

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIA CLARA CAVALINI PINTO

ESTUDO EXPLORATÓRIO DO EMPREGO DO AGREGADO DE MADEIRA *PINUS SPP*
EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MINERAL EM ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO

CURITIBA

2022

MARIA CLARA CAVALINI PINTO

ESTUDO EXPLORATÓRIO DO EMPREGO DO AGREGADO DE MADEIRA *PINUS SPP*
EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MINERAL EM ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO

Tese apresentada como requisito para obtenção do título de Doutora em Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Marianne do Rocio de Mello Maron da Costa

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Frederico Alice Parchen

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Pinto, Maria Clara Cavalini.

Estudo exploratório do emprego do agregado de madeira *Pinus spp*
em substituição ao agregado mineral em argamassas de revestimento. /
Maria Clara Cavalini Pinto. – Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de
Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Marianne do Rocio de Mello Maron da
Costa.

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Frederico Alice Parchen.

1. Argamassa. 2. Cimento. 3. Cal. 4. Madeira. I. Costa, Marianne do
Rocio de Mello Maron da. II. Parchen, Carlos Frederico Alice. III.
Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil. IV. Título.



TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA CIVIL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **MARIA CLARA CAVALINI PINTO** intitulada: **Estudo exploratório do emprego do agregado de madeira *Pinus spp* em substituição ao agregado mineral em argamassas de revestimento.**, sob orientação da Profa. Dra. MARIENNE DO ROCIO DE MELLO MARON DA COSTA, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 11 de Julho de 2022.

Assinatura Eletrônica

12/07/2022 17:06:10.0

MARIENNE DO ROCIO DE MELLO MARON DA COSTA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

12/07/2022 11:22:50.0

BARBARA TALAMINI VILLAS BÔAS

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

12/07/2022 21:31:28.0

JOSÉ MARQUES FILHO

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

30/08/2022 22:48:03.0

ANGELA BORGES MASUERO

Avaliador Externo (UNIVER. FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL)

Assinatura Eletrônica

15/08/2022 20:59:54.0

JOSÉ GUILHERME PRATA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico este trabalho à minha
família: meu marido, meu pai,
minha mãe e meu irmão.

AGRADECIMENTOS

À Deus e a Nossa Senhora, pelas graças a mim concedidas durante toda minha vida.

À Professora Dr^a. Marianne do Rocio de Mello Maron da Costa, pela orientação dessa pesquisa e pela atenção, carinho e dedicação de mãe; meu respeito e admiração por sua conduta.

Ao Professor Carlos Frederico Parchen, pela coorientação, incentivo à minha pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pelo apoio financeiro concedido à esta pesquisa.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela oportunidade e aos técnicos Viviane, César, Ricardo e Janaíra pelo auxílio.

Ao meu marido, Thiago, por sempre se esforçar para realizar meus sonhos. Obrigada pela motivação, carinho, força e companheirismo. Essa é mais uma aventura que passamos juntos e vai para a nossa história.

Aos meus pais e irmão, pelo apoio e incentivo para seguir minha carreira.

Aos meus tios, Ricardo e Maria Aparecida, e primo, Felipe, por me darem por todos esses anos um lar.

Às minhas irmãs acadêmicas Eliziane, Leidimara, Gêssica, Paula e Aline, sobretudo à Sarah, que foi incansável em me ajudar, apoiar e me dar força mental e espiritual. Parte dessa tese pertence a vocês sem os quais eu não teria chegado aonde cheguei.

À estrutura do laboratório LATECA/ UFPR, fundamental para o desenvolvimento dessa pesquisa. À Votorantim Cimentos pelo material fornecido para a pesquisa e pelos ensaios realizados. Aos laboratórios de Análises da UNIOESTE, Multiusuário (UTFPR) e CDTec. Aos Laboratórios de Química da Madeira e Usinagem da Madeira da Engenharia Florestal (UFPR) pela produção das formas utilizadas na pesquisa e caracterização do meu agregado de madeira.

Aos alunos de iniciação científica, Franciane Lopes, Letícia Cancela, Maurício Gonçalves e Philippe Cesaris pelo auxílio. Esse trabalho também pertence a vocês.

Às minhas amigas da pós-graduação e da vida que tornaram meus anos de doutorado mais leves, sobretudo à Graciele que me inseriu no ambiente acadêmico e sempre confiou em mim.

Finalmente, agradeço a todos os familiares e amigos que, de diferentes formas, me ajudaram a trilhar esse caminho. Muito obrigada a todos!

“A fé e a razão (fides et ratio) constituem como que as duas asas pelas quais o espírito humano se eleva para a contemplação da verdade. Foi Deus quem colocou no coração do homem o desejo de conhecer a verdade e, em última análise, de O conhecer a Ele, para que, conhecendo-O e amando-O, possa chegar também à verdade plena sobre si mesmo (cf. Ex 33, 18; Sal 2726, 8-9; 6362, 2-3; Jo 14, 8; 1 Jo 3,2).”

João Paulo II, 1998.

RESUMO

A extração de areia tem se tornado assunto de preocupação mundial, que tem fomentado a proposição de soluções para a redução do consumo do agregado natural. Uma possibilidade para tal, é o emprego de materiais alternativos em substituição à areia em construções. No segmento de agregados alternativos, as partículas de madeira têm se apresentado como uma solução para aplicação como compósitos cimentícios em painéis e blocos para a construção civil, por se apresentarem como um material renovável, de baixo custo e que promove a captura do carbono do meio ambiente. Visando substituir completamente o agregado mineral, o objetivo desta pesquisa é propor o desenvolvimento de argamassas de cal e mistas contendo substituição total do agregado mineral por agregado de madeira proveniente de *Pinus spp.*, comparando seu desempenho no estado endurecido com argamassas convencionais à luz da NBR 13281. A pesquisa experimental proposta compreendeu a produção de argamassas com agregado de madeira em formulações com cal CH-III e cimento CP II-F-32. Também foram avaliados traços de argamassas com diferentes teores de substituição dos aglomerantes por cinza volante (25 % e 50 %), com o intuito de reduzir a agressividade do meio alcalino da matriz sobre o agregado de madeira. As argamassas foram submetidas a diferentes condições de exposição (ambiente de laboratório, ciclagem de umidade e temperatura, câmara de carbonatação e ambiente externo) para análise da susceptibilidade à degradação por fatores ambientais. Após as referidas exposições, foi avaliado o desempenho das argamassas no estado endurecido. Os resultados mostraram que as argamassas de cal contendo agregado de madeira apresentaram resistências à tração na flexão e à compressão inferiores às argamassas mistas, entretanto esses desempenhos foram atribuídos às propriedades da cal e não ao agregado de madeira. As argamassas contendo cinza volante apresentaram indícios de aumento da compatibilidade entre as matrizes e o agregado de madeira. Quanto à exposição das argamassas ao ambiente externo, verificou-se que este não acarretou degradação do compósito. As argamassas contendo agregado de madeira apresentaram menor densidade de massa quando comparadas às tradicionais de mesmo traço. Entretanto, suas propriedades mecânicas apresentaram similaridade às das argamassas tradicionais, segundo a classificação da NBR 13281. Assim sendo, concluiu-se que o agregado de madeira se mostrou com uma alternativa viável para substituição do agregado mineral em argamassas, e o emprego da cinza volante pode ser uma alternativa para a redução da alcalinidade deletéria à integridade da madeira.

Palavras-chave: Argamassa, madeira, cimento, cal, serragem, cinza volante.

ABSTRACT

The extraction of sand has become a matter of global concern, which has encouraged the proposition of solutions to reduce the consumption of natural aggregate. In the alternative aggregates segment, wood particles have been presented as a solution for application as cementitious composites in panels and blocks for civil construction, as they are a renewable, low-cost material that promotes the capture of carbon from the environment. Aiming to completely replace the mineral aggregate, the objective of this research is to propose the development of lime and mixed mortars containing total replacement of the mineral aggregate by wood aggregate from *Pinus spp*, comparing its performance in the hardened state with conventional mortars based on the NBR 13281. The proposed experimental research comprised the production of mortars with wood aggregate in formulations with CH-III lime and CP II-F-32 cement. Traces of mortars with different levels of binders replacement by fly ash (25 % and 50 %) were also evaluated in order to reduce the harshness of the alkaline matrix medium on the wood aggregate. The plasters have been submitted to different conditions exposures (laboratory environment, humidity and temperature cycling, carbonation chamber and external environment) for environmental factor degradation susceptibility analysis. The mortars were submitted to different exposure conditions (laboratory environment, humidity and temperature cycling, carbonation chamber and external environment) to analyze the susceptibility to degradation by environmental factors. After the aforementioned exposures, the performance of the mortars in the hardened state has been evaluated. The results have showed that the lime mortars containing wood aggregate presented lower resistance to traction flexion and to compression than the mix mortars, however these performances were attributed to the lime properties and not to the wood aggregate. The mortars containing fly ash have shown signs of increased compatibility between the matrices and the wood aggregate. As for the exposure of the mortars to the external environment, it was found that this did not cause degradation of the composite. Mortars containing wood aggregate showed lower mass density when compared to traditional mortars of the same mix. However, its mechanical properties were similar to those of traditional mortars, according to the NBR 13281 classification. Therefore, it was concluded that the wood aggregate proved to be a viable alternative to replace the mineral aggregate in mortars, and the use of fly ash can be an alternative to reduce the deleterious alkalinity to the integrity of the wood.

KEYWORD: Mortar, wood, cement, lime, sawdust and fly ash.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados médios das propriedades químicas da madeira de <i>Pinus</i> tropicais.	32
Tabela 2 - Classificação do índice de inibição da madeira.....	36
Tabela 3 – Emissão de carbono dos materiais produzidos pela Votorantim Cimentos.....	40
Tabela 4 – Fator de emissão de materiais e fontes de energia.....	40
Tabela 5 – Comparação de emissão de carbono entre vários tipos de blocos.....	44
Tabela 6 - Caracterização física e química do agregado de madeira passante em peneira de abertura 4,8 mm.....	59
Tabela 7 – Valores de índice de inibição.....	62
Tabela 8 - Caracterização física da cal CH-III.....	63
Tabela 9 – Teor de óxidos da CH-III analisado por FRX.....	64
Tabela 10 – Teor de compostos presentes na CH III.....	65
Tabela 11 - Propriedades químicas do cimento CP II-F.....	65
Tabela 12 - Teor de óxidos do CP II-F analisado por FRX.....	66
Tabela 13 – Teor de compostos químicos presentes no CP II-F.....	66
Tabela 14 - Propriedades físicas do cimento CP II-F.....	66
Tabela 15 - Granulometria do cimento CP II-F-32.....	66
Tabela 16 – Propriedades físicas e químicas da cinza volante fornecidas pelo fabricante.....	68
Tabela 17 - Teor de óxidos da cinza volante analisada por FRX.....	68
Tabela 18 - Tipos de tratamento do agregado de madeira para uso em argamassa de cal.....	71
Tabela 19 – Consistência, relação A/MS e densidade das argamassas contendo agregado de madeira.....	76
Tabela 20 - Ensaio realizado no estado endurecido.....	85
Tabela 21 - Variáveis independentes da pesquisa.....	86
Tabela 22 - Variáveis dependentes da pesquisa.....	86
Tabela 23 – Proporção teórica ideal de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para reagir com a cinza volante empregada nas argamassas de cal contendo agregado de madeira.....	90
Tabela 24 – Proporção teórica ideal de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para a cinza volante empregada nas misturas de argamassas mistas contendo agregado de madeira.....	109
Tabela 25 – Classificação de argamassas de acordo com a NBR 13281 (ABNT: 2005).....	128
Tabela 26 – Comparativo entre argamassas contendo agregado de madeira e argamassas convencionais.....	129
Tabela 27 - Emissões de CO_2 por tipo de agregado.....	133
Tabela 28 – Resultados de ANOVA para resistência à compressão das argamassas de cal para verificação da necessidade de tratamento.....	162

Tabela 29 – ANOVA da relação A/MS das argamassas produzidas.....	163
Tabela 30 – ANOVA da densidade a fresco das argamassas produzidas.	165
Tabela 31 - ANOVA da resistência à compressão das argamassas de cal.	167
Tabela 32 - ANOVA da resistência à tração na flexão das argamassas de cal.....	177
Tabela 33 – ANOVA densidade de massa no estado endurecido das argamassas de cal.	186
Tabela 34 - ANOVA da resistência à compressão das argamassas mistas.	193
Tabela 35 - ANOVA da resistência à tração na flexão das argamassas mistas.	203
Tabela 36 - ANOVA densidade de massa no estado endurecido das argamassas mistas.	214

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quantidade de exportação dos principais produtos florestais madeireiros, por ano e produto.	26
Figura 2 - Resíduos de madeira gerados no Brasil (mil unidades de tonelada).....	27
Figura 3 - Desenho esquemático da anatomia de coníferas (não pinácea).....	29
Figura 4 - Emissão de CO ₂ por biomassa.	43
Figura 5 – Esquema da fragilização da zona de transição entre matriz e agregado de madeira.	45
Figura 6 - Processo de degradação das fibras vegetais.....	46
Figura 7 – Fluxograma geral do delineamento da pesquisa.	54
Figura 8 - Serraria onde se coletou a serragem de madeira.	56
Figura 9 - Agregado de madeira passante na peneira de abertura 4,8mm.....	56
Figura 10 - Curva granulométrica da serragem de madeira.	57
Figura 11 - Absorção de água da serragem pelo Método de Maurente.....	59
Figura 12 – Imagens do ensaio de calorimetria.	61
Figura 13 - Curva da cinética de hidratação.	61
Figura 14 - Distribuição granulométrica da cal hidratada.	63
Figura 15 - Análise de TD e DTG da CH III.....	64
Figura 16 - Curva de granulometria a laser do cimento CP II-F 32.....	67
Figura 17 - Comparativo entre distribuição granulométrica a laser da CH III e do CP II-F.....	67
Figura 18 – Análise se TG e DTG da cinza volante.....	69
Figura 19 – Gráfico de DRX da cinza volante.....	70
Figura 20 - Definição das misturas de argamassas de cal.	73
Figura 21 - Definição das misturas de argamassas mistas.....	74
Figura 22 – Fluxograma das condições de exposição das argamassas contendo agregado de madeira.....	77
Figura 23 - Cronograma do período que as amostras permaneceram em cada condição de exposição.	78
Figura 24 – Corpos de prova de argamassas de cal antes de serem inseridos na estufa a 80 °C.....	79
Figura 25 – Altura da lâmina d’água no tanque de fluxo contínuo.....	79
Figura 26 – Corpos de prova de argamassas de cal posicionados no tanque.....	80
Figura 27 – Corpos de prova de argamassas mistas parcialmente submersos.....	80
Figura 28 – Imagem dos corpos de prova expostos ao ambiente externo.....	81

Figura 29 – Média meteorológica dos meses que os CPs estiveram expostos em ambiente externo.....	81
Figura 30 - Ensaio de resistência mecânica das argamassas conforme a NBR 13281.	86
Figura 31 - Imagens dos corpos de prova.....	87
Figura 32 - Resistência à compressão das argamassas de cal para verificação da necessidade de tratamento.	88
Figura 33 – DRX das argamassas de cal.	91
Figura 34 – Picos de portlandita (34,102°) das argamassas de cal.	92
Figura 35 – Coeficiente de capilaridade das argamassas de cal.	96
Figura 36 - Presença de formação de bolor no CP.	97
Figura 37 – Resistência à compressão das argamassas de cal.	99
Figura 38 – Resistência à tração na flexão das argamassas de cal.	103
Figura 39 – Densidade de massa das argamassas de cal.	105
Figura 40 – DRX das argamassas mistas.....	110
Figura 41 – Picos de portlandita (34,102°) das argamassas mistas.	111
Figura 42 – Coeficiente de capilaridade das argamassas mistas sem substituição do cimento Portland por cinza volante.	113
Figura 43 – Resultados de resistência à compressão das argamassas mistas.	116
Figura 44 – Resistência à tração na flexão das argamassas mistas.	119
Figura 45 - Módulo de elasticidade estático das argamassas mistas submetidas à ciclagem de umidade e temperatura.	122
Figura 46 - Densidade de massa das argamassas mistas.	124
Figura 47 - Correlação entre o teor de cinza volante e o desempenho mecânico das argamassas mistas.....	126
Figura 48 – Carta solar de Curitiba nas datas que as argamassas estiveram expostas ao ambiente externo.....	160

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Códigos das argamassas de cal.	83
Quadro 2 - Códigos das argamassas mistas.	84
Quadro 3 – Compostos cristalinos determinados na análise de DRX.	91
Quadro 4 – Código dos materiais determinados na análise de DRX.	109

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

C-S-H – Silicato de cálcio hidratado

CAC- Coeficiente de Absorção por Capilaridade

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPs- Corpos de Prova

DRX - Difração de raio-X

EUA - Estados Unidos da América

FXR - Espectrometria de fluorescência de raios-X

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

LAME - Laboratório de Materiais e Estruturas

LAMIR - Laboratório de Análise de Minerais e Rochas

LATECA - Laboratório de Tecnologia de Argamassas/ DCC- UFPR

ONU - Organizações das Nações Unidas

PIB- Produto Interno Bruto

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PSF - Ponto de saturação da fibra

RCC - Resíduo da Construção Civil

RCD - Resíduo de Construção e Demolição

UR – Umidade relativa

LISTA DE SÍMBOLOS

MF - Módulo de Finura

ϕ_{\max} - Diâmetro máximo característico

MU - Massa unitária

mu - Micrômetro

ρ - Massa específica

S - Superfície específica

CPs - Corpos de Prova

R. C. - Resistência à compressão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE	21
1.2	OBJETIVO	22
1.2.1	Objetivo Geral	22
1.2.2	Objetivos Específicos	22
1.3	JUSTIFICATIVA	22
1.3.1	Ambiental	23
1.3.2	Econômica	23
1.3.3	Social	24
1.3.4	Tecnológica	24
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1	PRODUÇÃO MADEIREIRA E SEUS RESÍDUOS	26
2.2	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DA MADEIRA	28
2.2.1	Celulose	30
2.2.2	Hemicelulose (Poliose)	30
2.2.3	Lignina	31
2.2.4	Extrativos	31
2.3	COMPÓSITO MADEIRA-AGLOMERANTE	32
2.3.1	Agregado de madeira	32
2.3.2	Compatibilidade entre agregado de madeira e cimento	35
2.3.3	Características do compósito madeira-aglomerante	38
2.3.4	Impacto ambiental	40
2.3.5	Degradação da madeira	44
2.4	ARGAMASSA DE REVESTIMENTO	48
2.4.1	Requisitos de Desempenho	48
2.4.2	Agregado mineral na Argamassa	49
2.4.3	Ação da cinza volante em matrizes cimentícias	51
3	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	54
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA	54
3.2	MATERIAIS	54
3.2.1	Água	55
3.2.2	Agregado de madeira	55
3.2.3	Cal Hidratada	63
3.2.4	Cimento Portland	65
3.2.5	Cinza Volante	68
3.3	MISTURAS	70
3.3.1	Argamassas de cal	71
3.3.2	Argamassas Mistas	73
3.3.3	Determinação da relação água/ materiais secos e densidade	74
3.4	MÉTODOS	77
3.4.1	Condições de exposição	78
3.4.1.1	Ambiente de Laboratório	78
3.4.1.2	Ciclagem de umidade e temperatura	79
3.4.1.3	Carbonatação acelerada	80
3.4.1.4	Ambiente Externo	80
3.4.2	Codificação das amostras	82
3.4.3	Ensaio realizados	84
3.4.4	Variáveis da Pesquisa	86
3.4.5	Moldagem, número de amostras e corpos de prova	87

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES DAS ARGAMASSAS DE CAL	88
4.1	ESTUDO DO TRATAMENTO PRELIMINAR DO AGREGADO DE MADEIRA.....	88
4.2	AVALIAÇÃO DA ALCALINIDADE NAS ARGAMASSAS DE CAL.....	89
4.2.1	Reatividade da cinza volante.....	89
4.2.2	Análise de DRX.....	90
4.3	CARACTERÍSTICAS NO ESTADO ENDURECIDO.....	95
4.3.1	Coefficiente de absorção por capilaridade.....	95
4.3.2	Resistência à compressão.....	98
4.3.3	Resistência à tração na flexão.....	103
4.3.4	Densidade de massa.....	105
5	RESULTADOS DAS ARGAMASSAS MISTAS	108
5.1	CAPACIDADE REATIVA DA CINZA VOLANTE NAS ARGAMASSAS MISTAS.....	108
5.1.1	Reatividade da cinza volante.....	108
5.1.2	Análise de DRX.....	109
5.2	CARACTERÍSTICAS NO ESTADO ENDURECIDO.....	113
5.2.1	Coefficiente de absorção por capilaridade.....	113
5.2.2	Resistência à compressão.....	115
5.2.3	Resistência à tração na flexão.....	118
5.2.4	Módulo de elasticidade estático.....	122
5.2.5	Densidade de massa.....	123
5.2.6	Influência da cinza volante	126
6	VALIDAÇÃO DAS ARGAMASSAS CONTENDO AGREGADO DE MADEIRA EM COMPARAÇÃO À ARGAMASSAS CONVENCIONAIS	128
7	CONCLUSÕES	137
7.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	139
8	REFERÊNCIAS	140
9	APÊNDICES	160

1 INTRODUÇÃO

No ano de 2020, 56 % (4,4 bilhões de pessoas) da população mundial residia em cidades e, de acordo com um relatório da ONU (UNEP, 2022), em 2050, esse valor aumentará para 68 % (6,65 bilhões de pessoas). Essa migração urbana irá demandar o aumento de construções e, conseqüentemente, o aumento do consumo de matéria prima. O consumo da areia até os dias atuais tem sido desenfreado, não respeitando a reposição geológica natural e causando danos ao ecossistema. Visando desacelerar a exploração mineral, em 2022, a ONU lançou um relatório apresentando 10 recomendações para o consumo sustentável da areia, sendo elas: Reconhecer a areia como recurso estratégico para a construção de infraestrutura de cidades; Incluir a perspectiva de pessoas que residem em torno aos locais de mineração para definição da agenda; Propor mudanças de paradigmas visando a regeneração do ambiente de extração; Adotar estruturas legais consoantes às diversas realidades regionais; Estabelecer proprietários dos recursos minerais; Monitorar recursos; Estabelecer boas práticas e normas nacionais; Promover a eficiência dos recursos substituindo, quando possível, por materiais alternativos; Inculcar responsabilidade ética no uso de areias; Recuperar ecossistemas degradados.

Há tempos a ONU tem voltado sua atenção ao consumo dos agregados minerais. Em 2019 (UNEP, 2019), produziu outro relatório alertando sobre consumo desenfreado de agregados minerais e o impacto acarretado pela extração descontrolada. O documento aponta que o crescimento populacional, econômico e as urbanizações das cidades tendem a aumentar ainda mais a necessidade de exploração desses minerais. A fim de conter o avanço da exploração mineral, haviam sido propostas soluções como a redução de construções desnecessárias, a redução de utilização de concreto, emprego de agregados reciclados e alternativos e implementação de normas e boas práticas globais e regionais.

Nas últimas décadas, devido à preocupação com fontes não renováveis de matérias primas e com os impactos ambientais por elas gerados, vêm-se desenvolvendo sobretudo argamassas que utilizam materiais renováveis, reciclados ou resíduos. Diferentes materiais já foram estudados para serem possíveis substitutos (totais ou parciais) da areia, entre eles: areia artificial, resíduo de construção e demolição, vidro, conchas e até mesmo resíduo da indústria de calçados. Muitas das misturas desenvolvidas mostram-se com fundamentação sócio e econômica, porém pouco eficientes tecnicamente quando comparadas às argamassas de mistura convencional. (HAWLITSCHKE et al., 2013; COSTA et al., 2016; WEBER et al., 2017; LU et al., 2017, EZ-ZAKI; GHARBI; DOURI, 2018).

A produção de compósitos de cimento e madeira vem sendo estudada e proposta desde 1960 (LIGNUM, 1960 apud BERALDO; CARVALHO, 2004), sendo hoje uma opção de vedação amplamente difundida pelo mundo, mas ainda moderada no Brasil. O compósito produzido a partir destes dois elementos agrega a leveza e o poder isolante da madeira com a resistência mecânica e química dos compostos cimentícios. Além disso, a matriz cimentícia que envolve as partículas de madeira funciona como uma barreira, protegendo a madeira de possíveis incêndios e ataques de insetos e fungos (PARCHEN, 2012; VILLAS-BÔAS, 2016; ROCHA et al., 2017; VILLAS-BÔAS et al., 2017; ROCHA et al., 2018).

Na construção civil, a madeira é um material já consagrado por suas propriedades estruturais, estéticas, térmicas e acústicas. É comum nos Estados Unidos da América e no Japão empregar a madeira nas estruturas das construções, devido ao seu poder de absorção e dissipação de energia, pois estes são países que sofrem constantemente com abalos sísmicos (WANG et al., 2013). Ribeiro et al. (2021) verificaram que o emprego de painéis de compósitos de madeira é capaz de promover a inteligibilidade da fala em salas de aula, promovendo a acústica do ambiente. Diversos pesquisadores também estudaram e comprovaram o poder de isolamento térmico da madeira (ZHANG et al., 2021; BERTOLINI et al., 2019; CETINER; SHEA, 2018). Além destas vantagens, a madeira também é um material renovável, de baixo custo e que promove a captura do carbono do meio ambiente, visto que no ano de 2018 o estoque de CO₂ equivalente (CO₂eq) do segmento de árvores plantadas no Brasil somou 4,2 bilhões de toneladas (IBA, 2019).

Em estudos de materiais para a construção civil, tem-se avaliado a viabilidade da utilização de compósitos cimentícios contendo partículas de madeira, assim como Parchen (2012), Villas-Bôas (2016) e Rocha (2018) que produziram compósitos como blocos e painéis de cimento- madeira e gesso- madeira. Em virtude da produção de painéis de cimento e madeira ter prosperado ao redor do mundo, expandiu-se a união de aglomerantes minerais e madeira para outros compósitos como para as argamassas.

Atualmente, o agregado mineral tem sido substituído parcialmente por partículas de madeira em argamassas, de modo a investigar como esta se comporta frente à alteração do tipo de agregado. A característica que mais destoa a argamassa contendo agregado de madeira das convencionais é a redução da densidade de massa, sendo esta uma vantagem, uma vez que promove o alívio estrutural em edificações. Contudo, a mistura da madeira com cimento exige atenção, posto que os extrativos presentes no vegetal tendem a inibir as reações de hidratação da madeira. A fim de minimizar este efeito da madeira sobre as reações do cimento, foram propostos diferentes tipos de tratamento para promover a compatibilidade entre ambos

materiais (CORINALDESI; MAZZOLI; SIDDIQUE, 2016; NAKARAI et al., 2019; SILVA et al., 2021; INCE; TAYANÇLI; DEROGAR, 2021).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE

Diferentemente das misturas de argamassas contendo agregado de madeira já usualmente pesquisadas (CORINALDESI; MAZZOLI; SIDDIQUE, 2016; ADILI et al., 2016; NAKARAI et al., 2019; SILVA et al., 2021; INCE; TAYANÇLI; DEROGAR, 2021), este trabalho propõe a utilização da serragem de madeira de *Pinus spp.* como substituto total do agregado mineral em argamassas de revestimento. A serragem empregada na pesquisa provém do resíduo gerado no processo de corte de toras para fabricação de tábuas de madeira, obtidas em serraria da região metropolitana da cidade de Curitiba/PR.

O problema que permeia esta pesquisa se refere ao comportamento à longo prazo das argamassas contendo agregado de madeira. Sabe-se que a madeira possui componentes químicos capazes de prejudicar a reação de hidratação do cimento, reduzindo sua resistência mecânica. Além disso, a alta alcalinidade da matriz cimentícia e da cal produz um ambiente agressivo para a madeira, podendo provocar a degradação da estrutura celular do vegetal. Devido à possibilidade de comprometimento da matriz e do agregado de madeira, existe a necessidade de investigação do comportamento da argamassa frente à diferentes solicitações ambientais em idades mais avançadas. Os trabalhos apresentados até então investigaram o comportamento de compósitos contendo agregados de madeira com cimento em idades entre 28 a 91 dias e seu processo de ganho de resistência.

Analisando-se trabalhos de pesquisadores como Parchen (2012), Villas-Bôas (2016), Rocha (2017), Akkaoui, Caré e Vandamme (2017), Li, Khelifa e El Ganaoui (2017), entre outros citados na revisão da literatura, que utilizaram partículas de madeira na produção de compósitos cimento-madeira, a hipótese na qual esta tese se baseia é a de que " A substituição do agregado mineral por agregado de madeira em argamassas de revestimento é tecnicamente viável, sendo que o novo compósito atende aos requisitos das argamassas convencionais com agregado mineral prescritos na NBR 13281 (ABNT, 2005)". A hipótese complementar desta tese supõe que a argamassa contendo agregado de madeira apresentará desempenho no estado endurecido equivalente às argamassas contendo agregado mineral.

1.2 OBJETIVO

Nos itens a seguir serão abordados os objetivos que se deseja alcançar com o desenvolvimento desta tese.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é estudar o desenvolvimento de argamassas de cal e argamassas mistas de cimento e cal com substituição total do agregado mineral por agregado de madeira de *Piuns spp.*, comparando seu desempenho no estado endurecido com argamassas convencionais conforme a NBR 13281.

1.2.2 Objetivos Específicos

Baseado no objetivo geral, delimitam-se os seguintes objetivos específicos para a argamassa com agregado de madeira:

- Avaliar o efeito da substituição da cal e do cimento por cinza volante no desempenho no estado endurecido da argamassa contendo agregado de madeira;
- Avaliar a susceptibilidade da argamassa contendo agregado de madeira frente à variações térmicas e de umidade;
- Verificar a necessidade de tratamento do agregado de madeira quando utilizado em argamassas de cal;
- Possibilitar o emprego de um passivo ambiental como agregado alternativo em argamassas reduzindo o impacto ambiental.
- Possibilitar o emprego de um agregado alternativo com crédito de carbono embutido em contribuição ao meio ambiente.

1.3 JUSTIFICATIVA

Em 2018, a indústria brasileira de árvores plantadas representou 6,9 % do Produto Interno Bruto (PIB) industrial no Brasil. Em função da área de 9 milhões de hectares dedicada ao cultivo de árvores, o país gerou 2,6 milhões de toneladas de resíduos proveniente do desdobramento de madeira somente no ano de 2019, podendo ser empregado na matriz

energética ou mantidos no campo como proteção e adubação do solo. O emprego da madeira em diferentes elementos da edificação já se consagrou como sendo de grande importância, sendo utilizada em estruturas, revestimentos e fôrmas em obras. Gerar uma nova aplicação para o resíduo de madeira, material abundante no país, apresenta diversas vantagens, sendo elas discutidas nos itens a seguir (IBGE, 2021; IBA, 2019).

1.3.1 Ambiental

Por se tratar de um agregado vegetal, a utilização da serragem de madeira reduziria a necessidade de extração mineral e o impacto humano no meio ambiente, com isso, ajudando também a preservar o ecossistema de onde a areia é extraída.

Outra vantagem ambiental de se utilizar a serragem é que se trata de um elemento renovável, no qual após a colheita, novas árvores podem ser replantadas para gerar mais material. Diferentemente, a areia, cuja extração gera impacto ambiental, a jazida demora um longo período de tempo para ser reconstituída e, por isso, o uso da madeira gera menor impacto ambiental. E além da disponibilidade de material proveniente do setor madeireiro, o processo de cultivo das árvores sequestra do meio ambiente dióxido de carbono, mitigando o impacto do efeito estufa e gerando créditos de carbono para o país. Além dessas vantagens, o aumento da produção de plantio de florestas tende a promover o fornecimento de serragem para produção da argamassa contendo agregado de madeira. Em 2021, foram produzidos no mês de junho 5,5 milhões de toneladas de cimento no país (CIMENTO.ORG, 2021). Caso todo esse material fosse utilizado para a produção de argamassa contendo agregado de madeira, de traço 1:3 em volume, seriam necessários mensalmente aproximadamente 3,3 milhões de toneladas de resíduo de madeira. Conforme apresentado, a geração anual de resíduo de proveniente do desdobramento de madeira foi de 2,6 milhões de toneladas em 2019 (IBA, 2019), ou seja, o resíduo ainda não apresenta capacidade de suprir o volume total necessário de agregado para produção de argamassa no país.

1.3.2 Econômica

A serragem utilizada como agregado de madeira na pesquisa apresenta baixo valor e é um subproduto do processo de transformação das toras de árvores em madeira, sendo muitas vezes descartado. Em alguns cenários, esse subproduto é utilizado como combustível em geradores termoelétricos. Com relação à questão econômica, atualmente a média do valor do

metro cúbico de serragem de madeira fica em torno de R\$ 40,00 (MFRURAL, 2022) e a média do valor do metro cúbico de areia fica em torno de R\$110,00 (SILVEIRA, 2022). Portanto, como normalmente 3/4 de uma argamassa é composta por agregado, o valor total da argamassa contendo agregado de madeira ficaria menor que o valor de uma argamassa convencional.

Outra vantagem econômica é que como a madeira é um material com propriedades de isolamento térmico e acústico, o compósito contendo madeira assimilaria essas propriedades (SILVA et al., 2021), vindo a reduzir gastos com utilização de climatizadores de ambiente e mantas para isolamento acústico.

Por se tratar de um material de densidade menor que o agregado mineral, a serragem de madeira utilizada como agregado geraria argamassas mais leves, aliviando as solicitações estruturais nas edificações. Consequentemente, a argamassa contendo madeira auxiliaria na redução dos gastos com elementos estruturais e transporte do material.

1.3.3 Social

A substituição do agregado mineral por agregado de madeira reduz significativamente a densidade a fresco da argamassa, facilitando sua aplicação e, gerando menos estresses físicos dos trabalhadores que manuseiam o compósito. Ademais, as restrições ambientais estão restringindo a exploração mineral, reduzindo a área de trabalho na área da mineração, enquanto a produção florestal é um mercado em ascensão, aumentando ano a ano a geração de emprego e a circulação de riquezas. E ao passo que o setor florestal se desenvolve, mais material estará disponível para produção de compósitos cimentícios. A exploração do agregado mineral envolve, em certos casos, a extração de rochas utilizando explosivos e a moagem do material, gerando pó e poluição sonora.

1.3.4 Tecnológica

Esta tese foi desenvolvida com o intuito de obter uma argamassa mais leve, com amplo apelo ambiental, para revestimentos. O desenvolvimento da argamassa contendo agregado de madeira amplia a gama de aglomerantes em composição com o agregado de madeira, fornecendo subsídios para pesquisas de novos compósitos de base cimentícia ou de cal contendo madeira. O estudo fornece maior entendimento da compatibilidade entre os aglomerantes empregados na produção de argamassas e o agregado de madeira.

Propor um compósito com a inserção da cal além do cimento, abrindo a possibilidade de se prospectar outros produtos para construção civil, a partir de requisitos de desempenho específicos a cada um. Além disso, a interação da adição mineral para reduzir o ambiente alcalino, agressivo ao agregado de madeira, também será uma contribuição.

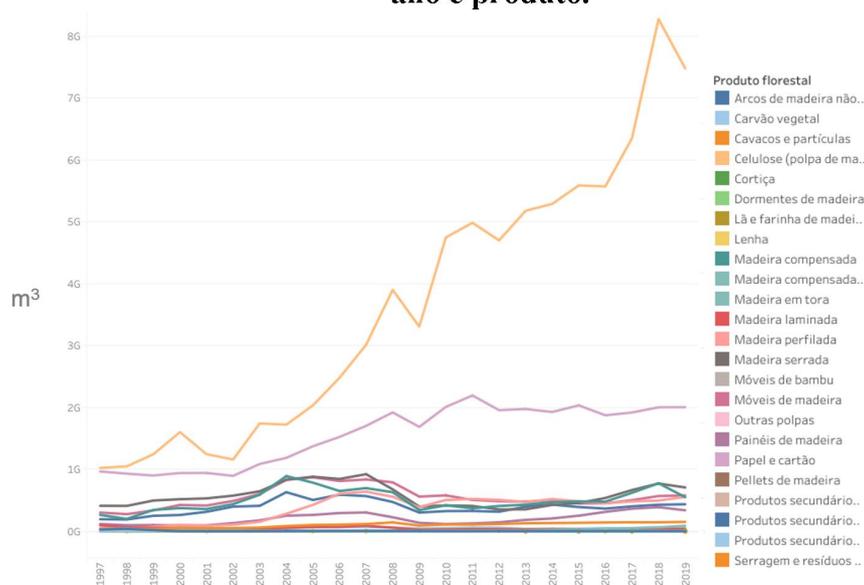
O entendimento do comportamento no estado endurecido das argamassas submetidas às diferentes condições de exposição ambiental promoverá aplicações mais eficiente conforme ambientes mais adequados para a otimização da vida útil da argamassa, por meio da preservação de suas integridades físicas e químicas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PRODUÇÃO MADEIREIRA E SEUS RESÍDUOS

O desdobro da madeira consiste no processamento da tora de madeira em peças de seção retangular com a finalidade de aumentar a versatilidade do emprego da madeira. Realiza-se este procedimento para produzir diversos produtos de madeira, como dormentes, perfis, postes, pranchas, tábuas, ripas, tacos entre diversos outros produtos. De acordo com Pesquisa Industrial Anual do ano de 2019 (PIA) a venda dos produtos provenientes do desdobro da madeira gerou mais de seis bilhões de reais em receita líquida. Na Figura 1 é possível verificar quais produtos têm sido exportados e a variação da quantidade de exportação ao longo do tempo.

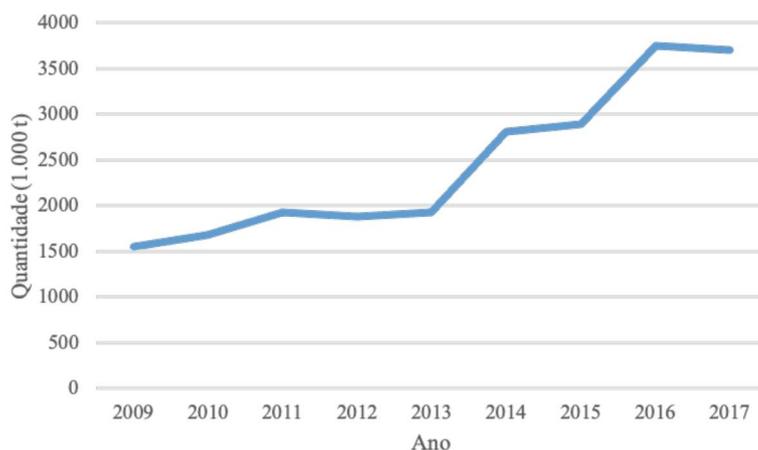
Figura 1- Quantidade de exportação dos principais produtos florestais madeireiros, por ano e produto.



Fonte: SNIF (2021).

Ao passo que a produção e venda da indústria madeireira avança, também se aumenta a geração de resíduo provenientes dessa indústria, como é possível observar na Figura 2.

Figura 2 - Resíduos de madeira gerados no Brasil (mil unidades de tonelada).



Fonte: SNIF (2021).

A PIA de 2019 apontou que nesse ano foram gerados aproximadamente 2,6 milhões de toneladas de resíduos proveniente do desdobramento de madeira. Concomitantemente, o setor da geração de energia tem necessidade de diversificar suas fontes de geração energética e, também, de aumentar o fornecimento para a população. Por esse motivo diversos países têm investido na geração de energia utilizando fontes renováveis. Os Estados Unidos da América (EUA) é um exemplo de país que criou uma política nacional chamada *Renewable Fuel Standard* (RFS), exigindo que parte do combustível fóssil seja substituído por combustíveis renováveis. Por fontes renováveis entende-se por geração de energia utilizando-se energia solar, eólica, hídrica e de biocombustíveis. Além dos EUA, a China, a Índia e alguns países da União Européia também tem investido fortemente em geração de energia sustentável, principalmente a solar e eólica (IEA, 2017; SONG *et al.*, 2018; EPA, 2018; VELÁZQUEZ-MARTÍ, 2018; SETTE *et al.*, 2018).

No caso do Brasil, unindo a crescente geração de resíduos de madeira com a necessidade energética, grande parte dos rejeitos provenientes da indústria madeireira tem sido destinado à geração de energia em centrais térmicas à biomassa. Além de resíduos orgânicos e fontes lenhosas, as centrais térmicas à biomassa também consomem vegetais não lenhosos como cana de açúcar, milho, capim-elefante e óleos provenientes de girassol, soja e mamona. A vantagem da geração de energia por queima de biomassa é que, primeiramente, o combustível é renovável e segundo, pela remoção do gás carbônico do meio ambiente. Durante a fotossíntese, os vegetais absorvem o dióxido de carbono do ar, aprisionam em sua estrutura a molécula de carbono, liberando oxigênio para o meio. Esse é um dos processos que

ocorrem no ciclo de carbono. Por esses motivos é promissor o investimento em florestas energéticas (FREITAS JUNIOR, 2017; IEE, 2018).

Contudo, a matriz energética de um país é composta por diversas fontes de geração, como hidrelétrica, eólica, solar, térmica e nuclear. A demanda de utilização de cada uma das fontes possíveis varia constantemente, a depender de fatores climáticos, políticos e econômicos. Dessa forma, a demanda por biomassa para geração de energia elétrica pode se tornar baixa em certos períodos, aumentando a disponibilidade dos resíduos de madeira para outras aplicações.

Os resíduos gerados pela indústria madeireira possuem outras destinações além da geração de energia, como na forração de granjas. Mesmo com o aumento da participação da energia termoeletrica no país e com as outras destinações já existentes, há ainda excedentes gerados pela indústria da madeira que não apresentam destinação adequada, ficando estes rejeitos estocados e sujeitos à decomposição ou à combustão espontânea. Algumas vezes o resíduo sem destinação é queimado com a simples finalidade de eliminar o volume de material excedente, gerando poluentes, sem que nenhum benefício seja gerado de volta para a sociedade. Pesquisadores internacionais têm estudado a aplicação de diversos rejeitos provenientes de vegetais na indústria da construção civil e moveleira. As pesquisas abrangem fibras vegetais, restos de madeira picada, serragem, entre outros detritos, sendo incorporados à compostos cimentícios e plásticos (SOUZA, 2006; PREILIPPER; DAFOVO; ZAPPAROLI; MAROUBO; MAINARDES, 2016; WANG, *et al.*; 2016; CHEN *et al.*, 2018; CABRAL *et al.*; 2018).

