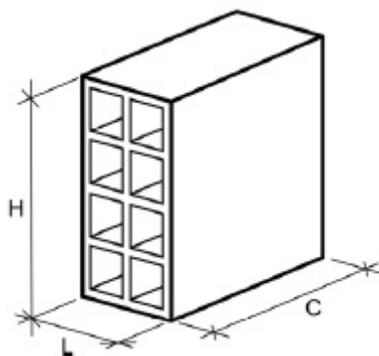


Figura 2: Bloco Cerâmico com furos na horizontal. (Fonte: NBR 15270-1, ABNT 2005)

Antes de iniciar a avaliação dos blocos de substrato, as peças selecionadas para amostragem foram limpas utilizando escova de cerdas metálicas, objetivando remover quaisquer sólidos residuais que pudessem interferir nos resultados (Figura 3). Os blocos foram então armazenados no laboratório em local coberto e livre de intempéries. A seleção das amostras para ensaios ocorreu aleatoriamente no lote de blocos.



Figura 3: Limpeza dos blocos da amostragem. (Fonte: própria autoria)

Para determinação das características geométricas e físicas dos blocos, adotaram-se os procedimentos explicitados na NBR 15270-3 (ABNT, 2005). Na Tabela 2 estão descritos os ensaios realizados, a amostragem e o local da realização dos ensaios.

Tabela 2 - Caracterização do substrato.

Característica do substrato	Ensaio	Número de amostras (un)	Local de realização do ensaio
Geométrica	Determinação das medidas das faces	13	Labmac – IF Goiano
	Área bruta	13	Labmac – IF Goiano
Física	Massa seca	3	Labmac – IF Goiano
	Índice a absorção de água total	3	Labmac – IF Goiano
	Umidade no ambiente	3	Labmac – IF Goiano
	Índice a absorção de água inicial	13	Labmac – IF Goiano

Fonte: própria autoria.

Na Figura 4 é possível identificar os ensaios geométricos realizados nos blocos, comprovando que suas dimensões nominais estavam de acordo com o especificado pelo fabricante (dimensões 9 cm x 19 cm x 29 cm, - L x H x C, respectivamente).

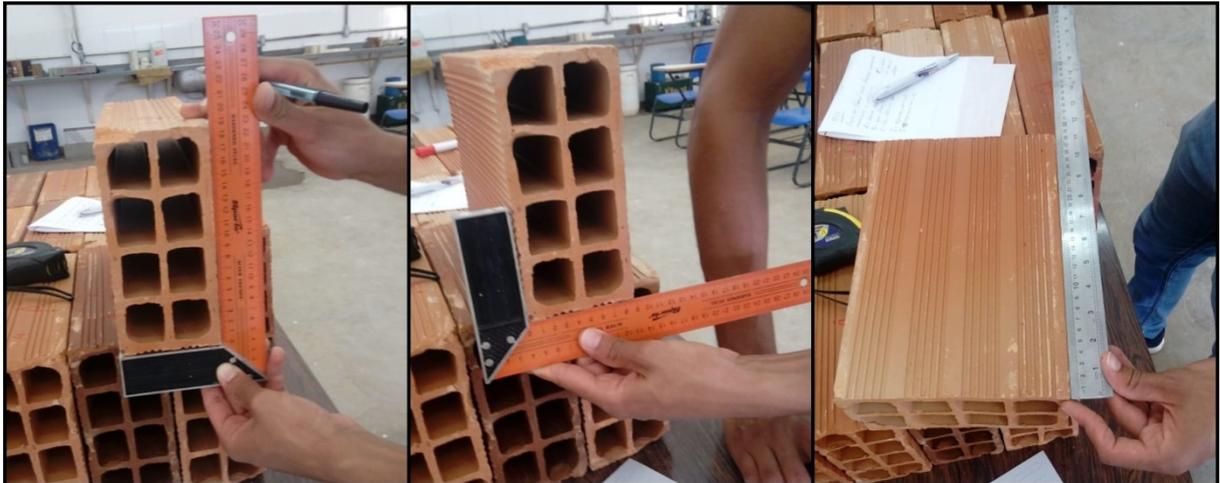


Figura 4: Tomada das dimensões H, L e C, respectivamente. (Fonte: própria autoria)

Para determinar as características geométricas, utilizou-se régua metálica com sensibilidade mínima de 0,5 mm e esquadro metálico de $90 \pm 0,5^\circ$. Os resultados obtidos foram:

- a) Para a menor dimensão (L), o menor valor encontrado foi de 8,70 cm e o maior de 9,00 cm, com média de 8,87 cm.
- b) Para a dimensão intermediária (H), os valores mínimo e máximo foram, respectivamente 18,50 cm e 19,20 cm e a média 18,85 cm.
- c) Para a maior dimensão variaram entre 28,30 cm e 29,40 cm para os valores mínimo e máximo respectivamente, e média de 28,97 cm.
- d) Quanto à área bruta, obteve-se o valor médio de 545,96 cm².

De acordo com a avaliação da NBR 15270-1 (ABNT, 2005), o lote seria considerado conforme, visto que a média das dimensões efetivas apresentou desvio inferior a 3 mm em relação às dimensões nominais dos blocos.

As demais características geométricas referentes ao desvio em relação ao esquadro (D) e planeza das faces (F), tomadas conforme NBR 15270-3 (ABNT, 2005) estão ilustradas na Figura 5.



Figura 5: Tomada das dimensões D, F e diagonal. (Fonte: própria autoria)

Os resultados obtidos na caracterização geométrica foram compilados na Tabela 3.

Tabela 3 - Características geométricas do substrato.

Resultado obtido	D (cm)	F (cm)	Diagonal (cm)
Mínimo	0,10	0,00	33,90
Máximo	0,60	0,20	34,80
Médio	0,25	0,12	34,24

Fonte: própria autoria.

Para determinação das características físicas, utilizou-se balança com precisão de 0,1 g e estufa que permitia manutenção de temperatura constante de $105 \pm 5^\circ \text{C}$. Os blocos selecionados foram pesados e inseridos na estufa por 24 horas, antes de retirá-los aguardou-se até que atingissem temperatura ambiente. Este procedimento permitiu que se aferisse a umidade no ambiente e a massa seca dos blocos.

Em seguida, as mesmas amostras foram submersas em água potável por 24 horas. Após este período os blocos foram retirados da água e, com o auxílio de um pano úmido, retirou-se o excesso de água das faces dos blocos, realizando-se, imediatamente, nova pesagem possibilitando determinar a absorção de água total.

Para viabilizar o ensaio de Índice de Absorção de Água Inicial, os blocos tiveram suas faces numeradas e medidas e sua massa aferida à umidade ambiente em balança com precisão de 0,1 g. Posteriormente, cada bloco foi então imerso em lâmina d'água com altura constante de 5 ± 2 mm durante um minuto (Figura 6), utilizando-se cronômetro. Após sua retirada da

água, cada bloco foi colocado sobre pano umedecido por um tempo máximo de 2 segundos para a retirada da água em excesso. Só então sua massa final foi imediatamente mensurada.



Figura 6: Ensaio de Absorção de água inicial. (Fonte: própria autoria)

Os resultados obtidos para os ensaios físicos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados para massa seca, absorção no ambiente e absorção de água total do bloco cerâmico.

Propriedade:	Massa Seca (g)	Índice de Absorção de Água - Total (%)	Umidade do ambiente (%)	Índice de Absorção de Água-Inicial (g/193,55 cm)
Média:	2907,70	17,31	8,07	7,17
Des. Padrão:	76,39	0,47	1,17	2,43

Fonte: própria autoria.