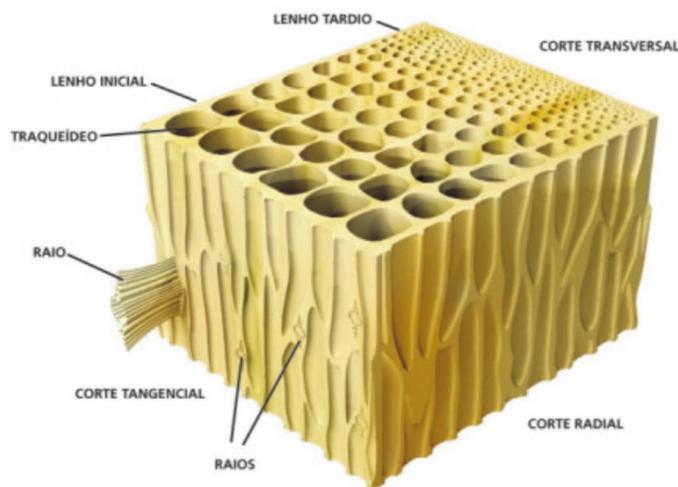
2.2 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DA MADEIRA

A árvore do gênero *Pinus* pertence à divisão vegetal das gimnospermas. A palavra gimnosperma significa “semente nua”, apresentando inicialmente uma importante característica das plantas desse grupo, que consiste no fato da semente dessas plantas apresentar-se exposta ao ambiente e, conseqüentemente, possui a ausência de frutos verdadeiros. Apesar deste grupo de vegetais possuir quatro diferentes filos, o mais importante e numeroso filo representante das gimnospermas é o das coníferas. No Hemisfério Norte são predominantes nas florestas e metade do consumo mundial de madeiras é proveniente dessas árvores. Contudo, no Brasil, apenas duas famílias de coníferas são nativas desse país: a *Podocarpaceae* e a *Araucariaceae*. Ambas ocorrem principalmente na região sudeste e sul brasileira, porém, dentre as duas famílias, somente a Araucária possui expressão econômica.

Por conta da exploração da Araucária, hoje estão sendo feitos reflorestamento com coníferas nativas do Hemisfério Norte, isso porque em ambientes propícios, como o sul do Brasil, árvores *Pinus* das espécies *taeda* e *elliotti* apresentam rápido crescimento, produzindo madeira numa velocidade maior do que outras gimnospermas (RAVEN et al., 2007; GONZAGA, 2006).

As árvores pertencentes ao grupo das gimnospermas produzem “madeira de fibra longa”, sendo assim chamado pelo fato de o lenho não possuir vasos, sendo majoritariamente constituído de um único tipo celular: traqueídes axiais ou traqueóides. Os traqueídes são células compridas e delgadas, com extremidades fechadas. De acordo com a posição em que os traqueóides se localizam no tronco da árvore, essa célula possui diferentes funções. No caso do lenho juvenil, localizado na região central do tronco, os traqueídes são mais curtos, apresentando paredes celulares delgadas e são responsáveis por conduzir a água e minerais no interior da árvore. Em contrapartida, os traqueídes localizados no lenho tardio, região periférica do tronco, apresentam alta densidade, comprimento alongado, de paredes celulares mais espessas e responsáveis por prover a sustentação mecânica. A Figura 3 representa a anatomia de uma conífera, apresentando os traqueídes de paredes delgadas e o de parede grossa (BURGER; RICHTER, 1991; CALIL JUNIOR et al., 2003; ISAIA, 2010).

Figura 3- Desenho esquemático da anatomia de coníferas (não pinácea).



Fonte: GONZAGA, 2006

O tronco e a casca das árvores são compostos por estruturas celulares individuais que em conjunto determinam a morfologia do vegetal. Estas estruturas são tão importantes para as plantas produtoras de madeira que aproximadamente 95% de sua massa é composta por parede celular que, por sua vez, é majoritariamente composta por celulose, poliose e lignina.

Além desses componentes, a madeira também apresenta em menor quantidade compostos solúveis chamados de extrativos (LEWIN; GOLSTEIN, 1991; KLOCK, 2013). No texto a seguir esses elementos serão apresentados com maior detalhamento.

2.2.1 Celulose

A celulose é o principal componente estrutural da parede celular das árvores, estando presente em 40 a 45% da massa seca da maioria das espécies de madeira. Ela é formada por uma cadeia polimérica constituída exclusivamente por β -D-glucose, ou seja, açúcar ($C_6H_{12}O_6$). A configuração β impõe ao polímero uma rotação de 180° , gerando assim um polímero de cadeia linear. Em função do seu alto peso molecular e das suas fortes pontes de hidrogênio que ligam a cadeias de celulose, este composto não é solúvel em água ou solventes orgânicos. Para dissolvê-la é necessário utilizar ácidos ou bases fortes, soluções concentradas de sal ou metais complexos. Em contrapartida, a celulose é altamente higroscópica, já que esta possui três grupos de hidroxilas, sendo capaz de absorver a umidade do ar ou, quando se apresenta saturada de água, esta libera a umidade buscando equilíbrio com o ambiente (BROWNING, 1963; KLOCK, 2013; SJÖSTROM, 1992; LEWIN; GOLSTEIN, 1991).

2.2.2 Hemicelulose (Poliose)

Também é possível encontrar nas paredes celulares das plantas a hemicelulose ou, como também é conhecida, poliose. Diferentemente da celulose, que é composta basicamente por D-glucose, a hemicelulose abrange diversos tipos de polissacarídeos, sendo alguns deles a xilose, manose, glucose, galactose, arabinose, entre outros. Assim como a celulose, a poliose também possui função estrutural e é insolúvel em água, contudo consegue se solubilizar melhor em ácidos e álcalis do que a celulose. Isso ocorre porque suas cadeias moleculares são mais curtas e heterogêneas, ou seja, formada por vários tipos de polissacarídeos. Além dessas peculiaridades, o teor de hemicelulose e os tipos de polissacarídeos contidos nas células variam entre as diversas espécies vegetais. Por exemplo, geralmente as coníferas apresentam maior quantidade de galactoglucomanas, enquanto as folhosas apresentam maior teor de glucouranoxilanas (BROWNING, 1963; KLOCK, 2013; SJÖSTROM, 1992; LEWIN; GOLSTEIN, 1991).

2.2.3 Lignina

Outro importante componente presente na madeira é a lignina. Diferente da celulose e da hemicelulose, a lignina não é composta por carboidratos, mas sim por polímeros aromáticos, heterogêneos e amorfos que se ligam quimicamente à poliose. Ela atua ligando, fortalecendo e dando elasticidade às fibras da madeira, além de atuar como barreira protegendo a parede celular de degradações enzimáticas e protegendo os elementos vasculares. Por sua atuação, é a lignina que permite às árvores suportarem a carga suas copas a grandes altitudes. A extração da lignina promove a degradação estrutural da madeira, uma vez que ela atua como aglomerante das fibras. A lignina é insolúvel, não é possível realizar a hidrólise para separá-la em unidades de monômeros. Assim como a hemicelulose, a lignina é um componente particular à cada espécie vegetal. A gimnospermas apresentam lignina mais homogênea, com estruturas e propriedades mais parecidas entre as árvores desse grupo, enquanto para as angiospermas e gramíneas a lignina apresenta maior variação entre as espécies (BROWNING, 1963; KLOCK, 2013; SJÖSTROM, 1992; LEWIN; GOLSTEIN, 1991).

2.2.4 Extrativos

Esses três componentes discutidos são parte fundamental para a formação celular e estrutural da madeira, contudo ainda existe um quarto componente que se difere desses três já citados, os extrativos. Por apresentar baixo peso molar, esses componentes são solúveis em água ou solventes orgânicos neutros e não participam da parte estrutural da madeira. Estes componentes são responsáveis por certas características da madeira, como cor, cheiro, resistência natural ao apodrecimento, gosto e propriedades abrasivas. Como essas são características peculiares à cada espécie vegetal, é de se concluir que os extrativos também sejam componentes específicos de cada planta, logo, cada vegetal terá os seus próprios tipos e quantidades de extrativos, já que a idade, a região de procedência, a estação climática e a umidade da planta também interferem nesse teor. Na madeira, as substâncias que podem ser classificadas como extrativos são ceras, gorduras, resinas, fitoesteróis e hidrocarbonetos não voláteis, sendo muitas vezes substâncias não poliméricas (BROWNING, 1963; KLOCK, 2013; SJÖSTROM, 1992; LEWIN; GOLSTEIN, 1991; Norma TAPPI 204 om-88; SANTOS, 2008).

Por existirem inúmeros componentes classificados como extrativos, é muito complexo classificá-los, sendo assim, os pesquisadores separaram estes compostos em

categorias por semelhança de estrutura química ou por solubilidade, formando os seguintes grupos: materiais voláteis com vapor d'água, solúveis em solventes orgânicos e solúveis em água. É possível verificar essa separação dos extrativos analisando-se a Tabela 1. As três colunas centrais da tabela apresentam os extrativos solúveis em cada meio: água fria, água quente e solução se NaOH e o pH das amostras em 2 horas e 24 horas. Nota-se que a porcentagem total dos extrativos não chega a ultrapassar 10 %, assim como o pH também não ultrapassou o nível 5 em nenhum dos casos, o que é comum para essas árvores.

Tabela 1 - Resultados médios das propriedades químicas da madeira de *Pinus* tropicais.

Espécie	Água fria (%)	Água quente (%)	NaOH (%)	Extrativos totais (%)	pH (2 horas)	pH (24 horas)
<i>Pinus caribea</i> var. <i>bahamensis</i>	3,36	4,46	13,16	8,76	4,59	4,61
<i>Pinus caribea</i> var. <i>caribea</i>	2,67	4,02	11,38	8,01	4,34	4,34
<i>Pinus caribea</i> var. <i>hondurensis</i>	2,93	3,98	13,39	6,96	4,47	4,43
<i>Pinus chiapensis</i>	3,00	4,19	16,15	8,82	4,23	4,17
<i>Pinus maximinoi</i>	2,74	3,51	11,86	4,76	4,54	4,48
<i>Pinus oocarpa</i>	3,63	5,14	12,85	7,93	4,61	4,49
<i>Pinus tecumanii</i>	2,40	4,10	14,72	7,16	4,46	4,32
<i>Pinus taeda</i>	2,02	2,90	9,31	3,34	4,71	4,64

Fonte: tabela adaptada de TRIANOSKI, 2012.

2.3 COMPÓSITO MADEIRA-AGLOMERANTE

Compósitos são materiais multifásicos no qual cada fase permanece identificável. Cada material, ou fase, constituinte do compósito possui uma característica particular, contudo ao se unir os diversos constituintes para gerar o compósito, o material final apresenta características geradas pela combinação das propriedades particulares a cada fase (CALLISTER JR, 2002). Com o intuito de buscar substitutos menos impactantes para o meio ambiente, trabalhos avaliaram substituição parcial ou total do agregado mineral por partículas de madeira.

2.3.1 Agregado de madeira

O agregado proveniente de madeira apresenta características distintas ao agregado mineral, portanto se faz necessário discutir suas particularidades. A celulose apresenta alta afinidade com água, conseqüentemente a madeira é um material com alto poder de absorção, sendo capaz de retirar umidade da mistura fresca. A água que penetra nas moléculas de celulose provoca o afastamento das paredes celulares, acarretando o inchamento das células. Como quase metade da massa seca de madeira é composta por celulose, o inchamento dessas células é refletido diretamente na madeira. Entretanto, a celulose também é capaz de reduzir de volume com a saída da água da sua estrutura, provocando instabilidade dimensional nas partículas de madeira e, conseqüentemente, interferindo no compósito no estado fresco e endurecido. Contudo, esta variação dimensional ocorre na madeira somente em teores de umidade inferiores ao ponto de saturação (PSF), sendo ele adotado como umidade igual a 30% (BURGUER; RICHTER, 1991; GONZAGA, 2006; ALMEIDA, 2015; VILLAS-BOAS, 2016; ROCHA, 2017).

Outra propriedade da madeira que pode interferir no comportamento de compósitos é a sua densidade, ou massa específica. A madeira, quando comparada à areia, apresenta uma densidade menor, formando compósitos mais leves que, conseqüentemente, geram menores cargas para estrutura de edificação. O principal fator que determina a densidade da madeira é a quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume ou o teor de vazios de sua estrutura. Além disso, a quantidade de resinas, cristais, sílica e outros componentes contidos na madeira também podem interferir na sua massa específica. Sendo a proporção desses elementos específica para cada espécie vegetal, conclui-se que cada espécie possui sua densidade característica de acordo com seus elementos constituintes e de sua estrutura anatômica. No caso do *Pinus*, sua densidade pode variar entre 0,37 g/cm³ a 0,48 g/cm³, de acordo com a espécie. Trianoski (2012) encontrou, em sua pesquisa, valores de 0,389 g/cm³ para a espécie de *Pinus chiapensis* e 0,489 g/cm³ para o *Pinus tecunumanii*. Outro ponto importante a ser observado é a umidade da madeira, já que a madeira pode absorver grande quantidade de água, alterando também sua densidade. Por isso, para se medir a massa específica da madeira a NBR 7190 (ABNT, 1997) estipula o teor de umidade da madeira igual a 12 % (BURGUER; RICHTER, 1991; BAUER, 1994, MENDES, 2001; TRIANOSKI, 2012).

A estrutura histológica da madeira interfere não só em sua densidade, mas também está intimamente ligada à resistência mecânica do material, sendo que as fibras e os traqueídes são as estruturas celulares que mais influenciam as características mecânicas da madeira. Como estas estruturas estão dispostas longitudinalmente no vegetal, a madeira apresenta resistências diferentes de acordo com o sentido da solicitação da carga na fibra. Quando a

madeira é solicitada longitudinalmente, ela apresenta maior resistência mecânica que quando solicitada no sentido axial da peça. Além disso, a madeira é mais resistente à tração que à compressão. Visto que a água também interfere na estrutura celular da madeira, o teor de umidade também interfere na resistência mecânica da madeira. Estas particularidades da madeira destoam das características mecânica do agregado mineral, já que esse apresenta a mesma resistência mecânica independente do sentido no qual é solicitado. Ademais, o agregado mineral também apresenta maior resistência à compressão que à tração e o teor de umidade não interfere tanto em seu comportamento mecânico quanto no da madeira (BAUER, 1994).

Sabendo-se que a madeira é um material que tem a tendência de absorver umidade, é importante se atentar para o teor de água a ser adicionado ao compósito. A quantidade de água deve ser adicionada prevendo a absorção da madeira, de maneira que sobre água suficiente para hidratar os compostos cimentícios e prover trabalhabilidade à mistura. Em função dessa característica do agregado de madeira, SIMATUPANG (1978), apresentada por IWAKIRI (2005), apresentou a fórmula seguir para determinar a quantidade de água ideal para produzir painéis de madeira-cimento (VILLAS-BOAS, 2016).

$$Ca = R_{a/c} * C + (PSF - U) * M \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

Ca = consumo de água (kg);

$R_{a/c}$ = relação água/cimento;

C = consumo de cimento (kg);

PSF = ponto de saturação das fibras (adotado 30%);

U = teor de umidade da madeira (%);

M = quantidade de madeira (kg);

Outra particularidade da madeira em relação ao agregado mineral é a morfologia da partícula. Sabe-se que o formato dos agregados minerais interfere nas propriedades dos compósitos cimentícios. No estado fresco, a morfologia do agregado impacta na trabalhabilidade e no comportamento reológico do material, influenciando a necessidade de água e aditivos da mistura. No estado endurecido, o formato do agregado interfere nas características da zona de transição, logo alterando o comportamento mecânico do compósito. Dado que o formato das partículas de madeira se difere expressivamente do agregado mineral, é de se concluir que a morfologia do agregado de madeira irá impactar no comportamento do novo compósito (CAGGIANO et al., 2018; DANG et al., 2018; KRESJSOVÁ et al., 2018; HOSPODKA; HOFKO; BLANB, 2018; SHEN et al., 2018).

2.3.2 Compatibilidade entre agregado de madeira e cimento

Além das diferenças citadas entre o agregado mineral e de madeira apresentadas no item 2.3.1, existe mais um ponto a ser discutido que distingue os dois agregados: o fato do agregado de madeira solubilizar seus compostos químicos em água. Quando misturada com água e cimento, a madeira libera uma parcela de seus compostos químicos e, parte desses compostos, são capazes de inibir parcialmente ou totalmente o processo de hidratação do cimento. Os carboidratos e os compostos de natureza fenólica e, também, os constituintes da parede celular, bem como as polioeses, são os principais responsáveis por interferir na reação de hidratação do cimento. Em meio alcalino, esses compostos dissolvem-se e se acumulam na interface cimento-madeira, prejudicando a formação dos hidratos nessa região. A hemicelulose quando dissolvida, libera ácidos carboxílicos e hidroxílicos e estes, por sua vez, se combinam com os cátions de cálcio, alumínio e ferro, reduzindo a disponibilidade destes compostos para formar as estruturas C-S-H. Dessa forma, a interface entre madeira e cimento se fragiliza química e mecanicamente. O exato motivo e como a madeira realmente interfere na hidratação do cimento ainda são dados desconhecidos, mas muitas teorias já foram desenvolvidas para tentar explicar o fenômeno (MILLER; MOSLEMI, 1991; JUENGER; JENNING, 2002; BERALDO; CARVALHO, 2004; IWAKIRI, 2005; NA; WANG; WANG; LU, 2014).

Como cada espécie apresenta diferentes teores de constituintes e compostos, é interessante avaliar o poder de inibição da madeira a ser empregada como agregado e, para essa finalidade, foram desenvolvidos vários testes. O mais comumente utilizado consiste em inserir uma amostra do compósito, logo após a mistura de todos os materiais, num recipiente isolado termicamente do meio externo. Dentro do recipiente é inserido também um *datalogger* que capta a liberação de calor gerada pela reação exotérmica de hidratação. De acordo com a energia calorífica liberada e com o tempo de se iniciar a reação, é possível avaliar quanto a madeira interfere no ganho de resistência do cimento. Este índice de inibição pode ser calculado de acordo com a equação 2 proposta por Weatherwax e Tarkow (1964) e complementada por Hoftrand, Moslemi e Garcia (1984) (IWAKIRI, 2005; FERRAZ, 2011; BILCATI, 2015).

De acordo com o índice de inibição atingido nos ensaios e calculado pela Equação 2, os autores classificam o grau de incompatibilidade entre a madeira e o cimento de acordo com a Tabela 2.

$$I = \left[\frac{(T_{cim}-T_m)}{T_{cim}} * \frac{(H_m-H_{cim})}{H_{cim}} * \frac{(S_{cim}-S_m)}{S_{cim}} \right] * 100 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

I = índice de hidratação da cura do cimento (%);

T_{cim} = temperatura máxima da mistura cimento/água (°C);

T_m = temperatura máxima da mistura madeira/cimento/água (°C);

H_{cim} = tempo para atingir a temperatura máxima de hidratação do cimento na mistura cimento/água (h);

H_m = tempo para atingir a temperatura máxima de hidratação da mistura do cimento na mistura madeira/ cimento/água (h);

S_{cim} = máximo incremento de temperatura da curva na mistura cimento/água (°C/h);

S_m = máximo incremento de temperatura da curva na mistura madeira/comento/água (°C/h).

Tabela 2 - Classificação do índice de inibição da madeira

Índice de Hidratação	Classificação
I<10	Baixa inibição
I=10 a 50	Moderada inibição
I=50 a 100	Alta inibição
I>100	Extrema inibição

Fonte: OKINO *te al.*, 2004.

Diversos trabalhos avaliaram o índice de inibição de diferentes espécies de vegetais. Bilcati (2015) confirmou a necessidade de tratamento em suas fibras de curauá ao verificar que o índice de inibição do vegetal era de 68,83. As fibras de coco estudadas por Pereira *et al.* (2019) apresentaram baixo grau de inibição (1,93), coerente com seu baixo teor de extrativos totais (3,38 %). Com o uso de 3 % de CaCl₂, Huang (1999 apud CASTRO, 2015) conseguiu reduzir o índice de inibição de um *Pinus resinosa* de 30,70 para 8,74. Okino *et al.* (2004) demonstraram que a seringueira apresenta grau de inibição extrema, entre 121,12 e 135,79, quando utilizada sem nenhum tipo de tratamento. Pimentel (2000) constatou em seu trabalho que a adição de serragem de *Pinus caribaea* atrasou em 6 horas o tempo para a mistura atingir sua temperatura máxima. Contudo, mesmo com o retardamento, a temperatura atingida foi de 50 °C, sendo ela o mínimo necessário para considerar o emprego dessa serragem como aceitável.

A fim de se tentar mitigar os danos causados pela madeira na estrutura cristalina do cimento, pesquisadores testaram diferentes tratamentos nas partículas vegetais. Uma prática muito implementada para tentar reduzir a interferência da madeira na hidratação do cimento foi imergir a madeira durante certo período em água à temperatura ambiente, em água quente

ou em água fervendo. Como é sabido que os extrativos são compostos solúveis em água, os pesquisadores supuseram que imergir a madeira em água em diversas temperaturas iria reduzir o teor desses compostos e, conseqüentemente, que haveria maior compatibilidade entre madeira e cimento. Para alguns casos a imersão da madeira em água foi eficiente e para outros o banho não foi capaz para aumentar a compatibilidade entre o cimento e a madeira, ficando claro que existem espécies de vegetais que sofrem mais influência desse tipo de tratamento que outras (MOSLEMI; GARCIA; HOFSTRAND, 1983; LATORRACA; IWAKIRI, 2000; OKINO *et al.*; 2004; LIMA, 2005; SOUZA, 2006; POMARICO, 2013; ROCHA *et al.*, 2016).

Outro tratamento bastante empregado pelos pesquisadores consistiu em imergir a madeira em soluções contendo materiais alcalinos, sendo os materiais mais comumente utilizados o hidróxido de sódio (NaOH), também conhecido como soda cáustica, e o hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂). A soda cáustica é o material mais empregado nas soluções pelo fato dela já ser utilizada na indústria produtora de celulose. Em uma das etapas de separação da celulose, a madeira é imersa no licor branco, que consiste numa mistura química composta principalmente por NaOH, com o intuito de remover a lignina da madeira. Logo, o objetivo dos pesquisadores em imergir a madeira estudada em solução de NaOH era voltada para remover da madeira a lignina e os compostos solúveis em água para, após o tratamento, a madeira utilizada na pesquisa ser composta majoritariamente por celulose. Outro fato interessante de se utilizar o hidróxido de sódio no tratamento de madeira para compostos cimentícios é que o próprio cimento pode conter álcalis na sua composição (Na₂O e K₂O) e, quando hidratado, forma entre outros compostos, hidróxido de sódio. Logo, além do NaOH ajudar a eliminar os compostos indesejáveis da madeira, ele também é um composto químico que não interfere na hidratação do cimento, já que ele já faz parte dos hidratos formados na mistura de cimento e água. Contudo, há de se ter cautela na adição de álcalis, uma vez que eles são um dos responsáveis pela indesejável reação álcali-agregado. Estes álcalis reagem com certos minerais silicosos podendo gerar essa reação expansiva, capaz de provocar fissuras da estrutura do concreto. Uma das alternativas para evitar esse tipo de reação é a substituição do cimento Portland por adições minerais como, por exemplo, cinza volante (MEHTA; MONTEIRO, 2008; FERRAZ, 2011; ISAIA, 2011; AIGBOMIAN, FAN, 2014; BILCATI, 2015).

Assim como o NaOH, outro composto também formado na hidratação do cimento é o Ca(OH)₂, portanto o tratamento da madeira com a cal não prejudica a formação da estrutura cristalina do cimento. Ao passo que o NaOH auxilia na remoção dos compostos indesejáveis

da madeira, a imersão do agregado de madeira em solução de Ca(OH)_2 auxilia no encapsulamento dos compostos indesejáveis dentro da madeira. Ou seja, a cal carbonata na superfície da madeira, impedindo que os carboidratos e extrativos se dissolvam na água e inibam a hidratação do cimento. Por esses motivos o tratamento da madeira em solução de Ca(OH)_2 e em NaOH tem se mostrado eficientes. Em Vilas-Bôas (2017), avaliou-se o tratamento de cavacos procedentes de madeira de *Pinus spp.* misturados com uma suspensão de Ca(OH)_2 . Para tanto, as soluções analisadas apresentaram relação água: cal de 4,7: 1; 6,25: 1 e 7,8: 1 em massa. Para a mistura do compósito, foram misturadas massas iguais de cavaco e de suspensão de hidróxido de cálcio e deixou-se o cavaco repousando por 15 minutos. Depois, adicionou-se o cimento e o restante da água para completar o traço dos blocos vazados desenvolvidos na pesquisa. De acordo com as resistências à axial, a pesquisa concluiu que os compósitos produzidos com a solução de relação água: cal de 6,25: 1 apresentaram resistências mecânicas mais elevadas (FAN *et al.*, 2012; PARCHEN, 2012; VILLAS-BÔAS, 2016; CORINALDESI; MAZZOLI; SIDDIQUE, 2016; QUIROGA; MARZOCCHI; RINTOUL, 2016, VILLAS-BÔAS *et al.*, 2017).

Além desses tratamentos que podem ser realizados diretamente na madeira, outros pesquisadores testaram o uso de aditivos aceleradores de pega como forma de anular a inibição da hidratação do cimento. Os aditivos mais utilizados nas pesquisas foram a base de cloreto de cálcio (CaCl_2), nitrato de cálcio ($\text{Ca(NO}_3)_2$), silicato de sódio (Na_2SiO_3). Dos três, o que apresentou pior desempenho foi o aditivo a base de nitrato de cálcio. Os outros dois apresentaram-se como capazes de acelerar a pega do cimento. Contudo, o desempenho dos aditivos apresentou-se como menos eficiente para promover a hidratação do cimento que os tratamentos na madeira (FERRAZ, 2011; FAN *et al.*, 2012; POMARICO, 2013; ROCHA *et al.*, 2016; ROCHA *et al.*, 2017; ROCHA, 2017).

2.3.3 Características do compósito madeira-aglomerante

A tecnologia da produção de compósitos utilizando cimento e madeira é adotada desde a época dos anos 20, principalmente na Europa, sendo o método construtivo posteriormente expandido para a América do Norte e Ásia. Atualmente o maior emprego do compósito de cimento- madeira é destinado à produção de painéis de revestimento. Tentou-se também utilizar alguns polímeros como aglomerantes em painéis, porém o cimento apresenta maior resistência às variações climáticas, ao calor e à ataques de fungos. Além disso, a mineralização das partículas de madeira no interior da matriz cimentícia as tornam mais

resistentes à chamas. Além de painéis de cimento- madeira, também já foram desenvolvidos com esses materiais blocos de vedação e compósitos para utilização em construção. Além desses, também foram produzidos compósitos de gesso- madeira. Até o atual momento, a cal foi empregada nos compósitos de duas maneiras, sendo elas como tratamento da madeira ou misturada com o cimento para produzir a matriz aglomerante. Diversos tipos de partículas vegetais foram empregados nas pesquisas, desde serragem, resíduos de formas de madeira, resíduos de podas de árvores ou de plantas de menor porte (PARCHEN, 2012; VILLAS-BOAS, 2016; WANG *et al.*, 2016; CORINALDESI; MAZZOLI; SIDDIQUE, 2016; CABRAL *et al.*, 2018; ROCHA *et al.*; 2018; USMAN *et al.*, 2018).

Uma das características que tornam a utilização dos compósitos de aglomerantes minerais e madeira atrativa é a sua baixa densidade. A leveza viabilizada pela madeira torna o compósito de fácil aplicação, além de reduzir as cargas estruturais nas edificações e, como resultado, otimizando a construção. Considerando-se que em torno de 60% do volume de uma argamassa convencional é composto por agregado e este agregado passaria de uma densidade entre 2,5 g/cm³ e 3,3 g/cm³ para outra entre 0,4 g/cm³ a 0,52 g/cm³, pode-se concluir que uma argamassa pode reduzir em até 53 % da sua densidade substituindo o agregado mineral por agregado de madeira (ISAIA, 2011; LIMA; JARÁ; AFONSO 1988 apud VILLAS-BOAS, 2016). Parchen (2012) desenvolveu em seu trabalho compósitos madeira cimento de baixa densidade. Os compósitos desenvolvidos na pesquisa apresentaram massa específica (ME) de 0,60 g/cm³ a 0,74 g/cm³ enquanto blocos de concreto apresentam valores em torno de 2,2 g/cm³ e bloco cerâmicos furados entre 1,1 g/cm³ e 1,4 g/cm³. Isso representa uma redução de massa específica de até 73 % de diferença entre o compósito madeira cimento para o bloco de concreto e de até 57 % de diferença entre o compósito desenvolvido e o bloco cerâmico furado. Outra vantagem apresentada pelo compósito é o seu poder de isolamento térmico. Esta propriedade gera para a edificação economia de material isolante bem como de consumo de energia destinada a climatização de ambientes. A NBR 15220-2 (ABNT, 2005) indica a condutividade térmica (λ) de uma argamassa convencional como sendo de 1,15 W/ (m.K) e da areia úmida sendo 1,33 W/ (m.K). Comparando o λ da areia com o de pinus, que varia entre 0,12 W/ (m.K) e 0,23 W/ (m.K), pode-se concluir que a substituição da areia por agregado de madeira seria capaz de reduzir a condutividade da argamassa. Em contrapartida, a resistência mecânica e a porosidade dos compósitos cimento- madeira ficam aquém das apresentadas por compósitos produzidos com agregados minerais, devendo se ter cautela ao dosar as proporções de aglomerante e agregado de madeira (CORINALDESI; MAZZOLI;

SIDDIQUE, 2016; WANG *et al.*, 2016; BILCATI *et al.*, 2018, BOTTERMAN *et al.*, 2018, ROCHA *et al.*; 2018).

2.3.4 Impacto ambiental

Mehta e Monteiro (2001) afirmaram que o cimento Portland é responsável por 7 % das emissões de CO₂ no planeta. De 2001 para os dias atuais o mercado da construção civil tem se tornado cada vez maior devido à demanda por moradia e infraestrutura. A empresa Votorantim Cimentos emitiu uma Declaração Ambiental de Produto (EPD) quantificando o potencial de aquecimento global (GWP) em 100 anos para alguns dos materiais produzidos em suas fábricas. Os dados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Emissão de carbono dos materiais produzidos pela Votorantim Cimentos.

Material	Total de emissão de CO ₂	Unidade
CP II E 40	789,10	KgCO ₂ -eq.
CP III E 40 RS	586,70	
CP V- ARI	906,00	
Argamassa Matrix	142,00	
revestimento de fachada		

Fonte: VOTORANTIM CIMENTOS, 2021 (a); VOTORANTIM CIMENTOS, 2021 (b).

Outros pesquisadores também quantificaram as emissões de CO₂ por outros materiais, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Fator de emissão de materiais e fontes de energia.

Material	Fator de emissão	Fonte
Diesel	3,3 kg CO ₂ eq/L	Wang <i>et al.</i> (2004) apud CBCS (2014)
Eletricidade	0,06 kg CO ₂ eq/kWh	MCTI (2013) – média dos anos 2011, 2012 e 2013
Cimento CP II-Z	0,702 kg CO ₂ eq/kg	WSBD (2013)
Cal	1,18 kg CO ₂ eq/kg	Costa (2012)
Partículas de madeira	0,06 kg CO ₂ eq/kg	Costa (2012)

Fonte: Adaptado de FREITAS JR *et al.*, 2020.

De acordo com a Tabela 4, a cal apresenta maior fator de emissão que o cimento CP II-Z, isso porque a proporção de calcário presente na cal é maior que no cimento e a

calcinação do calcário consiste justamente em transformar o CaCO_3 em CaO , liberando CO_2 para o ambiente. Todavia, para que este aglomerante endureça e ganhe resistência mecânica após a aplicação, ele novamente captura CO_2 do meio ambiente, retornando ao seu estado de CaCO_3 , sendo este o processo de carbonatação. Este mesmo processo ocorre com o cimento, contudo em menores proporções. Em Lagerblad (2005) foi apresentada a Equação 3 para se estimar o potencial de absorção de carbono para concretos e, dessa equação, FREITAS JR *et al.* (2019) adaptou para o potencial de absorção de carbono para argamassas de cimento e cal, apresentando as Equações 4, 5 e 6. Destas equações o trabalho estimou que uma argamassa é capaz de absorver entre 113,1 gCO_2/kg de argamassa a 166,6 gCO_2/kg de argamassa, de acordo com seu respectivo traço.

$$CO_{2\ conc} = 0,75 \times C \times CaO \times \frac{M_{CO_2}}{M_{CaO}} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$CO_{2\ conc}$ = Teor de CO_2 absorvido pelo concreto;
 C = Teor de cimento Portland no concreto em m^3 ;
 CaO = Teor de CaO no cimento (%);
 M = massa molar dos óxidos;

$$CO_{2\ cim} = C_{CP} \times \left(0,75 \times F_{CaO} \times \frac{M_C}{M_{CaO}} + F_{MgO} \times \frac{M_C}{M_{MgO}} \right) \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

$CO_{2\ cim}$ = Teor de CO_2 absorvido pelo cimento (kg/m^3);
 C_{CP} = Teor de cimento Portland na argamassa em m^3 ;
 F_{CaO} = Teor de CaO no cimento;
 F_{MgO} = Teor de MgO no cimento;
 M = massa molar dos óxidos;

$$CO_{2\ cal} = C_{cal} \times \left(F_{CaO} \times \frac{M_C}{M_{CaO}} + F_{MgO} \times \frac{M_C}{M_{MgO}} \right) \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

$CO_{2\ cal}$ = Teor de CO_2 absorvido pela cal (kg/m^3);
 C_{cal} = Teor de cimento Portland na argamassa em m^3 ;
 F_{CaO} = Teor de CaO na cal;
 F_{MgO} = Teor de MgO na cal;
 M = massa molar dos óxidos;

$$CO_{2\ arg} = CO_{2\ cim} + CO_{2\ cal} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

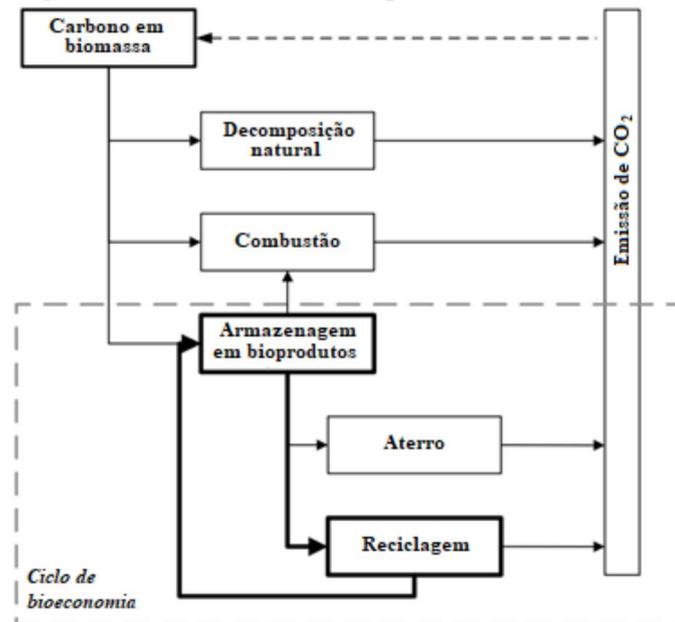
$CO_{2\ arg}$ = Teor de CO_2 absorvido pela argamassa (kg/m^3);

O compósito cimento-madeira além de possuir algumas características físicas vantajosas em relação aos compósitos contendo agregado mineral, também apresenta

benefícios no contexto ambiental. Diferentemente do agregado mineral, o agregado produzido a partir de partículas vegetais é um material renovável. De acordo com EMBRAPA (2021), em oito anos é possível realizar o desbaste de árvores de pinus e, conseqüentemente, gerar mais partículas para serem empregadas como agregados em compósitos. Outra qualidade dos compósitos contendo madeira é que diversas vezes as partículas vegetais empregadas são resíduos gerados em outras produções, dando um novo destino para materiais que seriam descartados em aterros sanitários.

A alta concentração de dióxido de carbono no meio ambiente está atingindo níveis alarmantes. Para tentar reduzir a quantidade de CO₂ liberado, pesquisas têm sido desenvolvidas para buscar alternativas menos poluentes. Nesse contexto, o compósito produzido com agregado de madeira também se apresenta como uma alternativa menos geradora de gases poluentes. Durante o processo da fotossíntese, a planta absorve o dióxido de carbono e libera o oxigênio, empregando em sua estrutura o carbono absorvido pelo CO₂. Este procedimento de absorver o CO₂ mantendo o C em sua estrutura física é conhecido como aprisionamento de carbono. Dessa forma, o carbono absorvido pelos vegetais permanece em sua estrutura física durante sua vida, até que o vegetal morra e entre em decomposição. Nesta fase, são liberados para meio ambiente o CO₂ e outros gases. Como a decomposição é a etapa no qual o gás carbônico é novamente liberado, é interessante que ela seja postergada e, uma alternativa para conservação da estrutura vegetal é a utilização da madeira ou seus resíduos em compósitos. A Figura 4 apresenta um esquema das fases em que a biomassa vegetal libera o CO₂. Nota-se que estocando o vegetal em bioprodutos cria-se mais uma etapa, postergando a emissão do dióxido de carbono (FREITAS JUNIOR, 2017; KAZULIS *et al.*; 2017).

Figura 4 - Emissão de CO₂ por biomassa.



Fonte: KAZULIS *et al.*, 2017.

A fim de se estimular padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviço, aprovou-se em 2010 a Lei N° 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Visando reduzir o impacto ambiental gerado pelo homem, esta Lei promove a redução da geração e a reciclagem dos resíduos sólidos. Uma vez a Lei aprovada, faz-se necessário desenvolver elementos construtivos que gerem o mínimo possível de impacto ambiental, investindo em tecnologias com alta durabilidade e que gerem menor quantidade de resíduo. De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), durabilidade consiste na "capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas", logo é desejado desenvolver materiais que desempenhem suas funções de projeto pelo maior tempo possível.

Tabela 5 – Comparação de emissão de carbono entre vários tipos de blocos

Tipo de bloco	Emissões de CO (kgCO ₂)	
	/kg	/m ² de parede
Bloco produzido com partículas de Pinus spp	0,007	0,39
Bloco estrutural- República Tcheca (KB-BLOK, 2009)	0,240	41,88
Bloco leve de concreto aerado- Europa (RUUSKA, 2013)	0,442	24,83
Bloco de concreto estrutural- EUA (ANGELUS, 2013)	0,154	18,17
Bloco de concreto de vedação- Brasil (QUANTIS, 2012)	0,234	35,15
Bloco de concreto estrutural- Brasil (CBCS, 2014)	0,063	8,12

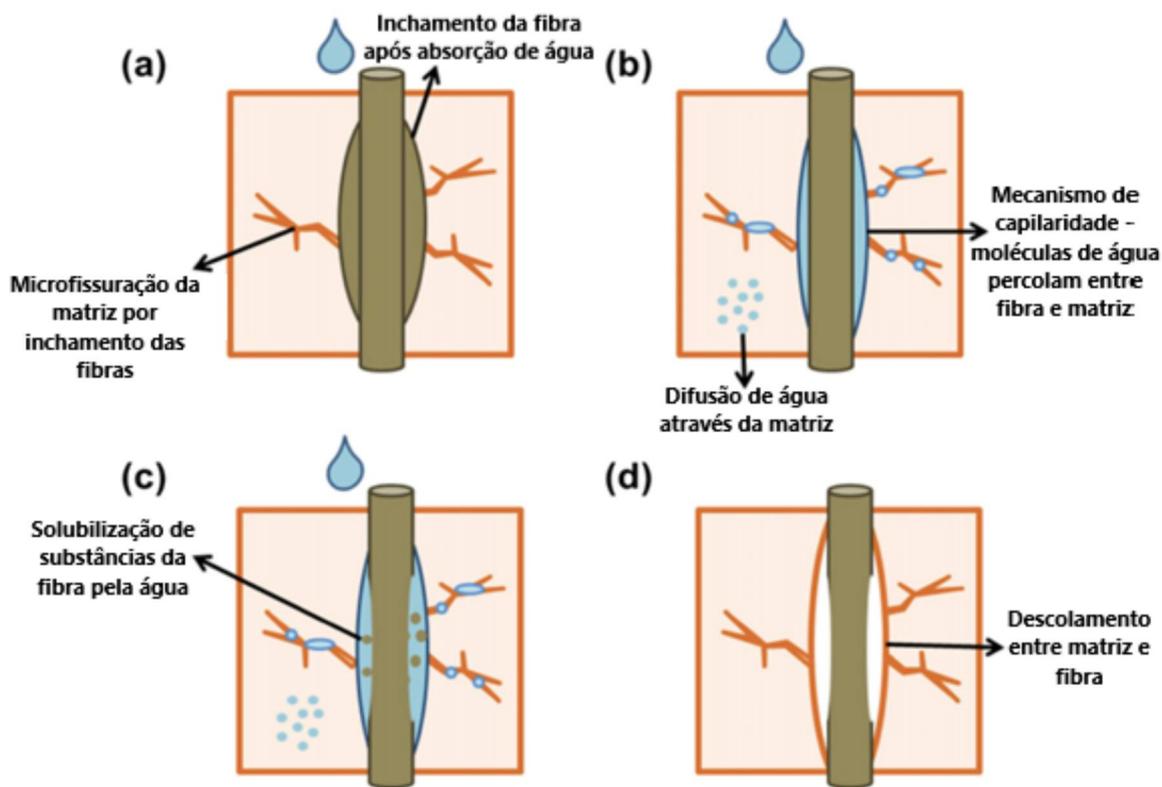
Fonte: Adaptado de FREITAS JR *et al.* (2020).

2.3.5 Degradação da madeira

Em se tratando de compósitos cimentícios, é sabido que a água promove diversos efeitos indesejáveis na estrutura matricial do aglomerante. No que se refere à deterioração química, a água é responsável, por exemplo, por provocar hidrólise dos componentes da pasta de cimento, ataque por sulfatos e reação álcali-agregado (MEHTA; MONTEIRO, 2001).

Um ponto de questionamento quanto à utilização do compósito cimento- madeira é a durabilidade da partícula vegetal na matriz alcalina. Assim como na matriz cimentícia, a presença da água também afeta características da madeira como tamanho da partícula, resistência mecânica, densidade. Além disso, ao passo que a água percola no interior do compósito e se infiltra nas partículas de madeira, ela é capaz de dissolver compostos, como os extrativos, e removê-los da partícula de madeira, provocando a redução diametral do agregado. Essa redução volumétrica do agregado acarreta o enfraquecimento e formação de vazios na zona de transição da matriz cimentícia e da partícula de madeira, tornando o compósito menos resistente física e quimicamente. A Figura 5 apresenta o esquema de como a água prejudica a adesão da matriz e do agregado de madeira. Logo, se ambos os materiais que constituem o compósito são sensíveis à umidade, conclui-se que o compósito cimento- madeira deva evitar contato com água para manter sua integridade. Outra interferência ambiental que pode prejudicar o compósito é o efeito da temperatura, que afeta o ciclo de secagem e molhagem, na umidade relativa do ambiente e, conseqüente mente, na movimentação da água alcalina (ISAIA, 2010; AZWA; YOUSIF; MANOLO; KARUNASENA, 2013).

Figura 5 – Esquema da fragilização da zona de transição entre matriz e agregado de madeira.



Fonte: AZWA; YOUSIF; MANOLO; KARUNASENA, 2013.

Além da água, a própria matriz cimentícia também provoca a degradação das partículas de madeira através da decomposição da celulose. O pH alcalino da portlandita presente no cimento provoca a degradação da partícula vegetal em quatro etapas:

1ª- Primeiramente ocorre a degradação da lignina e parte da hemicelulose, expondo a holocelulose à matriz cimentícia. A holocelulose consiste justamente na fração celulósica remanescente da remoção da lignina.

2ª- Em seguida, ocorre a degradação principalmente da hemicelulose, reduzindo e desestabilizando a integridade da parede celular da fibra vegetal.

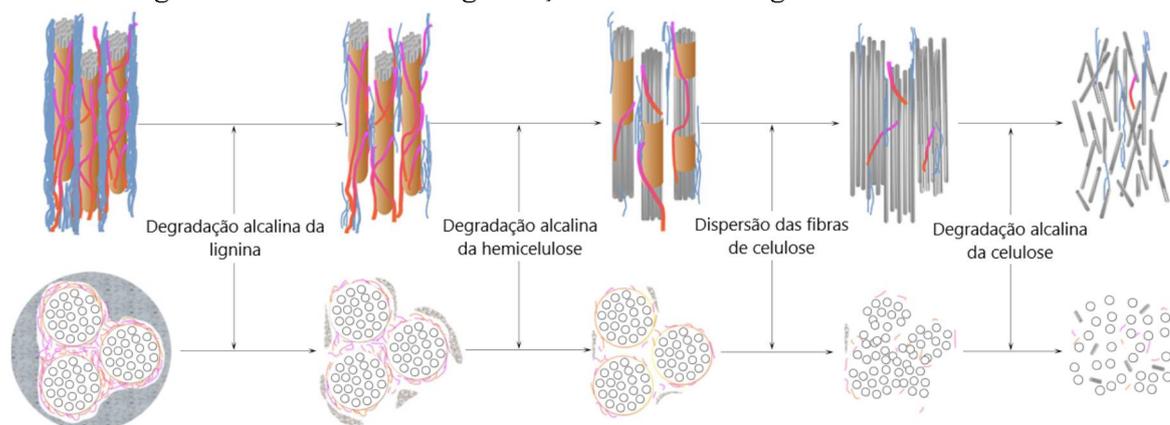
3ª- Após a degradação da lignina, hemicelulose e das pontes de hidrogênio intermoleculares, as fibras de celulose se dispersão na matriz por ausência de elemento aglomerantes na estrutura celular, expondo ainda mais a celulose à decomposição.

4ª- A última etapa consiste na degradação da celulose pela hidrólise alcalina. À medida que a celulose se decompõe, os produtos da hidratação do cimento, estrutura C-S-H e portlandita solúvel, gradualmente se infiltram na parede celular, mineralizando e fragilizando a fibra natural.

Uma vez que os compostos alcalinos atingem a celulose, a sua decomposição acontece por dois mecanismos: por desfolhamento e por hidrólise. As extremidades das cadeias poliméricas da celulose reagem com os íons OH^- , gerando ácidos e separando os carboidratos da cadeia polimérica. Este processo de degradação das extremidades é conhecido por desfolhamento, enquanto a hidrólise provoca a cisão da cadeia, partindo-a em várias partes e, sendo assim, aumentando os números de extremidades disponíveis para reagir com o OH^- (ISAIA, 2010; WEI; MEYER, 2015; YAN; KASAL; HUANG, 2016).

A Figura 6 representa esquematicamente a degradação das fibras de madeira.

Figura 6- Processo de degradação das fibras vegetais.



Fonte: WEI; MEYER, 2015.

Além desses fenômenos de degradação da fibra, a matriz provoca a mineralização e a auto mineralização das partículas vegetais. A mineralização da partícula consiste na migração do hidróxido de cálcio para o interior da célula vegetal, causando a variação volumétrica da fibra. Em contrapartida, a auto mineralização consiste na barreira de proteção causada pelos componentes amorfos (lignina e hemicelulose) a fim de impedir a penetração do hidróxido de cálcio nas células (WEI; MEYER, 2015; YAN; KASAL; HUANG, 2016).

Por conter material biodegradável, compósitos que contém fibras e partículas vegetais são bastante suscetíveis a ataques de organismos biológicos. Por exemplo, o ciclo de molhagem em placas de resina fenólica contendo fibras de juta é capaz de provocar infestação de fungos no compósito. Ao passo que a alta alcalinidade da matriz cimentícia é capaz de degradar as fibras vegetais, o alto pH da matriz também é responsável por proteger o compósito de ataques de fungos. Contudo, à medida que o compósito se torna menos alcalino, aumenta sua pré-disposição ao surgimento de organismos (SINGH; GUPTA; VERMA, 2000; JORGE; PEREIRA; FERREIRA, 2004; OKINO *et al.*, 2004; OKINO *et al.*, 2005; WALKER; PAVIA; MITCHELL, 2014).

Dadas as características do agregado de madeira, o compósito contendo elementos vegetais apresenta maior porosidade o que facilita a permeação do dióxido de carbono no interior do elemento construtivo, gerando CaCO_3 e, também, acarretando a redução do pH. Além disso, a maior formação do carbonato proporciona o aumento da densidade, a colmatação dos poros, o aumento da resistência mecânica e da rigidez do compósito, promovendo também o aumento da sua vida útil. Outra maneira de se reduzir a alcalinidade da matriz consiste em substituir parte do cimento Portland e do hidróxido de cálcio por cimento aluminoso, metacaulim ou outra pozolana, por escória ou microssílica (SOROUSHIAN; WON; HASSAN, 2013; BOLTRYK; PAWLUCZUK, 2014; WEI; MEYER, 2015; WANG *et al.*, 2017; BOLTRYK; KRUPA; PAWLUCZUK, 2018).

Sabendo-se que a alta alcalinidade da matriz cimentícia é capaz de degradar a estrutura celular da madeira, alguns pesquisadores vêm desenvolvendo trabalhos de avaliação do comportamento do compósito inserido em ambientes de carbonatação acelerada. A carbonatação dos compostos cimentícios reduz o pH da matriz, gerando um ambiente mais favorável para as partículas vegetais. Além disso, a carbonatação densifica a matriz cimentícia, melhorando suas propriedades mecânicas. Em Cabral *et al.* (2017) avaliou-se o efeito da carbonatação acelerada em painéis produzidos com cimento e bagaço de cana de açúcar. Os painéis foram submetidos a teste de envelhecimento acelerado e a pesquisa concluiu que os painéis carbonatados preservaram o bagaço de cana e aumentaram a resistência mecânica. Através de análise de TG-DTG, foi verificado que o painel não submetido a carbonatação apresentou 15,6 % de bagaço de cana de açúcar enquanto o painel carbonatado apresentou 29,7 %. Ou seja, a estrutura da fibra contida no painel não carbonatado sofreu degradação. Além disso, o módulo de ruptura (MOR) foi de 0,21 MPa para o painel não carbonatado, enquanto o carbonatado apresentou valor de 1,8 MPa. O módulo de elasticidade (MOE) também sofreu aumento com a carbonatação, passando de 215 MPa para 1.046 MPa.

No trabalho de Urrea-Ceferino *et al.* (2017) foi desenvolvido um compósito de cimento e fibra de polpa de celulose branqueada e não branqueada e verificou-se a influência da super carbonatação (concentração de 100 % de CO_2) sobre as amostras. Os pesquisadores concluíram que a inserção das amostras na câmara de super carbonatação durante uma hora foi suficiente para reduzir a alcalinidade da matriz e mitigar a degradação das fibras de celulose. A redução da alcalinidade foi avaliada pelo teor de Ca(OH)_2 , verificado no ensaio de termogravimetria. Painéis não carbonatados apresentaram teor de 12,6 % de hidróxido de cálcio, enquanto os painéis carbonatados apresentaram teores de 2,05 % e 0,57 %. Com

relação ao comportamento mecânico, o MOR foi de 8,97 MPa e MOE de 8,56 para o painel não carbonatado, enquanto os painéis carbonatados apresentaram MOR de 15,79 MPa e 16,94 MPa e MOE de 13,71 MPa e 14,75 MPa.

WANG *et al.* (2017) desenvolveram painéis de cimento e partículas de madeira proveniente de resíduo de formas. Após vinte e quatro horas em câmara com concentração de 99,9 % de CO₂, o trabalho demonstrou que a carbonatação acelerada promoveu a compatibilidade entre cimento e madeira, aumentou a resistência mecânica e estabilidade dimensional do compósito, e propiciou a formação de hidratos e carbonatos nos poros da matriz cimentícia. Painéis sem carbonatação ensaiados com idade de 28 dias apresentaram tração na flexão de aproximadamente 8 MPa enquanto os mesmos painéis permanecendo um dia na câmara de carbonatação aumentaram para aproximadamente 11 MPa sua resistência de tração na flexão. A carbonatação também reduziu a porosidade dos painéis, alterando a distribuição de poros capilares de 0,13 mLg⁻¹ para 0,09 mLg⁻¹ e reduzindo o tamanho dos poros de 31 nm para 48 nm. Pelos casos apresentados, constata-se que a carbonatação de compósitos cimento-madeira tem se mostrado uma solução para promover a compatibilidade entre matriz- vegetal e promover a durabilidade do compósito. Quanto à aplicação deste compósito em painéis, blocos ou mesmo em argamassas de revestimento, há de se esperar que o processo de carbonatação que ocorre ao longo do tempo ajudará a proteger a madeira da degradação pelo ambiente interno alcalino.

2.4 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

Argamassas são materiais que têm a capacidade de se aderir a substratos e, com a hidratação dos aglomerantes, apresentam ganho de resistência mecânica. Basicamente, todas as argamassas são constituídas de um ou mais aglomerantes, água, agregado miúdo, podendo ou não conter fibras e aditivos. Sua formulação e o teor de seus constituintes são alterados e ajustados de acordo com a sua finalidade e aplicação. A argamassa de revestimento, como o próprio nome indica, possui a finalidade de revestir e proteger elementos estruturais e de vedação.

2.4.1 Requisitos de Desempenho

Para garantir que argamassas de assentamento e revestimento apresentem desempenho mínimo, foi desenvolvida em 2005 a NBR 13281 (ABNT, 2005). Esta norma

especifica os requisitos mínimos para as argamassas e apresenta uma classificação para separá-las de acordo com seu desempenho.

Quanto às exigências mecânicas, a norma estabelece diferentes categorias de acordo com a resistência à compressão, resistência a tração na flexão, densidade de massa no estado endurecido e coeficiente de capilaridade. As caracterizações das argamassas no estado fresco contemplam a capacidade de retenção de água (NBR 13277: 1995) e a densidade de massa (NBR 13278: 1995). Para se caracterizar a argamassa aplicada à parede, a norma indica valores mínimos para a resistência potencial de aderência à tração (NBR 13258-2:2019).

2.4.2 Agregado mineral na Argamassa

Os agregados, de acordo com Isaia (2010), são fragmentos de rocha denominados popularmente de "pedras" ou "areia". Suas características estão ligadas diretamente com o comportamento e desempenho das argamassas. A origem do material, se é britado ou natural, influencia a morfologia e outras características dos agregados. Areias naturais geram argamassas com boas propriedades, uma vez que seus grãos possuem morfologia mais arredondada e granulometria mais uniforme. Contudo, a extração da areia natural tem se tornado um entrave, uma vez que há escassez de jazidas próximas aos grandes centros consumidores e a extração gera impactos ambientais negativos. A solução encontrada está sendo utilizar areia artificial proveniente da britagem de rochas, que apresenta morfologia mais lamelar, angulosa e, também, granulometria desuniforme quando comparada à areia natural. O maior teor de material pulverulento presente nas areias artificiais, tende a provocar fissuração da argamassa durante a cura, ou seja, geram retração. Como há escassez de areia natural e a areia artificial pode interferir negativamente no comportamento das argamassas, a solução utilizada vem sendo uma mistura de ambas, dado que a areia natural corrige características no estado fresco, como trabalhabilidade e fluidez, que areia artificial interfere negativamente (ARAÚJO *et al.*, 2015; DIOGENES; CABRAL, 2017; BLANCO; COIMBRA; BASTTOS, 2017; KABEER; VYAS, 2018).

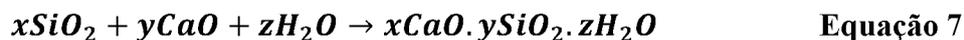
Uma alternativa que vem sendo utilizada como substituição ao agregado natural são os resíduos de construção e demolição (RCD). Além de criar uma destinação para o rejeito, a utilização do novo agregado auxilia a preservação das jazidas de areias naturais. Assim como a areia proveniente de britagem, o agregado proveniente de RCD também possui características particulares, de forma que ao utilizá-lo devem ser tomados cuidados específicos. As características dos agregados reciclados são dependentes da composição do

resíduo que o gerou, ou seja, agregado proveniente de resíduo de telha cerâmica apresenta propriedades diferentes de agregados proveniente de resíduo de concreto. Independente da origem do resíduo, geralmente a areia proveniente de RCD apresentem maior porosidade, requisitando um consumo de água maior para a argamassa. Consequentemente, o alto consumo de água provoca o aumento da retração por secagem, porosidade e absorção de água no estado endurecido. Algumas pesquisas desenvolveram argamassas que atendem aos padrões normativos utilizando agregados de RCD, sendo isso possível mediante ao ajuste da granulometria da areia (HAWKITSCHKEK et al., 2013; MARTÍNEZ et al., 2013).

Como já citado anteriormente, a granulometria, do agregado e do aglomerante, é um fator fundamental no desempenho da argamassa nos estados fresco e endurecido. Ao se analisar a curva granulométrica, é possível extrair informações como o empacotamento dos materiais secos e o coeficiente de uniformidade dos grãos contidos na argamassa. O empacotamento das partículas é caracterizado pela capacidade de grãos menores preencherem os vazios dos grãos maiores, podendo esses grãos serem de agregados ou de aglomerantes. Uma vez que uma argamassa com alto empacotamento é caracterizada por conter baixo teor de vazios, é de se esperar que a trabalhabilidade seja prejudicada pela ausência de bolhas de ar para lubrificar a mistura fresca, gerando uma argamassa consistente, densa e pouco trabalhável. Ao passo que a alta compacidade reduz a trabalhabilidade das argamassas, ela também produz uma argamassa mais rígida no estado endurecido, aumentando a resistência mecânica e o módulo de elasticidade. Inicialmente os estudos referentes ao empacotamento foram desenvolvidos voltados para o concreto, no qual alta compacidade, altas resistências mecânicas, elevados módulos são características desejadas para o concreto. Já as argamassas permeiam pelo meio termo das propriedades físicas e químicas. Para elas, o empacotamento deve ser determinado de acordo com a aplicação para qual as argamassas serão designadas. Além da aplicação, seus constituintes também exigem um mínimo de teor de vazios, dado que argamassas contendo cal necessitam de um mínimo de poros que permitam a carbonatação da cal. Em seu trabalho, Martins (2021) propôs diretrizes de dosagem para verificação do impacto dos insumos nas propriedades das argamassas. Assim como o empacotamento interfere na argamassa, o coeficiente de uniformidade dos grãos também tem sua parcela de influência. Agregados com alta uniformidade tendem a gerar argamassas mais consistentes, exigindo aumentos da adição de água para que a argamassa atinja a plasticidade adequada (BONIN; FEURHARMEL; CARNEIRO, 1999; CARNEIRO; CINCOTTO, 1999; MARGON; ROCHA, 2003).

2.4.3 Ação da cinza volante em matrizes cimentícias

Pozolanas são aluminossilicatos que, em solução, reagem lentamente com os íons Ca^{2+} do hidróxido de cálcio, formando estruturas cimentícias, conforme apresentado na Equação 7.



A redução do teor de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e o aumento do teor de silicato de cálcio hidratado provocam alterações químicas e físicas nos compósitos. Quanto à alteração química, a formação de cristais de C-S-H, em função do consumo de hidróxido de cálcio pela pozolana, torna a matriz cimentícia menos alcalina. Em relação às alterações físicas, o aumento da quantidade de silicato de cálcio hidratado tende a tornar a microestrutura da matriz mais resistente mecanicamente, aumentando também o módulo de elasticidade. (ZHANG; SUN; YAN, 2000; HOPPE FILHO, 2008; MEHTA; MONTEIRO, 2008; ISAIA, 2010; GOBBI, 2014; JOSHUA *et al.*, 2018; DEMIR; GÜZELKÜCÜK; SEVIM, 2018; BENYAHIA; CHOUCHA; GHRICI, 2018).

Existem diversos materiais que podem ser utilizados como pozolana, sendo a cinza volante um deles. As cinzas volantes são compostas por partículas esféricas em maior parte de diâmetro menor do que 45 μm , contudo podendo variar de menos de 1 μm para mais de 150 μm . A superfície específica pode variar entre 200 m^2/kg a 800 m^2/kg , valores estes aproximados à superfície específica do cimento Portland, que varia entre 350 m^2/kg a 600 m^2/kg . Entretanto, ao se comparar a massa específica do cimento Portland à da cinza volante, verifica-se que o primeiro aglomerante apresenta valores em torno de 3.150 kg/m^3 enquanto a pozolana possui massa específica entre 1.900 kg/m^3 e 2.400 kg/m^3 . Considerando, como comentado, que as substituições do clínquer por cinza volante nos cimentos CP II-Z e CP IV são em massa, essa diferença na massa específica entre os dois materiais faz com que, em volume, a proporção de pozolana seja maior que o de aglomerante nos sacos de cimento Portland. Os principais elementos presentes nas cinzas volantes são vidro, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO entre outros. Pela técnica de DRX- Rietveld, Gobbo (2009) demonstrou que as cinzas volantes brasileiras apresentam entre 50 % a 70 % de sílica amorfa, ou seja, sílica na fase que apresenta maior reatividade (ISAIA, 2011; ISAIA, 2011; CAMACHO; CAMACHO; MANCIO, 2018).

A reação pozolânica ocorre de forma mais lenta que as reações de hidratação do cimento, por esse motivo ensaios realizados aos 28 dias tendem a não representar o real comportamento físico de compósitos contendo cinza volante. Pela delonga da reação, a cinza volante promove a resistência mecânica e reduz a permeabilidade em idades avançadas do compósito. A reação pozolânica da cinza volante pode ser afetada por características da própria da cinza ou por fatores externos. As características da cinza que influem na reação são a área de superfície específica dos grãos e a composição do vidro que, por sua vez, é influenciada pelo tipo de material de queima e de forno. A exemplo de fatores externos que interferem na reação pozolânica estão a umidade relativa, a temperatura e o pH da água dos poros. O prolongamento da reação pozolânica necessita que o período de cura úmida seja maior que para compósitos cimentícios, portanto a umidade relativa do ambiente na qual o compósito contendo cinza volante está inserido interfere na reação. Além disso, a temperatura que promove a reação varia entre 20 °C a 80 °C, ou seja, uma segunda demanda do ambiente para promover a reatividade da cinza volante. Por fim, o teor de álcalis presente nos aglomerantes é o responsável por elevar o pH da água dos poros que, por sua vez, é responsável por solubilizar a cinza volante. De acordo com Fraay; Bijen e Haan (1989) apud HOPPE FILHO (2008), para a solubilização é necessário um pH mínimo de 13,3 (TAYLOR, 1997; HOPPE FILHO, 2008; NEVILLE, 2011; TOKYAY, 2016; CAMACHO; CAMACHO; MANCIO, 2018; BEM, 2019; HUO *et al.*, 2021).

A adição de cinza volante em compósitos cimentícios provoca alterações físicas e químicas, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. No estado fresco, as partículas arredondadas da cinza propiciam o aumento da trabalhabilidade, visto que as pequenas esferas separam os grãos e, pela morfologia, reduzem o embricamento entre as partículas dos aglomerantes e agregados. Além disso, essa adição também reduz a segregação e exsudação de mistura pelo aumento da coesão entre a água e as partículas. Quando misturado com água, as partículas do cimento Portland tendem a se aglomerar e a dispersão das partículas de cimento, provocada pela cinza, aumentam a fluidez da mistura. Essa dispersão, também influencia a hidratação do cimento, já que o aumento do teor de adição mineral provoca o decréscimo do teor de cimento e, conseqüentemente, reduz a formação de produtos de hidratação do cimento. Ao se diminuir a formação dos cristais, também se altera a reação exotérmica, aumentando o tempo de pega e diminuindo calor de hidratação. No estado endurecido, o ganho de resistência mecânica é postergado pela redução do teor de cimento no compósito e pela velocidade da reação pozolânica. A redução do teor de cimento conseqüentemente irá acarretar a menor formação de produtos de hidratação. O afastamento

dos cristais produzidos na hidratação, em função da redução do cimento, faz com que eles demorem mais para se encontrar, retardando o ganho de resistência mecânica. Além disso, a reação pozolânica só poderá ocorrer depois da formação do hidróxido de cálcio na matriz. Essa demora da formação dos cristais faz com que os compósitos contendo cinza volante apresentem maior porosidade nas primeiras idades do que os compósitos cimentícios sem adição mineral. Contudo, ao passo que se desenvolve a reação pozolânica, ocorre o refinamento dos poros. O refinamento dos poros e o ganho de resistência em idades mais avançadas se devem justamente ao consumo do Ca(OH)_2 pela cinza volante, onde a estrutura formada é o carbonato de cálcio hidratado. Outra consequência da reação pozolânica é a redução do pH da matriz, uma vez que o teor de portlandita é reduzido (TAYLOR, 1997; HOPPE FILHO, 2008; NEVILLE, 2011; TOKYAY, 2016; ALAKA; OYEDELE, 2017; WITZKE, 2018).

3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Este capítulo explica o desenvolvimento da pesquisa e como foi organizado o planejamento experimental desse trabalho.

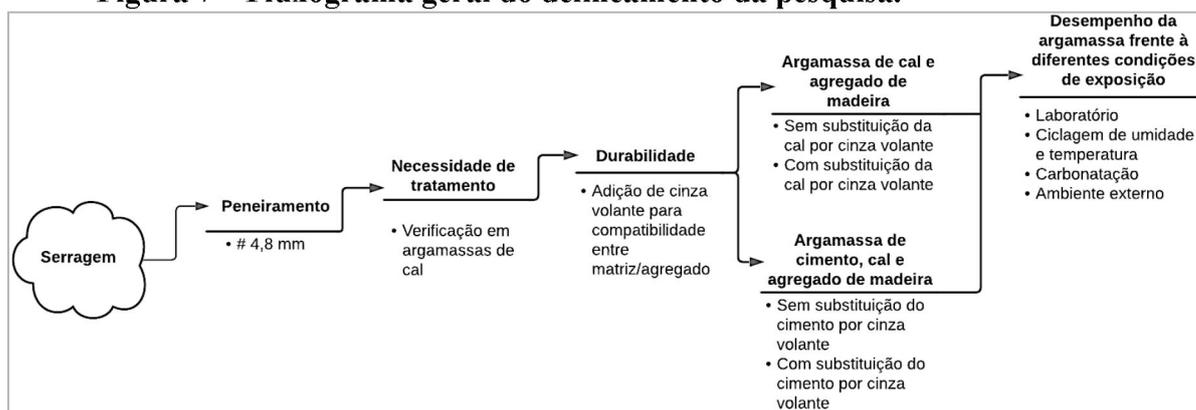
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Essa pesquisa buscou explorar a substituição total da areia por agregado de madeira em argamassas de revestimento, com foco no impacto das condições ambientais de exposição no desempenho do compósito em estado endurecido, tendo em vista a possibilidade de degradação da madeira em ambiente alcalino. Nesse caso, em se tratando de argamassas, não apenas a ação do cimento, mas também da cal hidratada foram avaliadas, juntamente com a cinza volante com o objetivo de observar o seu efeito na alcalinidade do compósito e, conseqüentemente o impacto no desempenho da argamassa em estado endurecido.

O agregado de madeira obtido da indústria moveleira, em seu estado bruto, foi peneirado em peneira de abertura 4,8 mm, para descarte da fração retida, desta forma selecionando a fração com dimensões características de um agregado miúdo.

A Figura 7 descreve as etapas básicas da pesquisa. As etapas descritas no fluxograma estão detalhadas ao longo deste capítulo.

Figura 7 – Fluxograma geral do delineamento da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.2 MATERIAIS

A seguir estão apresentados os materiais empregados na pesquisa para o desenvolvimento das argamassas contendo agregado de madeira.

3.2.1 Água

A água utilizada foi proveniente da rede de distribuição da Sanepar, disponível para utilização no LAME.

3.2.2 Agregado de madeira

O resíduo de madeira é proveniente de árvores de espécies de *Pinus spp.* Este material foi coletado em uma serraria da região metropolitana de Curitiba/PR. À medida que as toras de madeira eram cortadas em tábuas, se produziu a serragem que foi utilizada como agregado. Na Figura 8 é possível observar imagens do local onde o resíduo de serragem foi coletado. A Figura 8 (a) é a imagem das toras utilizadas na produção das lâminas de madeira, sendo possível verificar que estas eram mantidas em local aberto, sem proteção às intempéries. A Figura 8 (b) apresenta a imagem do equipamento utilizado para cortar as toras em lâminas. As tábuas produzidas na serraria estão presentes na Figura 8 (c) e a Figura 8 (d) apresenta as pilhas de resíduo de madeira gerados durante a confecção das lâminas de madeira. Apesar do resíduo ser mantido sobre cobertura, a lateral da pilha apresentava exposição ao ambiente, ficando sujeita a chuvas laterais e a umidades dos ar. E, por fim, foi desta pilha de serragem que se coletou o material para produção do agregado de madeira empregado na pesquisa.

Uma amostra da serragem de madeira foi transportada para o LATECA/UFPR e ensacada para evitar o seu contato com a umidade do meio ambiente e, também, com organismos biológicos que pudessem provocar a sua contaminação. Para utilização da serragem, o material foi peneirado e utilizou-se a fração passante na peneira de abertura 4,8 mm. Este diâmetro de abertura foi adotado por caracterizar a dimensão máxima de um agregado miúdo, nesse caso com dimensões próximas de uma areia grossa. A Figura 9 apresenta a imagem da serragem após o peneiramento em laboratório.

Figura 8- Serraria onde se coletou a serragem de madeira.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Legenda: (a) Toras de *Pinus spp*; (b) Equipamento de corte das toras; (c) Tábuas de madeira; (d) Pilhas de serragem de madeira.
Fonte: Acervo da autora (2022).**

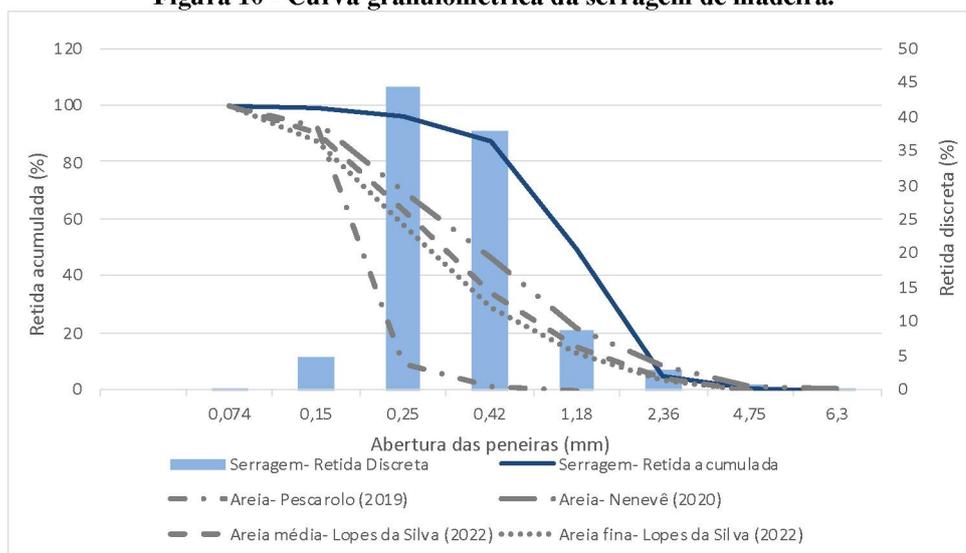
Figura 9- Agregado de serragem de madeira com peneira de abertura 4,8mm.



Fonte: Acervo da autora (2022).

A Figura 10 apresenta a curva granulométrica da serragem antes de ser peneirada para emprego como agregado de madeira e, também, curvas granulométricas de areias já utilizadas em outras pesquisas de argamassas.

Figura 10 - Curva granulométrica da serragem de madeira.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Analisando-se a Figura 10 é possível perceber que a maior parte das partículas de serragem de madeira se concentra entre as peneiras de abertura 0,25 mm (peneira nº.60) e 0,42 mm (peneira nº.40). As partículas são uniformemente distribuídas, possuindo 0,2 % de teor de finos que, comparando-se com o teor limite de 12 % em agregados reciclados prescrito pela NBR 15116 (ABNT, 2021), é um valor consideravelmente inferior. O agregado de madeira apresenta pouco teor de material pulverulento porque as partículas finas de madeira são leves e, com isso, são carregadas pelo vento no momento do corte das lâminas. Além disso, o material coletado para utilização como agregado estava na parte superior do monte de serragem, provavelmente as partículas mais finas se acumularam na base do monte devido ao espaço entre as partículas maiores, que permitiu a descida dos finos até parte inferior. Comparando-se a serragem com agregados minerais utilizados em outras pesquisas, constata-se que as partículas vegetais apresentam dimensões maiores às das areias.

O agregado de madeira foi caracterizado fisicamente, determinando-se a massa unitária, teor de umidade, granulometria, coeficiente de inchamento, umidade crítica e absorção de água. Para essa caracterização, foram utilizadas normas de agregados minerais. A NBR NM 45: 2006 foi utilizada para se determinar a massa unitária seca e úmida do material. A determinação do teor de umidade foi realizada adaptando-se a NBR 7190: 1997 na qual o agregado de madeira foi mantido na estufa em temperatura de 50 °C, a fim de se garantir que as partículas de madeira não entrariam em processo de combustão. O agregado foi mantido em estufa até constância de massa. Na Tabela 6 estão dispostos os resultados da caracterização física e química do agregado de madeira.

Analisando-se a caracterização física do agregado de madeira é possível verificar algumas particularidades do material, como o coeficiente de inchamento e a absorção de água. Nota-se que as partículas de madeira são capazes de aumentar mais de 60 % do seu volume quando sujeitas à umidade. Além disso, seu poder de absorção de água pode chegar a quase 83 %, valor este consideravelmente maior do que a absorção de agregados minerais porosos, como lateritas, que são capazes de atingir 10 % de absorção (ISAIA, 2010).

Silva (2018) propôs um método de análise de absorção de água de polímeros absorventes em ambientes alcalinos. O autor demonstrou em seu trabalho que a alteração do pH da água interferiu na capacidade de absorção de água dos polímeros estudados. Ressalta-se que a serragem é formada em sua maioria de celulose e hemicelulose que, por sua vez, são constituídas de cadeias poliméricas hidrófilas. Utilizando-se o Método de Mauren de Dessorção (Figura 11) verificou-se que, assim como os polímeros, a serragem em água alcalina também apresentou maior capacidade de absorção do que em água destilada. No gráfico da Figura 11 constam os dados da capacidade de absorção da serragem em água destilada e em água alcalina. Esta elevação de absorção pode interferir na água de amassamento da mistura, reduzindo a disponibilidade de água para hidratação dos aglomerantes.

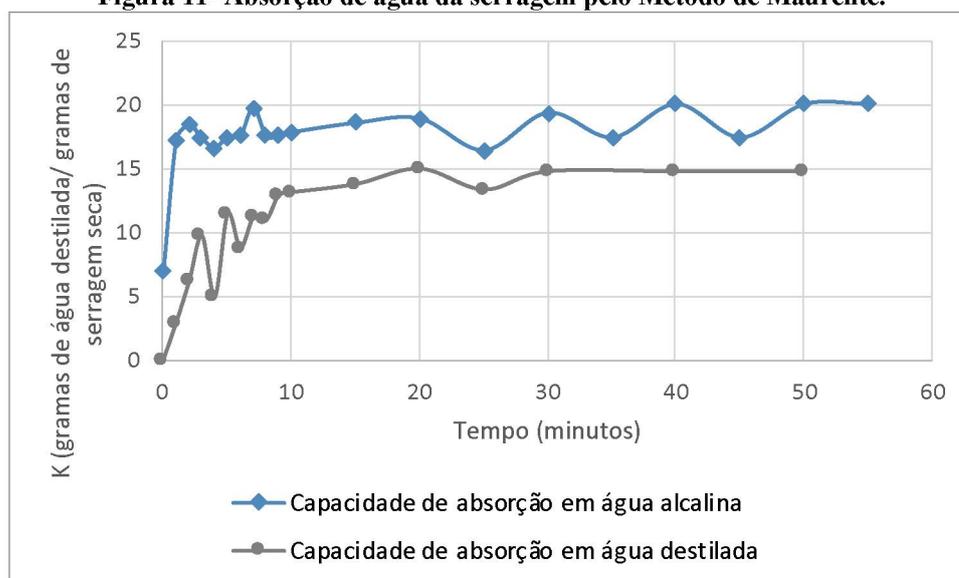
Nesta etapa da pesquisa o agregado de madeira foi misturado à argamassa no estado úmido e seco, por isso foi necessário determinar as diferentes massas unitárias do agregado. Este foi coletado exatamente no momento do corte das lâminas de madeira e estocado de maneira a não perder umidade para o ambiente. Este teor de umidade de 78,83 % é praticamente o mesmo teor de umidade da madeira cortada para ser transformada em tábuas. O pH da amostra utilizada também foi caracterizado, pois em se tratando de uma pesquisa na qual utilizou-se cinza volante, a determinação do pH da madeira é relevante, já que existe a possibilidade da acidez do vegetal interferir na reatividade da cinza volante. A amostra do agregado de madeira apresentou pH mais baixo do que as amostras de madeiras de *Pinus* empregadas no trabalho de Trianosky (2012), o que nos leva a inferir que existe a possibilidade de o agregado de madeira empregado na pesquisa reduzir o poder de reação da cinza volante com o hidróxido de cálcio.

Tabela 6- Caracterização física e química do agregado de madeira passante em peneira de abertura 4,8 mm.

Ensaio	Resultados	Normas:
Massa unitária (seca):	0,175 g/cm ³	NBR NM 45:2006
Massa unitária (úmida):	0,25 g/cm ³	
Teor de umidade:	78,83 %	NBR 7190:1997
Coefficiente de inchamento:	0,647	NBR 6467:2006
Umidade crítica:	10,80 %	
Absorção:	82,87 %	NBR NM 30:2000
Leitura do pH a 2 horas	3,43	TAPPI 252:2002 adaptada
Leitura do pH a 24 horas	3,94	TAPPI 252:2002 adaptada
Teor de extrativos totais	5,78 %	NBR 14853:2010
Teor de extrativos em água fria	1,70 %	TAPPI 207:1999
Teor de extrativos em água quente	5,33 %	TAPPI 207:1999
Teor de extrativos em NaOH	18,32 %	TAPPI 212:2002

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 11- Absorção de água da serragem pelo Método de Maurente.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Outra característica importante de ser determinada é o teor de extrativos do agregado de madeira, tendo em vista a possível interferência na hidratação do cimento. O agregado apresentou valores de extrativos totais e extrativos solúveis em água fria, em sua maioria, inferiores a resultados médios indicados para *Pinus* tropicais (Tabela 1 do item 2.2.4). A menor presença desses dois tipos de extrativos indica que o agregado tende a interferir menos na hidratação do cimento que outras espécies de *Pinus*. Em relação ao teor de extrativos solúveis em água quente, ele apresentou resultado superior às demais espécies de *Pinus*

presentes na Tabela 1. O incremento deste tipo de extrativo não é impactante para a pesquisa, uma vez que ele representa a quantidade de extrativos presentes na madeira capazes de se solubilizar na água em ponto de ebulição, entretanto não há esse nível de temperatura nas reações com as misturas desenvolvidas neste trabalho. Mesmo com a reação de hidratação exotérmica, nas condições de exposição da pesquisa, a água não atinge temperatura tão elevada a ponto de solubilizar esse tipo de extrativo. As caracterizações químicas do agregado de madeira foram realizadas no Laboratório de Química da Madeira da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Para verificar o índice de inibição do agregado de madeira foi realizada a análise da cinética de temperatura para verificar, conforme discutido no capítulo de fundamentação teórica. A metodologia empregada foi a mesma empregada por Bilcati (2015).

Também foi verificada a cinética da hidratação das misturas a partir da obtenção da curva de hidratação da matriz cimentícia, com a variação do calor de hidratação em relação ao tempo, sendo possível obter a energia calorífica máxima produzida pela mistura e o tempo que começam a acontecer as reações de hidratação na matriz. Para a realização desse ensaio, a amostra de argamassa recém misturada é depositada em um recipiente isolante térmico e os dados da energia gerada pela reação de hidratação são coletados por um termopar, possibilitando gerar o gráfico de temperatura de hidratação pelo tempo. Com este ensaio foi possível analisar a interferência do agregado de madeira na reação de hidratação da matriz cimentícia. Contudo, este ensaio foi realizado somente nas argamassas mistas, já que possuem cimento em sua constituição. A Figura 12 (a) apresenta o recipiente isolante na qual a argamassa é inserida e Figura 12 (b) apresenta o ensaio em andamento com o termopar conectado ao computador.

As curvas da cinética de hidratação constam na Figura 13. A partir destas, foram calculados os índices de inibição utilizando a Equação 2 (item 2.3.2) e os resultados estão apresentados na Tabela 7.

Figura 12 – Imagens do ensaio de calorimetria.



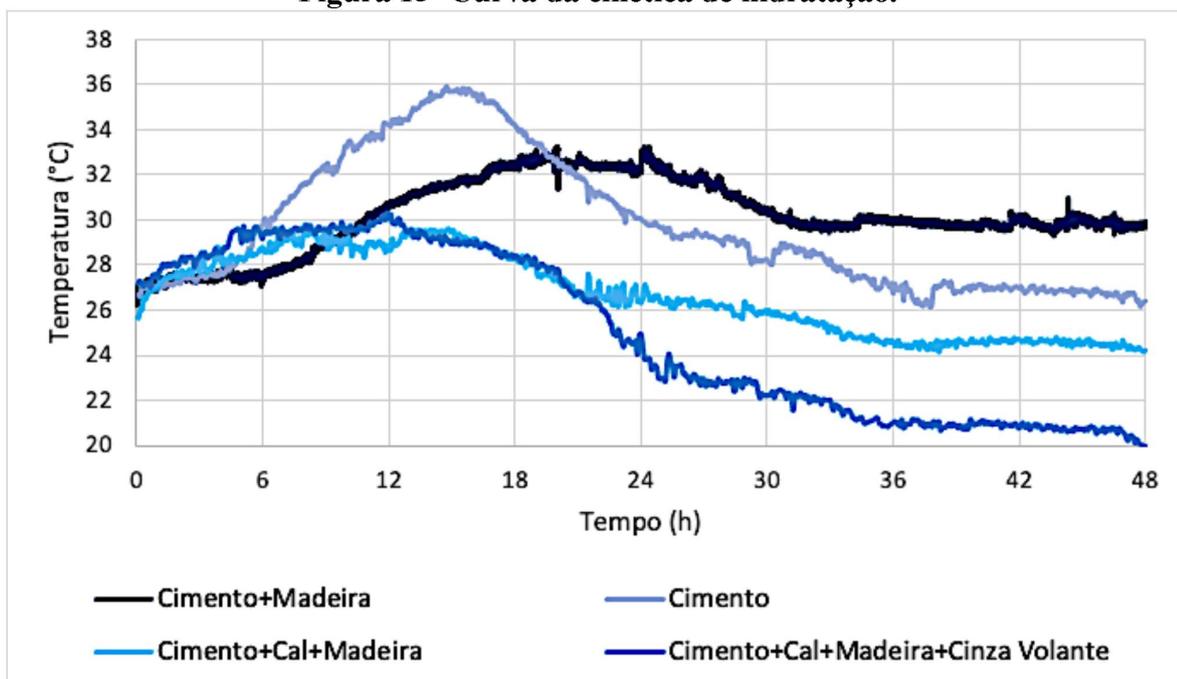
(a)

(b)

Legenda: (a) Recipiente isolante do ensaio de calorimetria com a amostra ensaiada; (b) Ensaio de calorimetria em andamento com o termopar conectado ao computador.

Fonte: Acervo da autora (2022).

Figura 13- Curva da cinética de hidratação.



Fonte: Acervo da autora (2022).

Tabela 7– Valores de índice de inibição

Tratamento	Índice de inibição (%)
	Média
Argamassa de cimento e madeira	0,81
Argamassa de cimento, cal e madeira	-1,06
Argamassa de cimento, cal, madeira e cinza volante	-1,68

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O item 2.3.2 contém uma revisão sobre o fenômeno de inibição da hidratação causado pela incompatibilidade entre o agregado de madeira e o cimento, bem como uma tabela que o classifica em baixa a extrema inibição. Como todas as argamassas de cimento desenvolvidas na tese continham também cal e, em alguns casos, cinza volante, este índice não se aplicaria a elas. Mesmo assim, o mesmo ensaio foi replicado para as argamassas contendo também cal e cinza volante com o intuito de verificar se a presença da madeira interferiria no processo de endurecimento dessas argamassas mistas.

De acordo com a Tabela 2, a serragem de *Pinus* pôde ser classificada como uma madeira de baixa inibição em todos os casos analisados. Conforme esperava-se, adição de cal e de cinza volante reduziram o índice encontrado, pois a proporção de cimento foi reduzida pela adição dos outros componentes, implicando menor quantidade de cimento a ser afetada pelos extrativos.

Conforme discutido na fundamentação teórica, o principal elemento responsável por interferir na inibição da madeira são os extrativos, por isso faz-se necessário investigar sua presença na constituição da madeira. A caracterização da madeira, apresentada na Tabela 6, indicou que o agregado de madeira apresentou 1,70 % de extrativos solúveis em água fria. Pelo ensaio de índice de inibição, foi verificado que a temperatura máxima atingida pelas argamassas mistas durante a reação exotérmica de hidratação foi de 36 °C. Ou seja, não há elevação térmica suficiente para dissolver os extrativos solúveis em água quente, que seria o próximo ao ponto de fervura da água de 100 °C.

Conforme a Tabela 1, Trianoski (2012) caracterizou diversos tipos de *Pinus* e constatou que o teor de extrativos solúveis em água fria presentes nas madeiras estudadas variou entre 3,63 % a 2,02 %. É possível comparar esses valores com os apresentados por Souza et al. (2020), onde foram caracterizadas madeiras provenientes de florestas autóctones (nativas). Entre as espécies analisada na pesquisa de Souza et al. (2020), foi identificado que a madeira com maior teor de extrativos solúveis em água fria é a de Castanha-jarana com 8,29 % e a com menor teor de extrativos solúveis em água é a de Tauari com 4,54 %. Diante do

teor de extrativos solúveis em água apresentado pelo agregado de madeira nesta pesquisa, de 1,70 %, verifica-se um baixo teor de extrativo e, por isso, baixa inibição na hidratação do cimento. Sendo assim, mostrou-se a viabilidade do emprego do agregado de madeira proveniente de *Pinus spp* em argamassas.

3.2.3 Cal Hidratada

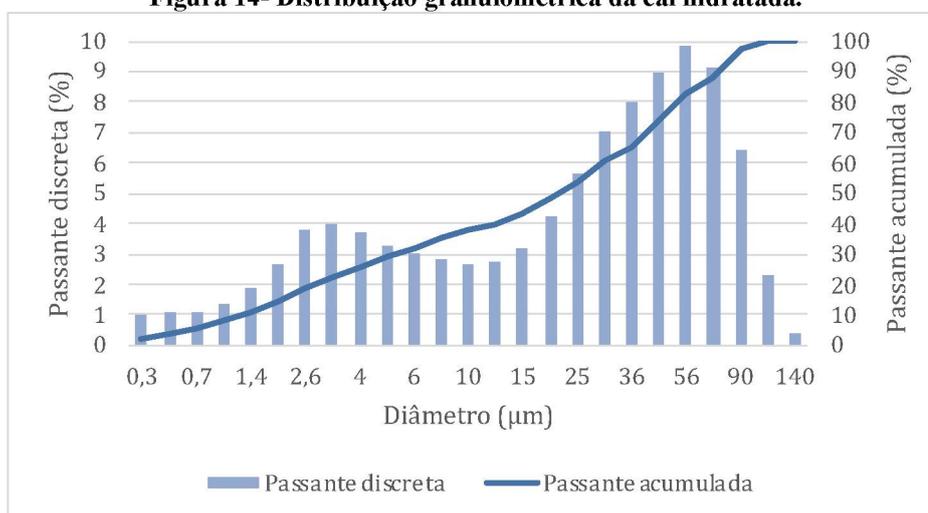
Para a pesquisa foi adotada uma cal hidratada tipo CH-III comercializada na região metropolitana de Curitiba. O material foi caracterizado fisicamente sendo submetido à análise de massa unitária, massa específica e granulometria a laser, conforme resultados apresentados na Tabela 8 e na Figura 14. Na Tabela 9 apresenta-se a caracterização química do aglomerante pela técnica de Espectrometria de Fluorescência de raios-X (FRX).