Acerca do Índice de Absorção de Água Inicial, os baixos valores encontrados se justificam pelo fato de que os ensaios foram realizados em fevereiro sem secagem em estufa e devido à alta umidade do ar, os blocos já continham certa umidade, reduzindo sua capacidade de absorção inicial.

Tratando-se do Índice de Absorção de Água Total, a NBR 15270-1 (ABNT, 2005) determina que o resultado obtido deve estar entre 8% e 22%, desta forma, o valor obtido em média, 17%, é possível de utilização.

3.1.2 Aglomerantes

O cimento utilizado foi o Portland CP II-F 32 da marca Votorantim - Tocantins, o qual possui adição de filler calcário de, no máximo 10%, conforme a norma NBR 16697 (ABNT, 2018), de secagem rápida e versatilidade referente à trabalhabilidade, tornando-se adequado a diversas aplicações, tais como argamassas de assentamento e revestimento, concreto armado e concreto para pavimentos.

As características fornecidas pelo próprio fabricante podem ser verificadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Caracterização do cimento

Propriedade	Método	Resultado	Parâmetros
Massa específica (g/cm ³)	NBR 16605:2017	3,62	ND
Finura Blaine (cm ² /g)	NBR 16372:2015	4,31	≥ 2,60
Resíduo na peneira 75 µm (%)	NBR 11579:1991	0,5	≤ 12,00
Resíduo na peneira 45 µm (%)	NBR 12826:1993	2,9	ND
Tempo de início de pega (min)	NBR NM 65:2003	230	≥ 60
Tempo de fim de pega (min)		284	≤ 600
Resistência à compressão (3 dias – MPa)	NBR 7215:1996	29,5	≥ 10,00
Resistência à compressão (7 dias – MPa)		34,9	≥ 20,00
Resistência à compressão (28 dias – MPa)		41,7	≥ 32,00
Teor de MgO (%)	NBR NM 14:2012	1,2	≤ 6,50
Teor de SO ₃ (%)		3,1	≤ 4,50

Fonte: Grupo Votorantim, 2018.

O tipo ideal de cal para a realização de ensaios laboratoriais seria a Cal Hidratada CH-I, porém, pela dificuldade comercial em se encontrar este tipo e como a maioria das empresas da região utilizam a CH-III, por ser facilmente encontrada nos centros comerciais de Rio Verde - GO e, visando à validação dos dados para aplicabilidade da pesquisa proposta optou-se pelo tipo CH-III da marca Votorantim - Itaú. Esclarece-se que, apesar do material apresentar baixo grau de pureza (devido à produção mais econômica), podendo conter

materiais não calcinados e impurezas de rochas, suas características foram fornecidas pelo fabricante e atendem às especificações mínimas exigidas pela NBR 7175 (ABNT, 2003) conforme critérios físicos e químicos, o que pode ser observado na Tabela 6:

Tabela 6 - Caracterização da cal.

Propriedade		Resultado	Limite (NBR 7175:2003)
Finura (% retida acumulada)	Peneira 600 µm	0,3%	< 0,5%
	Peneira 75 µm	8,7%	< 15%
Plasticidade	130,2	> 110	Plasticidade
Anidro Carbônico (CO ₂)	7,02%	< 13%	Anidro Carbônico (CO ₂)
Óxidos de Ca e Mg não hidratados	8,4%	< 15%	Óxidos de Ca e Mg não hidratados
Óxidos totais na base de não voláteis	92,03%	> 88%	Óxidos totais na base de não voláteis

Fonte: Grupo Votorantim, 2018.

3.1.3 Agregado miúdo

O agregado miúdo utilizado foi do tipo natural, também chamado de “areia de rio”, não oriundo de britagem de rocha ou materiais reciclados. O procedimento de padronização dos ensaios ocorreu conforme exigido pela NBR NM 45 (ABNT, 2006), para determinação da massa unitária e massa específica foram seguidas as especificações da NBR NM 52 (ABNT, 2009). E, para a realização do ensaio de granulometria do agregado, seguiram-se as instruções da NBR NM 248 (ABNT, 2003). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados para massa seca, absorção no ambiente e absorção de água total do bloco cerâmico.

Norma	Característica	Resultado
NBR NM 45 (2006)	Massa unitária	1,5 g/cm ³
NBR NM 52 (2009)	Massa específica	2,3 g/cm ³
NBR NM 248 (2003)	Módulo de finura	0,032

Fonte: própria autoria.

Para a análise granulométrica do material, foi utilizada amostra de 500 g do agregado miúdo, sendo esta amostra deixada em estufa a temperatura constante de $105 \pm 5^\circ\text{C}$ por 24 horas. Os dados do ensaio estão expostos na Tabela 8.

Tabela 8 - Ensaio granulométrico.

Abertura Peneira (mm)	Amostra (g)	% Retida	% Retida Acumulada
2.36	0,726	0,145	0,145
1.18	0,687	0,137	0,283
600	0,97	0,193	0,48
300	209,91	41,992	42,47
150	241,51	48,314	90,78
fundo	46,08	9,218	100,0
Total	499,88		

Fonte: própria autoria.

A curva granulométrica obtida é apresentada na Figura 7.

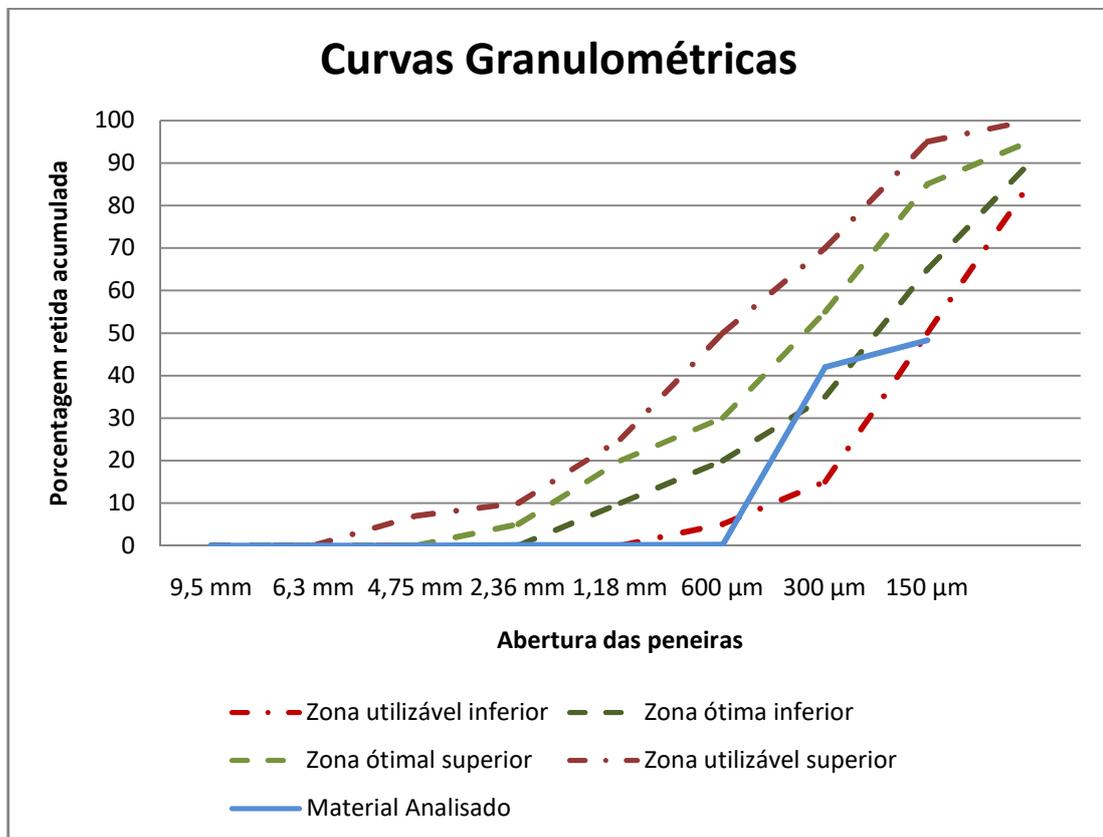


Figura 7: Curvas granulométricas. (Fonte: própria autoria).