Tabela 8- Caracterização física da cal CH-III.

Ensaio	Resultado	Norma
Massa unitária	0,6 g/cm ³	NM 45:2006
Massa específica	2,78 g/cm ³	NBR 16605:2017

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 14- Distribuição granulométrica da cal hidratada.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Na Figura 14 confirmou-se a granulometria fina da cal CH-III, uma vez que a maioria das partículas de cal se encontram próximas à dimensão de 100 micrômetros, além de que foi possível identificar uma distribuição uniforme das partículas.

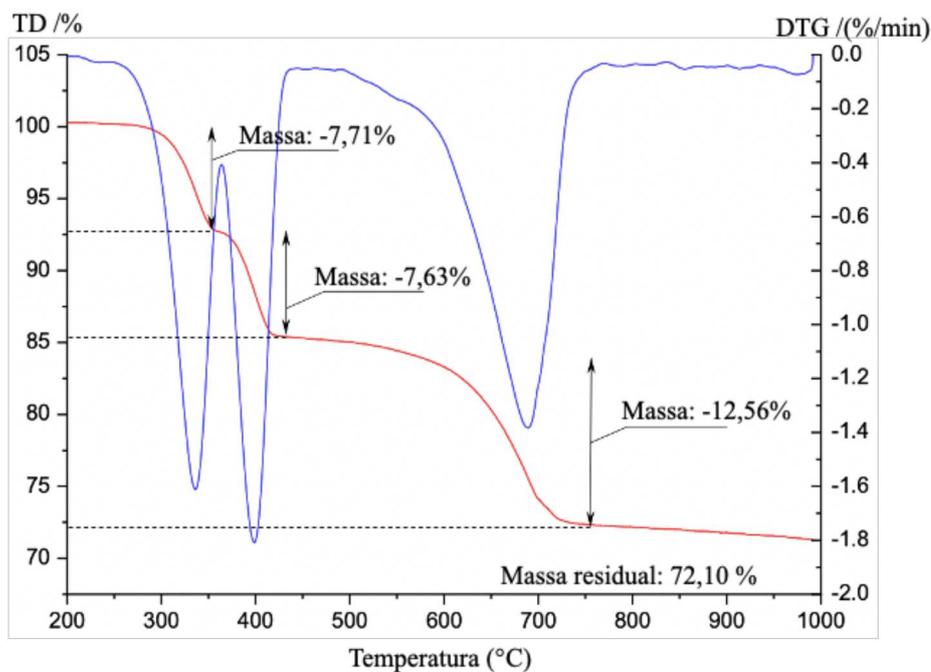
Tabela 9 – Teor de óxidos da CH-III analisado por FRX.

Composição química	CH-III (%)
CaO	49,70
MgO	31,10
CO ₂	14,40
SiO ₂	4,30
Fe ₂ O ₃	0,28
Al ₂ O ₃	0,18
K ₂ O	0,08
SO ₃	0,02
P ₂ O ₅	0,02
SrO	0,02

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A Figura 15 apresenta o gráfico resultante do ensaio de Termogravimetria (TG) e Termogravimetria Derivada (DTG). A queima das amostras foi realizada em atmosfera de oxigênio. Por esse método de análise é possível identificar na CH III os teores de CaCO₃ e Ca(OH)₂ pelas perdas de massa ocorridas a aproximadamente 400 °C (referente ao Ca(OH)₂) e 700 °C (referente ao CaCO₃). Multiplicando-se a perda de massa pela massa molar do elemento é possível chegar aos resultados de teores de compostos presentes na cal (Tabela 10). Esses dados serão importantes para a análise da ocorrência de reações pozolânicas no estudo das argamassas da pesquisa.

Figura 15- Análise de TD e DTG da CH III.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 10– Teor de compostos presentes na CH III.

Compostos da CH III	Teor dos compostos (%)
Ca(OH) ₂	31,36
CaCO ₃	28,51
Mg(OH) ₂	24,98

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.2.4 Cimento Portland

Nesta etapa da pesquisa, optou-se pelo emprego do cimento Portland CP II-F para a realização de adições controladas de cinza volante nas argamassas. Este tipo de cimento Portland não possui adição de materiais que alterem a química da hidratação, mas possui substituição parcial (11 % a 25 %) do aglomerante por material carbonático (filler), uma adição inerte. O CP II-F 32 também é comumente utilizado em obras pelo fato de ser facilmente encontrado no mercado da região. A seguir estão apresentadas as características químicas (Tabela 11, Tabela 12, Tabela 13) e físicas (Tabela 14). Também foi realizada a análise granulométrica do cimento CP II-F (Figura 16) e apresenta-se um gráfico comparando-se a granulometria do cimento e da cal CH- III (Figura 17).

Tabela 11 - Propriedades químicas do cimento CP II-F.

Propriedades Químicas			
Perda a fogo (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Resíduo Insolúvel (%)
5,40	5,10	2,20	0

Fonte: Fornecido pelo fabricante (2018).

Constata-se pelos resultados apresentados na Tabela 11 que o aglomerante adotado não apresenta resíduo insolúvel, fato este de interesse da pesquisa, uma vez que planejou-se adicionar pozolana à mistura para se verificar o efeito da adição mineral no comportamento mecânico das argamassas contendo agregado de madeira.

Pelo ensaio de FRX do cimento Portland CP II-F (Tabela 12) foi possível verificar que os teores de óxidos presentes no aglomerante empregado estão coerentes com os teores indicados pela NBR 16697 (ABNT, 2018). Ademais, os valores fornecidos pelo fabricante (Tabela 11) estão coerentes com os apresentados pelo FRX (Tabela 12).

Tabela 12 - Teor de óxidos do CP II-F analisado por FRX.

Composição química	CP II-F (%)
CaO	57,70
SiO ₂	13,10
CO ₂	11,80
MgO	4,88
Fe ₂ O ₃	3,93
Al ₂ O ₃	3,16
SO ₃	2,65
P ₂ O ₅	0,99
SrO	0,74
TiO ²	0,69
K ₂ O	0,22
MnO	0,15
ZnO	0,06
PdO	0,05

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Assim como para a CH III, também se calculou o teor de óxido de cálcio e carbonato de cálcio utilizando-se como base a análise de TG e DTG (Figura 15), onde a queima do aglomerante foi realizada em atmosfera de oxigênio. A Tabela 13 apresenta os teores dos compostos presentes no CP II-F, enquanto a Tabela 14 apresenta suas propriedades físicas.

Tabela 13– Teor de compostos químicos presentes no CP II-F.

Compostos do CP II-F	Teor dos compostos (%)
Ca(OH) ₂	10,73
CaCO ₃	23,86

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 14 - Propriedades físicas do cimento CP II-F.

Massa Unitária (g/cm ³)	Propriedade Físicas						Massa Específica (g/cm ³)
	Tempo de Pega (h:min)		Consistência Normal (%)	Blaine (cm ² /g)	Finura #200 (%)	Finura #325 (%)	
	Início	Fim					
1,24	3:38	4:41	31,1	3,818	0,10	3,10	3,04

Fonte: Fornecido pelo fabricante (2018).

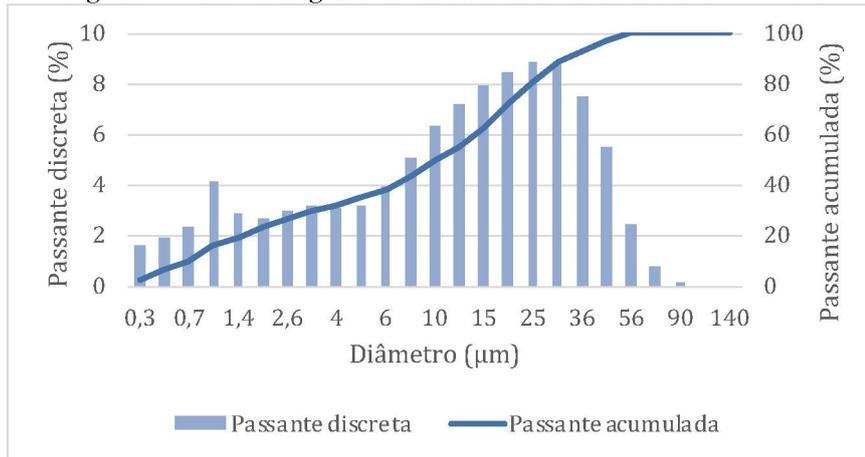
Tabela 15 - Granulometria do cimento CP II-F-32.

Diâmetro	Granulometria
a 10%	0,71 mu
a 50%	10,23 mu
a 90%	33,35 mu
médio	13,94 mu

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

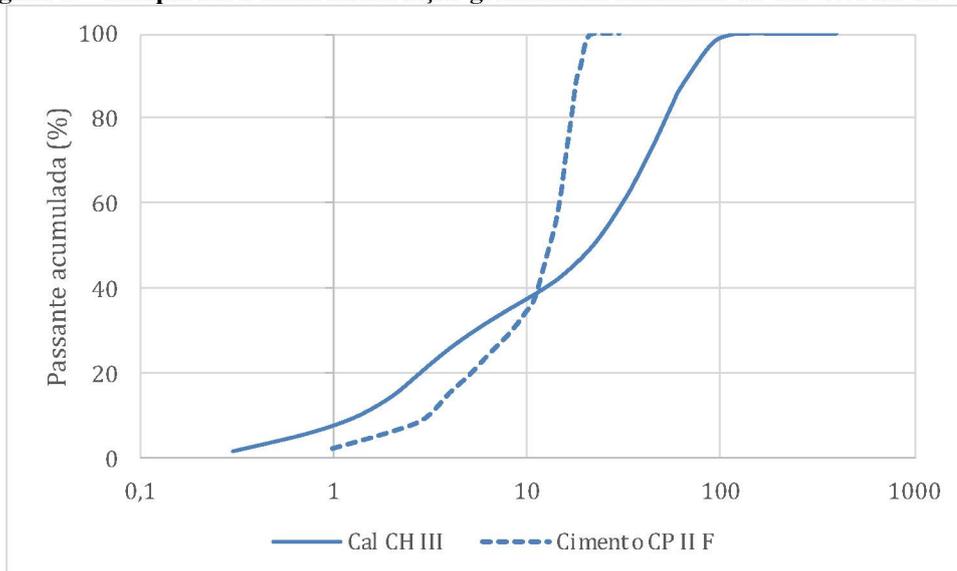
Analisando-se a Tabela 15 e a Figura 16 é possível visualizar as granulometrias discreta e acumulada do cimento Portland CP II-F 32. Na Figura 17, é apresentado um comparativo das curvas granulométricas dos aglomerantes empregados no trabalho, onde verificou-se que cimento adotado apresenta granulometria contínua, contendo partículas mais finas que a CH III.

Figura 16 - Curva de granulometria a laser do cimento CP II-F 32.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 17- Comparativo entre distribuição granulométrica a laser da CH III e do CP II-F.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.2.5 Cinza Volante

A cinza volante foi empregada com o intuito de consumir a portlandita presente na matriz da argamassa, dessa forma reduzindo a sua alcalinidade. Como discutido na fundamentação teórica, as partículas de madeira sofrem degradação em ambiente alcalino e, por isso, optou-se por adicionar cinza volante a fim de reduzir o pH da matriz e tornar o meio menos agressivo ao agregado de madeira.

A cinza volante utilizada na pesquisa é proveniente da termoelétrica de Capivari (estado de Santa Catarina) e foi doada por uma empresa produtora de cimento. Conforme o fornecedor, a cinza volante atende aos requisitos da NBR 12653 (ABNT, 2014). A seguir são apresentadas as análises físicas e químicas (Tabela 16 e Tabela 17) realizadas.

Tabela 16 – Propriedades físicas e químicas da cinza volante fornecidas pelo fabricante.

Massa Unitária (g/cm ³)	Propriedade Físicas		Propriedades químicas		
	Massa Específica (g/cm ³)	#200	#35	Perda ao fogo (%)	RI (%)
0,98	2,04	18,1	29,9	4,73	91,37

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

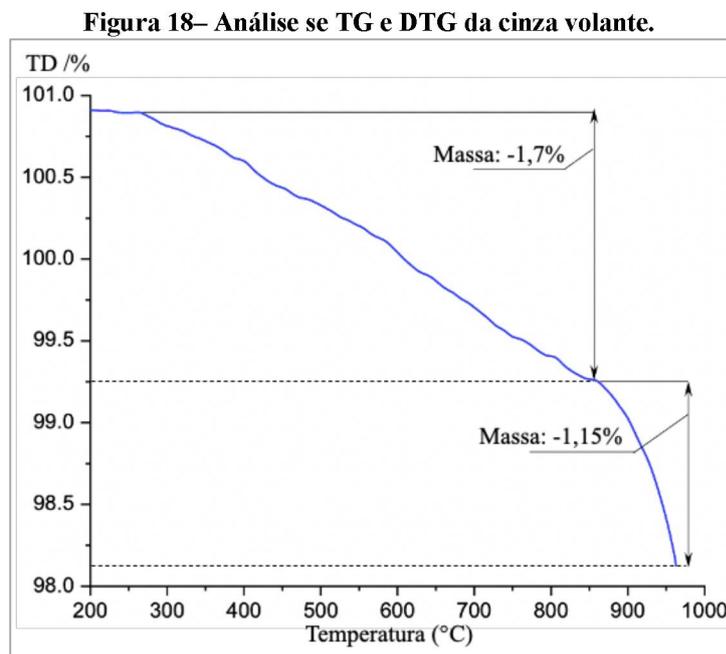
Tabela 17- Teor de óxidos da cinza volante analisada por FRX.

Composição química	Cinza volante (%)
SiO ₂	65,33
Al ₂ O ₃	21,81
Fe ₂ O ₃	7,71
K ₂ O	2,88
MgO	1,07
TiO ²	1,05
CaO	0,13

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Como discutido anteriormente na revisão da literatura, a cinza volante é um material composto em sua maioria por óxido de silício, como é possível verificar na Tabela 17. A fração amorfa do SiO₂ é a que reage com o Ca(OH)₂, presente no cimento Portland hidratado e na cal hidratada. Conforme discutido no capítulo de Fundamentação Teórica, cinzas volantes com menos de 10 % de óxido de cálcio são enquadradas na categoria de baixo teor de cálcio, assim como a cinza volante empregada nesta pesquisa. De acordo com a

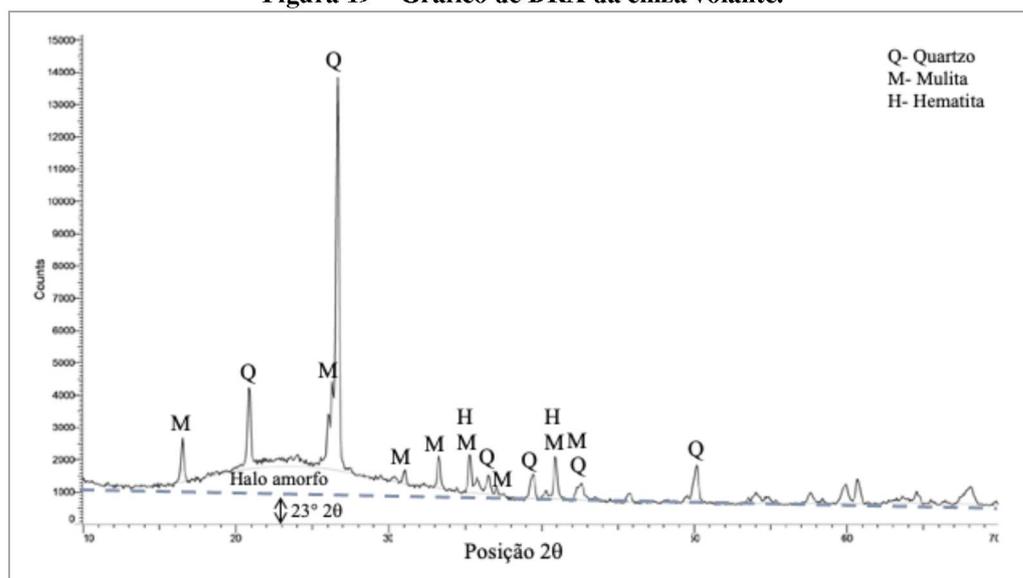
classificação da NBR 12653 (ABNT, 2014), este material se enquadra na classe “N” ou “C” de material pozzolânico por possuir mais 70 % de $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Através do TG e DTG da cinza volante (Figura 18) pode-se estimar a eficiência de queima do carvão pulverizado empregado na termoelétrica. Pela queima do material em atmosfera de oxigênio, atribui-se a perda de massa de 1,7 % à queima do carvão residual. Pela Figura 19 é possível verificar o difratograma obtido por DRX para a cinza volante. O difratograma apresenta o halo amorfo, que é característico de materiais pozzolânicos. Assim como em Hoppe Filho (2008), o ápice do halo amorfo encontra-se na posição 2θ . Além disso, é possível verificar a presença dos seguintes compostos cristalinos: quartzo, mulita e hematita. O DRX, FRX e a TD da cinza volante foram realizados no Laboratório de Química da Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro).

Figura 19 – Gráfico de DRX da cinza volante.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.3 MISTURAS

Foram desenvolvidas argamassas mistas de cal e cimento e argamassas de cal. Contudo, a fim de verificar a interferência da adição mineral na alcalinidade das misturas, também foram adicionados diferentes teores de cinza volante. Os traços em volume foram baseados em traços comumente empregados na produção de argamassas convencionais para revestimento, alterando-se a proporção de agregado de madeira e de cinza volante.

Os traços em volume adotados na pesquisa foram, para a argamassa mista 1:1:6 (cim:cal:agregado) e para a argamassa de cal 1:3 (cal:agregado) por serem usuais em obras. Outro traço comumente utilizado na indústria é o 1:2:9 em volume, entretanto, como este possui menor teor de cimento na mistura, ele geralmente apresenta resistências mecânicas inferiores às do traço 1:1:6 em volume. Quanto à cal, manteve-se a proporção aglomerante/agregado da argamassa mista e, assim, adotou-se o traço 1:3 em volume. A partir desses traços aumentou-se o volume de aglomerante nas argamassas, desenvolvendo-se traços em volume 1:2 para as argamassas de cal e traço em volume 1:1:4 para as argamassas mistas. Elevou-se o teor de aglomerantes a fim de se verificar a influência dessa alteração no desempenho no estado endurecido das argamassas com agregado de madeira. Pela revisão da literatura, esperava-se que a argamassa contendo agregado de madeira apresentasse resistência mecânica inferior às argamassas convencionais, por isso adicionou-se aglomerante ao traço a fim corrigir essa possível fragilidade.

Conforme discutido na fundamentação teórica, a pozolana reage com o hidróxido de cálcio reduzindo a alcalinidade de matrizes compostas por cal e cimento. Com a finalidade de reduzir a alcalinidade da matriz, para que esta seja menos agressiva para o agregado, optou-se por realizar substituição parcial dos aglomerantes por pozolana. Nesta etapa, adotou-se a cinza volante, a mesma pozolana utilizada na produção de cimentos Portland CP-IV. Os teores de substituição serão abordados no item 3.3.1.

3.3.1 Argamassas de cal

a) *Tratamento preliminar do agregado de madeira*

Avaliou-se a necessidade de realizar algum tipo de tratamento no agregado de madeira para ser empregado em argamassas de cal. Uma vez que o processo de endurecimento da cal ocorre por carbonatação, houve a necessidade de verificar se os extrativos da madeira poderiam exercer alguma interferência na reação de carbonatação assim como interferem na reação de hidratação do cimento, conhecimento já difundido. Para isso, o agregado de madeira foi adicionado à argamassa de cal em três estados distintos. A Tabela 18 apresenta os códigos utilizados para os tratamentos realizados no agregado de madeira para emprego nas argamassas de cal.

Tabela 18- Tipos de tratamento do agregado de madeira para uso em argamassa de cal.

Tipos de tratamento	Código das amostras
Madeira sem tratamento	mad um
Madeira seca em estufa	mad sec
Madeira tratada em solução de cal	mad+cal

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

No primeiro tratamento, o agregado de madeira foi utilizado com a mesma umidade com a qual foi coletado na serraria (mad um), no segundo foi submetido inicialmente à secagem em estufa (mad sec) e, no terceiro, o agregado de madeira foi imergido em solução de cal (mad+cal). Estes tratamentos foram efetuados em agregados passantes em peneira de abertura 1,2 mm e 4,8 mm, pois são granulometrias média e grossa para emprego em argamassas. Para a secagem, o agregado foi acomodado em estufa por 5 dias em temperatura de 50 °C, até a constância de massa. Este procedimento foi realizado a fim de verificar se a umidade do agregado de madeira interferiria no comportamento mecânico da argamassa de

cal. Para o tratamento com solução de cal, misturou-se uma proporção em massa de cal e agregado igual a 0,5:1, sem medição de água, conforme pesquisa de Pacheco (2017). Essa mistura também foi submetida em estufa durante 5 dias em temperatura igual a 50 °C e, por esse motivo não se mediu a quantidade de água da mistura, porque ela seria evaporada durante o período de permanência da madeira em estufa. Para o terceiro tratamento, no trabalho de Villas-Bôas (2016), foi demonstrado que a solução de cal favorece o incremento de resistência mecânica em compósitos produzidos com cimento Portland. Sendo assim, adotou-se o mesmo procedimento para verificar se havia necessidade de realizar esse tipo de tratamento em argamassas de cal.

As argamassas de cal desenvolvidas para a verificação da necessidade de tratamento foram produzidas com a mistura baseada no trabalho de Pacheco (2017), que estudou argamassas de cal com resíduos de tábuas de madeira utilizadas em revestimento de móveis. Em Pacheco (2017), as argamassas que apresentaram melhores resultados de compressão foram as de traço em massa 1:0,5, sendo assim, adotou-se o mesmo para este estudo.

O critério utilizado para definir a necessidade ou não de tratamento do agregado de madeira para emprego nas argamassas de cal foi por comparação de resultados de resistência à compressão (NBR 13279: 2005). Para tanto, foram produzidos seis copos de prova de cada amostras e ensaiados conforme a norma citada. O resultado obtido representa as médias dos seis CPs, eliminando quando necessário os valores espúrios.

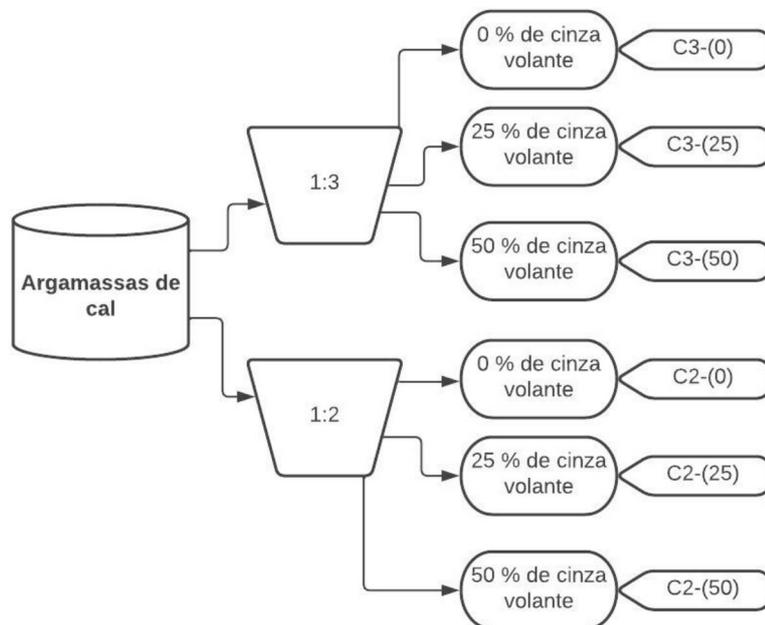
b) Traços de argamassas

As argamassas de cal foram produzidas com cal hidratada CH-III. O traço em volume 1:3 (C3) foi adotado a partir da proporção de aglomerante/agregado da argamassa mista e, além desse, optou-se por analisar mais um traço em volume com maior teor de aglomerante, 1:2 (C2), a fim de promover o ganho de resistência mecânica da argamassa e verificar seu comportamento no estado endurecido.

Para avaliar o efeito da adição mineral, as argamassas tiveram a cal substituída por cinza volante nas seguintes proporções: 0 %, 25 % e 50 % em massa. Estes valores de substituição foram baseados na NBR 16697 (ABNT, 2018) que, para o cimento CP IV, permite que até 50 % da sua massa seja composta por material pozolânico. Sendo assim, adotou-se o limite de substituição indicado pela norma (50 % da massa) e mais um valor intermediário (25 % da massa). Para que as argamassas de cal e mistas tivessem a mesma proporção de substituição de seus aglomerantes, utilizou-se o mesmo teor de substituição para

a cal e para o cimento. Os traços a serem desenvolvidos para as argamassas de cal e seus respectivos códigos estão representados na Figura 20.

Figura 20 - Definição das misturas de argamassas de cal.

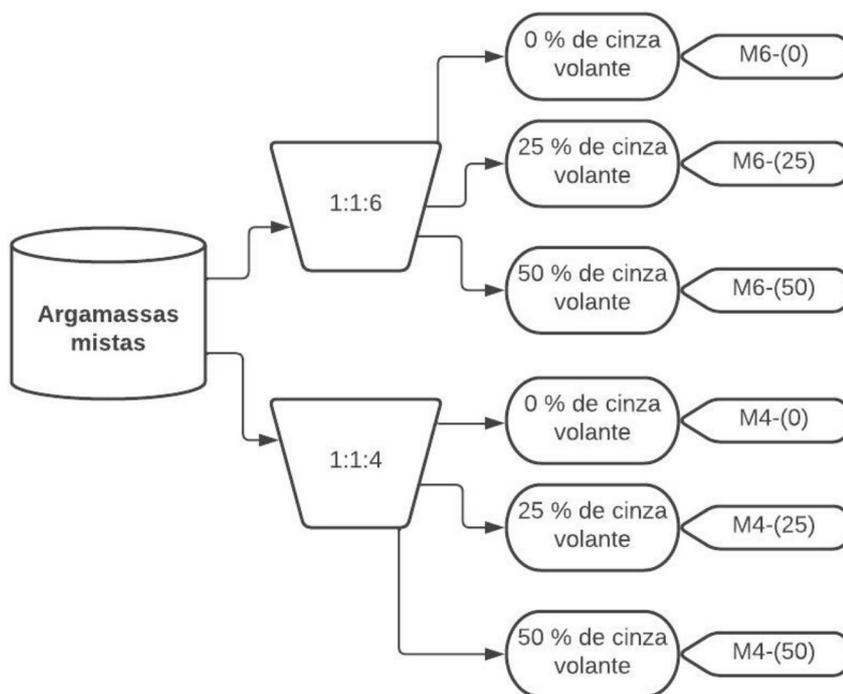


Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.3.2 Argamassas Mistas

Além da argamassa de cal, também foram desenvolvidas argamassas mistas de traço em volume 1:1:6 (M6). Além desse, adotou-se um segundo traço em volume, 1:1:4 (M4), aumentando-se o teor de aglomerantes. Este aumento dos aglomerantes visa promover o comportamento mecânico da argamassas contendo agregado de madeira. Ambos os traços tiveram parte do cimento CP II-F-32 substituído por cinza volante, sendo produzidas misturas com substituições iguais às argamassas de cal: 0%, 25% e 50% em massa, tal qual representado na Figura 21. Ressalta-se que as argamassas de cal e mistas mantiveram as mesmas proporções de aglomerante/ agregado, sendo elas de 1:3 e 1:2. Contudo, a proporção da substituição da cinza volante foi diferente para os dois tipos de argamassas porque, em uma, a substituição foi em relação à massa do cimento e, em outra, com relação à massa da cal.

Figura 21- Definição das misturas de argamassas mistas.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Outra particularidade da argamassa mista em relação às argamassas de cal é a necessidade de realização de pré-tratamento no agregado de madeira. Conforme discutido no 2.3, os extrativos presentes na madeira interferem na reação de hidratação do cimento. A fim de mitigar a interferência dos extrativos na hidratação do cimento presente nas argamassas mistas, adotou-se o procedimento de tratamento da serragem estabelecido por Villas Bôas (2016). Sendo assim, a mistura ocorreu da seguinte forma: primeiramente a serragem, a cal e metade da água foram misturadas mecanicamente em argamassadeira por 1 minuto e deixou-se a mistura repousar por 15 minutos. Passado o período de repouso, adicionou-se o cimento e a cinza volante, então o material foi novamente misturado em argamassadeira por mais 2 minutos e, durante essa mistura mecânica, o restante da água foi sendo gradativamente adicionada.

3.3.3 Determinação da relação água/ materiais secos e densidade

A relação água/ materiais secos (A/MS) foi determinada de acordo com a consistência da argamassa, a partir do ensaio de mesa de consistência, *flow-table*, (NBR 13276: 2016). Nesta pesquisa foi adotado um índice de consistência de 20 ± 1 cm de abertura. Esta abertura foi adotada porque em testes preliminares nas argamassas contendo agregado de

madeira constatou-se que para reduzir a exsudação, a mistura necessitava apresentar maior consistência. Isso possivelmente ocorreu devido à baixa coesão da mistura no estado fresco, em função do baixo teor de finos presentes no agregado de madeira. Foram feitas três determinações de índice de consistência para cada argamassa.

Além disso, também se avaliou a densidade de massa no estado fresco das argamassas contendo agregado de madeira, conforme método prescrito pela NBR 13278 (ABNT, 1995).

Na Tabela 19 estão apresentados os diferentes teores de água e as análises estatísticas de ANOVA estão apresentadas no Apêndice B.

Analisando-se os resultados, constatou-se que a relação água/ materiais secos apresentou diferença estatística entre as argamassas de cal e argamassas mistas (Apêndice B). Isso ocorre devido à área específica da cal que é menor que a do cimento, sendo assim é necessário que seja adicionado mais água para hidratar a matriz e lubrificar o sistema aglomerantes- agregados.

Para as argamassas mistas não houve diferença significativa entre a relação A/MS, com exceção da argamassa M6(0) que apresentou diferença estatística das demais M4(25), M4(50) e M6(50). Isso possivelmente ocorreu devido à diferença de teor de adição mineral entre essas amostras. As argamassas M4(25), M4(50) e M6(50) apresentaram teores mais elevados de substituição, aumentando assim a demanda de água na mistura. Entre as argamassas de cal não houve diferença na demanda de água, pois não ocorreu diferença estatística entre a necessidade de água. Provavelmente a cal e a cinza volante apresentem área específica similares, sendo assim a substituição do aglomerante pela adição não provocou alterações na relação A/MS.

É pertinente ressaltar mais uma vez que a serragem possui alto poder de absorção de água pela sua propriedade hidrófila. Através dos resultados apresentados na Figura 11, o poder de absorção da serragem torna-se ainda mais elevado em ambiente alcalino. Sendo assim, existe a possibilidade da serragem ter absorvido parte da água de amassamento, afetando a hidratação dos aglomerantes e da cinza volante que, por sua vez, pode ter prejudicado o desenvolvimento microestrutural.

Tabela 19– Consistência, relação A/MS e densidade das argamassas contendo agregado de madeira.

Argamassas	Consistência (cm)	A/MS	Densidade (kg/m ³)
C2-(0)	19,67	0,52	1079,77
C2-(25)	20,47	0,52	1073,09
C2-(50)	20,63	0,51	1095,63
C3-(0)	19,95	0,52	902,51
C3-(25)	19,86	0,56	845,55
C3-(50)	19,90	0,60	884,73
M4-(0)	20,54	0,39	1262,88
M4-(25)	20,55	0,42	1261,18
M4-(50)	20,08	0,43	1182,21
M6-(0)	20,63	0,34	1085,20
M6-(25)	19,85	0,40	1034,01
M6-(50)	20,07	0,44	1037,10

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Os resultados de densidade de massa no estado fresco das argamassas também estão apresentados na Tabela 19 e as análises estatísticas de ANOVA e Tukey estão apresentadas no Apêndice B. A ANOVA da densidade a fresco das argamassas demonstrou que existe diferença significativa entre os resultados, contudo foi através da análise Tukey que foi possível identificar os resultados diferentes entre si. Esta análise apontou que as argamassas C3(0), C3(25) e C3(50) apresentaram densidades inferiores que as demais amostras, seguidas das argamassas M6(0), M6(25) e M6(50) que apresentaram valores intermediários, depois as argamassas C2(0), C2(25), C2(50) e M4(50). Ambos os traços C3(-) e M6(-) apresentam maiores teores de agregado de madeira que, por sua vez, possui uma massa unitária relativamente menor que a do cimento e da cal. Além disso, a argamassa de cal 1:3 não possui cimento em sua constituição, o que também interfere na sua reduzida densidade. Os traços 1:2 e 1:1:4 apresentam menor volume de agregado de madeira, logo o agregado não impacta tanto na densidade, e sim os aglomerantes. As argamassas M4(0) e M4(25) apresentaram as maiores densidades por possuírem maior teor de cimento e menor teor de agregado de madeira.

Martins (2021) encontrou em sua pesquisa valores entre 1622 kg/m³ e 2062 kg/m³, para argamassas tradicionais produzidas em obra e industrializadas, sendo as de menor densidade as industrializadas, devido à adição de aditivo incorporador de ar. Em seu trabalho, a pesquisadora classifica a densidade das argamassas em leves (< 1400 kg/m³) e convencionais (1400 kg/m³ ≤ 2300 kg/m³). Comparando as argamassas desse trabalho com as classificações da NBR 13281 (ABNT, 2005), pode-se enquadrar as argamassas contendo

madeira no grupo das argamassas leves ou, de acordo com a norma, como sendo D1 ou D2, pois todas possuem densidade a fresco abaixo de 1400 kg/m³.

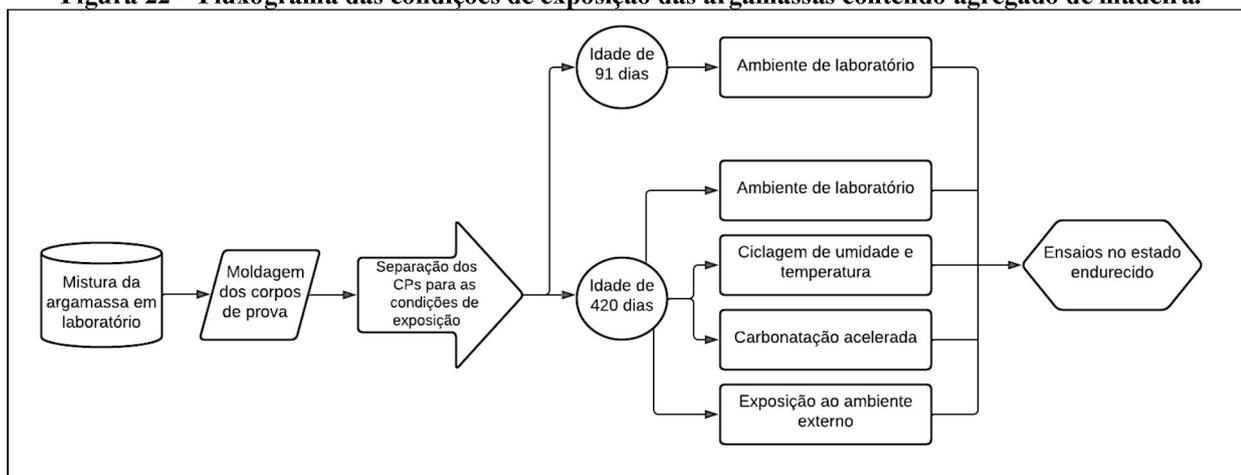
3.4 MÉTODOS

A metodologia experimental teve como foco principal o desempenho em estado endurecido das argamassas contendo agregado de madeira frente à condições diversas de exposição.

As argamassas desenvolvidas continham em sua mistura cal e cinza volante e, por isso, optou-se por manter as amostras em ambiente de laboratório por pelo menos 91 dias para então realizar os ensaios. A carbonatação e a reação pozolânica são reações que demandam mais tempo, por esse motivo foram realizados testes à partir de 91 dias.

Além da bateria de análises realizadas aos 91 dias, as argamassas também foram testadas com idade de 420 dias, em quatro diferentes condições de exposição ambiental: ambiente de laboratório, ciclagem de umidade e temperatura, carbonatação acelerada em câmara de carbonatação e ambiente externo. As amostras foram submetidas às devidas condições de exposição e, aos 420 dias, foram ensaiadas. A Figura 22 apresenta um resumo das condições de exposição das argamassas desenvolvidas nesta pesquisa.

Figura 22 – Fluxograma das condições de exposição das argamassas contendo agregado de madeira.

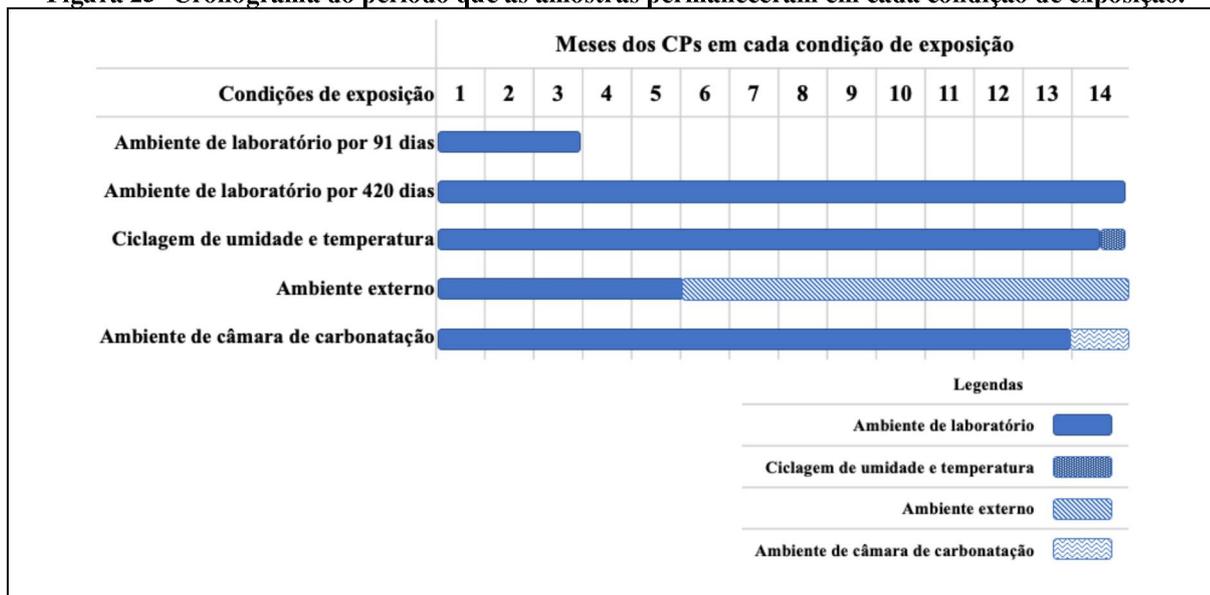


Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.4.1 Condições de exposição

A seguir, encontram-se as condições de exposição nas quais as argamassas contendo agregado de madeira foram submetidas. A Figura 23 apresenta um cronograma contendo o período que as argamassas foram acomodadas em cada tipo de ambiente e, também, submetidas ao ensaio acelerado de ciclagem de umidade e temperatura.

Figura 23- Cronograma do período que as amostras permaneceram em cada condição de exposição.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.4.1.1 Ambiente de Laboratório

As argamassas submetidas somente à condição de exposição em ambiente de laboratório ficaram acomodadas nessa condição por 91 e 420 dias. Durante o período em que as argamassas permaneceram em ambiente de laboratório, a temperatura e umidade do ambiente foram monitoradas, sendo a média da temperatura de 21,38 °C e da umidade relativa do ar de 61,13 %.

3.4.1.2 *Ciclagem de umidade e temperatura*

As argamassas submetidas à condição de ciclagem de umidade e temperatura seguiram as mesmas diretrizes propostas em Nenevê (2020). O método consiste na realização de 10 ciclos onde os corpos de prova são inseridos em estufa a 80 °C durante 1 hora e, decorrido o período, os CPs são posicionados em tanque com água corrente a 20 °C até que as amostras fossem resfriadas e atingissem a temperatura da água. O trabalho propôs que as amostras ficassem parcialmente submersas no tanque e que o ciclo só poderia ser repetido no mínimo 24 horas após o início do ciclo anterior.

Seguindo a metodologia desenvolvida por Nenevê (2020), adotou-se para este trabalho acomodar as argamassas durante 406 dias em ambiente de laboratório e, a partir dessa data, realizar os 10 ciclos de umidade e temperatura nas duas últimas semanas das argamassas antes de serem ensaiadas.

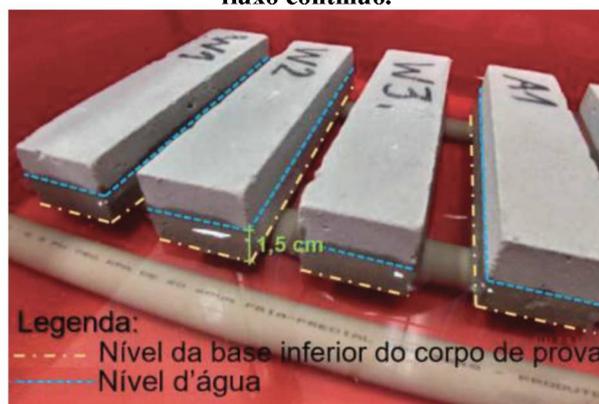
A Figura 24 apresenta a imagem dos corpos de prova de argamassas de cal organizados em badeja prestes a serem inseridos na estufa a 80 °C. A Figura 25 apresenta a altura de lâmina d'água proposta na pesquisa de Nenevê (2020), onde 1,5 cm do corpo de prova deve permanecer submerso em água corrente. As Figura 26 e Figura 27 apresentam os corpos de prova de argamassas de cal e mistas em processo de resfriamento, posicionados no tanque com fluxo contínuo de água.

Figura 24 – Corpos de prova de argamassas de cal antes de serem inseridos na estufa a 80 °C.



Fonte: Acervo da autora (2022).

Figura 25 – Altura da lâmina d'água no tanque de fluxo contínuo.



Fonte: NENEVÊ, 2020.

Figura 26 – Corpos de prova de argamassas de cal posicionados no tanque.



Fonte: Acervo da autora (2022).

Figura 27 – Corpos de prova de argamassas mistas parcialmente submersos.



Fonte: Acervo da autora (2022).

3.4.1.3 *Carbonatação acelerada*

Ao completar 390 dias em ambiente de laboratório, os corpos de prova foram armazenados em câmara de carbonatação durante 30 dias, a fim de verificar a interferência do ambiente concentrado em anidrido carbônico no comportamento das amostras no estado endurecido. O ambiente interno da câmara possuía umidade relativa de 70 %, temperatura de 25 °C e 5 % de concentração de CO₂. Completados os 30 dias na câmara, os corpos de prova eram encaminhados para as análises.

3.4.1.4 *Ambiente Externo*

A condição de exposição em ambiente externo foi realizada da seguinte forma: os CPs permaneceram acomodados durante 150 dias em ambiente de laboratório e posteriormente foram realocados para permanecerem mais 270 dias em ambiente externo.

Na Figura 28 (a) é possível verificar via satélite onde os corpos de prova foram expostos durante 9 meses às condições climáticas. Esta é a área externa do Departamento de Construção Civil (DCC), localizada no Campus III, Centro Politécnico da UFPR, cidade de Curitiba/PR. As paredes foram construídas com face nordeste e sudoeste e as amostras foram acomodadas dos dois lados da parede. Mensalmente as amostras eram movidas de face e a parte da argamassa que ficava em contato com a parede era sempre alternada. A Figura 28 (b) apresenta como os corpos de prova foram acomodados na meia parede. Para isso, eles foram inseridos em sacos produzidos com tela de plástico. Foi amarrado um saco vazado em cada uma das duas pontas de um barbante e, então, foram pendurados nas paredes, conforme imagem. O Apêndice A apresenta a carta solar do local onde os CPs foram acomodados em ambiente externo.

Figura 28 – Imagem dos corpos de prova expostos ao ambiente externo.

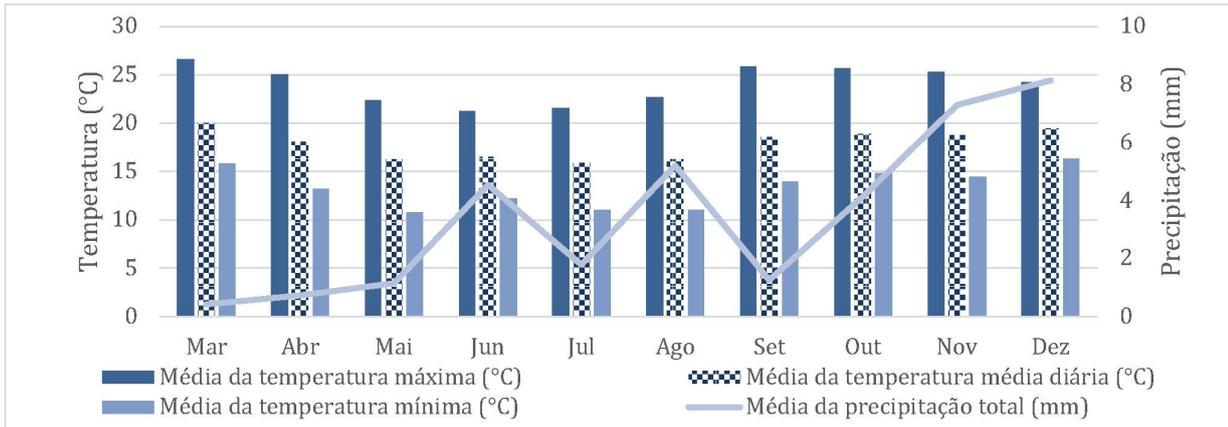


Legenda: (a) Vista de satélite da área externa do DCC; (b) CPs acomodados nas paredes.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A Figura 29 apresenta a média das temperaturas máxima, média e mínima e a média da precipitação nos meses em que os corpos de prova estiveram expostos ao ambiente externo. Nota-se durante os meses de exposição dos CPs que ocorre uma amplitude térmica entre 9 °C a 12 °C, fato que provoca maior sollicitação dos CPS, já que os ciclos de dilatação térmica podem provocar fissurações na estrutura da argamassa.

Figura 29– Média meteorológica dos meses que os CPs estiveram expostos em ambiente externo.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Os meses com maior intensidade pluviométrica foram junho, agosto, novembro e dezembro (Figura 29) e as chuvas são fenômenos meteorológicos que podem interferir nas argamassas de forma ambivalente. Ao passo que a chuva é capaz de promover a carbonatação da matriz, por facilitar a percolação do CO₂ no interior da matriz, também é capaz de acelerar o processo de deterioração das partículas de madeira, pela percolação de álcalis para o interior das partículas do agregado de madeira, conforme explanado no item 2.3.5. Sendo assim, esse

tipo de exposição dos CPs auxilia a esclarecer o comportamento mecânico em meio externo de argamassas contendo madeira. Os dados apresentados foram coletados no Banco de Dados Meteorológico do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo encontrado em INMET (2021).

3.4.2 Codificação das amostras

Nos Quadro 1 e Quadro 2 constam os códigos utilizados para nomear as amostras desenvolvidas na pesquisa. Esses códigos foram utilizados a fim de simplificar a citação de cada argamassa estudada. Explica-se que os códigos foram determinados segundo as seguintes condições de contorno das amostras:

- Tipos de argamassas: de cal (C) ou mistas (M);
- Traços em volume: 1:3 (3), 1:2 (2), 1:1:6 (6), 1:1:4 (4);
- Teor de cinza volante: 0 % (0), 25 % (25), 50 % (50);
- Condições de exposição: 91 dias em ambiente de laboratório (91), 420 dias em ambiente de laboratório (lab), 406 dias em ambiente de laboratório com 10 ciclos de ciclagem de umidade e temperatura (cic), 390 dias em ambiente de laboratório com 30 dias em câmara de carbonatação (car) ou 150 dias em ambiente de laboratório com 270 dias em ambiente externo (ext).

Quadro 1- Códigos das argamassas de cal.

Traço em volume	Cinza Volante (%)	Ambiente de laboratório 91 dias	Ambiente de laboratório 420 dias	Ciclagem de umidade de temperatura	Carbonatação acelerada	Ambiente externo	Códigos
1:3	0	x					C391(0)
	25	x					C391(25)
	50	x					C391(50)
1:2	0	x					C291(0)
	25	x					C291(25)
	50	x					C291(50)
1:3	0		x				C3lab(0)
	25		x				C3lab(25)
	50		x				C3lab(50)
1:2	0		x				C2lab(0)
	25		x				C2lab(25)
	50		x				C2lab(50)
1:3	0			x			C3cic(0)
	25			x			C3cic(25)
	50			x			C3cic(50)
1:2	0			x			C2cic(0)
	25			x			C2cic(25)
	50			x			C2cic(50)
1:3	0				x		C3car(0)
	25				x		C3car(25)
	50				x		C3car(50)
1:2	0				x		C2car(0)
	25				x		C2car(25)
	50				x		C2car(50)
1:3	0					x	C3ext(0)
	25					x	C3ext(25)
	50					x	C3ext(50)
1:2	0					x	C2ext(0)
	25					x	C2ext(25)
	50					x	C2ext(50)

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Quadro 2- Códigos das argamassas mistas.

Traço em volume	Cinza Volante (%)	Ambiente de laboratório 91 dias	Ambiente de laboratório 420 dias	Ciclagem de umidade de temperatura	Carbonatação acelerada	Ambiente externo	Códigos
1:1:6	0	x					M691(0)
	25	x					M691(25)
	50	x					M691(50)
1:1:4	0	x					M491(0)
	25	x					M491(25)
	50	x					M491(50)
1:1:6	0		x				M6lab(0)
	25		x				M6lab(25)
	50		x				M6lab(50)
1:1:4	0		x				M4lab(0)
	25		x				M4lab(25)
	50		x				M4lab(50)
1:1:6	0			x			M6cic(0)
	25			x			M6cic(25)
	50			x			M6cic(50)
1:1:4	0			x			M4cic(0)
	25			x			M4cic(25)
	50			x			M4cic(50)
1:1:6	0				x		M6car(0)
	25				x		M6car(25)
	50				x		M6car(50)
1:1:4	0				x		M4car(0)
	25				x		M4car(25)
	50				x		M4car(50)
1:1:6	0					x	M6ext(0)
	25					x	M6ext(25)
	50					x	M6ext(50)
1:1:4	0					x	M4ext(0)
	25					x	M4ext(25)
	50					x	M4ext(50)

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.4.3 Ensaios realizados

Os ensaios foram desenvolvidos no LATECA – Laboratório de Tecnologia de Argamassas da UFPR. Na Tabela 20, estão apresentados os ensaios no estado endurecido desenvolvidos neste trabalho juntamente com as respectivas normas.

Tabela 20- Ensaio realizados no estado endurecido

Ensaio no estado endurecido	Normas utilizadas
Resistência à tração na flexão	NBR 13279: 2005
Resistência à compressão	NBR 13279: 2005
Absorção de água por capilaridade	NBR 15259: 2005
Densidade de massa aparente	NBR 13280: 2005
Módulo de elasticidade estático	Marques, <i>et al.</i> (2020)
Difração de raio-X	-

Fonte: Acervo da autora (2022).

Para o ensaio de módulo de elasticidade, por não haver norma para descrevê-lo, optou-se por seguir o método proposto por Marques, *et al.* (2020). No trabalho, os autores propuseram as seguintes etapas: posicionar os corpos de prova com os sensores na prensa; aplicar uma baixa carga nas amostras (500 N para amostras cimentícias e 100 N para amostras de cal); realizar um ciclo de compressão com carga de até 0,33 da resistência à compressão para amostras cimentícias e 0,5 da resistência à compressão para amostras de cal; verificar se a carga foi aplicada adequadamente comparando-se os dados obtidos nos transdutores; sem retirar toda a carga da amostra; realizar mais três ciclos de compressão sem ultrapassar o limite proposto de 0,5 ou 0,33 da resistência à compressão, de acordo com o tipo de amostra. O módulo de elasticidade é dado pela média dos resultados obtidos três ciclos de carga obtidos no gráfico de tensão/ deformação.

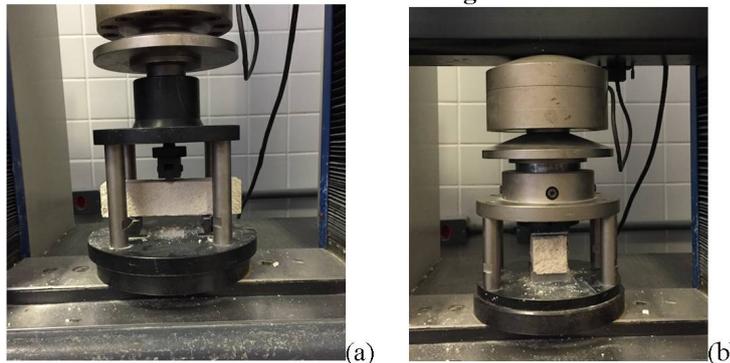
As imagens de alguns dos ensaios realizados no estado endurecido estão apresentados nas Figura 30 (a) e (b). Além destas caracterizações mecânicas, também se optou por realizar análise química, sendo ela a de Difração de raio-X (DRX), de forma a embasar as análises de resultados. Por esse tipo de análise é possível verificar, de modo qualitativo, as estruturas cristalinas presentes na argamassa. Sendo assim, o intuito desse ensaio foi verificar se houve redução da portlandita na matriz cimentícia. Este ensaio foi realizado no Centro Multiusuário de Caracterização de Materiais (CMCM) dos Laboratórios Multiusuários (LabMulti) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no Campus Curitiba.

Após todos os dados coletados, analisou-se estatisticamente os resultados a fim de verificar a existência de diferença significativa entre as médias dos resultados. Para isso, foi aplicada a técnica de análise de variância (ANOVA) juntamente com teste de Tukey, utilizando o programa Prism GraphPad by Dotmatics.

Nos gráficos de resistência à tração na flexão e à compressão não constam os desvios padrões dos resultados porque estes foram ajustados conforme indicado pela NBR 13279:

2005. Ou seja, o desvio absoluto máximo das resistências à tração na flexão não ultrapassou 0,3 MPa e das resistências à compressão não ultrapassaram 0,5 MPa.

Figura 30- Ensaio de resistência mecânica das argamassas conforme a NBR 13281.



**Legenda: (a) Resistência à tração na flexão (b) Resistência à compressão.
Fonte: Acervo da autora (2022).**

3.4.4 Variáveis da Pesquisa

Tendo em vista as misturas desenvolvidas, é possível estabelecer as variáveis deste trabalho, sendo elas apresentadas nas Tabela 21 Tabela 22.

Tabela 21 - Variáveis independentes da pesquisa.

Variáveis independentes	Parâmetros
Tipos de aglomerantes	Cal Hidratada
	Cimento CP II-F-32
Adição mineral	Cinza Volante
Traços em volume	1:3
	1:2
	1:1:6
	1:1:4
Teor de substituição de cal/ cimento por cinza volante em massa	0%
	25%
	50%

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 22 - Variáveis dependentes da pesquisa.

Variáveis dependentes
Resistência à compressão
Resistência à tração na flexão
Módulo de elasticidade
Densidade de massa aparente
Absorção de água por capilaridade

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

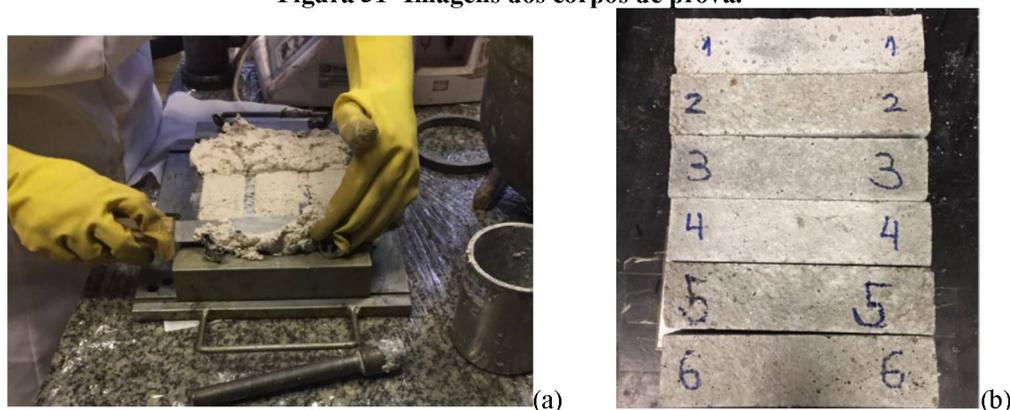
3.4.5 Moldagem, número de amostras e corpos de prova

No trabalho foram utilizadas duas dimensões de fôrmas: 4 x 4 x 16 cm (NBR, 13279: 2005) e 2 x 4 x 16 cm. Optou-se por realizar essa alteração dimensional para acelerar o processo de endurecimento da argamassa de cal. Diferentemente do cimento, a cal ganha resistência mecânica através da carbonatação do hidróxido de cálcio, então quanto maior a espessura da amostra, maior o tempo para o CO₂ penetrar em toda amostra e, conseqüentemente, para o CP ganhar resistência e poder ser desformado. Testes preliminares foram realizados e, com isso, foi identificada a necessidade dessa redução na altura dos CPs para acelerar o processo de endurecimento das argamassas de cal.

Com o objetivo de avaliar estatisticamente os resultados, foram produzidos seis corpos de prova (CPs) para os ensaios no estado endurecido, sendo que os resultados apresentados são a média dos resultados dos seis CPs, excluindo os valores espúrios quando necessário.

Os corpos de prova produzidos com argamassa mista foram desformados após dois dias da sua produção e, para as argamassas de cal, foram desformados após quatro dias da sua produção, pois necessitaram de maior tempo para atingir o endurecimento. Após a desmoldagem dos CPs, estes permaneceram até 91 dias de idade sendo curados em ambiente de laboratório. A Figura 31 (a) apresenta a imagem da moldagem do corpo de prova de argamassas de cal e a Figura 31 (b) apresenta os corpos de provas de argamassas mistas após a desmoldagem.

Figura 31- Imagens dos corpos de prova.



Legenda: (a) Moldagem dos CPs; (b) CPs no estado endurecido após desmoldagem.

Fonte: Acervo da autora (2022).

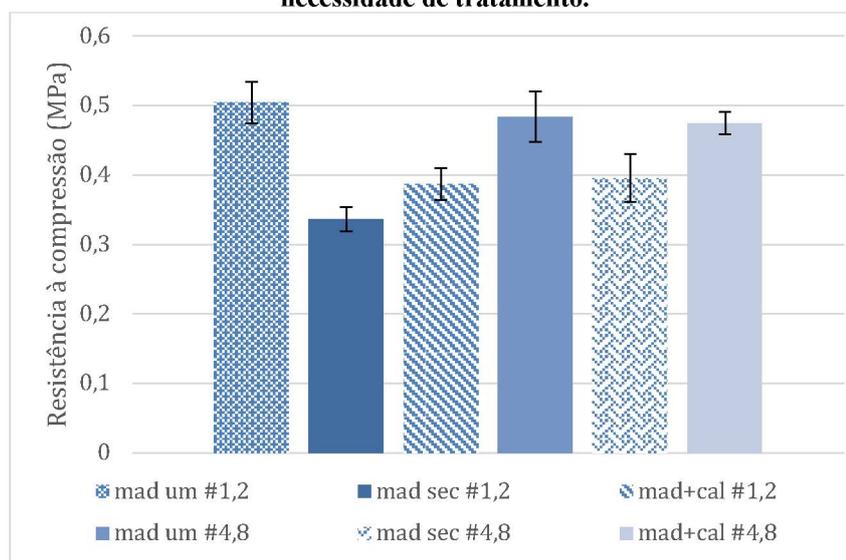
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES DAS ARGAMASSAS DE CAL

O presente capítulo apresenta os resultados obtidos conforme metodologia descrita e, também, discussões desenvolvidas com base nos comportamentos verificados nas análises laboratoriais.

4.1 ESTUDO DO TRATAMENTO PRELIMINAR DO AGREGADO DE MADEIRA

A Figura 32, apresenta os resultados médios de resistência à compressão das argamassas produzidas com cal e agregado de madeira para a definição da necessidade de tratamento do agregado de madeira para ser empregado nas argamassas de cal.

Figura 32- Resistência à compressão das argamassas de cal para verificação da necessidade de tratamento.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Com relação à influência do tratamento do agregado de madeira no comportamento mecânico das argamassas de cal, verificou-se que a utilização do agregado seco em estufa prejudicou o comportamento mecânico nas argamassas, independente da granulometria, uma vez que em ambos os casos as resistências à compressão apresentaram valores estatisticamente inferiores (Apêndice B). Em se tratando da argamassa contendo agregado tratado em solução de cal, para a argamassa contendo material passante na peneira # 1,2 mm o tratamento prejudicou a resistência à compressão da argamassa, já que a argamassa apresentou redução de aproximadamente 23% da resistência. Para a argamassa contendo agregado passante na peneira # 4,8 mm, o tratamento em solução de cal exerceu pouco

influência na resistência quando comparada ao agregado sem tratamento, sendo possível verificar que as duas apresentam resistência à compressão estatisticamente iguais.

Os resultados obtidos auxiliaram para que fosse utilizado agregado de madeira sem tratamento em argamassas de cal, uma vez que os tratamentos não beneficiaram o comportamento mecânico das argamassas. Pesquisas anteriores (item 2.3) apontaram a necessidade de tratamento para utilização do agregado de madeira em compósitos cimentícios e de gesso, ambos aglomerantes que sofrem processo de hidratação. Uma vez que as argamassas desenvolvidas eram compostas somente de cal, verificou-se pelos resultados que os extrativos do agregado de madeira não interferiram no processo de carbonatação, logo não houve necessidade de tratamento do agregado de madeira para emprego em argamassas de cal.

Sendo assim, conforme verificado anteriormente, não houve necessidade de realizar tratamento prévio do agregado de madeira para a utilização na argamassa de cal, diferentemente das argamassas mistas, que necessitaram do tratamento do agregado de madeira para reduzir a interferência dos extrativos na hidratação do cimento.

4.2 AVALIAÇÃO DA ALCALINIDADE NAS ARGAMASSAS DE CAL

4.2.1 Reatividade da cinza volante

Assim como já explanado anteriormente no item 2.4.3, Raverdy et al. (1980, apud HOPPE FILHO et al., 2017) estipularam o limite mínimo de reatividade da pozolana de 0,436 g de Ca(OH)_2 / g de adição. Na atual pesquisa foi adotada a relação de consumo de hidróxido de cálcio proposto pelo trabalho citado, por ser o limite mínimo de reatividade de pozolanas. Sendo assim, assume-se que cada grama da cinza volante utilizada consumirá 0,436 g de Ca(OH)_2 .

Adotado o parâmetro de reatividade da cinza volante, foi investigado o teor de Ca(OH)_2 dos traços e se havia cinza suficiente para a reação pozolânica almejada. Nas Tabela 9, Tabela 10, Tabela 13 e Tabela 17 foram apresentados os teores de CaO e Ca(OH)_2 presentes na cal hidratada e no cimento Portland, além do teor de SiO_2 presente na cinza volante. As análises de TG e DTG (Figura 15) demonstraram que a cal apresentou 31,36 % da massa de Ca(OH)_2 enquanto, por FRX (Tabela 17), determinou-se que a cinza volante possui 65,33 % de sua massa de SiO_2 . Com esses dados, foi possível calcular os dados apresentados na Tabela

23, realizando-se a multiplicação da quantidade de aglomerante ou cinza volante utilizado na mistura com a porcentagem de compostos químicos presente nos materiais.

Pelos valores calculados e apresentados na Tabela 23, foi possível identificar em quais traços houve substituição excessiva de cinza volante, sendo eles apresentados em vermelho na tabela, realizando a subtração do teor de Ca(OH)_2 pelo teor mínimo de Ca(OH)_2 para reagir com a cinza volante. Para que toda a cinza volante reagisse, seria necessário que o teor total de Ca(OH)_2 da cal fosse igual ou superior ao teor requisitado pela cinza volante (de 0,436 g de Ca(OH)_2 / g de adição). Assim sendo, pelos cálculos as formulações com substituição de 50 % da cal por cinza volante apresentaram escassez de Ca(OH)_2 para reagir com o SiO_2 da cinza volante. Para a C2(50), seria necessário que houvesse mais 30,60 g de Ca(OH)_2 e na C3(50), mais 22,95 g para atender a necessidade de hidróxido de cálcio da mistura. Esse resultado sinaliza que a cinza volante em excesso possivelmente atuaria na matriz como material inerte. Quanto à alcalinidade, é possível que as argamassas com 50 % de substituição apresentem a matriz menos agressiva ao agregado de madeira, já que, nessas amostras, existe a tendência de consumo total do hidróxido de cálcio, composto responsável pelo incremento do pH.

Tabela 23– Proporção teórica ideal de Ca(OH)_2 para reagir com a cinza volante empregada nas argamassas de cal contendo agregado de madeira.

Código	Teor de cal (g)	Teor de cinza volante (g)	Teor de Ca(OH)_2 (g)	Teor mínimo de Ca(OH)_2 para reagir com a cinza volante (g)	Disponibilidade de Ca(OH)_2 (g)
C2(0)	500,00	0,00	156,80	0,00	156,80
C2(25)	375,00	125,00	117,60	54,50	63,10
C2(50)	250,00	250,00	78,40	109,00	-30,60
C3(0)	375,00	0,00	117,60	0,00	117,60
C3(25)	281,25	93,75	88,20	40,88	47,32
C3(50)	187,50	187,50	58,80	81,75	-22,95

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

4.2.2 Análise de DRX

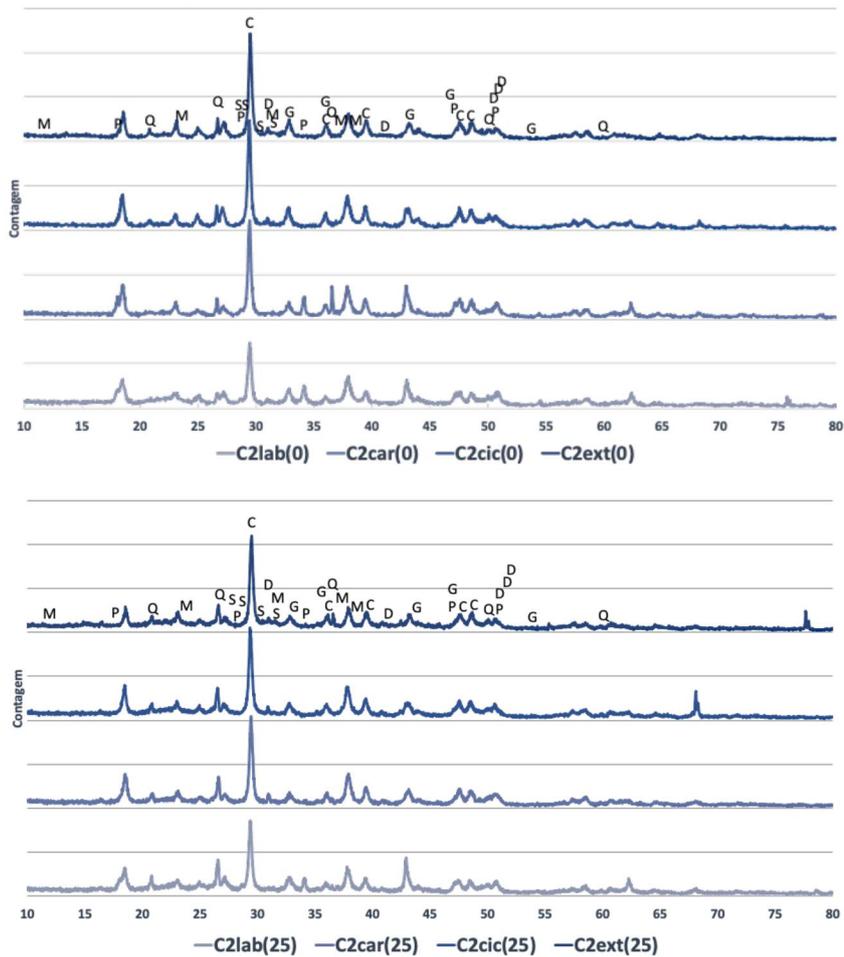
A seguir estão apresentados os gráficos de Difração de Raios X (DRX) das argamassas de cal de traço em volume 1:2, separados em gráficos de acordo com o teor de substituição da cal por cinza volante. O Quadro 3 apresenta os códigos dos compostos químicos determinados nos gráficos de DRX da Figura 33 e a Figura 34 apresenta os gráficos das contagens dos picos de portlandita.

Quadro 3 – Compostos cristalinos determinados na análise de DRX.

Nome do componente	Código	Fórmula química
Hidróxido de cálcio (Portlandita)	P	Ca(OH) ₂
Silicato de cálcio hidratado (C-S-H)	S	Ca _{1,5} .SiO _{3,5} .xH ₂ O
Carbonato de cálcio (Calcita)	C	CaCO ₃
Óxido de silício (Quartzo)	Q	SiO ₂
Monocarboaluminato de cálcio hidratado	M	3CaO.Al ₂ O ₃ .CaCO ₃ .11H ₂ O
Carbonato de magnésio (Magnesita)	G	MgCO ₃
Dolomita	D	CaMg(CO ₃) ₂

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 33– DRX das argamassas de cal.



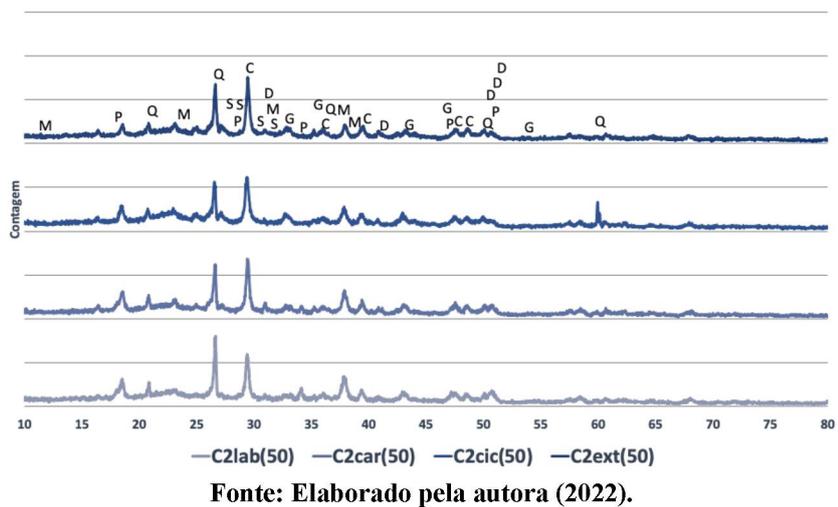
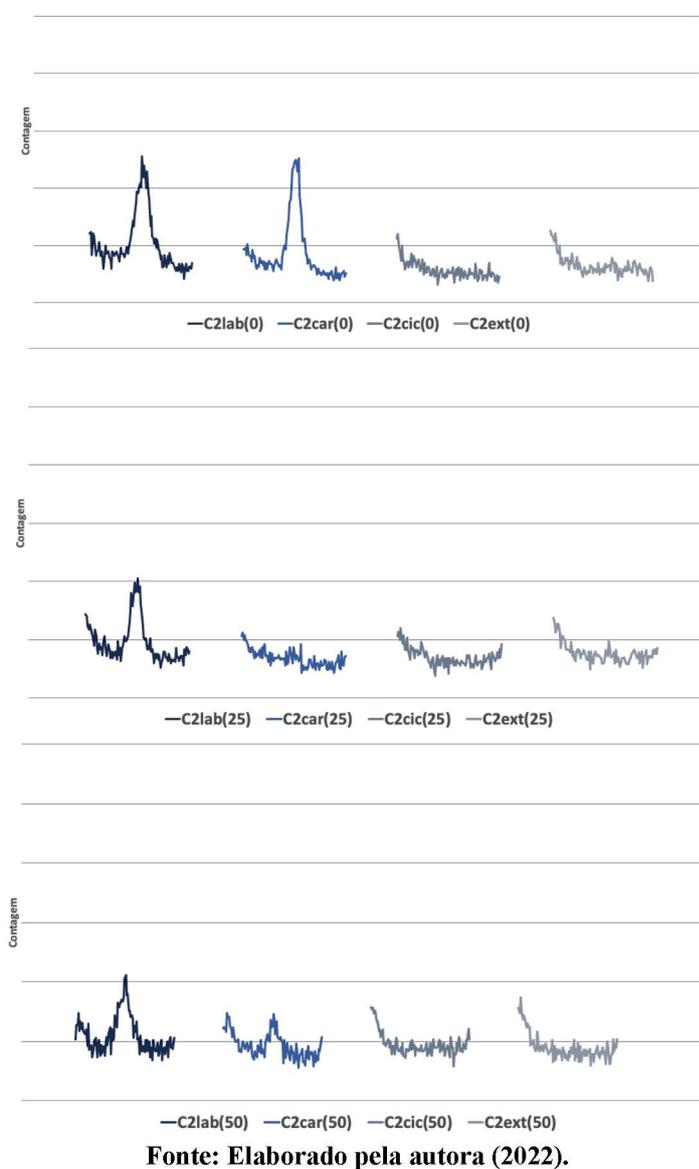


Figura 34– Picos de portlandita (34,102°) das argamassas de cal.



A Figura 33 apresenta o gráfico de DRX das argamassas de cal. Como o único elemento reativo empregado nas argamassas C2-(0) foi a cal, os picos a serem analisados são basicamente da portlandita, calcita e dolomita. Há de se notar o incremento no pico da calcita no ângulo 2θ de $29,395^\circ$ entre as argamassas C2lab(0) para as C2car(0), C2cic(0) e C2ext(0). A maior circulação de ar e maior umidade que as três argamassas foram submetidas promoveu a formação da calcita pelo processo de carbonatação, sendo isso corroborado pela alteração na contagem do pico de Portlandita (2θ de $34,102^\circ$). A redução da contagem da portlandita é melhor observada na Figura 34, no qual verifica-se que as argamassas que foram submetidas a maior aeração, variação de umidade e temperatura, pelas condições de exposição (C2cic(0) e C2ext(0)), não apresentaram contagem para a portlandita, logo as condições ambientais favoreceram a carbonatação. A argamassa C2car(0), apesar de apresentar aumento do pico de calcita, pela Figura 34 é visível que ela também apresentou pico de portlandita equivalente à C2lab(0). Essa portlandita remanescente da C2car(0) possibilita a discussão de que a câmara de carbonatação tem suas fragilidades no processo de carbonatação de argamassas de cal, ou seja, as condições de umidade relativa do ar (UR) e temperatura no interior da câmara não são tão eficazes para promover a carbonatação quanto outras condições ambientais. Em Costa e Pacheco (2018), constatou-se que argamassas de cal acomodadas durante 28 dias em ambiente de laboratório (temperatura de 20°C e UR de 80 %) apresentaram maior taxa de carbonatação que as acomodadas em câmara de carbonatação (temperatura de 40°C e UR de 60 %). Apesar da temperatura na câmara ser mais elevada, a UR do laboratório apresentou-se maior, provavelmente sendo o diferencial para acelerar a carbonatação dos CPs nesse ambiente.

Quanto às argamassas C2cic(0) e C2ext(0), é de se constatar que ambas apresentaram picos com contagens similares, o que demonstra que a ciclagem atuou sobre a microestrutura de forma análoga à exposição em ambiente externo. Ressalta-se que foram realizados 10 ciclos durante o processo de ciclagem, sendo um ciclo por dia, enquanto as argamassas estiveram expostas ao meio externo durante 9 meses. Os gráficos das Figura 33 e Figura 34 embasam a utilização da ciclagem como um método de envelhecimento acelerado das argamassas e conseqüentemente, consumo da portlandita. Pela comparação entre os picos de portlandita, verifica-se que as argamassas C2cic(0) e C2ext(0) reduziram ao máximo a contagem deste mineral, extinguindo ao máximo a alcalinidade das matrizes.

Uma hipótese a ser discutida é que a reação pozolânica é mais lenta que a reação de carbonatação. Portanto, quando a reação pozolânica se inicia, os hidróxidos de cálcio já foram consumidos pela reação de carbonatação. Além disso, ao não se combinar, a cinza volante

atua como um material inerte na matriz, logo a cal foi substituída por um material que não reagiu. Isso pode gerar um decréscimo de resistência mecânica das argamassas de cal, uma vez que o aglomerante foi substituído por um inerte. Contudo, empregou-se a cinza volante a fim de tornar a matriz menos agressiva às partículas de madeira, pela redução da alcalinidade. Embora não tenha sido analisado o pH final das argamassas, a presença da portlandita está intimamente ligada à alcalinidade da matriz, portanto foi verificado pelo DRX a variação entre as amostras da intensidade de contagem deste elemento.

A C2lab(25) (Figura 33) apresentou pico de contagem do carbonato inferior às demais argamassas, assim como o ocorrido na C2lab(0), pelos mesmos motivos já discutidos. Observa-se pela Figura 34 a diferença entre a contagem dos picos de portlandita de acordo com diferentes condições de exposição. Pontua-se que pela simples substituição da cal por cinza volante, a matriz das C2-(25) já iria apresentar menor teor de hidróxido de cálcio, sendo confirmado pela comparação da C2lab(25) com a C2lab(0). Além disso, o gráfico indica a ausência de portlandita nas C2car(25), C2cic(25) e C2ext(25). Decerto existe a presença desse composto nessas amostras, contudo mostra-se em quantidade inexpressiva, demonstrando que as condições de exposição influenciaram nas reações microestruturais das argamassas de cal, tornando a matriz menos agressiva e alcalina ao agregado de madeira.

Dado o gráfico de DRX das C2-(50), nota-se a intensidade da contagem dos picos referentes ao SiO₂ (2θ de 26,640 °) para as quatro amostras, proveniente da substituição da cal por cinza volante. Perante a Figura 34, observa-se a evidente redução da portlandita entre as C2lab(0), C2lab(25) e C2lab(50) devido à substituição da cal por cinza volante, sendo atingido o motivo pelo qual optou-se por realizar a substituição: a redução do pH da matriz. Provavelmente a redução da portlandita ocorreu mais em função da carbonatação pelas condições de exposição que pela reatividade da cinza volante. Contudo, abre-se uma perspectiva para investigar a substituição da cal por outras pozolanas mais reativas ou, até mesmo, outra cinza volante de menor granulometria, de maneira a unir a redução da portlandita ao incremento de resistência mecânica.

Verifica-se pelas Figura 33 e Figura 34 que as condições de exposição interferiram nas reações de carbonatação, promovendo a redução do pico de portlandita. Analisando-se apenas pela ótica da estrutura química, a ciclagem e o ambiente externo exerceram influência similar sobre a reação de carbonatação. Em contrapartida, a câmara de carbonatação apresentou-se como a condição de exposição menos favorável ao consumo da portlandita pelo anidrido carbônico. Contudo, pontua-se que para as amostras contendo cinza volante, a câmara de carbonatação ainda promoveu mais reação que o ambiente laboratorial. Pela

redução do teor de cal nessas amostras, os CPs tornaram-se mais permeáveis, facilitando a difusão do anidrido carbônico.

Além disso, pela comparação entre os gráficos da Figura 34, pode-se concluir que a cinza volante tornou a matriz menos agressiva pela redução da portlandita. Entretanto, pode-se concluir que a substituição de 25 % da cal por cinza volante, mesmo apresentando hidróxido de cálcio acima do exigido pela cinza volante, conforme Tabela 23, foi suficiente para reduzir ou extinguir a presença da portlandita e, conseqüentemente, reduzindo a alcalinidade.

4.3 CARACTERÍSTICAS NO ESTADO ENDURECIDO

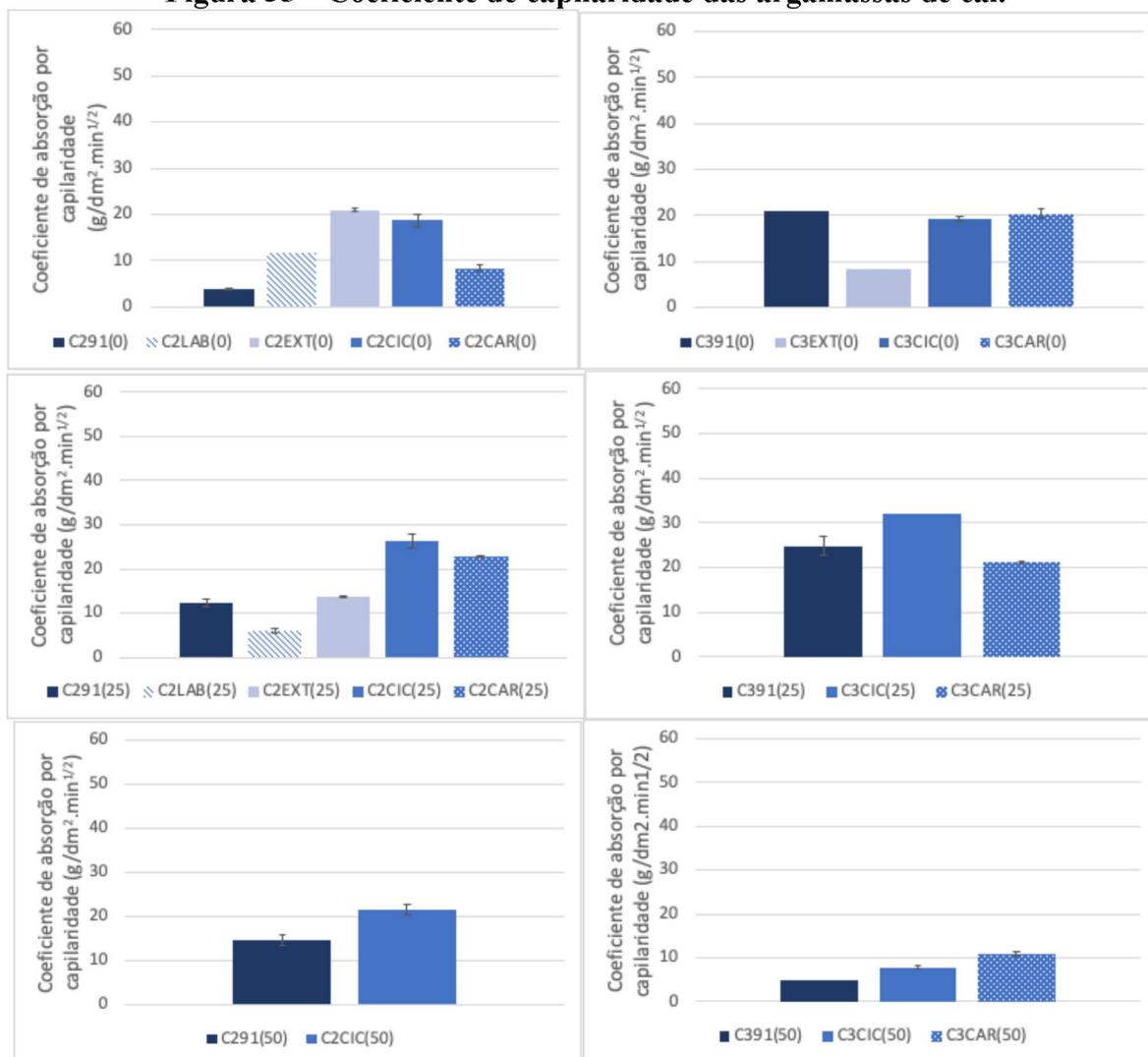
A seguir estarão apresentados os resultados correspondentes ao comportamento mecânico das argamassas de cal contendo agregado de madeira.

4.3.1 Coeficiente de absorção por capilaridade

A seguir estão apresentados os resultados obtidos no ensaio de absorção por capilaridade das argamassas de cal, que é uma medida indireta da conectividade e quantidade de poros (NENEVÊ; COSTA; MEDEIROS-JUNIOR, 2022). Faz-se necessário lembrar que os corpos de prova das argamassas de cal não apresentaram medidas padronizadas de CPs prismáticos. Uma vez que o coeficiente de absorção por capilaridade (CAC) é dado pela diferença de massa dos CPs pela diferença do tempo, certamente a alteração da massa de água ocorreu em proporção diferente de um CP com medidas padronizadas (4x4x16 cm). Pela Figura 35 pode-se verificar os resultados obtidos para o coeficiente de absorção por capilaridade para as argamassas de cal contendo agregado de madeira.

Alguns gráficos não apresentam todas as amostras desenvolvidas na pesquisa devido a acidentes ocorridos ao longo da pesquisa, onde os CPs dessas amostras se quebraram, impossibilitando as análises.

Figura 35 – Coeficiente de capilaridade das argamassas de cal.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Diante da Figura 35, verificam-se os resultados de coeficiente de absorção por capilaridade das argamassas de cal sem substituição por cinza volante. Entre as argamassas C2-(0), verificou-se que C2cic(0) e a C2ext(0) apresentaram os maiores coeficientes de absorção por capilaridade. Presume-se que isso ocorreu devido à degradação da microestrutura por causa das condições de exposição, uma vez que durante 10 dias, as C2cic(0) foram submetidas a consideráveis choques de temperatura e umidade, enquanto as C2ext(0) foram expostas durante 9 meses em ambiente externo. Em contrapartida, a acomodação da C2car(0) em câmara de carbonatação promoveu, provavelmente, a colmatação dos poros pela formação do carbonato de cálcio. Sendo as argamassas C2 as mais ricas em cal, elas continham maior teor de hidróxido de cálcio e, sendo assim, mais material disponível para carbonatação.