3.2 Argamassas

As argamassas foram produzidas utilizando-se o traço de 1:6 (cimento:areia), em volume, para as argamassas confeccionadas sem cal e o traço 1:1:6 (cimento:cal:areia) para as argamassas com cal. O quantitativo, em massa, para cada traço são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – dados de confecção das argamassas.

Tipo de argamassa	Cimento (Kg)	Areia (kg)	Cal (Kg)	Água (l)	Reação a/c	Relação água/aglom.	Confecção
Sem cal	13,83	27,14	0,00	11,62	0,84	0,84	18/09/2020
Com cal	7,09	27,98	4,67	11,00	1,55	0,94	18/09/2020
Sem cal	8,63	8,63	16,93	0,00	0,89	0,89	21/09/2020
Com cal	7,09	27,98	4,67	12,50	1,76	1,06	21/09/2020

Fonte: própria autoria.

Buscou-se manter constantes o traço e a relação água/cimento na produção das argamassas nos dois dias necessários de confecção, porém, no segundo dia ambas as argamassas necessitaram de mais água para atingir a trabalhabilidade adequada. A ausência de equipamentos para determinação da trabalhabilidade, que foi aferida de maneira empírica, contribuiu para esta variação, que, conforme se constata no decorrer da pesquisa não foi determinante para alterações no desempenho dos revestimentos.

Destaca-se o aumento da relação água/cimento e água/aglomerante para as argamassas confeccionadas com cal hidratada, o que pode conferir redução nas propriedades mecânicas devido à elevação da porosidade dos produtos cimentícios (LIMA, 2019; DAFICO, 2007).

3.2.1 Argamassa no estado fresco

Para as argamassas em estado fresco foram averiguados os valores de densidade, conforme o prescrito na NBR 13278 (ABNT, 2005), e a trabalhabilidade foi avaliada de maneira empírica, devido à ausência de equipamento no laboratório

O ensaio de densidade consiste em verificar o volume de um recipiente vazio, preenchê-lo com argamassa e aferir a massa final. A densidade é obtida pela razão entre a diferença de massas do conjunto preenchido e do recipiente vazio pelo volume do recipiente.

A densidade pode ser determinada pela seguinte equação:

$$A = \frac{Mc - Mv}{Vr}$$

Onde:

A: densidade da argamassa (g/cm³);

Mc: massa do recipiente contendo a argamassa (g);

Mv: massa do recipiente vazio (g);

Vr: volume do recipiente (cm³).

Considerando que o recipiente utilizado possui volume de 516,72 cm³ e peso vazio de 73,77 g, tem-se os dados e resultados obtidos expressos na Tabela 10:

Tabela 10 - Densidade das argamassas.

Argamassa	Peso recipiente + argamassa (g)	Densidade da argamassa (g/cm³)
Sem Cal – dia 1	1160,80	2,10
Com Cal – dia 1	1119,76	2,02
Sem Cal – dia 2	1178,15	2,14
Com Cal – dia 2	1123,87	2,03

Fonte: própria autoria.

A densidade da argamassa, menor nas produzidas com cal, podem ser explicadas pela menor densidade da cal, quando comparada ao cimento e pelo aumento da relação água/cimento destas argamassas.

3.2.2 Argamassa no estado endurecido

Os ensaios dos revestimentos e das argamassas no estado endurecido foram realizados após um período de 40±1¹.

Para a argamassa em estado endurecido, foi realizada a análise de absorção total, por meio de corpos de prova, desmoldados após 48 horas e levados para câmara úmida para cura, onde permaneceram até a realização dos ensaios. Logo após tiveram sua massa aferida e foram submersos por 24 horas em água potável, permitindo a verificação da massa úmida. Após a pesagem, foram mantidos em estufa a temperatura constante de 105 ± 5°C, também por 24 horas, identificando-se a massa seca da argamassa e seu índice de absorção total, dado pela razão entre as massas do corpo de prova seco em estufa e após sua retirada da água. Para tal, foram moldados 4 corpos de prova de cada tipo de argamassa produzida.

¹A avaliação da resistência à tração foi realizada no prazo mencionado em decorrência da pandemia do COVID-19, que resultou na interdição do laboratório. Desta forma, o comparativo com os valores referenciados pela norma será avaliado de maneira secundária e a qualidade do preparo do substrato será balizada pela comparação entre os corpos de prova confeccionados.

Tabela 11 - Índice de absorção total das argamassas.

ÍNDICE DE ABSORÇÃO TOTAL ARGAMASSAS				
Tipo	Peso inicial médio (g)	Peso úmido médio (g)	Peso seco médio (g)	AAT (%)
Sem cal – dia 1	400,00	432,50	397,50	8,81
Com cal – dia 1	327,50	370,00	325,00	13,82
Sem cal – dia 2	345,00	370,00	340,00	8,82
Com cal – dia 2	322,67	360,00	320,00	12,50

Fonte: própria autoria.

Nota-se a elevação da absorção de água total nas argamassas com cal que, provavelmente são mais porosas devido à elevação da relação água/aglomerante em comparação com as argamassas sem cal.

O ensaio de resistência à compressão, antes previsto, não foi realizado devido à impossibilidade do técnico do laboratório em realizar os ensaios por ter contraído a doença COVID-19.

3.3 Confeção e Avaliação dos Revestimentos

O esquema adotado para confecção dos revestimentos e sua avaliação é apresentado na Figura 8.

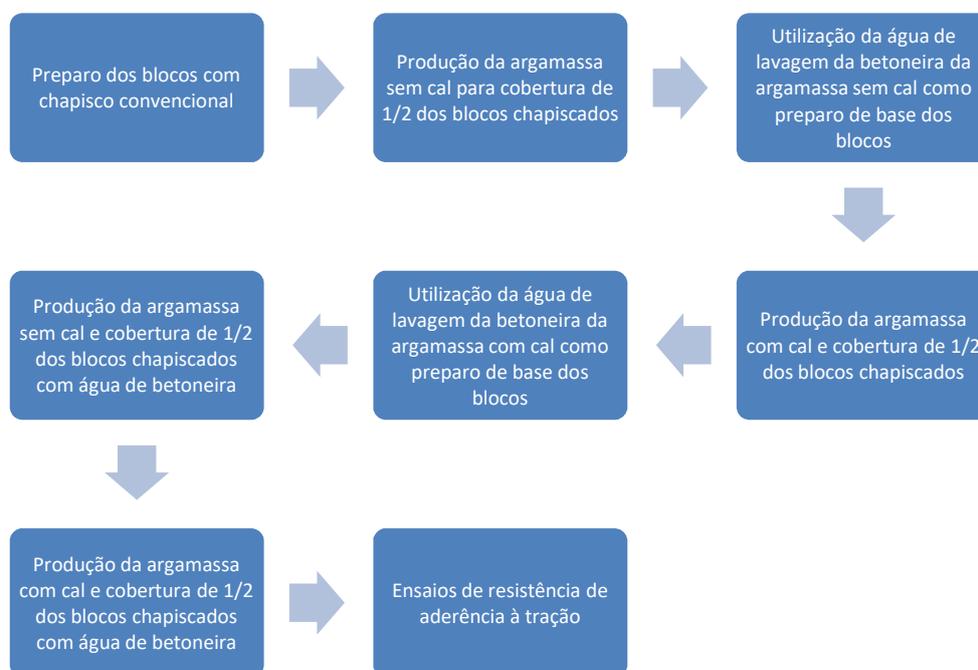


Figura 8: Metodologia de ensaio. (Fonte: própria autoria).

Optou-se, inicialmente pela aplicação dos revestimentos em blocos individuais permitindo um maior controle e armazenamento dos corpos de prova em ambiente laboratorial, garantindo redução na variabilidade dos resultados. Foram fixadas as condições de aplicação e o substrato (bloco cerâmico) enquanto variou-se o tipo de revestimentos de argamassa: com e sem cal; e o preparo do substrato: chapisco convencional água de betoneira proveniente de argamassa com e sem cal.

Para todos os corpos de prova foi realizado o procedimento prescrito na NBR 7200 (ABNT, 2005), que indica, inicialmente, a limpeza dos blocos com pincéis para a retirada de eventuais partículas ou materiais incrustados na superfície (Figura 09), visto que esses podem interferir na aderência do material. Após a limpeza, os blocos foram umedecidos para o processo de aplicação do preparo de base (Figura 10).



Figura 9: Limpeza dos blocos. (Fonte: própria autoria).



Figura 10: Blocos sem preparo de base e umedecidos. (Fonte: própria autoria).

O traço do chapisco convencional adotado foi de 1:3 (cimento, areia) aplicado e lançado conforme NBR 7200 (ABNT, 2005), sem que fosse coberta totalmente a base, criando irregularidades na superfície (Figura 11). Para a aplicação fez-se a utilização de vassoura de mão, buscando facilitar o lançamento e criar porosidade, além de inserir energia de impacto para otimizar a aderência.



Figura 11: Aplicação do chapisco convencional. (Fonte: própria autoria).

A cura úmida ocorreu durante 3 dias por meio de borrifos de água na superfície (Figura 12), sendo o processo repetido 3 vezes ao dia (NBR 7200, 2005). Realizado esses procedimentos, os corpos de prova chapiscados se encontram aptos para receber a argamassa de revestimento.

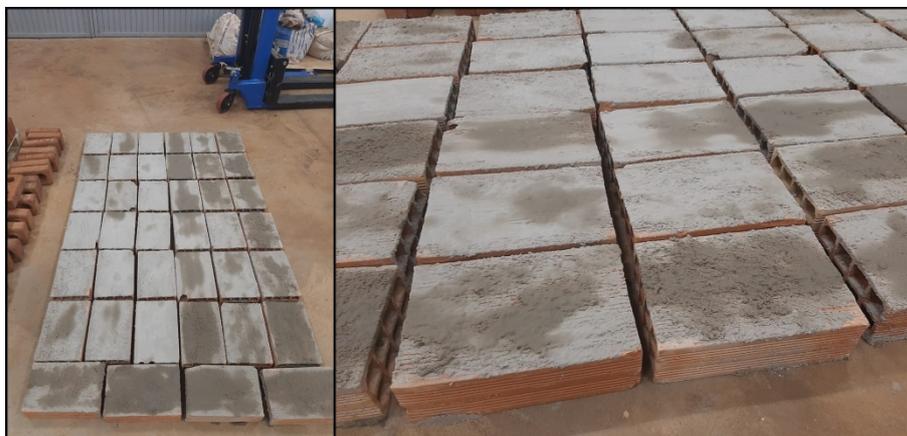


Figura 12: Cura dos blocos chapiscados. (Fonte: própria autoria).

A confecção da camada de revestimentos de argamassa contou com o auxílio de fôrmas de MDF com 3 cm de altura. As fôrmas foram previamente lubrificadas com óleo mineral para facilitar a desforma e evitar a absorção da água de amassamento das argamassas.

As argamassas foram produzidas em betoneira de eixo vertical com capacidade de 120 l, suficiente para que uma única mistura permitisse a aplicação em todos os blocos, mantendo-se constante a fabricação de cada traço avaliado na pesquisa. O preparo das argamassas se iniciou com a separação e pesagem dos materiais secos, seguida pela adição dos mesmos, misturados até a homogeneidade; em seguida foi adicionada água aos poucos até atingir consistência desejada. A água dosada foi usada para determinação da relação água/cimento e água/materiais secos.

Os substratos foram novamente umedecidos antes da aplicação da argamassa. O processo de lançamento das argamassas sobre o substrato ocorreu com auxílio de colher de pedreiro, e obteve-se bom acabamento superficial com desempenadeira. Para garantir a efetividade dos resultados, a aplicação da argamassa foi feita alternando-se entre os diferentes preparos de base, de modo a não se obter diferentes valores de resistência devido à força de impacto (Figura 13).

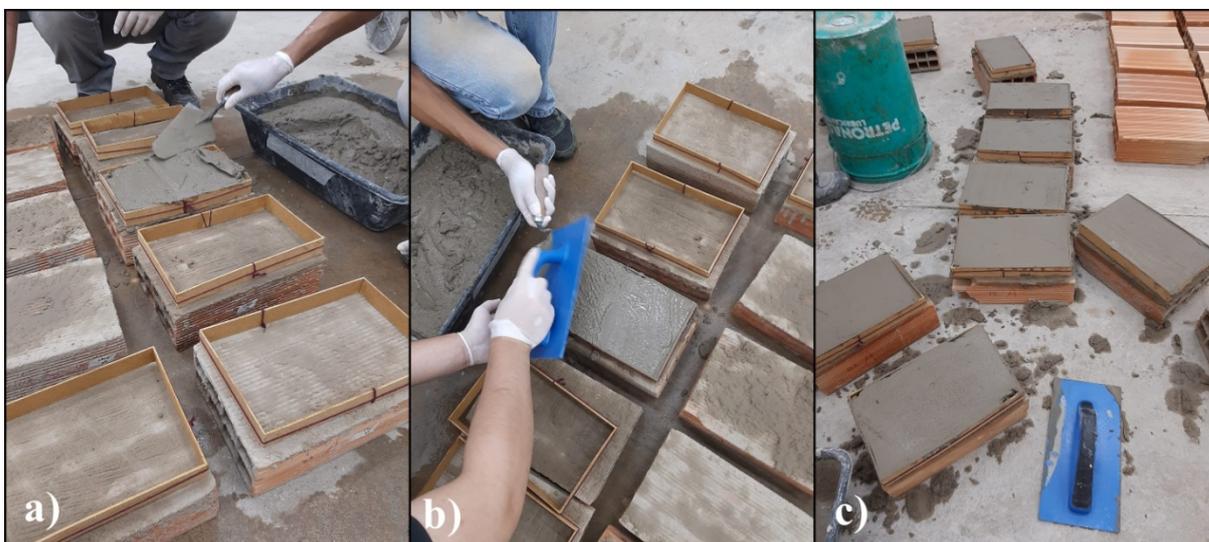


Figura 13: a) blocos umedecidos e com fôrmas recebendo a argamassa. b) desempenamento da argamassa. c) blocos finalizados. (Fonte: própria autoria).