Entre as C391(0), C3cic(0) e C3car(0), verificou-se que todas apresentaram coeficiente de absorção por capilaridade similares. Pelo fato da C3-(0) apresentar menor teor de cal que a C2-(0), suas argamassas apresentaram matrizes mais pobres. Embora o ensaio de CAC seja para avaliar a capilaridade, a maior presença do agregado aumentou a absorção de água dos CPs devido à característica higroscópica da madeira. Logo, essas amostras não possuíam matriz suficiente para densificar os CPs, possuindo elevado teor de agregado para absorver água e provocando a elevação do CAC. As argamassas expostas a ambiente externo apresentam outro fator que possivelmente interferiu na absorção por capilaridade: a formação de bolor (Figura 36). Devido à carbonatação e à redução do pH da matriz, os CPs expostos ao ambiente externo tornaram-se susceptíveis à presença de fungos. Presume-se que esses microrganismos atuaram penetrando e preenchendo os poros superficiais, atuando como uma barreira de proteção. Sendo assim, é possível que os fungos tenham provocado a redução do CAC das C3ext(0).

Figura 36- Presença de formação de bolor no CP.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme calculado no item 4.2.1, as argamassas contendo 50 % de substituição por cinza volante apresentaram excesso de adição mineral e, portanto, não houve disponibilidade de Ca(OH)_2 para reagir com a cinza volante. Sendo assim, a cinza volante em excesso atuou como material inerte. Dessa maneira, ocorreu a escassez de aglomerante para densificar a estrutura. O agregado de madeira é naturalmente um material poroso e de afinidade com a água, juntamente com o baixo teor de aglomerante, é provável a geração de um CP de estrutura porosa, onde a conexão entre os poros foi dimensionalmente elevada. O elevado tamanho das conexões entre os poros não foi capaz de gerar pressões de sucção suficientes para absorver a água por capilaridade. Por esse motivo as C3-(50) apresentaram menor CAC

que as C3-(0) e C3-(25). Dentro do grupo das C3-(50) foi possível verificar esse mesmo fenômeno uma vez que a C3car(50), pelo aumento de carbonatação, apresentou aumento da preenchimento da microestrutura. O resultado da compactação da matriz para essa amostra foi o aumento do CAC, já que ao se reduzir as dimensões dos capilares, aumentando-se a pressão de sucção e a absorção por capilaridade dos CPs.

De um modo geral, a condição de exposição à ciclagem de umidade e temperatura aumentou o CAC nas amostras. Presume-se que isso tenha ocorrido devido à degradação da matriz das argamassas de cal. Pela análise de DRX, constatou-se que a ciclagem e o ambiente externo atuaram de forma análoga sobre a estrutura química. Contudo, pelo ensaio de CAC foi possível verificar que a ciclagem se apresentou como mais agressiva à estrutura física que a exposição ao ambiente externo durante o período de 9 meses.

4.3.2 Resistência à compressão

A Figura 37 apresenta a resistência à compressão das argamassas de cal. Os resultados de ANOVA comparando as resistências à compressão de todas as argamassas de cal desenvolvidas na pesquisa estão apresentados no apêndice B.

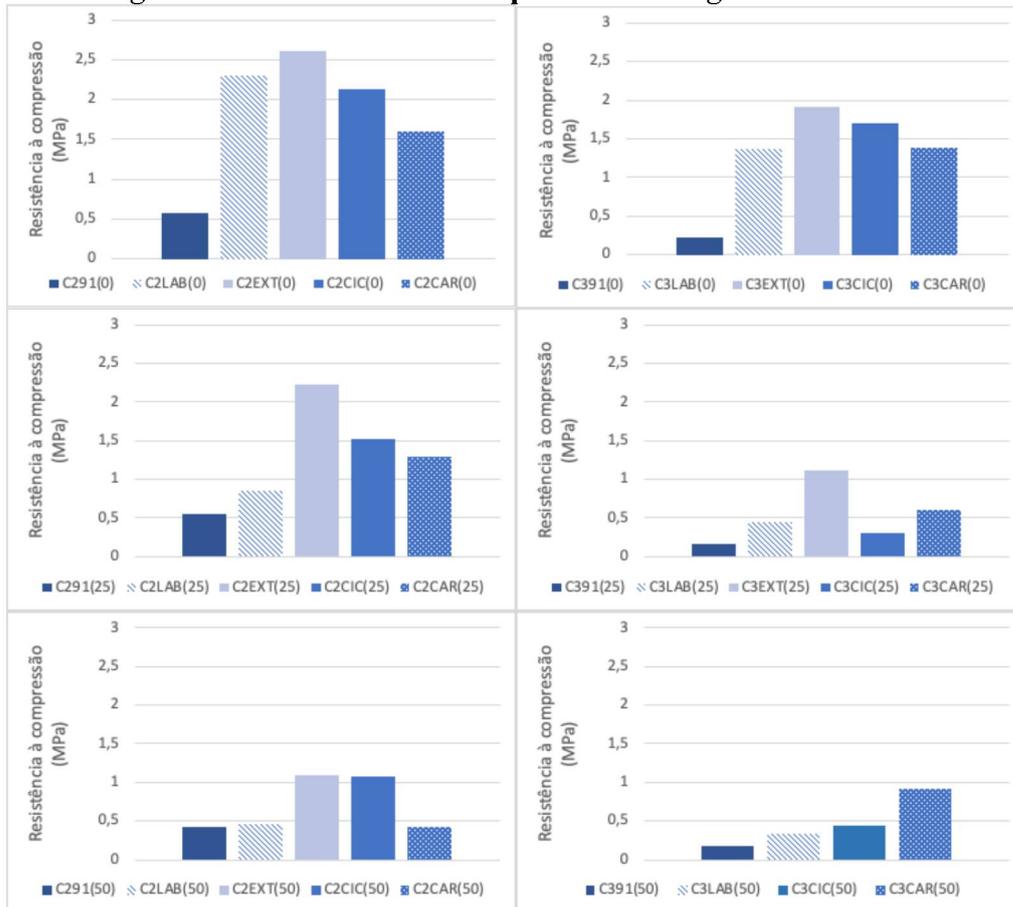
Pela comparação dos resultados utilizando o método de Tukey, verificou-se que a C291(0) apresentou a menor resistência à compressão (0,57 MPa), a C2car(0) apresentou resistência à compressão intermediária (1,60 MPa) e as C2lab(0), C2cic(0) e C2ext(0) apresentaram as maiores resistências à compressão (2,30 MPa, 2,14 MPa, 2,61 MPa), sendo elas equivalentes entre si. Resistências à compressão abaixo de 1 MPa são comuns para argamassas de cal e areia de traço 1:2 em volume, aos 90 dias (FARIA; HENRIQUES; RATO, 2008; GAMEIRO et al.; 2014; MONTEIRO; SILVA; FARIA, 2021).

Pela diferença de resistência à compressão apresentada entre a argamassa C291(0) para as demais, é notável o ganho de resistência que a argamassa de cal adquire ao longo do tempo. Isso ocorre pela lentidão da reação entre hidróxido de cálcio e dióxido de carbono para formar o carbonato de cálcio, que é o responsável pela resistência mecânica das argamassas à base de cal.

Em Costa e Pacheco (2018), foi discutido que o ambiente da câmara de carbonatação pode não ser favorável para o incremento da reação em pastas de cal em função da elevada temperatura (40 °C), umidade relativa mediana (60 %) e da alta taxa de CO₂ no interior da câmara. O ambiente de laboratório, com temperatura amena (20 °C) e umidade de até 80 %, gerou maior incremento na carbonatação que as pastas de cal que se mantiveram durante 28

dias em câmara de carbonatação. Este mesmo fenômeno pode ser observado pela Figura 37, onde a C2car(0) apresentou resistência à compressão aquém das demais de 420 dias.

Figura 37 – Resistência à compressão das argamassas de cal.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A C391(0) apresentou-se como a argamassa de menor resistência a compressão entre as de traço 1:3, enquanto as C3lab(0), C3cic(0), C3car(0) e C3ext(0) não apresentaram diferença significativa entre si. Em Veiga (2017) e Ayat et al. (2021) foram apresentadas argamassas de cal e areia com traço 1:3 em volume, rompidas aos 90 dias e a resistência à compressão das amostras variou entre 0,63 MPa a 1,3 MPa. Em comparação às argamassas de cal produzidas com areia, a C391(0) apresenta menor resistência à compressão. Contudo, é possível verificar que a argamassa contendo agregado de madeira promove seu comportamento mecânico ao decorrer do tempo. Estatisticamente não foi verificado que os tipos de condições influenciaram as resistências à compressão das argamassas C3-(0), ao contrário da idade dos CPs, que mostrou promover o comportamento físico.

Comparando-se as argamassas C291(0) e a C391(0), o teste de Tukey demonstrou equivalência de resistência a compressão entre as duas amostras, sendo elas as que

apresentaram as menores resistências entre as argamassas sem substituição de cal por cinza volante. A resistência à compressão da madeira fragiliza a interação matriz-agregado, resultando na redução do desempenho mecânico da argamassa. Com exceção da C2car(0), que apresentou resistência à compressão significativamente igual às C3-(0) de idade 420 dias, as argamassas C2lab(0), C2cic(0) e C2ext(0) apresentaram maior resistência à compressão que as C3-(0). Isso ocorreu pelo maior volume de cal que promoveu a formação do carbonato de cálcio, elevando a resistência da matriz e, também, pelo menor teor de agregado, que apresenta resistência à compressão inferior à do agregado mineral.

Nota-se que a C291(25) apresentou menor resistência quando comparada às demais C2-(25) de 420 dias. Ao longo dos 329 dias que separam as duas idades, existe a formação de estruturas de C-S-H (pela cinza volante) e de CaCO₃ (pela carbonatação) que promovem incremento de resistência à compressão nas idades mais avançadas. Além da idade, as diferentes condições de exposição também interferiram no comportamento mecânico das argamassas contendo partículas de madeira. Fatores como temperatura e umidade interferem na reação pozolânica, sendo possível verificar a influência desses fatores nas argamassas C2lab(25), C2cic(25), C2car(25), C2ext(25). As amostras que estiveram expostas a maiores temperaturas e umidade, C2cic(25) e C2ext(25), apresentaram maiores resistências à compressão devido ao desenvolvimento da reação pozolânica nesses ambientes. É importante recapitular que as argamassas submetidas ao processo de ciclagem foram acomodadas durante 10 ciclos em estufa a 80 °C e, em seguida, em tanque com fluxo contínuo de água. Em ambiente externo, as argamassas receberam aproximadamente 7 horas de incidência solar, em temperaturas máximas superiores a 25 °C, além estarem submetidas a alta variação de umidade relativa do ar. Em contrapartida, as C2lab(25) e C2car(25) mantiveram-se em ambiente de temperatura e umidade menos intensos, fator que estagnou a reação pozolânica.

Ao passo que a C2cic(25) elevou sua resistência à compressão por influência dos fatores ambientais, não foi verificado o mesmo incremento na C3cic(25) devido à agressividade da ciclagem para esta amostra. Ressalta-se que as argamassas C3-(25) possuem 3/4 de seu volume composto por agregado de madeira, que é um material que sofre variações volumétricas de acordo com a absorção ou perda de água. Verificou-se que a C3cic(25) apresentou resistência à compressão equivalente à C391(25), devido ao menor volume de ligante, ao maior teor de agregado e aos diversos ciclos variação dimensional da madeira. A inserção dos CPs em estufa e em tanque de água, impediram que a C3cic(25) apresentasse incremento de resistência como a C2cic(25). Quanto a C3lab(25) e C3carb(25), por estarem inseridas em ambiente de temperatura e umidade amena, o cenário não favoreceu o

desenvolvimento da reação pozolânica, estagnando o acréscimo de resistência à compressão. O ambiente externo apresentou-se como menos agressivo que a ciclagem de umidade e temperatura, posto que a C3ext(25) apresentou-se como a argamassa de maior resistência entre as demais de C3-(25).

A partir da Figura 37 é notável que a alteração de proporção aglomerante/ agregado de madeira interfere na resistência à compressão das argamassas C2-(25) e C3-(25). Como discutido, a cal é a responsável por promover o ganho de resistência mecânica pela formação do carbonato de cálcio, bem como a cinza volante combinada com o Ca(OH)_2 forma estruturas de C-S-H, enquanto a madeira apresenta resistência à compressão aquém dessas estruturas cristalinas. Disso, é de se concluir que o traço influenciaria a resistência à compressão, diferentemente das argamassas sem adição mineral, onde o aumento do teor de agregado de madeira não provocou redução tão acentuada de resistência à compressão.

Verificou-se também que as argamassas de cal acomodadas em ambiente de laboratório não apresentaram tanto incremento de resistência mecânica quanto aquelas expostas ao ambiente externo, à ciclagem e em câmara de carbonatação. Koteng e Chen (2015) estudaram a influência da substituição de cal hidratada por cinza volante em pastas em diferentes idades. Pelo ensaio de resistência à compressão, verificou-se que a pasta contendo cinza volante e cal hidratada apresentam letargia quanto ao ganho de resistência à compressão, uma vez que seu ganho de resistência demanda mais tempo para ocorrer. Além disso, verificaram também que a umidade e temperatura do ambiente onde os corpos de prova são curados influencia a resistência à compressão, verificando o incremento mecânico em cura submersa em água a 60 °C. Dessas conclusões pôde-se compreender por que as argamassas em ambiente de laboratório não apresentaram tanto incremento de resistência quanto as argamassas cicladas e expostas ao ambiente externo. Comparado à essas duas condições de exposição, o laboratório apresenta menor temperatura e umidade, debilitando o desenvolvimento da reação pozolânica. Como discutido no trabalho citado, pela lentidão da reação pozolânica, as argamassas C291(50) e C391(50) apresentaram menores resistências que as argamassas de 420 dias de idade. Assim como ocorrido para a C3cic(25), a condição de ciclagem foi agressiva para as argamassas C3cic(50), uma vez que elevado teor de madeira provocou tensões na matriz em função da variação volumétrica causada pela alteração de umidade das partículas de madeira. Possivelmente essas tensões geraram microfissuras na matriz, impedindo o entrelaçamento da estrutura cristalina e, conseqüentemente, o ganho de resistência mecânica.

As argamassas com 50 % da massa de cal substituída por cinza volante apresentaram resistência à compressão aquém das demais argamassas à vista do elevado teor de substituição. Apesar da redução da alcalinidade, nessas amostras houve o decréscimo da disponibilidade de Ca(OH)_2 para reagir com o SiO_2 da pozolana, sendo um entrave para o desenvolvimento da reação pozolânica. Biernacki, Williams e Stutzman (2001) demonstraram que a taxa do consumo do hidróxido de cálcio pela cinza é diretamente proporcional à concentração de hidróxido de cálcio na matriz. Ou seja, a reatividade da cinza volante está vinculada ao teor de Ca(OH)_2 presente na mistura. Portanto, o reduzido volume de cal das argamassas C2-(50) e C3-(50) prejudicou a reação pozolânica que, conseqüentemente, limitou o comportamento mecânico. Outro ponto a ser ressaltado é a diferença entre o tempo da reação pozolânica e da carbonatação. A reação de carbonatação é mais rápida que a reação pozolânica, logo quando a reação pozolânica se inicia a carbonatação já consumiu significativa parcela do hidróxido de cálcio que poderia estar disponível para se combinar com a fase vítrea da cinza volante. Logo, a escassez do Ca(OH)_2 justifica o decréscimo da resistência à compressão ao passo que se aumenta o teor de substituição da cal por cinza volante.

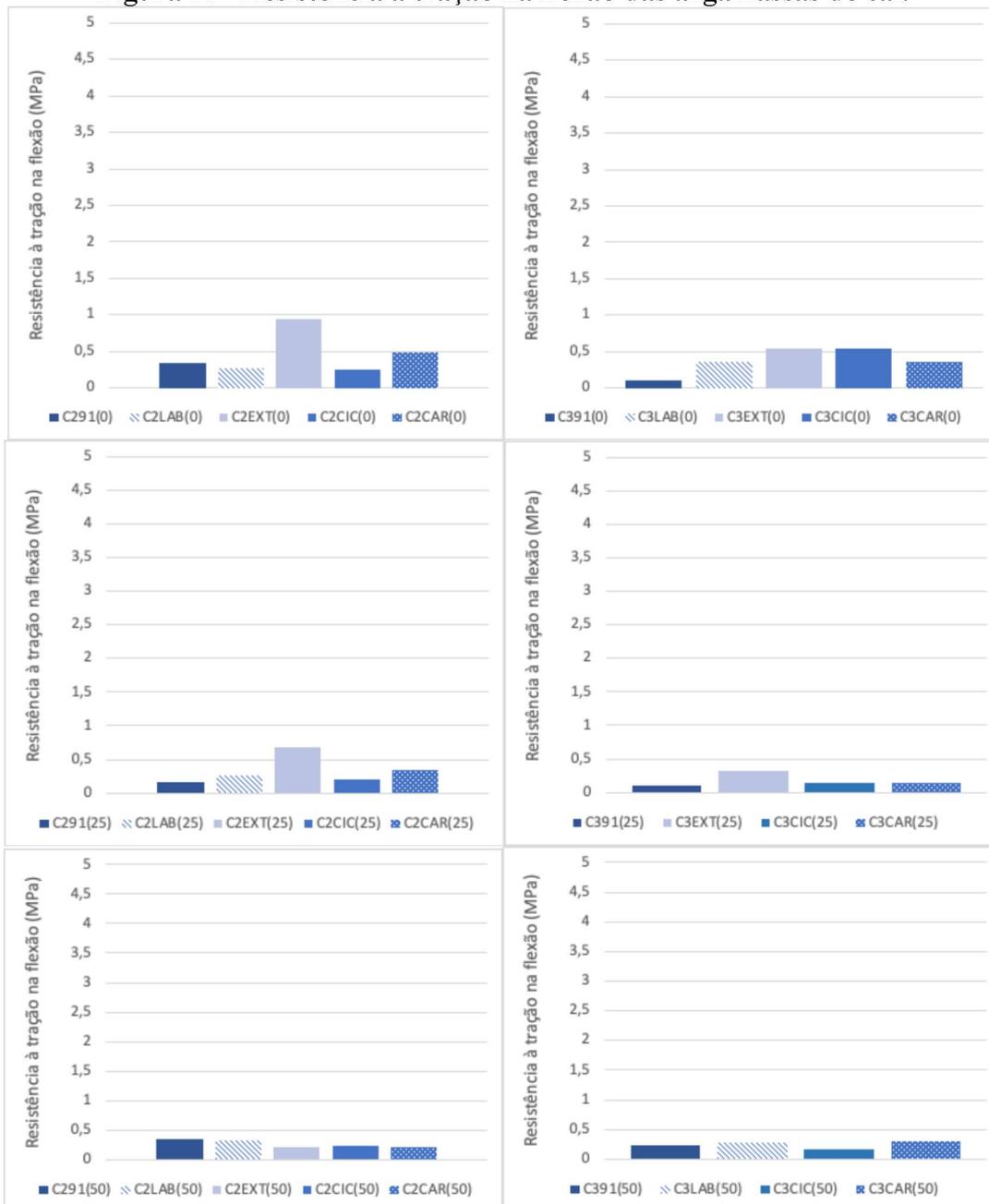
De forma geral, a exposição ao ambiente externo seguido da ciclagem foram as condições de exposição que mais promoveram o ganho de resistência a compressão. Diversos fatores podem ter influenciado nesses resultados, contudo entende-se que essas condições foram as que forneceram valores mais elevados de umidade e temperatura para que fossem desenvolvidas as reações de carbonatação e pozolânica. É fato que é muito precipitado tirar conclusões com análises realizadas até 420 dias, porém os resultados mostram que as argamassas de cal expostas ao ambiente externo não tiveram sua resistência à compressão prejudicada pela exposição aos fatores ambientais. Pelo contrário, à princípio conclui-se que a exposição ao ambiente externo favoreceu o comportamento mecânico.

Apesar da cinza volante haver cumprido seu papel de consumo da portlandita e, conseqüentemente, ter reduzido a alcalinidade da mistura, a redução da proporção do aglomerante prejudicou a resistência à compressão. A influência da redução da alcalinidade na integridade do agregado de madeira poderá ser observada em estudos com idades mais avançadas, contudo, para as idades propostas por esta pesquisa, a substituição da cal por cinza volante fragilizou a matriz, tornando-a menos resistente mecanicamente. Entre os dois valores de substituição, à luz do comportamento mecânico, a substituição por 25 % de cinza volante mostrou-se como a que menos reduz a resistência à compressão e, mesmo assim, é capaz de reduzir a alcalinidade, conforme demonstrado pelo DRX.

4.3.3 Resistência à tração na flexão

A seguir estão apresentados os resultados de resistência à tração na flexão das argamassas de cal pela Figura 38.

Figura 38– Resistência à tração na flexão das argamassas de cal.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Pelo método de ANOVA (Apêndice B), existe diferença estatística entre os resultados de resistência à tração na flexão para as argamassas de cal. A Figura 38 apresenta

os resultados de resistência à tração na flexão das argamassas de cal sem substituição da cal por cinza volante. Pelo método de análise de Tukey, as argamassas C2-(0) apresentaram resistências equivalentes, com exceção da C2ext(0) que apresentou maior resistência. Comparando-se os resultados da Figura 38, é verificado que o comportamento das argamassas C2-(0) manteve-se semelhante entre as resistências à tração e à compressão. Como discutido no item 3.4.1.4, o ambiente externo apresenta alta amplitude climática que contempla condições de temperatura e umidade favoráveis para que ocorra a reação de carbonatação. Além disso, as argamassas submetidas à condição de exposição ao ambiente externo permaneceram nesse meio por nove meses, enquanto a carbonatada foi inserida em câmara de carbonatação por um mês e o processo de ciclagem de umidade e temperatura durou 10 dias. Provavelmente maior período de exposição em ambiente externo também foi um fator que promoveu a resistência à tração pela maior carbonatação dos CPs.

Assim como verificado para as C2-(0), as resistências à tração na flexão das argamassas C2-(25) não apresentaram diferenças significativas entre si, com exceção da C2ext(25) que apresentou maior resistência. Como já discutido, os fatores climáticos bem como período de exposição dos CPs ao ambiente externo possibilitaram a maior formação do carbonato de cálcio, elevando a resistência à tração na flexão dessa amostra.

Apesar do gráfico apontar uma maior resistência à tração na flexão para a C3ext(25), o teste de Tukey indicou semelhança estatística entre as argamassas C3-(25). Para essa amostra as condições de exposição não interferiram na resistência à tração na flexão devido ao reduzido comportamento mecânico. Fatores como menor teor de cal, substituição da cal por pozolana e baixa resistência mecânica do agregado de madeira reduziram a resistência à tração da argamassa, a tal ponto que mesmo com o incremento da reação de carbonatação das condições de exposição, as C3-(25) mantiveram resistências à tração na flexão reduzidas. As C3-(0) já haviam apresentado baixa resistência à tração na flexão, a redução do teor de cal pela substituição por cinza volante reduziu ainda mais a formação de cristais. Existia a hipótese da cinza volante reagir com o Ca(OH)_2 e formar estruturas C-S-H, contudo, ao que se indica, a reação de carbonatação consumiu o hidróxido de cálcio antes que pudesse ter ocorrido a reação pozolânica e, pela ausência do C-S-H e redução da cal, as C3-(25) apresentaram decréscimo de resistência à tração na flexão.

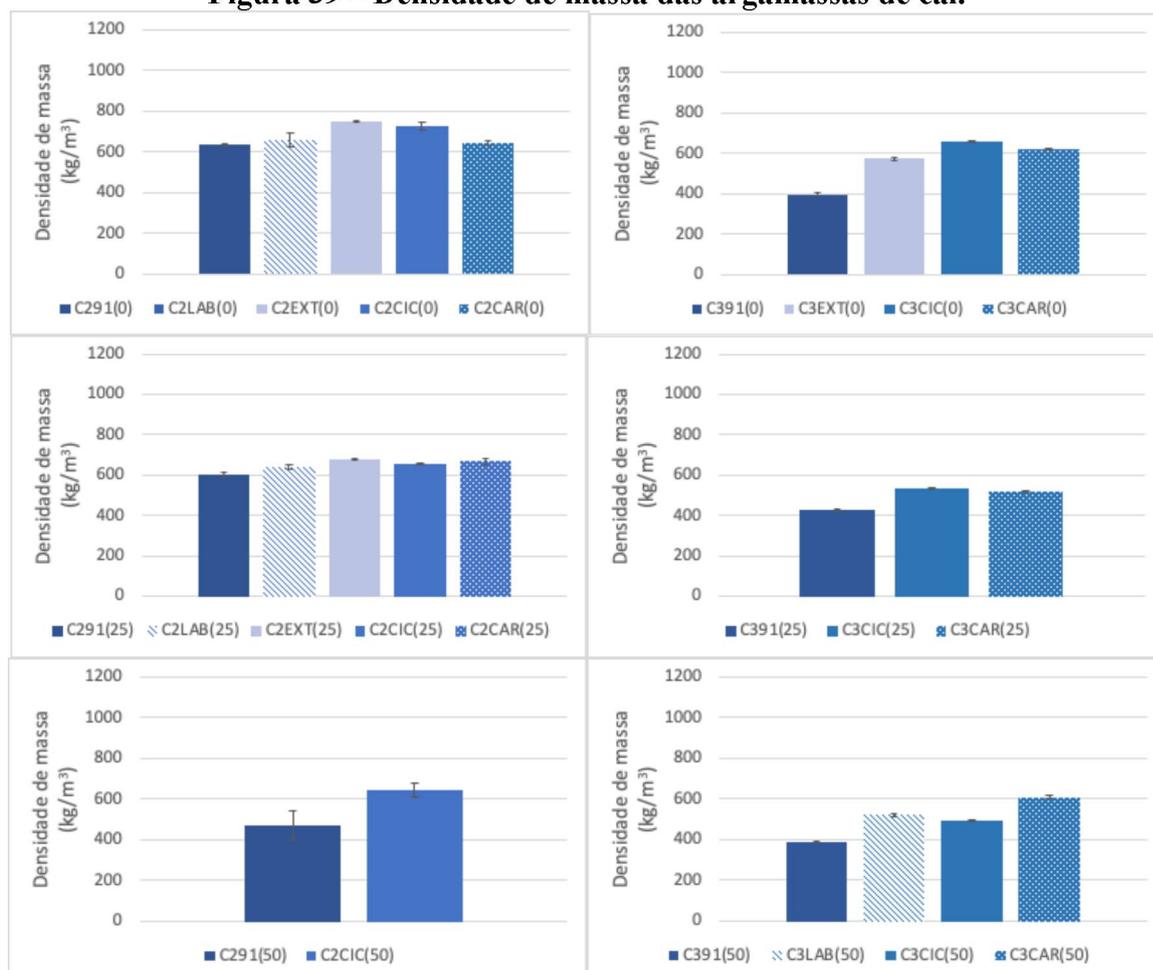
Para as argamassas C2-(50) e C3-(50), não houve diferença significativa entre nenhuma amostra. Ou seja, a redução da massa de cal provocou um decréscimo de resistência à tração ao ponto que nem as condições de exposição e nem a diferença do teor de aglomerante foram capazes de interferir na resistência à tração na flexão.

Assim como para a resistência à compressão, a exposição dos CPs ao ambiente externo promoveu também o ganho de resistência à tração na flexão. Inicialmente, havia o questionamento de como as argamassas contendo agregado de madeira se comportariam frente às condições climáticas. É certo que 420 dias é pouco tempo para se afirmar a viabilidade da aplicação desse tipo de argamassa em ambiente externo, mas, ao que tudo indica, em idades pouco avançadas, a argamassa de cal contendo agregado de madeira apresenta-se como resistente às intempéries.

4.3.4 Densidade de massa

Nos gráficos da Figura 39 estão apresentados os resultados das densidades de massa no estado endurecido das argamassas desenvolvidas na tese, com suas diferentes condições de exposição.

Figura 39 – Densidade de massa das argamassas de cal.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Através do teste de comparação de Tukey (Apêndice B), foi verificado que não existe diferença significativa de densidade entre as argamassas C291(0), C2lab, C2cic(0) e C2car(0) apresentadas na Figura 39. Isso provavelmente ocorreu devido ao elevado volume de cal presente nas argamassas C2. Subintende-se que em função do alto teor de cal, uma acentuada carbonatação ocorreu aos 91 dias, gerando a densificação das extremidades dos CPs por formação do carbonato de cálcio.

É importante salientar que o aumento da densidade dos corpos de prova ao avanço das idades foi atribuído, em grande parte, à reação de carbonatação. Sabe-se que a massa molar do Ca(OH)_2 é de 74 g/mol, enquanto que a do CaCO_3 é de 100 g/mol, ou seja, 35 % maior que o hidróxido de cálcio. Sendo assim, a transformação do Ca(OH)_2 em CaCO_3 , pela reação com o CO_2 , gera um acréscimo de densidade na amostra.

A semelhança entre as densidades nas diferentes idades não foi observada nas argamassas C3-(0). A amostra C391(0) apresentou densidade significativamente menor que as C3lab(0), C3cic(0), C3car(0) e C3ext(0) por causa do maior volume de madeira em seu traço em comparação às C2-(0). Diferentemente das argamassas C2-(0), mesmo com a carbonatação, a maior proporção de madeira formou canais entre a camada formada de CaCO_3 que continuou permitindo a entrada de CO_2 ao decorrer do tempo. Portanto, é possível verificar o acréscimo de densidade da C391(0) para as demais de idade 420 dias.

Entre as argamassas C2-(0) e C3-(0) não houve diferença estatística, com exceção da C391(0), que apresentou a menor densidade, e da C2ext(0), que apresentou a maior densidade. Os volumes distintos de aglomerante e agregado provocaram efeitos contrários entre si. O alto teor de cal das argamassas C2-(0) provavelmente formou uma camada de que impediu a maior penetração do CO_2 , portanto a densidade manteve-se estável ao longo do tempo. Em contrapartida, entende-se que a C3-(0), por seu maior teor de madeira, provavelmente gerou caminhos pelo agregado que permitiram o aumento progressivo no decorrer das idades

De um modo geral, o fato das argamassas de traço 1:3 possuírem um volume 13 % maior de madeira que as argamassas de traço 1:2, não foi suficiente para reduzir a densidade de massa endurecida das argamassas de cal sem substituição. Sendo assim, conclui-se que, se o intuito do emprego desse tipo de argamassa fosse o alívio de carga em edificações, seria indiferente utilizar argamassas de cal sem adição de traço 1:2 ou 1:3 pois, em idade mais avançadas, ambas apresentariam densidades semelhantes.

Desses resultados, conclui-se que o teor de cal disponível para reagir com o CO_2 não interfere diretamente na densidade das argamassas de cal contendo agregado de madeira. A

partir das argamassas produzidas nesta pesquisa, independente do teor de substituição ou da proporção de cal, agregado de madeira e cinza volante ou das condições de exposição, as densidades se mantiveram similares. Algumas apresentaram diferença estatística entre si, mas não houve nenhuma alteração discrepante entre as densidades.

Analisando-se os resultados de resistência à compressão à luz dos resultados de densidade de massa no estado endurecido, nota-se que não há correlação entre a densidade de massa no estado endurecido e a resistência à compressão (Apêndice B). Enquanto a densidade de massa manteve-se constante, em relação à idade ou ao tipo de solitação, a resistência à compressão apresentou incremento no decorrer do tempo. Essa mesma ausência de correlação entre densidade e compressão foi observado em Martínez-García et al. (2019). Neste estudo, com argamassas de cal verificou-se que enquanto a densidade se manteve constante a resistência à compressão sofreu alterações. Isso ocorre porque, apesar da densificação da massa gerada pela carbonatação do hidróxido de cálcio, não significa que os poros foram preenchidos pela carbonatação, de maneira que a resistência mecânica não é elevada na mesma proporção que a densidade.

De um modo geral, o aumento da substituição da cal por cinza volante não provocou interferência na densidade de massa entre as argamassas C2-(0), C2-(25) e C2-(50). Para as argamassas de traço 1:3, a amostra que destacou-se por apresentar densidade significativamente superior foi a C3cic(0). Para o restante das amostras, as C3-(0), C3-(25) e C3-(50) apresentaram densidade similar. Logo, alterando-se o teor de cal e, conseqüentemente, reduzindo o potencial de carbonatação, o volume de madeira manteve-se constante, mantendo a proporcionalidade entre as densidades.

5 RESULTADOS DAS ARGAMASSAS MISTAS

O atual capítulo apresenta os resultados no estado endurecido das argamassas mistas desenvolvidas à luz das metodologias propostas no Capítulo 3 e, também, as discussões a respeito dos resultados obtidos.

5.1 CAPACIDADE REATIVA DA CINZA VOLANTE NAS ARGAMASSAS MISTAS

5.1.1 Reatividade da cinza volante

A reatividade adotada para a cinza foi mantida a mesma que a apresentada no item 4.2.1, ou seja, 0,436 g de Ca(OH)_2 / g de adição. A fim de verificar a disponibilidade do hidróxido de cálcio para reagir com a cinza volante, estimou-se através de cálculos se houve substituição excessiva do cimento pela cinza volante. Pelas análises de TG e DTG verificou-se que a cal apresenta 31,36 % (Figura 15) e o cimento Portland 10,73 % (Tabela 13) da massa de Ca(OH)_2 , enquanto o FRX demonstrou que a cinza volante possui 65,33 % (Tabela 17) de sua massa de SiO_2 . Esses foram os dados que embasaram os cálculos para o desenvolvimento da Tabela 24.

A Tabela 24 apresenta os teores de hidróxido de cálcio para atender a necessidade de reatividade da cinza volante. Para determinar se as argamassas apresentaram hidróxido de cálcio suficientes para reagir com a cinza volante presente nos traços, realizou-se a subtração do teor de Ca(OH)_2 nas misturas teor mínimo de Ca(OH)_2 para reagir com a cinza volante. A disponibilidade de Ca(OH)_2 está apresentada na tabela sendo os valores em vermelhos os que não apresentaram hidróxido de cálcio necessários para atender à demanda da cinza volante. Pelos cálculos, os traços das argamassas mistas com substituição de 50 % do cimento por cinza volante apresentaram teor insuficiente de Ca(OH)_2 para reagir com o SiO_2 da cinza volante, indicando o excesso de cinza volante. É possível que a cinza volante não combinada se mantenha como material inerte nas argamassas, tendendo a interferir no comportamento endurecido das argamassas mistas. Em contrapartida, a elevada proporção de cinza volante conduz à intensificação do consumo da portlandita, reduzindo-se a alcalinidade e a agressividade da matriz.

Tabela 24 – Proporção teórica ideal de Ca(OH)₂ para a cinza volante empregada nas misturas de argamassas mistas contendo agregado de madeira.

Código	Teor de cimento (g)	Teor de cal (g)	Teor de cinza volante (g)	Teor de Ca(OH) ₂ na cal e no cimento (g)	Teor mínimo de Ca(OH) ₂ para reagir com a cinza volante (g)	Disponibilidade de Ca(OH) ₂ (g)
M4(0)	515,00	250,00	0,00	133,64	0,00	133,64
M4(25)	386,25	250,00	128,75	119,83	56,14	63,69
M4(50)	257,50	250,00	257,50	106,02	112,27	-6,25
M6(0)	386,25	187,50	0,00	100,23	0,00	100,23
M6(25)	289,69	187,50	96,56	89,87	54,50	35,37
M6(50)	193,13	187,50	193,13	79,52	109,00	-29,48

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.1.2 Análise de DRX

No Quadro 4 estão dispostos os elementos analisados no ensaio de DRX das argamassas mistas.

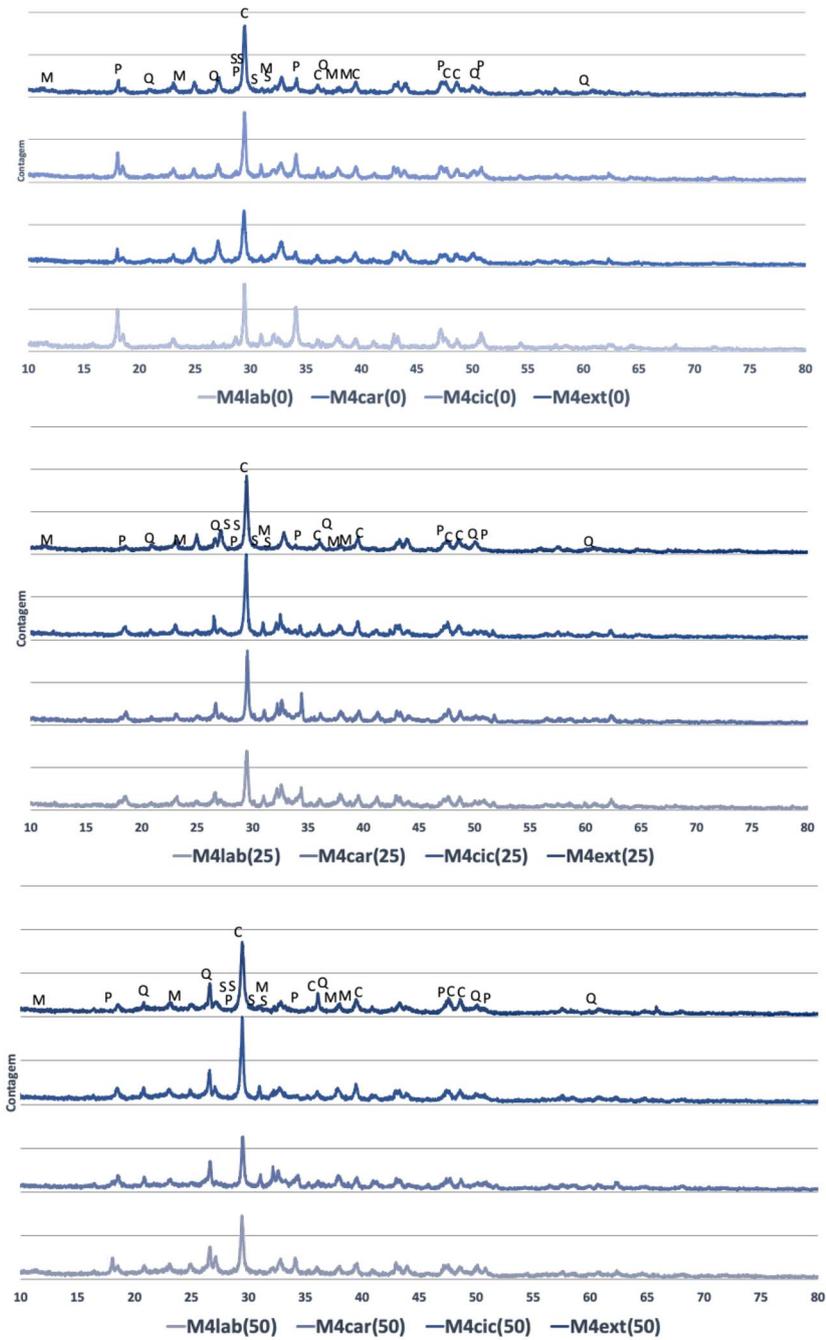
Quadro 4 – Código dos materiais determinados na análise de DRX.

Nome do componente	Código	Fórmula química
Hidróxido de cálcio (Portlandita)	P	Ca(OH) ₂
Silicato de cálcio hidratado (C-S-H)	S	Ca _{1,5} .SiO _{3,5} .xH ₂ O
Carbonato de cálcio (Calcita)	C	CaCO ₃
Óxido de silício (Quartzo)	Q	SiO ₂
Monocarboaluminato de cálcio hidratado	M	3CaO.Al ₂ O ₃ .CaCO ₃ .11H ₂ O

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

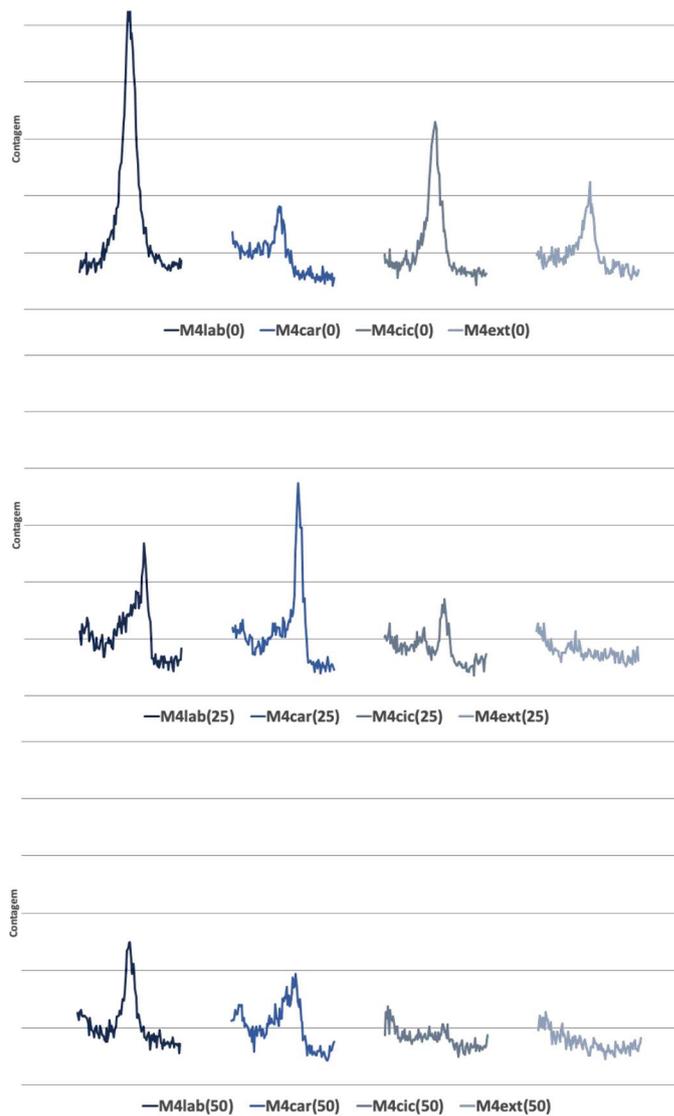
Nas Figura 40 e Figura 41 estão presentes os gráficos de DRX das argamassas mistas, sendo o primeiro o gráfico completo e o segundo o gráfico o comparativo entre os picos de portlandita.

Figura 40 – DRX das argamassas mistas.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 41 – Picos de portlandita (34,102°) das argamassas mistas.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Na Figura 40 é possível comparar a intensidade da contagem dos picos de carbonato de cálcio, no ângulo 2θ de 29,395 °, e verificar que as condições não exerceram tanta influência sobre este elemento, uma vez que todos apresentaram intensidade de contagem semelhante entre si. Em se tratando de uma análise qualitativa, não há necessidade de se considerar esse grau de diferença entre os picos de contagem.

A Figura 41 apresenta a comparação entre as intensidades de contagem dos picos de portlandita. Constatou-se que as condições de exposição promoveram a redução da portlandita, sendo isso desejável para a redução da agressividade da matriz sobre a madeira. Entre as argamassas submetidas às condições de exposição, a M4cic(0) foi a que menos interferiu na microestrutura da matriz, apresentando o maior pico de portlandita. Se for

comparado o tempo no qual as argamassas foram submetidas às condições de exposição, nota-se que as argamassas cicladas foram submetidas a um menor tempo de exposição, apesar da agressividade dessa exposição. Conclui-se disso que mesmo que a umidade e temperatura elevadas da ciclagem favorecessem a reação de carbonatação, a exposição por 10 dias não foi suficiente para promover o consumo da portlandita tanto quando nas argamassas carbonatada, acomodada por 1 mês na câmara, e expostas ao ambiente externo, acomodadas por 9 meses em ambiente externo.