O desmolde dos corpos de prova ocorreu no mesmo dia da aplicação, após 60 minutos de endurecimento da argamassa, visando o reaproveitamento das fôrmas. Foi tomado devido cuidado para na sua retirada não causar deslocamentos que pudessem comprometer o resultado final (Figura 14). Após a aplicação das argamassas de revestimento – 20 corpos de

prova receberam argamassa com cal e 20 argamassa sem cal – foi realizada a cura úmida durante 3 dias.



Figura 14: blocos desmoldados. (Fonte: própria autoria).

Após a produção de cada argamassa, antes da limpeza da betoneira, deu-se início o processo de produção do preparo de base utilizando a água da lavagem. Para tal, adicionou-se 250 ml de água na betoneira, que foi o suficiente para se atingir a consistência do chapisco convencional. A quantidade de corpos de prova produzida foi pequena, e, por esta razão, repetiu-se o processo através de uma segunda lavagem. O procedimento foi o mesmo para lavagem da betoneira das duas argamassas, e a aplicação do preparo de base se deu igualmente à execução do chapisco convencional. A Figura 15 mostra os blocos chapiscados com água de betoneira.



Figura 15: blocos revestidos com água de betoneira. (Fonte: própria autoria).

Após o período de 3 dias para a cura das argamassas e dos blocos chapiscados com água de betoneira, foram produzidas novas argamassas para revestir os blocos. Utilizaram-se os mesmos traços das argamassas produzidas anteriormente. Dessa nova produção não foi reaproveitada a água da lavagem da betoneira. O processo de cura foi repetido, evitando-se variabilidade de resultados.

Contabilizando um período de 41 dias para o primeiro conjunto de argamassas produzidas, e de 39 dias para o segundo conjunto, foi realizado o ensaio de resistência de aderência à tração através do teste de arrancamento (pull-off). As diretrizes do ensaio são determinadas pela NBR 13528 (ABNT, 2019), onde uma pastilha metálica de 50 mm de diâmetro é colada em uma seção de argamassa previamente cortada e separada do restante do revestimento. O corte do corpo de prova foi feito de modo a tocar o substrato sem ultrapassar 5 mm de profundidade no mesmo. Para os furos, utilizou-se serra do tipo copo diamantada em formato cilíndrico e com altura superior à altura da camada de revestimento, conforme Figura 16.



Figura 16: corte dos corpos de prova com serra copo diamantada. (Fonte: própria autoria).

Para o ensaio, as pastilhas coladas na seção do furo, possuem em seu centro um pino com a função de acoplamento ao equipamento de tração. A colagem foi feita com cola plástica universal (Figura 17), previamente preparada em laboratório evitando o endurecimento prematuro. Antes do recebimento da pastilha, todos os corpos de prova tiveram sua superfície limpa com escovas de cerdas macias para a remoção de resíduos.



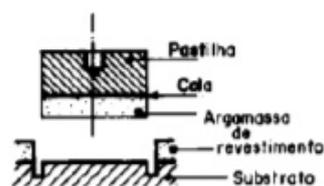
Figura 17: colagem da pastilha na superfície do corpo de prova. (Fonte: própria autoria).

O ensaio consiste na aplicação de uma tensão de tração aos corpos de prova através de um equipamento mecânico acoplado à pastilha através de um pino, submetendo o corpo de provas a esforço de tração perpendicular à sua face até a ruptura (Figura 18).

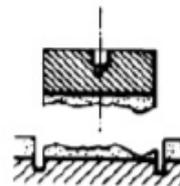


Figura 18: ensaio de arrancamento. (Fonte: própria autoria).

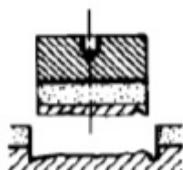
Na avaliação dos resultados registrou-se, além da tensão máxima de ruptura, o local em que esta ocorreu, conforme classificação apresentada na Figura 19:



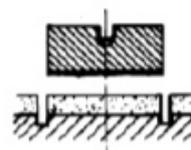
Ruptura na interface revestimento/substrato



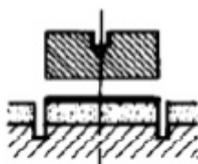
Ruptura na argamassa de revestimento



Ruptura no substrato



Ruptura na interface revestimento/cola



Ruptura na interface cola/pastilha

Figura 19: Modos de ruptura. Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2019).

Finalizados os experimentos, os dados obtidos foram submetidos à comparação entre o tipo de preparo, o tipo da argamassa e os limites aceitáveis pela NBR 13749 (ABNT, 2013), sendo esses últimos apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Limites de resistência de aderência à tração.

Local		Acabamento	Ra (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
	Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
Teto			$\geq 0,20$

Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2019).

Entre seções de ensaios foi preciso realizar a limpeza das pastilhas, conforme Figura 20.



Figura 20: limpeza das pastilhas. (Fonte: própria autoria).

Visto que havia disponível apenas 12 pastilhas, foi necessário livrar as mesmas de toda a cola residual antes de serem novamente utilizadas. Para a limpeza seguiu-se as recomendações de Moraes (2019), submetendo as pastilhas à queima com carvão em brasa para facilitar a remoção da cola. O processo se repetiu diversas vezes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos de resistência média de aderência à tração, bem como os tipos de ruptura, por tipo de argamassa foram agrupados nas Tabelas de 13 a 22. Segundo a NBR 13528 (ABNT, 2019), as rupturas ocorridas o interior do revestimento, entre argamassa/preparo de base e substrato/preparo de base apresentam o próprio valor da resistência de aderência. Os casos onde a ruptura ocorre na interface cola/pastilha ou cola/revestimento indicam falha na colagem e o valor obtido não corresponde à aderência real. Por este motivo, esses casos foram descartados. A área é a mesma para todos os corpos de prova, sendo igual a 1924,00 mm².

Tabela 13 - chapisco convencional/sem cal.

Preparo da base:		Chapisco convencional	
Argamassa:		Sem cal	
AMOSTRA	F (N)	Ra (Mpa)	Local de Ruptura
1	568,4	0,30	base/argamassa
2	695,8	0,36	base/argamassa
3	558,6	0,29	base/argamassa
4	470,4	0,24	base/argamassa
5	333,2	0,17	base/argamassa
6	656,6	0,34	base
7	480,2	0,25	base
8	333,2	0,17	base
9	421,4	0,22	base/argamassa
10	186,2	0,10	argamassa
11	401,8	0,21	base/argamassa
12	441	0,23	base
13	460,6	0,24	base/argamassa
14	352,8	0,18	base
15	431,2	0,22	base/argamassa
16	352,8	0,18	base
17	352,8	0,18	base/argamassa
18	372,4	0,19	base/argamassa
19	392	0,20	base/argamassa
20	343	0,18	base/argamassa
21	176,4	0,09	base/argamassa
22	460,6	0,24	argamassa
23	529,2	0,28	base/argamassa
24	392	0,20	argamassa
25	490	0,25	base
26	196	0,10	argamassa

AMOSTRA	F (N)	Ra (Mpa)	Local de Ruptura
27	166,6	0,09	base
28	303,8	0,16	base/argamassa
29	470,4	0,24	base/argamassa

Fonte: própria autoria.

Tabela 14 - chapisco convencional/com cal.

Preparo da base:		Chapisco convencional	
Argamassa:		Com cal	
AMOSTRA	F (N)	Ra (Mpa)	Local de Ruptura
1	186,20	0,10	argamassa
2	215,60	0,11	argamassa
3	401,80	0,21	argamassa
4	264,60	0,14	base/argamassa
5	186,20	0,10	argamassa
6	284,20	0,15	argamassa
7	372,40	0,19	base
8	323,40	0,17	argamassa
9	480,20	0,25	base/argamassa
10	539,00	0,28	base/argamassa
11	264,60	0,14	argamassa
12	176,40	0,09	argamassa
13	196,00	0,10	argamassa
14	480,20	0,25	argamassa
15	294,00	0,15	argamassa
16	294,00	0,15	argamassa
17	392,00	0,20	base/argamassa
18	313,60	0,16	argamassa
19	372,40	0,19	argamassa
20	274,40	0,14	base/argamassa
21	333,20	0,17	argamassa
22	313,60	0,16	argamassa
23	441,00	0,23	argamassa
24	225,40	0,12	argamassa

Fonte: própria autoria.

Tabela 15 - água de betoneira – sem cal – 1ª lavagem/com cal.

Preparo da base:		Água de betoneira - sem cal - 1ª lavagem	
Argamassa:		Com cal	
AMOSTRA	F (N)	Ra (Mpa)	Local de Ruptura
1	294,00	0,15	argamassa
2	196,00	0,10	argamassa
3	107,80	0,06	argamassa
4	333,20	0,17	argamassa
5	176,40	0,09	argamassa
6	294,00	0,15	argamassa
7	303,80	0,16	argamassa
8	401,80	0,21	argamassa
9	264,60	0,14	argamassa

Fonte: própria autoria.

Tabela 16 - água de betoneira – sem cal – 2ª lavagem/com cal.

Preparo da base:		Água de betoneira - sem cal - 2ª lavagem	
Argamassa:		Com cal	
AMOSTRA	F (N)	Ra (Mpa)	Local de Ruptura
1	362,60	0,19	argamassa
2	254,80	0,13	argamassa
3	176,40	0,09	base/argamassa
4	147,00	0,08	argamassa
5	137,20	0,07	argamassa
6	284,20	0,15	argamassa
7	441,00	0,23	argamassa
8	421,40	0,22	base/argamassa
9	186,20	0,10	argamassa
10	323,40	0,17	argamassa
11	215,60	0,11	argamassa

Fonte: própria autoria.

Tabela 17 - água de betoneira – sem cal – 1ª lavagem/sem cal.

Preparo da base:		Água de betoneira - sem cal - 1ª lavagem	
Argamassa:		sem cal	
AMOSTRA	F (N)	Ra (Mpa)	Local de Ruptura
1	480,20	0,25	base
2	499,80	0,26	base/argamassa
3	519,40	0,27	argamassa
4	597,80	0,31	argamassa
5	431,20	0,22	argamassa
6	607,60	0,32	argamassa

AMOSTRA	F (N)	Ra (Mpa)	Local de Ruptura
7	401,80	0,21	base
8	578,20	0,30	argamassa

Fonte: própria autoria.

Tabela 18 - água de betoneira – sem cal – 2ª lavagem/sem cal.

Preparo da base:		Água de betoneira - sem cal - 2ª lavagem	
Argamassa:		Sem cal	
AMOSTRA	F (N)	Ra (Mpa)	Local de Ruptura
1	303,80	0,16	argamassa
2	480,20	0,25	argamassa
3	392,00	0,20	argamassa
4	382,20	0,20	argamassa
5	588,00	0,31	argamassa
6	666,40	0,35	argamassa
7	480,20	0,25	argamassa
8	607,60	0,32	base/argamassa
9	597,80	0,31	argamassa
10	372,40	0,19	argamassa

Fonte: própria autoria.

Tabela 19 - água de betoneira – com cal – 1ª lavagem/com cal.

Preparo da base:		Água de betoneira - com cal - 1ª lavagem	
Argamassa:		Com cal	
AMOSTRA	F (N)	Ra (Mpa)	Local de Ruptura
1	215,60	0,11	argamassa
2	156,80	0,08	base/argamassa
3	235,20	0,12	argamassa
4	254,80	0,13	argamassa
5	245,00	0,13	argamassa
6	352,80	0,18	argamassa
7	264,60	0,14	argamassa

Fonte: própria autoria.

Tabela 20 - água de betoneira – com cal – 2ª lavagem/com cal.

Preparo da base:		Água de betoneira - com cal - 2ª lavagem	
Argamassa:		Com cal	
AMOSTRA	F (N)	Ra (Mpa)	Local de Ruptura
1	225,40	0,12	argamassa
2	196,00	0,10	argamassa
3	186,20	0,10	argamassa
4	284,20	0,15	argamassa
5	352,80	0,18	argamassa
6	264,60	0,14	argamassa
7	176,40	0,09	argamassa
8	245,00	0,13	argamassa
9	362,60	0,19	argamassa

Fonte: própria autoria.

Tabela 21 - água de betoneira – com cal – 1ª lavagem/sem cal.

Preparo da base:		Água de betoneira - com cal - 1ª lavagem	
Argamassa:		sem cal	
AMOSTRA	F (N)	Ra (Mpa)	Local de Ruptura
1	382,20	0,20	argamassa
2	313,60	0,16	argamassa
3	431,20	0,22	argamassa
4	264,60	0,14	base/argamassa
5	401,80	0,21	argamassa
6	392,00	0,20	argamassa
7	274,40	0,14	argamassa
8	313,60	0,16	argamassa
9	392,00	0,20	argamassa

Fonte: própria autoria.

Tabela 22 - água de betoneira – com cal – 2ª lavagem/sem cal.

Preparo da base:		Água de betoneira - com cal - 2ª lavagem	
Argamassa:		Sem cal	
AMOSTRA	F (N)	Ra (Mpa)	Local de Ruptura
1	617,40	0,32	base/argamassa
2	539,00	0,28	base/argamassa
3	284,20	0,15	base/argamassa
4	235,20	0,12	argamassa
5	176,40	0,09	argamassa
6	470,40	0,24	argamassa
7	166,60	0,09	base/argamassa
8	274,40	0,14	base/argamassa

AMOSTRA	F (N)	Ra (Mpa)	Local de Ruptura
9	627,20	0,33	base/argamassa
10	813,40	0,42	base/argamassa

Fonte: própria autoria.

Observou-se que a maioria das rupturas, principalmente nos casos em que o preparo de base foi a água de betoneira, ocorreu na argamassa (ruptura Tipo A, conforme NBR 13528/2019), que indica uma ruptura coesiva de acordo com Carasek (2010). Nos casos onde o preparo de base era o chapisco, a ruptura, em sua maioria, ocorreu também na argamassa, porém, ocorreram casos de ruptura interface revestimento/substrato e no próprio substrato.

4.1 Equivalência Entre Primeira e Segunda Lavagem

Devido ao pequeno número de amostras obtidas com a primeira lavagem da betoneira, optou-se pela realização de uma segunda lavagem, utilizando o mesmo volume de água. Com base na compilação dos dados (Tabelas 15 a 22) é possível perceber a equivalência dos resultados, cuja média é apresentada na Tabela 23.

Tabela 23 - resumo dos dados do preparo de base com água de betoneira considerando primeira e segunda lavagem.