O ambiente de maior equilíbrio térmico e de umidade (ambiente de laboratório) estagnou a formação do CaCO_3 enquanto as demais amostras tiveram incentivo da reação de carbonatação devido às condições de exposição. Pelo gráfico da Figura 41 verifica-se que a argamassa de menor contagem de portlandita foi a M4ext(25). Estas amostras permaneceram durante 9 meses em ambiente externo, favorecendo a penetração do CO_2 , conseqüentemente, a reação de carbonatação. Há de se ressaltar que o pico de maior contagem foi o da M4car(25). Existem duas hipóteses para isso ter ocorrido, sendo a primeira a ineficácia da câmara de carbonatação, conforme discutido no item 4.2.2, e a segunda pela acomodação dos corpos de prova durante o período que estiveram em ambiente de laboratório. Devido ao reduzido espaço para acomodação dos CPs, alguns necessitaram ser acomodados uns sobre os outros em bandejas sob a bancada do laboratório. O fato dos CPs permanecerem o período pré câmara de carbonatação empilhados, pode ter impedido a carbonatação durante esse período e, conseqüentemente, as amostras foram para a câmara com maior reserva de portlandita que as demais. Dessa forma, o período em câmara de carbonatação não foi suficiente para carbonatar a quantidade de Ca(OH)_2 como nas demais amostras.

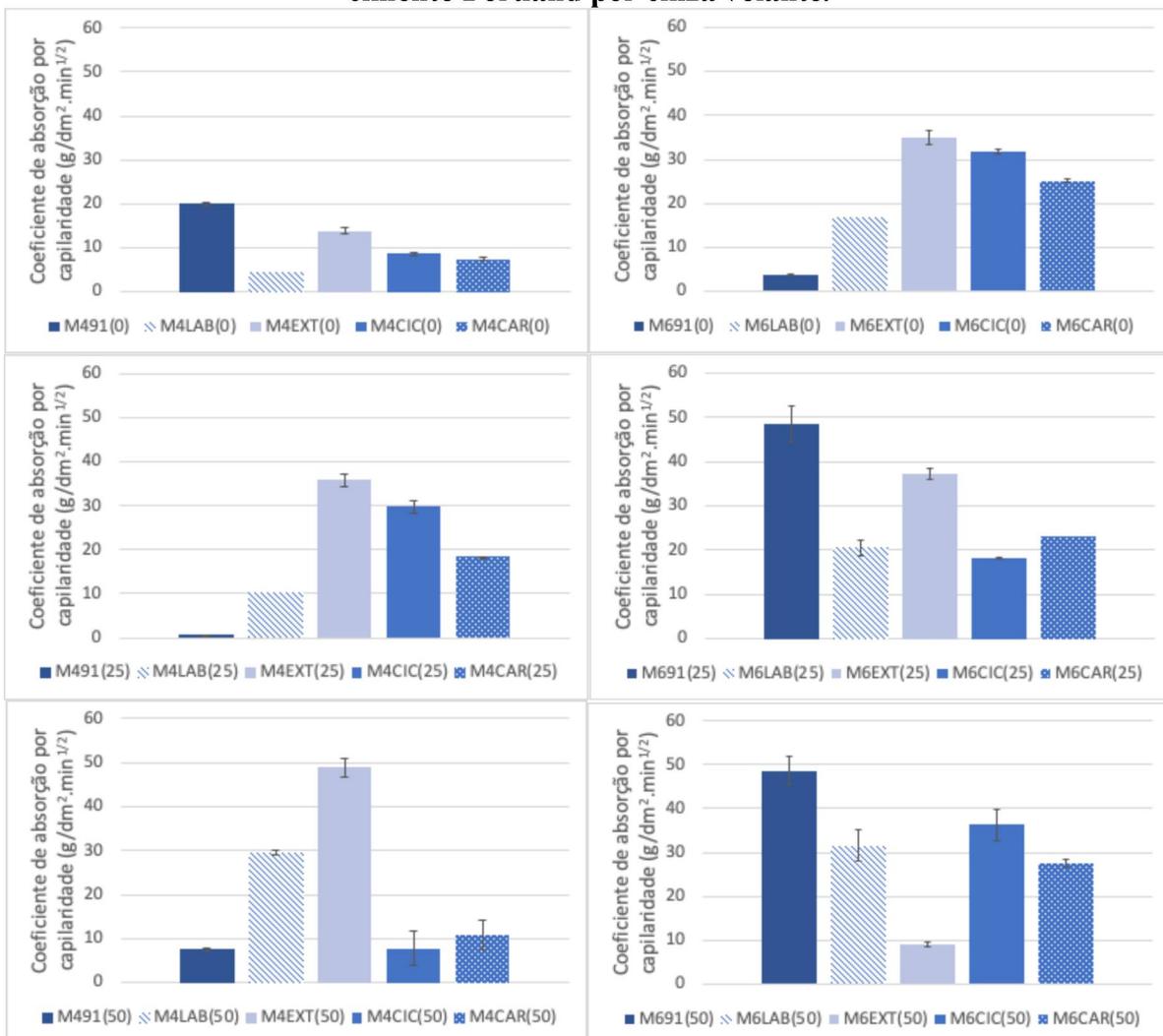
Nas amostras M4cic(50) e M4ext(50) na Figura 41 a contagem não foi identificada devido à redução do pico. De um modo geral, essas duas condições de exposição mostraram-se as mais eficazes para promover a redução da portlandita na matriz, ação desejável para a preservação da integridade das partículas de madeira. Entre as M4lab(25) e M4car(25) para as M4lab(50) e M4car(50), houve redução da contagem do pico de portlandita, contudo hipoteticamente atribui-se esse decréscimo mais ao aumento da substituição que à condição de exposição. Certamente ocorreu, em alguma proporção, reação pozolânica, entretanto não se pode afirmar a efetividade da reação, pois não é possível identificar a formação da estrutura de C-S-H. Logo, não é possível identificar se a portlandita foi transformada em carbonato de cálcio ou em C-S-H. Mas, para a atual pesquisa a intenção da análise de DRX era verificar as alterações de portlandita para, então, elucubrar a reatividade da matriz sobre o agregado de madeira e isso sim foi verificado.

5.2 CARACTERÍSTICAS NO ESTADO ENDURECIDO

5.2.1 Coeficiente de absorção por capilaridade

Os resultados obtidos pelo ensaio de absorção por capilaridade estão apresentados nos gráficos a seguir. Ressalta-se que o coeficiente de absorção por capilaridade é influenciado pela conectividade e dimensão dos poros, já que ambos os fatores interferem na força capilar (RATO, 2006).

Figura 42– Coeficiente de capilaridade das argamassas mistas sem substituição do cimento Portland por cinza volante.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A Figura 42 apresenta os resultados do coeficiente de absorção por capilaridade das argamassas mistas sem substituição do cimento Portland. Verifica-se que o desenvolvimento

da microestrutura, com o decorrer do tempo, reduziu o CAC da M491(0) para as M4-(0) de idade de 420 dias. Entra as M4-(0) de 420 dias, nota-se que as condições de exposição provocaram o aumento do CAC das argamassas. No caso das M4cic(0) e M4ext(0), as condições de exposição aceleraram o desenvolvimento da microestrutura enquanto a carbonatação da M4car(0) colmatou os poros pela formação do carbonato de cálcio. É possível que, em ambos os casos, a redução diametral dos capilares aumentado a pressão interna gerando leve incremento de CAC. Por fim, seria necessário realizar uma análise estatística a fim de verificar se houve diferença significativa entre as M4-(0) de 420 dias.

Ressalta-se que o volume de madeira das argamassas 1:1:6 é mais elevado que das 1:1:4 e, pelas características higroscópicas da madeira, as 1:1:6 tenderam a apresentar maior CAC. Sendo assim, as M6-(0) naturalmente já apresentariam maior porosidade em função do teor de agregado. Com o decorrer da idade, a dimensão dos capilares foi sendo reduzida aumentando o CAC pelo aumento de pressão interna. Assim como nas M4-(0) de 420 dias, as condições de exposição promoveram o desenvolvimento da microestrutura, acarretando o aumento do CAC provavelmente pela redução dimensional dos capilares.

Pesquisadores como Bouguerra et al. (2002), Martinho (2017) e Silva et al. (2021) desenvolveram compósitos e argamassas contendo substituição do agregado mineral por produtos de madeira, sendo o máximo de substituição de 40 % da massa. Nas três pesquisas foi verificado que o aumento da substituição provocou a redução do CAC. A explicação dada pelos autores é que a madeira é um agregado macro poroso e devido aos capilares de grande dimensão, a força de sucção interna dos capilares é reduzida.

Entende-se que a microestrutura pouco desenvolvida da M491(25) gerou poros pouco conectados e, portanto, apresentou baixo CAC. Mesmo contendo 25 % de substituição, as M4-(25) ainda apresentaram teor de aglomerantes mais elevado que as M6-(25), estando mais predispostas ao desenvolvimento da microestrutura. Por isso, as argamassas submetidas as condições de exposição apresentaram incremento da capilaridade. Verificou-se que cada condição, ao seu modo, atuou para a formação de CaCO_3 e de C-S-H, reduzindo os poros e, conseqüentemente, a dimensão dos capilares. É importante ressaltar que, diferente da M4cic(25) e M4ext(25), a M4car(25) possivelmente gerou uma colmatação dos poros mais intensa nas bordas dos CPs e manteve o interior mais equivalente à microestrutura da M4lab(25). Isso explica porque ela apresentou incremento de CAC, porém não tão intenso quando as M4cic(25) e M4ext(25).

Comparando-se os resultados das M4-(25) com da M6-(25), é possível constatar como a alteração da proporção aglomerante/ agregado de madeira provocou efeitos opostos

nas argamassas. Enquanto as M4-(25) apresentaram aumento de capilaridade com o decorrer do tempo, as M6-(25) apresentaram o comportamento oposto. A estrutura mais porosa da matriz mais nova juntamente com o elevado teor de agregado deixou a M691(25) com elevado CAC com relação as demais. Como as M6-(25) já são mais porosas pela presença da madeira, a compactação da matriz nas de 420 dias, nesse caso, reduziu o coeficiente de capilaridade. Entre as M6lab(25), M6cic(25) e M6car(25) provavelmente não houve diferença estatística entre os CPs, demonstrando que essas condições de exposição não interferiram na capilaridade das argamassa. Em contrapartida, a M6ext(25) apresentou incremento de capilaridade justamente pelo maior desenvolvimento da microestrutura. Já que essa argamassa permaneceu mais tempo expostas à condição de exposição, ela teve mais tempo para desenvolver o CaCO_3 e o C-S-H, sendo assim, reduzindo os capilares e aumentando a pressão de sucção de fluidos.

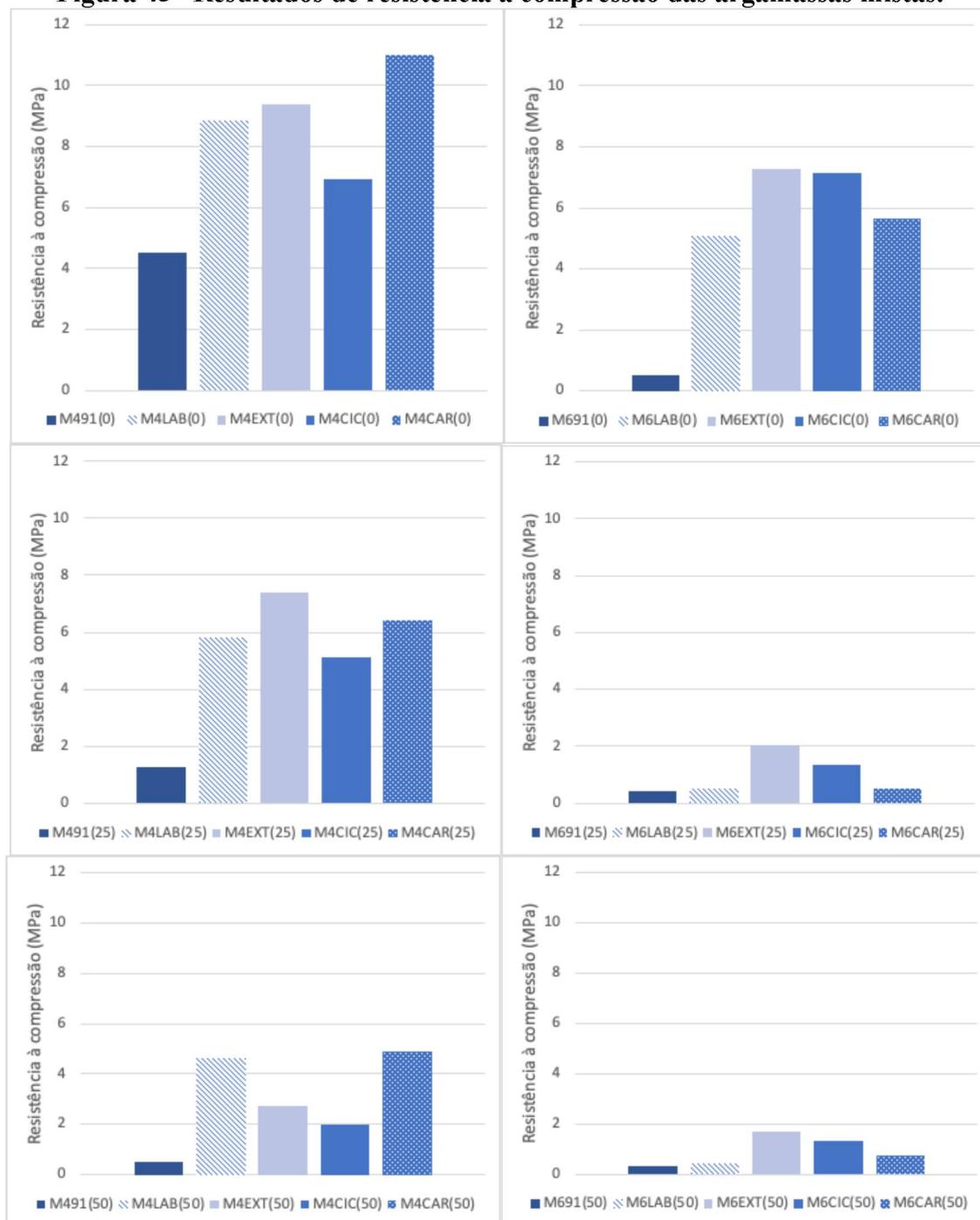
Nota-se que o desenvolvimento da microestrutura da M491(50) para a M4lab(50) e M4ext(50) acarretou, mais uma vez, o aumento do CAC. Contudo, as M4cic(50) e M4car(50) apresentaram baixo CAC por diferentes razões. Enquanto a M4car(50) apresentou colmatagem dos poros a ponto de reduzir os capilares, a M4cic(50) sofreu degradação microestrutural que aumentou a dimensão dos capilares. Capilares maiores tendem a succionar menos os fluidos para o interior da microestrutura.

Pelo maior teor de substituição e de agregado de madeira, as M6-(50) tenderam a apresentar maior potencial de absorção. Nessas amostras, o desenvolvimento da microestrutura provocou a redução do CAC, sendo essa afirmação confirmada pela comparação entre as M691(50), M6lab(50) e M6ext(50). A matriz mais pobre da M6cic(50) sofreu com os sucessivos choques de temperatura e umidade, provocando microfissuras na estrutura, aumentando o teor capilares. Em contrapartida, a carbonatação colmatou os capilares pela formação do CaCO_3 , reduzindo o CAC da M6car(50).

5.2.2 Resistência à compressão

A seguir, a Figura 43 apresenta os gráficos dos resultados de resistência à compressão das argamassas mistas produzidas no trabalho.

Figura 43– Resultados de resistência à compressão das argamassas mistas.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A ANOVA (Apêndice B) indica a existência de diferença estatística entre as amostras estudadas. Na Figura 43 pode-se verificar os resultados de resistência à compressão obtidos para as argamassas mistas sem substituição do cimento por cinza volante. Foi verificado que o avanço da idade foi benéfico para a resistência à compressão das M4-(0), já que no decorrer do tempo formaram-se mais estruturas cristalinas de carbonato de cálcio e, principalmente, de C-S-H, pela presença de 1/6 do volume de cimento Portland CP II-F.

Nas M4-(0) de idade de 420 dias, a M4lab(0) e a M4ext(0) apresentaram resistência à compressão equivalentes, enquanto a M4cic(0) e a M4car(0) interferiram no comportamento mecânico de maneira oposta. Nenevê, Costa e Medeiros-Junior (2022) avaliaram o impacto da ciclagem de umidade e temperatura em argamassas mistas e verificaram que a ciclagem aumentou o coeficiente de capilaridade das argamassas, provocando micro fissurações na matriz. Essa conclusão foi corroborada pela redução do comportamento mecânico das argamassas analisadas no trabalho e essa redução também foi verificada na M4cic(0). Por apresentar maior teor de aglomerantes, a M4-(0) possui mais matriz susceptível ao choque térmico e de umidade.

Corroborar-se a afirmativa de que a ciclagem é mais agressiva à matriz cimentícia ao se comparar a M4cic(0) com a M6cic(0). Enquanto a primeira argamassa teve sua resistência à compressão reduzida, a segunda apresentou resistência elevada quando comparada aos seus pares. O maior teor de agregado de madeira aumentou a resistência à compressão de duas formas: a primeira por reduzir a matriz e, com isso, reduzir a fase suscetível ciclagem e segundo porque a madeira, por sua característica isolante, possivelmente protegeu a matriz das variações bruscas de temperatura. Como debatido no Capítulo 2, o emprego de partículas de *Pinus* foi capaz de reduzir a condutividade térmica de painéis. De forma análoga, o agregado de madeira promoveu o isolamento térmico, protegendo a matriz cimentícia do choque de temperatura. Por isso a M6cic(0) não se degradou na condição de ciclagem e, também, por isso a M6ext(0) apresentou comportamento similar à M6cic(0).

A substituição do cimento por 25 % de cinza volante provoca a redução da formação da estrutura C-S-H, gerando decréscimo da resistência à compressão. Isso pode ser confirmado pela análise de Tukey, presente no Apêndice B. A fim de suprir a carência do cimento, a reação pozolânica também poderia atuar formando cristais de C-S-H. Contudo, como o dióxido de carbono reage mais rapidamente com o hidróxido de cálcio do que o dióxido de silício, o estoque de Ca(OH)_2 é consumido pela carbonatação, não restando material para reagir com a cinza volante. Logo, a estrutura C-S-H que é a responsável do desenvolver a resistência mecânica da argamassa está baseada na hidratação do cimento e, no caso, as M4-(25) e M6-(25) tiveram o volume desse aglomerante reduzido.

As condições de exposição atuaram nas M4-(25) e M6-(25) de forma equivalente às argamassas de mesmo traço sem substituição. Mesmo com o volume de cal mantendo-se inalterado, até o momento de colocar os CPs da M4car(25) e M6car(25) na câmara de carbonatação, o Ca(OH)_2 já havia sido parcialmente carbonatado. Isso pode ser confirmado pela semelhança de resistência à compressão entre essas amostras e as M4lab(25) e

M6lab(25). No caso da M4ext(25) e M6ext(25), ambas apresentaram as maiores resistências à compressão quando comparadas com as argamassas de mesmo traço e teor de substituição. Isso provavelmente ocorreu devido à propriedade higroscópica da madeira que promoveu a cura da matriz. Por apresentar afinidade com a água, as partículas de madeira tenderam a absorver a umidade do ambiente. À medida que a umidade do ar decaía, o agregado liberando lentamente as moléculas de água, equilibrando a umidade da matriz. Essa ação pode ter auxiliado na cura da matriz, formando mais estruturas cristalinas e, assim, aumentando a resistência à compressão.

O traço 1:1:6 possuía menor teor de cimento que as 1:1:4 e sua massa foi substituída pela metade por cinza volante. O resultado foi que as M6-(50) apresentaram as menores resistências à compressão entre as argamassas mistas. Ou seja, a resistência à compressão das argamassas contendo agregado de madeira está mais ligada com o teor de cimento, formação dos hidratos e a integridade da sua microestrutura do que à proporção de agregado de madeira.

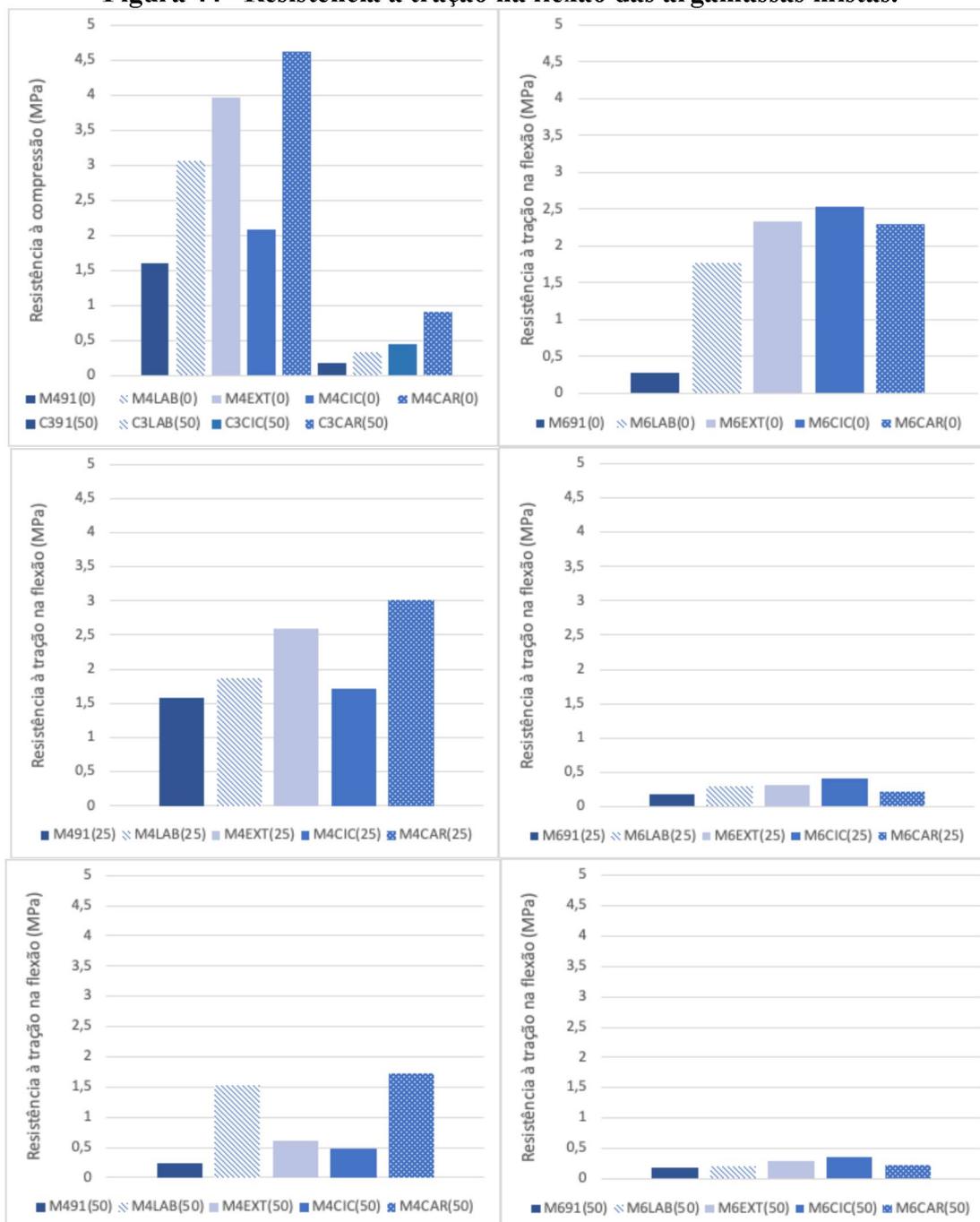
Por fim, um ponto interessante a ser ressaltado é o comportamento dos dois traços 1:1:4 e 1:1:6 frente às condições de exposição. A argamassa com maior teor de cimento apresenta maior resistência mecânica, porém é mais suscetível à choques de umidade e temperatura. Em contrapartida, a argamassa 1:1:6 apresenta menor resistência à compressão, porém maior resistência quanto às variações climáticas. Logo, perde-se um pouco de resistência à compressão, mas ganha-se em resistência à fatores climáticos, além de reduzir o consumo de cimento, reduzir a alcalinidade e aumentar o emprego de um resíduo.

5.2.3 Resistência à tração na flexão

Os resultados a seguir (Figura 44) são das resistências à tração na flexão das argamassas mistas desenvolvidas nas pesquisas.

Os resultados obtidos pelo método de ANOVA (apêndice B) demonstraram que houve diferença significativa entre os resultados obtidos para resistência à tração na flexão para as argamassas mistas. Pelo teste de Tukey (apêndice B), verificou-se que todas as M4-(0) apresentam diferença significativas entre si.

Figura 44– Resistência à tração na flexão das argamassas mistas.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Pela Figura 44, constatou-se o incremento de resistência entre a M491(0) para as de 420 dias. No decorrer do tempo, houve crescimento microestrutural gerando maior resistência à tração na flexão para essas argamassas mistas. Entre as argamassas com 420 dias, a que apresentou menor resistência à tração na flexão foi a M4cic(0) devido à degradação da matriz em função dos choques de umidade e temperatura. Este mesmo fenômeno foi identificado na resistência à compressão e para a M4cic(0) apresentar comportamento mecânico inferior à M4lab(0) é porque ocorreu algum tipo de degradação na estrutura da argamassa.

Comparando-se a M4car(0) com a M4ext(0), verifica-se que a argamassa carbonatada apresentou maior resistência à tração na flexão, assim como na resistência à compressão. O teor elevado de pasta, principalmente de cimento, gerou uma microestrutura mais compactada e de mais difícil percolação do CO₂. Por isso as argamassas inseridas em câmara foram beneficiadas, onde o ambiente forçou a penetração do dióxido de carbono, enquanto no ambiente externo a percolação ocorreu de maneira natural. É fato que 9 meses em exposição ambiental promoveu a carbonatação e, conseqüentemente, aumentou a resistência mecânica, porém o ambiente interno da câmara provocou uma carbonatação mais intensa, fazendo da M4car(0) a de maior resistência à tração na flexão entre as M4-(0).

A M6lab(0), por ter sido mantida em ambiente protegido de variações climáticas, apresentou resistência à tração moderada em relação às demais de 420 dias. Quanto às M6cic(0), M6car(0) e M6ext(0) verificou-se que as condições de exposição promoveram a resistência à tração na flexão. Isso porque os fatores climáticos deram subsídio para a interconexão microestrutural da matriz, gerando mais carbonato de cálcio e, provavelmente, mais estruturas C-S-H. Ao se comparar a M4cic(0) com a M6cic(0), verifica-se que o maior volume de agregado de madeira protegeu a matriz da degradação provocada pelo choque de umidade e temperatura da ciclagem. O baixo módulo de elasticidade do agregado de madeira possivelmente dissipou as tensões geradas pela dilatação da matriz, permitindo que a argamassa expandisse ou contraísse sem provocar microfissuras.

Com exceção da M4cic(0) e M6cic(0), o aumento do volume de madeira reduziu a resistência à tração na compressão. O menor teor de ligante e a baixa resistência à tração do agregado provocaram o decréscimo de resistência com o aumento do agregado de madeira.

Apesar de ser estatisticamente irrelevante, a M4cic(25) apresentou tração maior que a M4lab(25), o que demonstra que a redução do cimento no traço tornou a argamassa mais resistente à condição de ciclagem. A redução do cimento Portland tornou a matriz mais deformável, dessa forma a argamassa pôde dilatar e contrair gerando menos microfissuras na matriz, conseqüentemente o decréscimo de tração da M4lab(25) para a M4cic(25) foi menor que da M4lab(0) para a M4cic(0).

Com relação à M4car(25), essa argamassa não foi submetida à nenhum tipo de solicitação externa e, além disso, ela ainda foi acomodada durante 30 dias em câmara de carbonatação. Logo, não houve nenhum fator que pudesse danificar sua estrutura e ao ser colocada na câmara, houve a carbonatação do seu elevado teor de aglomerantes. Por esses motivos a M4car(25) apresentou-se como a M4-(25) de maior resistência à tração na flexão.

O impacto gerado pela redução da massa do cimento Portland das M6-(0) para as M6-(25) foi notável. A substituição de 25 % da massa de cimento por cinza volante reduziu a média das resistências à tração na flexão de 2,23 MPa, das M6-(0) de 420 dias, para 0,31 MPa, das M6-(25) de 420 dias, demonstrando que o cimento exerce papel fundamental na resistência à tração na flexão das argamassas mistas. Apesar do teste de Tukey não indicar diferença significativa entre as amostras, é interessante observar que a M6cic(25) não apresentou decréscimo de resistência à tração na flexão devido à proteção da matriz gerada pelo maior volume de madeira.

A M491(50), pela menor idade, teve menos tempo para formar a sua microestrutura e, por isso, apresentou menor resistência à tração na flexão. Em ordem crescente de resistência à tração, após a M491(50) estão a M4cic(50) e a M4ext(50), respectivamente. Como discutido, as argamassas M4cic(50) apresentam sensibilidade à ciclagem pela razões já discutidas. Além disso, a massa de cimento nessas amostras foi reduzida pela metade, ou seja, a argamassa possuía pouco cimento e esse pouco que existia sofreu intensamente pela condição de ciclagem. Por esse motivo a M4cic(50) apresentou a mais baixa resistência a tração entre as argamassas de 420 dias. A M4ext(50) também apresentou baixa tração na flexão, contudo as condições de exposição provocaram choques menos bruscos que a ciclagem, dessa maneira degradando menos os CPs.

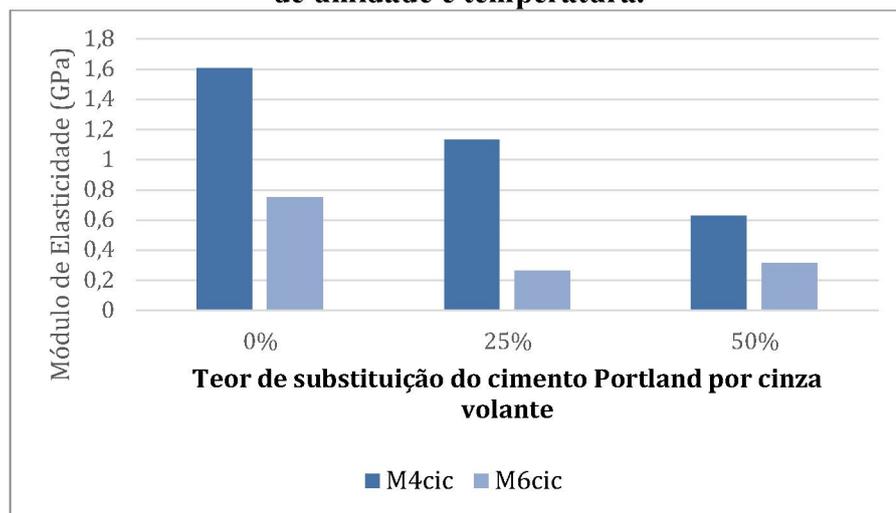
Como verificado nas argamassas de cal, a câmara de carbonatação não interferiu de modo significativo na formação de carbonato utilizando-se a cal como aglomerante. Posto que as M4lab(50) e M4car(50) Ca(OH)_2 possuíam reduzido teor de cimento, a carbonatação fez-se ineficaz para promover a resistência a tração na flexão da argamassa carbonatada. Além disso, as duas argamassas mantiveram-se em ambiente protegido de solicitações que pudessem causar degradação, portanto era de se esperar que a M4car(50) apresentasse, no mínimo, a mesma resistência a tração na flexão que a M4lab(50).

Entre as M6-(50) não foi verificado pelo teste de Tukey diferença estatística entre as resistências à tração na flexão. Isso ocorreu em função do elevado teor de agregado de madeira, que apresenta deficiência de resistência à tração, e pelo reduzido teor de aglomerante em relação à M4-(50).

5.2.4 Módulo de elasticidade estático

Na Figura 45 estão apresentados os resultados obtidos no ensaio de módulo de elasticidade estático das argamassas mistas de traço 1:1:4 e 1:1:6, submetidas à condição de exposição de ciclagem de umidade e temperatura.

Figura 45- Módulo de elasticidade estático das argamassas mistas submetidas à ciclagem de umidade e temperatura.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O módulo de elasticidade estático (ME) é obtido através do coeficiente angular da reta de tensão pela deformação e, por isso, não foi possível realizar a análise estatística de ANOVA nos resultados obtidos.

Comparando-se os resultados de ME obtidos para as argamassas M4cic(-) e M6cic(-), verificou-se que ambas apresentaram comportamento semelhante quanto ao teor de substituição do cimento por cinza volante. Ou seja, ao se aumentar o teor de substituição, ocorreu redução do módulo de elasticidade, sendo a redução mais intensa nas argamassas M4cic(-). Isso provavelmente ocorreu porque essas argamassas apresentam maior teor de aglomerante, sendo assim, a substituição de uma parte do volume do aglomerante representa uma parcela maior da massa substituída. Além disso, existe a hipótese de que houve baixa reação entre a cinza volante e o hidróxido de cálcio e, sendo assim, a maioria do teor de cinza estaria atuando como material inerte. Dessa forma, haveria redução da estrutura cristalina, tornando a estrutura menos resistente. Isso explica o decréscimo de ME assim como da resistência mecânica.

Ao se comparar as M6cic(25) e M6cic(50), verifica-se que a segunda apresentou ME superior. Há de se salientar que essa alteração de 25 % da massa entre as duas amostras não foi tão representativa, uma vez que as M6(-) possuíam menor teor de aglomerantes.

O método de análise de módulo de elasticidade estático desta pesquisa foi baseado no trabalho de Marques et al. (2020). No trabalho, além de comparar os métodos de módulo de elasticidade estático, desenvolvido na pesquisa, com o já consagrado método dinâmico, foram analisados os módulos de argamassas de traços convencionais, sendo eles argamassas de cimento e areia na proporção de 1:2, 1:3 e 1:4 e, também, cal hidratada e areia nos traços 1:2 e 1:3, todas com 365 dias. Assim como na atual pesquisa, o resultado do ME foi diretamente proporcional ao teor de cimento, onde as 1:2, 1:3 e 1:4 apresentaram módulos de 23 GPa, 13 GPa e 7,5 MPa, respectivamente. Comparando-se o menor ME da pesquisa de Marques et al. (2020), 2,2 GPa, com o da M4cic(0), o maior ME da atual pesquisa, existe uma diferença de 37 % entre os módulos. Isso ocorre devido à presença das partículas de madeira, que absorvem as tensões distribuídas pelos CPs e são mais deformáveis que o agregado mineral. E, também por isso, que as M6cic(0) apresentaram ME ainda menor.

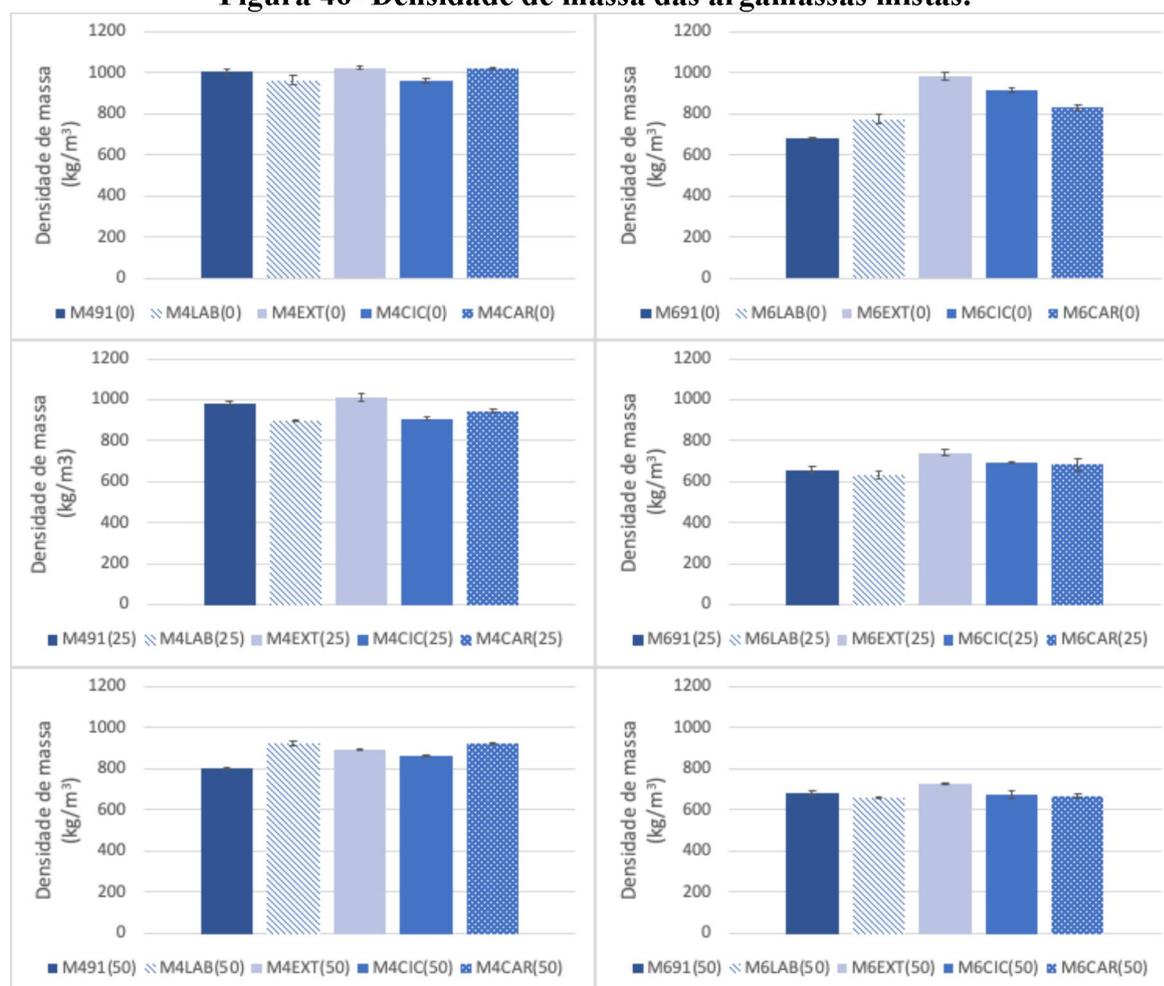
5.2.5 Densidade de massa

A Figura 46 contempla os resultados obtidos no ensaio de densidade de massa no estado endurecido para as argamassas mistas.

Através da análise de ANOVA (apêndice B), foi verificado que houve diferença estatística entre as densidades de massa no estado endurecido das argamassas mistas. Através do método de Tukey (Apêndice B), foi verificado que as argamassas M4-(0) não apresentaram diferença estatística entre as suas densidades, independentemente da idade.

Para as argamassas mistas M6-(0) houve três densidades distintas. A menor densidade foi da M691(0), as M6lab(0) e M6car(0) apresentaram densidades intermediárias enquanto a M6cic(0) e M6ext(0) apresentaram as maiores densidades. O menor volume Ca(OH)_2 torna a reação de carbonatação mais lenta. As argamassas M6cic(0) e M6ext(0), em função das condições que foram submetidas, sofreram maior movimentação de fluidos em seus poros internos, favorecendo a percolação do CO_2 em seu interior e, conseqüentemente, maior carbonatação.

Figura 46- Densidade de massa das argamassas mistas.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

As argamassas M4-(0) apresentaram semelhança estatística de densidade às argamassas M6cic(0) e M6ext(0). Isto porque estas foram as que apresentaram maior potencial de carbonatação, em função das suas condições de exposição.

A análise de Tukey (apêndice B) demonstrou que as argamassas M4-(25), presentes na Figura 46, podem ser divididas em duas categorias de densidade de massa. As que apresentaram as menores densidades, as M4lab(25) e M4cic(25), enquanto as demais apresentaram maiores densidades significativamente equivalentes. Isto pode ter ocorrido devido à acomodação das amostras em laboratório. Por falta de espaço físico, as amostras precisaram ser armazenadas umas sobre as outras e, também, em bandejas sobrepostas umas as outras. Sendo assim, a menor densidades das amostras M4lab(25) e M4cic(25) pode ser pela acomodação dos CPs em laboratório, uma vez que com o CPs empilhados ocorre menor circulação de ar e, conseqüentemente, reduz a carbonatação.

Estatisticamente, analisando as argamassas M4-(25) e M6-(25), foi verificado que a alteração da proporção do teor aglomerante/ agregado impactou a densidade de massa no

estado endurecido. Além de possuírem mais aglomerante, o teor mais elevado de cimento provocou aumento da densidade das M4(25). Além disso, a adição de cinza volante reagiu com o hidróxido de cálcio, reduzindo proporção de Ca(OH)_2 disponível para combinar com o CO_2 e, conseqüentemente, retardando a taxa de carbonatação.

Em referência à M4-(50), foi constatado que a M491(50) não apresentou o comportamento outrora observado nas argamassas contendo teor aglomerante/ agregado de 1:2, pois esta apresentou menor densidade aos 91 dias. Tal qual as argamassas de traço 1:3 (aglomerante/ agregado), a M4-(50) possui menor parcela de hidróxido de cálcio, por causa da redução do volume de cimento e pelo consumo do Ca(OH)_2 pela pozolana. Este fato provocou o retardamento da reação de carbonatação, posto que havia menos hidróxido de cálcio para reagir. Quanto às demais argamassas M4-(50), ambas apresentaram estatisticamente a mesma densidade, mostrando que as condições de exposição não interferiram de forma significativa para essas amostras.

A M691(50) também apresentou comportamento diferente do que vinha sendo apresentado até então. Para traços 1:3 (aglomerante/agregado), as amostras ensaiadas aos 91 dias tinham apresentado menor densidade que seu pares ensaiados com 420 dias, contudo a M691(50) destoou deste comportamento. Como a amostra possuiu reduzido teor de hidróxido de cálcio, o elemento remanescente reagiu com o dióxido de carbono até os 91 dias e, após essa idade, manteve-se constante pela ausência de composto para reagir. Sendo assim, a ausência de Ca(OH)_2 impactou as M6-(50) da mesma maneira, uma vez que a cinza volante combinou-se com o hidróxido de cálcio, tornando esse composto escasso para gerar carbonato de cálcio.