Preparo da Base	Tipo de Argamassa	Resistência Média (Mpa)	Desvio Padrão (Mpa)	CV (%)	Nº CPs
Água de betoneira sem cal - 1ª lavagem	com cal	0,14	0,05	33,90	9
Água de betoneira sem cal - 2ª lavagem	com cal	0,14	0,06	40,08	11
Água de betoneira sem cal - 1ª lavagem	sem cal	0,27	0,04	10,00	8
Água de betoneira sem cal - 2ª lavagem	sem cal	0,25	0,06	25,24	10
Água de betoneira com cal - 1ª lavagem	com cal	0,13	0,03	23,91	7
Água de betoneira com cal - 2ª lavagem	com cal	0,13	0,04	26,85	9
Água de betoneira com cal - 1ª lavagem	sem cal	0,18	0,03	17,26	9
Água de betoneira com cal - 2ª lavagem	sem cal	0,22	0,12	53,23	10

Fonte: própria autoria.

Destaque-se que o Coeficiente de Variação das amostras foi superior na realização da segunda lavagem, o que pode ser justificado pela redução na energia de aplicação nesse processo, considerando que a equipe já havia realizado o revestimento dos blocos cujo preparo era o chapisco comum e a primeira aplicação de preparo com água da primeira lavagem. Apesar disto, não houve perdas no resultado médio final de resistência de aderência

à tração, desta forma, na análise geral da viabilidade agrupou-se os resultados obtidos em ambas as lavagens (Tabela 24).

Tabela 24 - resumo dos dados do preparo de base com água de betoneira não considerando primeira e segunda lavagem.

Preparo da Base	Tipo de Argamassa	Resistência Média (Mpa)	Desvio Padrão (Mpa)	CV (%)	Nº CPs
Água de betoneira sem cal	com cal	0,14	0,05	0,37	20
Água de betoneira sem cal	sem cal	0,26	0,05	0,21	18
Água de betoneira com cal	com cal	0,13	0,03	0,25	16
Água de betoneira com cal	sem cal	0,20	0,09	0,43	19

Fonte: própria autoria.

4.2 Avaliação dos Conjuntos

Conforme determinado nos tópicos anteriores, para a avaliação dos resultados médios obtidos, permitindo uma análise clara e objetiva, os resultados foram agrupados na Tabela 25, que inclui o percentual de resultados acima de 0,20 MPa, mínimo estabelecido pela NBR 13528 (ABNT, 2019).

Tabela 25 - Resumo dos resultados.

Preparo da Base	Tipo de Argamassa	Resistência Média (Mpa)	Desvio Padrão (Mpa)	CV (%)	Nº CPs	Resultados acima de 0,20 MPa	Percentual acima de 0,20 MPa
Chapisco Convencional	Sem cal	0,21	0,07	0,32	29	17	59%
Chapisco Convencional	Com cal	0,17	0,05	0,32	24	6	25%
Água de betoneira sem cal	Com cal	0,14	0,05	0,37	20	3	15%
Água de betoneira sem cal	Sem cal	0,26	0,05	0,21	18	15	83%
Água de betoneira com cal	Com cal	0,13	0,03	0,25	16	0	0%
Água de betoneira com cal	Sem cal	0,20	0,09	0,43	19	9	47%

Fonte: própria autoria.

Na avaliação da compilação dos dados, percebe-se que o conjunto que obteve o melhor resultado absoluto (maior resistência média, menor coeficiente de variação, maior percentual de resultados acima de 0,20 MPa e maior homogeneidade) foi o preparo de base com água de betoneira sem cal e revestimento sem cal, enquanto que o pior desempenho foi o

do sistema composto por preparo de base com água de betoneira com cal e revestimento com cal.

Ainda na análise dos dados é importante estabelecer que, de acordo com o preconizado pela NBR 13749 (ABNT, 2013), em um conjunto de 6 amostras, 4 devem atender o mínimo de 0,20 MPa para que o revestimento seja considerado conforme para utilização em revestimentos internos, ou seja, 66% dos valores devem superar o mínimo. Apenas no conjunto confeccionado com água de betoneira e argamassa, ambos sem cal, foi ultrapassado esse percentual, atingindo 83% dos valores acima do mínimo de 0,20 MPa.

O tipo de cal utilizada na pesquisa (CH-III) pode ter sido determinante para a redução do desempenho dos revestimentos com esse material que, apesar de se encontrar dentro dos parâmetros da norma, apresenta um elevado grau de impurezas, que podem interferir na aderência dos materiais. Destaque-se que os baixos valores obtidos nesta pesquisa não são suficientes para se sugerir o descarte à viabilidade do uso da cal nos diversos sistemas de revestimento, visto que é um material utilizado há séculos e que possui elevada resistência e durabilidade.

A média dos resultados obtidos foi organizada, conforme Figura 21, demonstrando claramente a superioridade do desempenho dos revestimentos sem cal e a viabilidade da utilização da água de lavagem de betoneira na composição dos preparos de base.

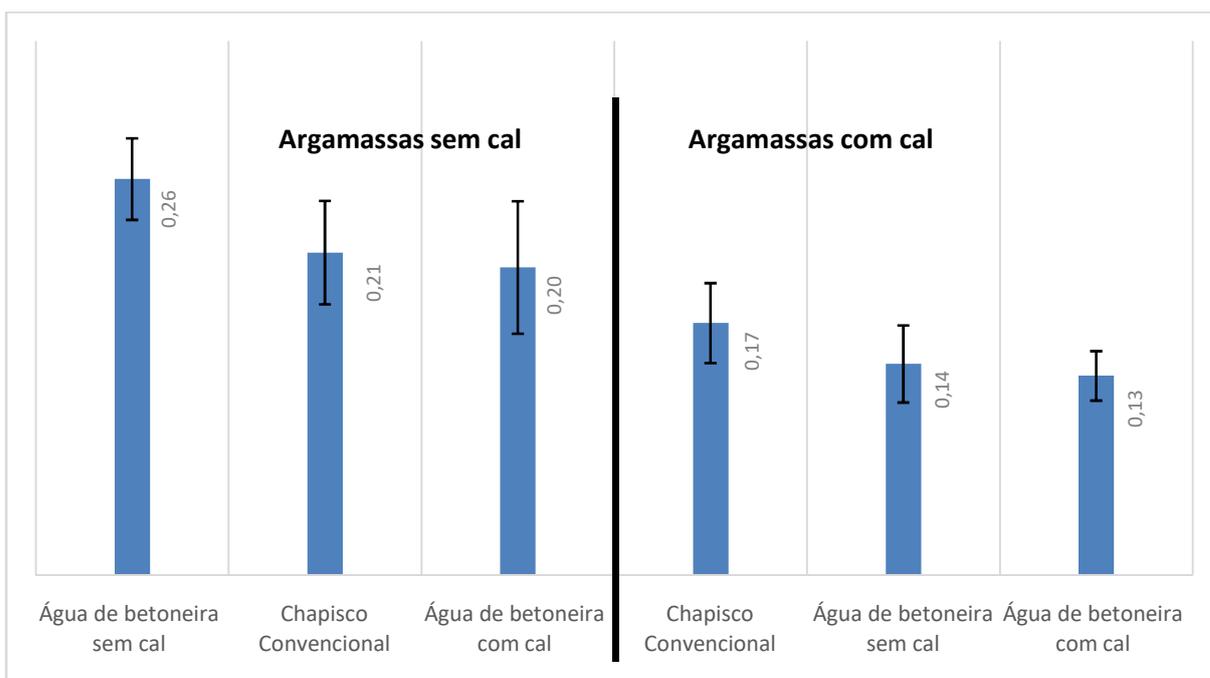


Figura 21: Resumo dos resultados. (Fonte: própria autoria)

Por fim, é notável que os 3 conjuntos cujo revestimento foi produzido sem cal obtiveram valores médios iguais ou superiores aos determinados pela NBR 13749 (ABNT, 2013).

5 CONCLUSÃO

Ao término do trabalho concluiu-se que a utilização de água de lavagem de betoneira como preparo de base apresenta resultados satisfatórios tratando-se da resistência de aderência à tração, obtendo resultados semelhantes aos alcançados pelo chapisco convencional. Contudo, como a lavagem ocorre com baixa quantidade de água, o rendimento é baixo, o que pode resultar na perda de funções conforme são avançadas as lavagens. Mesmo sendo mostrada a equivalência entre a primeira e segunda lavagem, é preciso analisar se o resultado se repete nas lavagens subsequentes.

Uma vez que o chapisco e a água de betoneira se mostraram satisfatórios, a cal inserida tanto no preparo de base quanto no revestimento proporcionou a esses conjuntos resultados menos convenientes, o que deve ser objeto de estudo mais aprofundado, identificando se houveram falhas na produção dos revestimentos com cal ou no lote de material utilizado nessa pesquisa.

Quando tratamos do tipo de rompimento, temos que o resultado mais comum ocorreu na argamassa, o que indica que a aderência do conjunto foi satisfatória e o material mais poroso do sistema, a própria argamassa, foi a responsável pela ruptura.

Acerca do melhor tipo de preparo, a água de lavagem de betoneira sem cal se destacou apresentando melhor resultado médio de resistência de aderência à tração, o que permite inferir que a utilização deste material é viável, devendo ser ampliados os estudos em outras condições de aplicação de forma a permitir o uso amplo pelo mercado da construção civil.

Em relação à utilização da cal, foi visto que a mesma apresentou menores resultados, seja quando utilizada em apenas uma variável ou mesmo quando utilizada em ambas, de modo que os conjuntos que a possuíam, apresentaram desempenho inferior do que os conjuntos livres da mesma. Contudo, se faz importante investigar os motivos que resultaram na piora da RA dos revestimentos estudados.

6 SUGESTÕES

O presente trabalho expôs o desempenho da água de lavagem de betoneira como preparo de base em comparação ao chapisco convencional. No entanto, ocorreram certas limitações que levaram a novos questionamentos, podendo estes ser sanados em estudos futuros. São eles:

- a) As lavagens da betoneira posteriores a segunda obterá resultados equivalentes às duas primeiras, e até qual lavagem mantém a viabilidade de utilização;
- b) A utilização de água decorrente da lavagem de caminhões betoneira, após a concretagem de uma edificação é viável tecnicamente;
- c) O tipo de cal influencia na RA dos revestimentos.
- d) A quantidade de material economizado na substituição do chapisco convencional pela água de lavagem de betoneira.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de Construção**: normas, especificações, aplicações e ensaios de laboratório. São Paulo: Pini, 2012.

ANGELIM, R. R.; ANGELIM, S. C. M.; CARASEK, H. Influência da distribuição granulométrica da areia no comportamento dos revestimentos de argamassa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, V., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 52**: Agregado Miúdo – Determinação da massa específica e da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 7200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 7211**. Agregados para concreto – Especificações. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 9935**. Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 10004**. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para Assentamento e Revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 13529**. Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânica - Terminologia. Rio de Janeiro, 1995.

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

_____. **NBR 15270/1**: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270/2**: Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270/3**: Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002.

_____. Resolução nº. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº136, 16 de maio de 2011.

CAMARINI, G; ISHIKAWA, P, H. **Propriedade de argamassas de assentamento produzidas com areia artificial para alvenaria estrutural**. Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, X, 2004.

CANDIA, M. C.; FRANCO, L. S. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa**. São Paulo, 1998.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos**: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação. 1996. 285p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CARASEK, H. **Materiais de Construção Civil – Argamassas**. São Paulo: IBRACON, 2010.

CARASEK, H.; CASCUDO, O; SCARTEZINI, L. M. B. Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 4. **Anais...** Brasília, ANTAC, p. 43-67.

CORTEZ, I. M. M. **Contribuição ao estudo dos sistemas de revestimento com a incorporação de fibras sintéticas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Brasília, 1999.

COSTA, E. B. C., et al. **Avaliação do efeito da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

DAFICO, D. A.; Método para obtenção de independência entre resistência e elasticidade em estudos de dosagem de argamassas mistas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 35-42, out./dez. 2007.

GARCIA T. R. **Reuso da Água Gerada pela Lavagem do Caminhão Betoneira**: Estudo do comportamento mecânico do concreto dosado em central. Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, 2017.

GASPERIN, J. “Aderência de revestimentos de argamassa em substrato de concreto: **Influência da forma de aplicação e composição do chapisco.**” Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2011.

GASQUES, A. C. F., et al. Impactos Ambientais dos Materiais da Construção Civil: Breve revisão teórica. **Revista Tecnológica**, Maringá, v. 23, p. 13-24, 2014.

KAZMIERCZAK, C. S.; BREZEZINSKI, D. E; COLLATO, D. Influência do substrato na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa. **Estudos Tecnológicos**, vol.3 nº1: 47-48 (Jan/Jun 2007).

LIMA, K. U. **Avaliação do Efeito do Fator Água/Aglomerante em Concreto de Alto Desempenho.** 2019. Monografia (Programa de Pós-Graduação em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

MALAGONI, M. A.; SCARTEZINI, V. **Análise dos resultados de resistência de aderência em revestimentos de argamassa.** 2013. 391p. TCC. (Curso de Graduação em Engenharia Civil). Escola de Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2013.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **CONCRETO: Microestrutura, Propriedades e Materiais.** 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MORAES, A. V. **Influência da Composição das Argamassas de Revestimento na Resistência de Aderência.** 2019. Monografia (Curso de Bacharelado de Engenharia Civil). Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2019.

PAULA, H. M.; ILHA, M. S. Qualidade da água residuária de usina de concreto para fins de aproveitamento. **Revista IBRACON de estrutura e materiais.** V.7, nº3, 2014, p.349-366.

SABBATINI, F. H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente.** 1986. 28f. Boletim técnico - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986. BT 02/86.

SANDROLINI, F.; FRANZONI, E. Waste washwater recycling in ready-mixed concrete plants, In: **Cement, and Concrete Research**, 2000, p. 485–489.

SCARTEZINI, L. M. B.; CARASEK, H. O tipo e preparo da alvenaria na prevenção do descolamento em revestimentos de argamassa. In: CONPAT – Congresso Latino americano de Patología de La Construcción, 7, 2003, Mérida. **Anais...** Mérida, Cinvestav/ALCONPAT, 1:73-80.

SCARTEZINI, L, M. et al. Influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 85-92, 2002.

SILVA, F, G; BAUER, E. **Avaliação da fissuração em argamassas.** VIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Curitiba, Brasil, 2009.

SILVA, N. G. da. **Argamassa de Revestimento de Cimento, Cal e Areia Britada de Rocha Calcária**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

SZLAK, B. et al. **Manual de Revestimentos de Argamassa**. Associação Brasileira de Cimento Portland. Jaguaré, 2002.

SU, N.; MIAO, B.; LIU, S. F. Effect of washwater and underground water on properties of concrete. **Cement and Concrete Research**, 2002, p. 777–782.

TSIMAS, S.; ZERVAKI, M. **Reuse of wastewater from ready-mixed concrete plants. Management of Environmental Quality**, *Na International Journal*, v. 22, n. 1, p. 7–17, 2011.

VIEIRA, L. B. P. Implantação de modelo sustentável para centrais dosadoras de concreto, São Paulo: **Anais** do 52º Congresso Brasileiro do Concreto, IBRACON – Outubro, 2010.