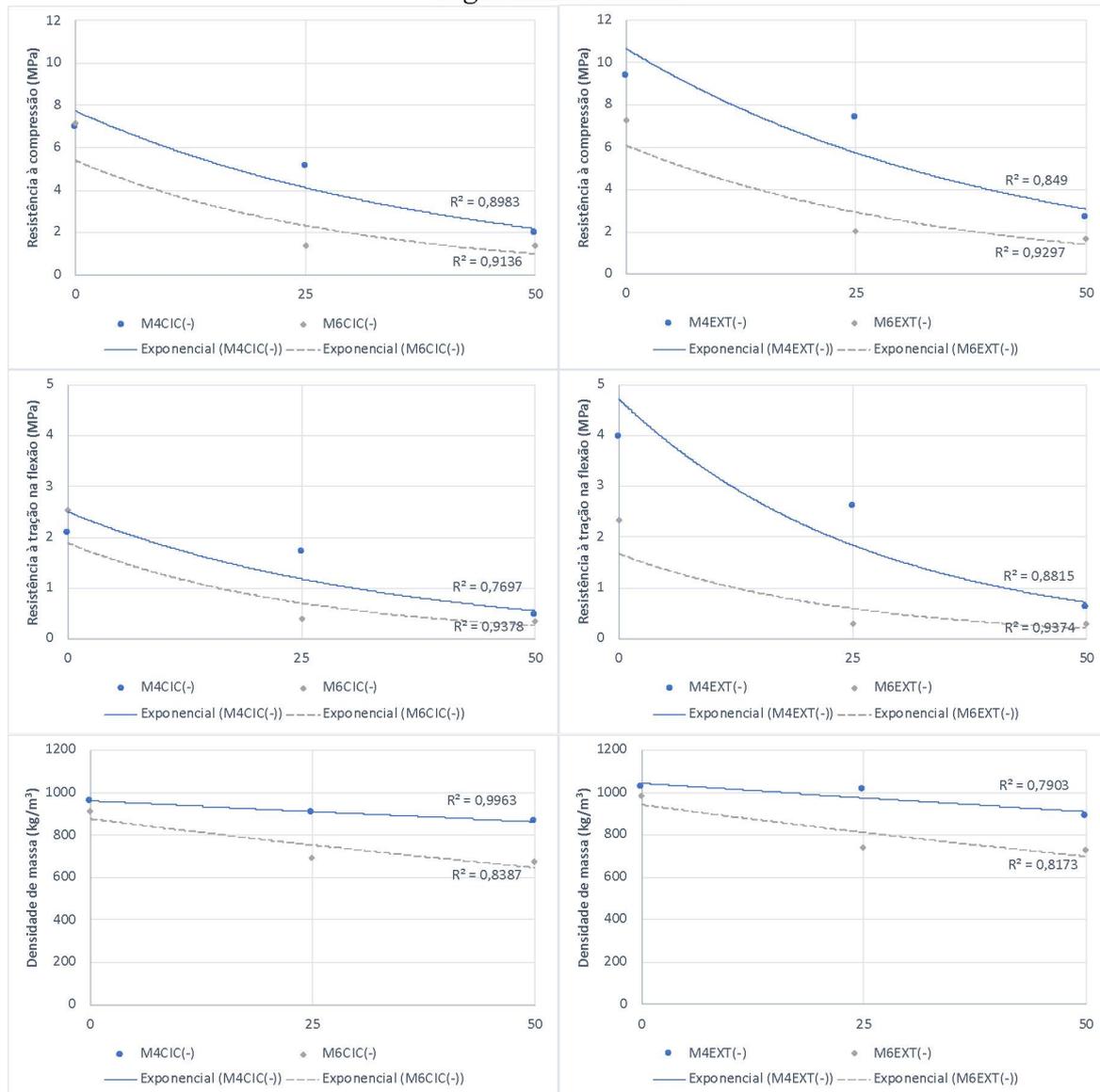
Mesmo com o elevado teor de substituição, a M4-(50) apresentou maior densidade por dois fatores. O primeiro é pela maior presença de cimento, aglomerante que possui massa específica maior que dos demais insumos. O segundo fator é que mesmo com a substituição de 50 % da massa de cimento por cinza volante, o maior teor de cal fez com que ainda houvesse Ca(OH)_2 remanescente na matriz. Por sua vez, o hidróxido de cálcio restante foi carbonatado, aumentando a densidade de massa das M4-(50).

Apesar do aumento da substituição do cimento por cinza volante ter reduzido a alcalinidade da matriz, ele também reduziu a densidade de massa das argamassas. Isso ocorreu pela redução do teor do insumo de maior massa específica, o cimento, e também pela redução da disponibilidade de hidróxido de cálcio para formar carbonato de cálcio. Estas duas condições impactaram as densidades nos diferentes teores de substituições.

5.2.6 Influência da cinza volante

A Figura 47 apresenta os gráficos de correlação entre o teor de cinza volante e o desempenho mecânico das argamassas mistas expostas à ciclagem de umidade e temperatura e ao ambiente externo.

Figura 47- Correlação entre o teor de cinza volante e o desempenho mecânico das argamassas mistas.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para a correlação entre teor de cinza volante e desempenho mecânico optou-se por analisar as argamassas mistas expostas à ciclagem de umidade e temperatura e ao ambiente externo. Essas situações foram adotadas para análise de correlação porque a ciclagem foi a

solicitação que mais degradou as amostras, enquanto a exposição ao ambiente externo favoreceu o desempenho mecânico das argamassas mistas.

Pela Figura 47, conclui-se que o aumento de substituição de cinza volante gerou maior interferência no comportamento mecânico das argamassas 1:1:6. As argamassas 1:1:4 continham maior massa de aglomerantes em sua constituição, sendo assim, mesmo com a substituição, o cimento e cal remanescentes na mistura foram suficientes para manter mais estável o desempenho mecânico. Em contrapartida, as argamassas 1:1:6 possuíam menos aglomerante em suas misturas, portanto a substituição reduziu ainda mais a massa de cimento e cal de maneira que as amostras sofreram maior impacto no comportamento mecânico.

6 VALIDAÇÃO DAS ARGAMASSAS CONTENDO AGREGADO DE MADEIRA EM COMPARAÇÃO À ARGAMASSAS CONVENCIONAIS

Este capítulo aborda comparações entre as argamassas contendo agregado de madeira desenvolvidas nesta pesquisa com argamassas e compósitos desenvolvidos em outros trabalhos com agregados minerais. Estas comparações se fazem oportunas devido a necessidade de validação das argamassas contendo agregado de madeira, com a finalidade de identificar o seu potencial de utilização e, assim, propor avanços no desenvolvimento dessas argamassas.

Buscou-se realizar um comparativo entre as argamassas contendo agregado de madeira com argamassas convencionais. Esta comparação foi realizada tendo como base as classificações propostas pela NBR 13281 (ABNT: 2005). Esta norma não especifica valores mínimos de desempenho das argamassas, contudo ela classifica em diferentes categorias de acordo com o desempenho apresentado. Além disso, a norma classifica argamassas de acordo com seu comportamento no estado fresco e endurecido, entretanto como o intuito da atual pesquisa foi voltado para o comportamento no estado endurecido, as comparações foram realizadas para as propriedades das argamassas nesse estado. A Tabela 25 apresenta os requisitos de classificação das argamassas de acordo com a NBR 13281 (ABNT: 2005) e a Tabela 26 apresenta os resultados das argamassas de acordo com a classificação proposta pela norma de requisitos de argamassas.

Tabela 25 – Classificação de argamassas de acordo com a NBR 13281 (ABNT: 2005).

Classificação de argamassas de acordo com a norma de requisitos NBR 13281 (ABNT: 2005)			
Densidade de massa no estado fresco (kg/m ³)	Resistência à tração na flexão (MPa)	Resistência à compressão (MPa)	Coefficiente de absorção por capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})
M1 (≤1200)	R1(≤1,5)	P1 (≤2,0)	C1 (≤1,5)
M2 (1000 a 1400)	R2 (1,0 a 2,0)	P2 (1,5 a 3,0)	C2 (1,0 a 2,5)
M3 (1200 a 1600)	R3 (1,5 a 2,7)	P3 (2,5 a 4,5)	C3 (2,0 a 4,0)
M4 (1400 a 1800)	R4 (2,0 a 3,5)	P4 (4,0 a 6,5)	C4 (3,0 a 7,0)
M5 (1600 a 1800)	R5 (2,7 a 4,5)	P5 (5,5 a 9,0)	C5 (5,0 a 12,0)
M6 (>1800)	R6 (> 10,00)	P6 (>8,0)	C6(>10)

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 26 – Comparativo entre argamassas contendo agregado de madeira e argamassas convencionais.

Referência	Código	Aglomerantes	Agregado	Traço	Traço em massa ou volume	Idade das análises (dias)	Densidade (kg/m ³)	Tração (MPa)	Compressão (MPa)	Coef. Capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})
Argamassas dessa pesquisa	C2LAB(0)	Cal	de Madeira	1:2	Volume	420	M1	R1	P2	C6
	C3LAB(0)	Cal	de Madeira	1:3	Volume	420	-	R1	P1	-
	M4LAB(0)	Cimento e Cal	de Madeira	1:1:4	Volume	420	M1	R4	P5	C4
	M6LAB(0)	Cimento e Cal	de Madeira	1:1:6	Volume	420	M1	R2	P4	C6
Rigopoulos et al., 2021	REF28	Cal	Mineral	1:3	Massa	28 dias		R2	P1	
	REF90	Cal	Mineral	1:3	Massa	90 dias		R3	P2	
Monteiro, Silva; Faria, 2021	CL28	Cal	Mineral	1:2	Volume	28	M5	R1	P1	C4
	CL90	Cal	Mineral	1:2	Volume	90	M5	R1	P1	C4
	CL180	Cal	Mineral	1:2	Volume	128	M5	R1	P1	C4
Ayat et al., 2021	MR28	Cal	Mineral	1:3	Volume	28		R1	P1	
	MR56	Cal	Mineral	1:3	Volume	56		R1	P1	
	MR90	Cal	Mineral	1:3	Volume	90		R1	P1	
	MR180	Cal	Mineral	1:3	Volume	180		R1	P1	
	MR560	Cal	Mineral	1:3	Volume	560		R1	P2	
Nenevê, 2020	S-C	Cal	Mineral	1:2	Volume	28 dias	M4	R1	P1	C5
	M-1	Cimento e Cal	Mineral	1:1:6	Volume	28 dias	M5	R5	P6	C4
	M-2	Cimento e Cal	Mineral	1:2:9	Volume	28 dias	M4	R1	P3	C6
Lopes da Silva, 2022	AF	Cimento e Cal	Mineral	1:1:6	Volume	28 dias	M6	R2	P3	C5

Referência	Código	Aglomerantes	Agregado	Traço	Traço em massa ou volume	Idade das análises (dias)	Densidade (kg/m ³)	Tração (MPa)	Compressão (MPa)	Coef. Capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})
	AM	Cimento e Cal	Mineral	1:1:6	Volume	28 dias	M6	R3	P4	C6
Martins, 2021	Argamassa estabilizada I4		Mineral			28 dias	M4	R3	P5	C5
	Argamassa industrializada I5		Mineral			28 dias	M4	R4	P3	-
	Argamassa industrializada I6		Mineral			28 dias	M4	R4	P5	C4

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Pela Tabela 26, comparando-se as argamassas contendo agregado de madeira com as argamassas convencionais desenvolvidas em outros trabalhos, é possível verificar que as argamassas contendo agregado de madeira apresentaram-se com densidade inferior às argamassas convencionais, independente do aglomerante empregado no traço. Visto que o volume dos agregados varia aproximadamente entre $3/4$ e $2/3$ do volume total da argamassa anidra, a alteração da densidade do agregado tende a provocar impacto na densidade final da argamassa. As argamassas convencionais apresentaram densidade classificada entre M4 e M5, ou seja, densidade acima de 1400 kg/m^3 , enquanto as argamassas contendo agregado de madeira apresentaram densidade inferior a 1200 kg/m^3 . Essa redução de densidade representa um alívio de aproximadamente 14 % da densidade, que pode ser refletido numa atenuação estrutural da edificação quando aplicada a argamassa contendo agregado de madeira.

No geral, argamassas de cal tendem a apresentar comportamento mecânico inferior às argamassas contendo cimento no traço. Através da NBR 13281 (ABNT: 2005), constatou-se que as argamassas de cal, em maioria, apresentaram classificação R1, independentemente do tipo de agregado empregado. Isso era esperado já que o comportamento mecânico é, em grande parte, influenciado pelo tipo de aglomerante. Sendo assim, o emprego do agregado de madeira não impactou a resistência à tração na flexão das argamassas de cal.

Quanto às argamassas mistas, o emprego do agregado de madeira provocou redução da resistência à tração na flexão, isso porque a matriz contendo cimentos apresenta maior resistência mecânica, então o elo mais frágil da argamassa torna-se o agregado de madeira. Contudo, ressalta-se que essa fragilidade mecânica do agregado pode ser contornada com o incremento de aglomerante ao traço, visto que a resistência à tração na flexão da M6lab(0) passou de R2 para R4 na M4lab(0). Uma resistência à tração de R4 é equivalente às resistências à tração na flexão apresentadas pelas argamassas convencionais desenvolvidas em outros trabalhos, conforme verificado na Tabela 26. Sendo assim, o agregado de madeira enfraquece a resistência à tração na flexão das argamassas, porém esse comportamento é possível de ser contornado.

A NBR 13281 (ABNT: 2005) não estabelece valores mínimos ou máximos de resistência à compressão, contudo ela distingue as argamassas em seis categorias de resistência à compressão, variando entre $\leq 2 \text{ MPa}$ até $> 8 \text{ MPa}$ (Tabela 25). Na Tabela 26 é possível observar a desvantagem do comportamento mecânico das argamassas de cal em comparação às argamassas contendo cimento. Uma vez que a cal não é capaz de elevar a resistência à compressão das argamassas, o tipo do agregado empregado na mistura se torna

irrelevante. Por isso, nota-se que as argamassas C2lab(0) e C3lab(0) apresentaram resistência à compressão similar às argamassas convencionais de cal.

Com relação às argamassas mistas, o emprego do agregado de madeira não impactou negativamente a resistência à compressão, como fez com a resistência à tração na flexão. As argamassas desenvolvidas nesta pesquisa apresentaram resistência à compressão classificadas como P4 e P5, valores equivalentes à classificação da resistência à compressão das argamassas mistas convencionais. Pelas comparações presentes na Tabela 26, pode-se afirmar que não há necessidade de nenhum tipo de ajuste para promover o comportamento da resistência à compressão das argamassas contendo agregado de madeira. De forma geral, a argamassas contendo agregado de madeira apresentaram comportamento mecânico similar às argamassas convencionais contendo agregado mineral.

Apesar do agregado de madeira apresentar características higroscópicas, foi verificado através da comparação entre as argamassas presentes na Tabela 26 que as argamassas contendo agregado de madeira apresentaram coeficiente de absorção por capilaridade equivalente às argamassas convencionais, independentemente do tipo de aglomerante empregado na mistura. As argamassas contendo agregado de madeira apresentaram classificação C4 e C6 de coeficiente de capilaridade, enquanto as argamassas de cal de agregado mineral apresentaram CAC de C4 e as argamassas mistas de agregado mineral variando entre C4 e C6.

Quanto ao aspecto ambiental das argamassas desenvolvidas nessa pesquisa, primeiramente retoma-se que o agregado de madeira é um resíduo proveniente de serrarias e, por isso, quando empregado na produção das argamassas apresenta impacto ambiental nulo. Enquanto os demais insumos utilizados em argamassas possuem o impacto referente ao seu ciclo de produção, do berço (extração de matéria prima) ao portão (fabricação dos insumos), os resíduos por serem empregados na forma de reuso e ou reciclagem, não contemplam nenhum impacto anterior à sua utilização. Sendo assim, apresentam-se os dados de impacto ambiental (Tabela 27) referentes à emissão de carbono calculados a partir dos dados obtidos por Lopes da Silva (2022) para agregados minerais nacionais comumente utilizados na produção de argamassas.

Pela Tabela 27, verifica-se que o agregado de madeira não provoca emissões de CO₂ justamente por ser um resíduo, enquanto os outros tipos de areia emitem o gás de efeito estufa referente à sua extração e produção. Nota-se que entre as areias analisadas, a areia artificial é o tipo que acarreta maiores impactos, isso porque além da extração, que também ocorre nos outros tipos de areias, esta também necessita do processo de moagem para atingir a

granulometria adequada. Por isso, sua emissão apresenta-se mais elevada que as demais areias analisadas.

Tabela 27- Emissões de CO₂ por tipo de agregado.

Tipo de areia	Areia de rio	Areia de cava	Areia artificial	Agregado de madeira
Emissões de aquecimento global (kgCO₂eq/kg de agregado)	8,542E-03	6,43E-03	9,35E-03	-

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Analisando-se o agregado de madeira pela sua matéria-prima, tem-se que a madeira é um material possível de ser replantado e, portanto, renovável, enquanto a areia não apresenta esse aspecto. Além disso, durante o desenvolvimento do vegetal, devido à fotossíntese, a árvore agrega à sua estrutura celular carbono retirado da atmosfera. Dallagnol et al. (2011) desenvolveram um trabalho com cinco espécies utilizadas no reflorestamento no sul do Brasil e estimou que cada unidade de massa de madeira armazena o equivalente a 1,46 a 1,83 unidades de CO₂ não emitidos. Portanto, pode-se considerar que o uso do agregado de madeira mitiga parte das emissões de carbono geradas pelos demais insumos utilizados na produção de argamassas, especialmente pela porção referente à produção dos aglomerantes.

Outro material que também reduz a emissão global de carbono da argamassa contendo agregado de madeira é a cinza volante. Ela pode ser considerada com resíduo da indústria termoeletrica, uma vez que não é produzida com o intuito do emprego na indústria da construção (WITZKE, 2018; BATUECAS et al., 2021). Logo, por se tratar de um resíduo pode-se considerá-la como um material de impacto nulo, ou seja, não gera carga ambiental assim como o agregado de madeira. Posto que o cimento e a cal foram substituídos em alguns casos por essa pozolana, as argamassas com maiores teores de substituição acarretaram o menor impacto ambiental.

Conclui-se dos resultados que, de uma forma geral, as argamassas contendo agregado de madeira possuem resistência à tração na flexão, resistência à compressão e CAC semelhantes às argamassas contendo agregado mineral, além de apresentar o benefício ambiental com redução do impacto ambiental dos seus insumos. A propriedade que apresenta comportamento mais discrepante entre os dois tipos de argamassas é a densidade de massa no estado endurecido, onde a argamassa de agregado de madeira apresenta considerável redução. Essa redução representa alívio estrutural e, conseqüentemente, redução do consumo de concreto armado e seus insumos, mitigando assim a emissão de carbono referente à estrutura.

Apresentados os resultados obtidos para as argamassas contendo agregado de madeira acomodadas em ambiente de laboratório, comenta-se ainda que mesmo nas outras diferentes condições de exposição, as argamassas contendo agregado de madeira apresentaram comportamento mecânico análogo às argamassas contendo agregado mineral. Para as argamassas de cal, as condições de exposição exerceram pouca influência no comportamento mecânico das argamassas. De um modo geral, as resistências à compressão e à tração mantiveram-se constantes ou apresentaram aumento quando submetidas às condições de exposição. A condição que mais favoreceu o ganho de resistência foi o ambiente externo, onde a união de fluxo de ar, variação de umidade e temperatura favoreceram a carbonatação e, conseqüentemente, a resistência mecânica, tendo em vista que essas argamassas possuem maior porosidade na sua superfície, visualizadas facilmente a olho nú. No caso do coeficiente de absorção por capilaridade das argamassas de cal de traço 1:2 sem adição mineral, as variações climáticas prejudicaram a matriz de cal e, por isso, as condições de ciclagem e ambiente externo apresentaram aumento de CAC nessas amostras. Em contrapartida, as argamassas com menor teor de cal, de traço 1:3 sem adição mineral, não tiveram nenhum impacto negativo das condições de exposição sobre a CAC.

Quanto às argamassas mistas sem adição de cinza volante, conforme comentado no Capítulo 5, a condição de exposição de ciclagem de umidade e temperatura tende a degradar a matriz das argamassas, portanto a argamassa mais sensível à essa condição de exposição é a de maior teor de aglomerante, a 1:1:4. Para o caso da 1:1:6 sem cinza volante, a ciclagem não provocou o decréscimo do comportamento mecânico, já que esta argamassa possui menor proporção de matriz. Para as condições de ambiente externo e câmara de carbonatação, as argamassas mistas sem cinza volante apresentaram incremento de resistência à compressão e à tração na flexão. O coeficiente de absorção por capilaridade das argamassas mistas apresentou aumento em todas as condições de exposição.

A substituição dos aglomerantes por cinza volante provocou o decréscimo de resistência à tração na flexão e à compressão para as argamassas de cal e mistas, em todas as condições de exposição. Lopes da Silva (2022) apresentou resultados que demonstram que argamassas mistas contendo agregado mineral tendem a carbonatar em 28 dias em câmara de carbonatação. Disso conclui-se que a reação de carbonatação ocorre mais rapidamente em argamassas que em concreto (HOPPE FILHO, 2008), principalmente pela superior porosidade das argamassas que facilita a difusão do anidrido carbônico no interior dos corpos de prova. A reação de carbonatação ocorrendo de maneira mais acelerada em argamassas acarreta na redução também acelerada do hidróxido de cálcio. Em contrapartida, a reação pozolânica é

mais lenta, então quando este tipo de reação se inicia, o hidróxido de cálcio já se apresenta carbonatado. Por isso, houve pouca disponibilidade de Ca(OH)_2 para reagir com a cinza volante. No caso da substituição de 50 % dos aglomerantes por cinza volante, a matriz não possuía Ca(OH)_2 suficiente para suprir toda demanda da cinza volante. Por esses motivos, a substituição dos aglomerantes por cinza volante acarretou a deficiência da resistência mecânica. Apesar do DRX apresentar o decréscimo de portlandita conforme o aumento da substituição, o que provavelmente provocou a redução do pH da matriz, não vale a pena tornar a matriz menos agressiva ao agregado de madeira e prejudicar o comportamento mecânico. Por fim, no cenário da pesquisa, a substituição dos aglomerantes por cinza volante não apresentou vantagens significativas ao comportamento mecânico das argamassas contendo agregado de madeira, mesmo com o incremento do consumo da portlandita e redução do impacto ambiental.

Das observações realizadas mediante os resultados obtidos, indica-se que as argamassas mistas sem substituição do cimento por cinza volante como as mais indicadas para serem aplicadas em obras. Analisando-se pelo quesito técnico, essas apresentaram os melhores comportamentos mecânicos, mesmo quando submetidas às diferentes condições de exposição. As resistências à tração na flexão e à compressão das argamassas M4-(0) e M6-(0) mantiveram-se superiores aos demais traços, mesmo quando submetidas ao procedimento de ciclagem de umidade e temperatura e de exposição ao ambiente externo. Analisando-se pelo quesito ambiental, a argamassas M6-(0) contém menor teor de aglomerante em seu traço. A redução da proporção de cimento e cal na constituição da argamassa faz com que esse traço provoque menos impacto ambiental que a argamassa M4-(0). É fato que as argamassas com substituição dos aglomerantes por cinza volante apresentam um impacto ambiental ainda menor que as argamassas sem substituição. Contudo, a interferência ambiental de uma argamassa deve integrar o impacto dos materiais utilizados com a durabilidade dos compósitos e, no quesito durabilidade, as argamassas contendo substituição apresentam desempenho aquém às argamassas sem substituição. É de senso comum que os aglomerantes apresentam custos mais elevados que de agregados, portanto uma argamassa que menor teor de aglomerante apresentará menor valor embutido. Sendo assim, analisando-se pelos aspectos técnico, ambiental e econômico, a argamassa M6-(0) é a mais indicada para aplicações práticas.

Por fim, a comparação das argamassas de agregado de madeira com as de agregado mineral denotou uma similaridade de desempenho de resistência à tração na flexão, à compressão e ao coeficiente de absorção por capilaridade. Ademais, na condição de exposição

ao ambiente externo, a qual as argamassas foram submetidas, não se verificou sinais de degradação e, ainda se observou um incremento na resistência mecânica. Sendo assim, a partir das análises realizadas, o comportamento da argamassa com agregado de madeira explicita o potencial para ser empregada na indústria da construção civil.

7 CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados conclui-se que:

- Os extrativos presentes no agregado de madeira empregado (1,70 % em água fria) nesta pesquisa não interferiram no processo de carbonatação e endurecimento das argamassas de cal, logo, para esse tipo de argamassa, não houve necessidade de realizar tratamento do agregado de madeira;
- Tanto as argamassas de cal quanto as argamassas mistas contendo agregado de madeira apresentaram, na maioria das propriedades, comportamento no estado endurecido similar aos das argamassas contendo agregado mineral. Para as argamassas de cal, independentemente do tipo de agregado, apresentaram resistência à tração na flexão de até 1,5 MPa enquanto as mistas, independentemente do tipo de agregado, apresentaram resistência à tração na flexão entre 1,5 e 3,5 MPa. As argamassas de cal, independentemente do tipo de agregado, apresentaram resistência à compressão menor que 2,0 MPa, enquanto as mistas, independentemente do tipo de agregado, apresentaram resistência à compressão entre 4,0 e 9,0 MPa. Quanto ao coeficiente de absorção por capilaridade, todas as argamassas apresentaram CAC maior que $3,0 \text{ g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$.
- Apesar da cinza volante apresentar o benefício químico de consumir a portlandita e reduzir o pH da matriz das argamassas, ela prejudicou o comportamento mecânico das argamassas contendo agregado de madeira, portanto apesar da redução da portlandita ela debilitou o comportamento físico, tornando as argamassas menos resistentes mecanicamente. O excesso de cinza volante na matriz fez com que parte da pozolana atuasse na matriz como material inerte, ou seja, os aglomerantes foram substituídos por material que, em excesso, não reagiu quimicamente e, assim, não promovendo o comportamento mecânico. Portanto, as argamassas sem substituição dos aglomerantes por cinza volante apresentaram melhor desempenho mecânico;
- Para verificar a real influência da alcalinidade da matriz sobre o agregado de madeira, seria necessário permanecer monitorando as argamassas ainda por mais tempo. Em todo caso, a substituição dos aglomerantes por 25 % de cinza

volante promoveu um equilíbrio entre redução de alcalinidade e redução no comportamento mecânico. Sendo assim, este teor de substituição apresentou-se como mais adequado para o comportamento físico que a substituição de 50 % dos aglomerantes por cinza volante.

- Através das condições de exposição foi possível verificar que as argamassas mistas contendo agregado de madeira apresentam maior resistência às solicitações climáticas em todos os casos quando comparadas às argamassas de cal contendo agregado de madeira;
- As argamassas de cal contendo agregado de madeira apresentaram desempenho no estado endurecido inferior às argamassas mistas, porém essa debilidade é provocada principalmente pela cal e não pelo agregado de madeira, uma vez que a cal naturalmente é um aglomerante que gera menor resistência mecânica que o cimento Portland;
- Verificou-se que as condições de exposição com variações de umidade e temperatura, principalmente a ciclagem, foram responsáveis, dentro do período de estudo, por degradar fisicamente mais a matriz das argamassas que o agregado de madeira. Mesmo as condições de exposição à ciclagem e ao ambiente externo tendo favorecido as reações químicas, a estrutura física da matriz se mostrou fragilizada por essas condições. De certa forma, o agregado de madeira protegeu a matriz das variações externas;
- Para argamassas contendo agregado de madeira, a câmara de carbonatação não exerceu tanta influência química e física quanto as demais condições de exposição;
- A porosidade do agregado de madeira permitiu a difusão do CO₂ no interior dos CPs promovendo a reação de carbonatação e as propriedades isolantes do agregado de madeira provavelmente protegeram a matriz das argamassas das condições de exposição de ciclagem e do ambiente externo.
- Comparada às argamassas de agregado mineral, a argamassas contendo agregado de madeira apresenta menor impacto ambiental em consequência da utilização de material renovável e que promove a captura de carbono. Além disso, sua baixa densidade acarreta alívio nos sistemas construtivos, uma vez que se utiliza menos material para a estrutura.

- O comportamento em estado endurecido observado da argamassa com agregado de madeira explicita o potencial para ser empregada na indústria da construção civil.

7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Através dos resultados obtidos com a atual pesquisa, identificou-se a viabilidade do desempenho em estado endurecido de argamassas contendo agregado de madeira. Portanto, recomenda-se o aprofundamento de pesquisas para aprimorar e desenvolver essa nova argamassa. Com isso, estão propostas na sequência algumas sugestões de trabalhos futuros:

- Ajustar o comportamento reológico em estado fresco das argamassas contendo agregado de madeira através do emprego de aditivos que reduzam a necessidade de água e que promovam a trabalhabilidade das argamassas;
- Verificar se outros tipos de agregado de madeira, com teores distintos de extrativos, também não interferem no processo de carbonatação da cal;
- Verificar o potencial de isolamento térmico e acústico nas argamassas contendo agregados de madeira;
- Efetuar a aplicação da argamassa contendo agregados de madeira em revestimentos de paredes e assentamentos de blocos em obras;
- Realizar análises microscópicas para acompanhar a integridade da madeira inserida numa matriz de alta alcalinidade;
- Fazer o acompanhamento do desempenho das argamassas contendo agregado de madeira em idades mais avançadas a fim de verificar a estabilidade do agregado de madeira ao longo do tempo;
- Testar serragens de diferentes espécies de árvores a fim de identificar as que apresentam melhor compatibilidade com a matriz cimentícia;
- Analisar o comportamento de argamassas contendo agregado de madeira realizando substituições com outros tipos de adições minerais diferentes da cinza volante, unindo a redução da portlandita ao incremento de resistência mecânica.

8 REFERÊNCIAS

ADILI, A.; LACHHEBB, M.; BRAYEKB, A.; GUIZANIA, A.; BEN NASRALLAHB, S. Estimation of thermophysical properties of lightweight mortars made of wood shavings and expanded polystyrene beads using a hybrid algorithm. **Energy and Buildings**. v. 118, p. 133-141, 2016.

AGÊNCIA BRASIL – Aumento no preço de insumos para construção civil preocupa o setor. 2021. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-02/alta-no-preco-de-insumos-para-construcao-civil-preocupa-cbic>>. Acesso em 16 nov 2021.

AIGBOMIAN, E. I.; FAN, M. Development of wood-crete from treated sawdust. **Construction and Building Materials**. n52, p. 353-360, 2014.

AKKAOU, A.; CARÉ, S.; VANDAMME, M. Experimental and micromechanical analysis of the elastic properties of wood-aggregate concrete. **Construction and Building Materials**. v. 134, p. 346-357, 2017.

ALAKA, H. A.; OYEDELE, L. O. High volume fly ash concrete: The practical impact of using superabundant dose of high range water reducer. **Journal of building Engineering**. V. 8, n. 1, p. 81-90. 2016.

ALMEIDA, T. H. **Estudo da estabilidade dimensional de madeira tropicais brasileiras**. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Programa de Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

AL RIM, K.; LEDHEM, A.; DOUZANE, O.; QUENEUDEC, M. Influence of proportion of wood on the thermal and mechanical performances of clay-cement-wood composites. **Cement and Concrete Composites**, v. 21, p. 269-276, 1999.

ARAÚJO, E. C.; MELO, L. A.; SILVA, D. G.; SEVERO, S. N.; ANGELIM, R.; CASCUDO, O.; CARASEK, H. Efeito da natureza e da forma das partículas de areias de diferentes mineralogias na consistência da argamassa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 11. 2015, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBRNM 30**: Agregados miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 45**: Agregados - Determinação de massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 6467**: Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7190:** Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9778:** Argamassa e concreto endurecido - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.276:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.277:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto - Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.278:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto -Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.280:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto -Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.528-2:** Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas- Determinação da resistência de aderência à tração – Parte 2: aderência ao substrato. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15116:** Agregados reciclados para uso em argamassas e concreto de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14.853:** Determinação do material solúvel em etanol:tolueno e em diclorometano. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220-2:** Desempenho térmico de edificações Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.259:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.575:** Edificações Habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.575:** Edificações Habitacionais - Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.630:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto - Determinação do módulo de elasticidade dinâmica através da propagação de onda ultra-sônica. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16605:** Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16697:** Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

AYAT, A.; BOUZERD, H.; ALI-BOUCETTA T.; NAVARRO, A.; BENMALEK, M. L. Valorisation of waste glass powder and brick dust in air-lime mortars for restoration of historical building: case study theatre of Skikda (Northern Algeria). **Construction and Building Materials**. v. 315, 2021.

AZWA, Z. N.; YOUSIF, B. F.; MANOLO, A. C.; KARUNASENA, W. A review on the degradability of polymeric composites based on natural fibres. **Materials and Design**. v. 47, p. 424-442, 2013.

BATUECAS, E.; RAMÓN-ÁLVAREZ, I.; SÁNCHEZ-DELGADO, S.; TORRES-CARRASCO, M. Carbon footprint and water use of alkali-activated and hybrid cement mortars. **Journal of Cleaner Production**, v. 319, p. 128653, 2021.

BEDERINA, M.; LAIDOUDI, B.; GOULLIEUX, A.; KHENFER, M. M.; BALI, A.; QUÉNEUDEC, M. Effect of the treatment of wood shavings on the physico-mechanical characteristics of wood sand concretes. **Construction and Building Materials**. v. 23, p. 1311-1315, 2009.

BELHADJ, B.; BEDERINA, M.; MONTRELAY, N.; HOUESSO, J.; QUÉNEUDEC, M. Effect of substitution of wood shavings by barley straws on the physico-mechanical properties of lightweight sand concrete. **Construction and Building Materials**. n. 66, p. 247-258, 2014.

BEM, D. Efeito da adição de pozolanas e da cal hidratada na incidência de eflorescência medida através de ensaios acelerados em argamassas. 132 f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

BENYAHIA, A.; CHOUCHA, S.; GHRICI, M. Influence of limestone dust and natural pozzolan on engineering properties of self-compacting repair mortars. **Frattura ed Integrità Strutturale**. v. 45, p. 135-146, 2018.

BERALDO, A. L.; CARVALHO, J. V. Compósito *Eucalyptus grandis* - cimento Portland. **Scientia Florestalis**. n. 65, p. 150-161, 2004.

BERTOLINI, M. S.; MORAIS, C. A. G.; CHRISTOFORO, A. L.; BERTOLI, S. R.; SANTOS, W. N.; ROCCO LAHR, F. A. Acoustic absorption and thermal insulation of wood panels: influence of porosity. **BioResources**. v. 14, 2019.

BIERNACKI, J. J.; WILLIAMS, P. J.; STUTZMAN, P. E. Kinetics of reaction of calcium hydroxide and fly ash. **ACI Materials Journals**. v. 98, n. 4, p. 340-349, 2001.

BILCATI, G. K.; **Produção de painéis de cimento Portland reforçado com fibras de curauá (*Ananas erectifolius*)**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BILCATI, G. K.; MATOSKI, A.; TRIANOSKI, R.; LENGOWSKI, E. Potential use of curaua fiber (*Ananas erectifolius*) for cementitious production composite. **Revista Ingeniería de Construcción**. v. 33, nº 2, p. 155-160, 2018.

BISHT, A.; GERBER, J. F. Ecological distribution conflicts (EDCs) over mineral extraction in India: An overview. **The Extractive Industries and Society**. v. 4, p. 548-563, 2017.

BLANCO, L. B.; COIMBRA, M. C.; BASTOS, P. K. X. Estudo de propriedades de argamassas com areia de britagem e adição de areia natural de rio. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 12. 2017, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2017.

BOLTRYK, M.; PAWLUCZUK, E. Properties of a lightweight cement composite with an ecological organic filler. **Construction and Building Materials**. v. 51, p. 91-105, 2014.

BOLTRYK, M.; KRUPA, A.; PAWLUCZUK, E. Modification of the properties of the cement composites with the organic filler. **Construction and Building Materials**. v. 167, p. 143-153, 2018.

BONIN, L. C.; FEUERHARMEL, C.; CARNEIRO, A. M. P. Estudo da influência da distribuição granulométrica da areia na trabalhabilidade da argamassa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 3. 1999, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 1999.

BOTTERMAN, B.; DOUDART DE LA GRÉE, G. C. H.; HORNIKX, M. C. J.; YU, Q. L.; BORUWERS, H. J. H. Modelling and optimization of the sound absorption of wood-wool cement boards. **Applied Acoustics**. n. 129, p. 144-154, 2018.

BOUGUERRA, A.; AMIRI, O.; AÏT-MOKHTAR, A.; DIOP, M. B. Water sorptivity and pore structure of wood-cementitious composites. **Magazine of Concrete Research**, v. 54, n. 2, p. 103- 112, 2002.

BRÁS, A.; LEAL, M.; FARIA, P. Cement- cork mortars for thermal bridges correction. Comparison with cement-EPS mortars performance. **Construction and building Materials**. v. 49, p. 315-327, 20213.

BRASIL, Lei no 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: **Diário da Oficial da União**, 2 agosto 2010a. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>.

BROWNING, B. L. **The Chemistry of wood**. Interscience Publi. New York, 1963.

BURGUER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo:Nobel, 1991.

CABRAL, M. R.; NAKANISHI, E. Y.; FIORELLI, J. Evaluation of the Effect of Accelerated Carbonation in Cement–Bagasse Panels after Cycles of Wetting and Drying. **Journal of Material in Civil Engineering**. v. 29 (6), p. 1-7, 2017.

CABRAL, M. R.; NAKANISHI, E. Y.; MÁRMOL, G.; PALACIOS, J.; GODBOUT, S; LAGACÉ, R.; SAVASTANO JR, H.; FIORELLI, J. Potential of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus*L.) stalks to produce cement-bonded particleboards. **Industrial Crops and Products**. v. 122, p. 214-222, 2018.

CAGGIANO, A.; SCHICCHI, D. S.; MANKEL, C.; UKRAINCZYK, N.; KOENDERS, E. E. B. A mesoscale approach for modeling capillary water absorption and transport phenomena in cementitious materials. **Computers & Structures**. v. 200, p. 1-10, 2018.

CALIL JÚNIOR, C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de elementos estruturais de madeira**. 1ª Edição. São Paulo: Manoele, 2003.

CAMACHIO, A. L. D., CAMACHO, D. L. D., MANCIO, M. Avaliação do aumento da reatividade da cinza volante através do método sonoquímico. **Revista Matéria**. v. 23, n. 3, 2018.

CARNEIRO, A. M. P.; CINCOTTO, M. A. **Dosagem de argamassas através de curvas granulométricas**. São Paulo: EPUSP, 1999. 18 p. Boletim Técnico.

CASTRO, V. G. **Espécies da Amazônia na produção de compósito madeira-cimento por vibro- compactação**. 223 f. Tese (Doutorado em Engenharia Floresta)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Florestal, Universidade Federal do Paraná, 2015.

CBCS **Conselho Brasileiro de Construção Sustentável**, Projeto Avaliação de Ciclo de Vida Modular de Blocos e Pisos de Concreto, Novembro de 2014. São Paulo – SP, 2014. 93 p.

CETINER, I.; SHEA, A. D. Wood waste as an alternative thermal insulation for buildings. **Energy and Buildings**. v. 168, 2018.

CHEN, B.; CAI, D.; LUO, Z.; CHEN, C.; ZHANG, C.; QIN, P.; CAO, H.; TAN, T.. Corncob residual reinforced polyethylene composites considerin the biofinery process and the enhance of perormance. **Journal of Cleaner Production**. v. 198, p. 452-462, 2018.

CIMENTO.ORG – Brasil 2021: Venda de Cimento até junho. 2021. Disponível em: <<https://cimento.org/brasil-2021-venda-de-cimento-ate-junho/>>.

COATANLEM, P.; JAUBERTHIE, R.; RENDELL, F. Lightweight wood chipping concrete durability. **Construction and Building Materials**. v. 20, p. 776-781, 2004.

CORINALDESI, V.; MAZZOLI, A.; SIDDIQUE, R. Characterization of lightweight mortars containing wood processing by-products waste. **Construction and Building Materials**. v. 123, p. 281-289, 2016.

COSTA, M. R. M. M.; PINTO, M. C. C.; PESSANHA, M. D.; TREVISAN, D. B.; HERZER, P. H. Argamassas contendo resíduos a base de EVA e Poliéster como agregado leve. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

DALLAGNOL, F. S.; MIGNON, F.; SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P. Teores de carbono de cinco espécies florestais e seus compartimentos. **Floresta e Ambiente**. p. 410- 441, 2011.

DANG, J.; ZHAO, J.; HU, W.; DU, Z.; GAO, D. Properties of mortar with waste clay bricks as fine aggregate. **Construction and Building Materials**. v. 166, p. 898-907, 2018.

DEMIR, I.; GÜZELKÜCÜK, S.; SEVİM, Ö. Effects of sulfate on cement mortar with hybrid pozzolan substitution. **Engineering Science and Technology, an International Journal**. v. 21, p. 275-283, 2018.

DIOGENES, A. G.; CABRAL, A. E. B. Análise de comportamento de argamassa de revestimento com areia de britagem da região metropolitana de Fortaleza. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 11. 2017, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2017.

EMBRAPA – tt florestal: transferência de tecnologia florestal – Pínus. 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/pinus/perguntas-e-respostas>>. Acesso em 16 nov 2021.

ESTADÃO - Falta, quem diria, areia no mundo. 2017. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,falta-quem-diria-areia-no-mundo,70001738190>>. Acesso em 6 jun. 2018.

EZ-ZAKI, H.; EL GHARBI, B.; DOURI, A. Development of eco-friendly mortars incorporating glass and shell powders. **Construction and Building Materials**. v. 159, p. 198-204, 2018.

FAN, M.; NDIKONTAR, M. K.; ZHOU, X.; NGAMVENG, J. N. Cement-bonded composites made from tropical woods: Compatibility of wood and cement. **Construction and Building Materials**. n 36, p. 135-140, 2012.

FARIA, P.; HENRIQUES, F.; RATO, V. Comparative evaluation of lime mortars for architectural conservation. **Journal of Cultural Heritage**. v. 9, p. 338-346, 2008.

FERRAZ, J. M. **Produção e propriedades de painéis de fibra de coco verde (*Cocos nucifera L.*) em mistura com cimento Portland**. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Forestry Production and Trade. Disponível em: < <https://www.fao.org/state-of-forests/en/> >. Acesso em: 12 nov. 2021.

FRAAY, A. L. A.; BIJEN, J. M.; deHAAN, Y. M. **The reaction of fly ash in concrete. A critical examination**. Cement and Concrete Research, v. 19, p. 235 – 246, 1989.

FREITAS JUNIOR, J. A. **Materiais de construção com madeira para mitigação de gases de efeito estufa na execução de edificações**. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

FREITAS JR, J. A.; COSTA, M. R. M. M.; ARTIGAS, L. V.; MARTINS, L.; SANQUETTA, C. R. Assessment of the impact of binders in the evolution of carbonation in mortars. **Construction and Building Materials**. v. 225, p. 496-501, 2019.

FREITAS JR, J. A.; COSTA, M. R. M. M.; PARCHEN, C. F. A.; VILLAS BOAS, B. T.; IWAKIRI, S. The use of wood particles in cementitious materials in order to make them more sustainable as greenhouse gas emissions. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)**. v. 7, i. 9, p. 80-87, 2020

GAMEIRO, A.; SANTOS SILVA, A.; FARIA, P.; GRILO, J.; BRANCO, T.; VEIGA, R.; VELOSA, A. Physycal and chemical assessment of lime-metakaolin mortars:

influence of binders: aggregate ratio. **Cement & Concrete composites**. v. 45, p. 264-271, 2014.

GARIJO, L.; ZHANG, X.; RUIZ, G.; ORTEGA, J. J.; WU, Z. The effects of dosage and production process on the mechanical and physical properties of natural hydraulic lime mortars. **Construction and Building Materials**. v. 169, p. 325-334, 2018.

GOBBI, A. **Atividade pozolânica de adições minerais pelas NBR 5751/2012 e NBR 5752/2012: uma análise crítica a partir de métodos complementares**. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil)- Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

GOBBO, L. A. **Aplicação da difração de raios-X e método de Rietveld no estudo de Cimento Portland**. 2009. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GONZAGA, A. L. B. **Madeira: Uso e conservação**. Brasília, DF: IPHAN/MONUMENTA, 2006.

GONZÁLES-SÁNCHEZ, J. F.; FERNÁNDEZ, J. M.; NAVARRO-BLASCO, Í; ALVAREZ, J. I. Improving lime-based rendering mortars with admixtures. **Construction and Building Materials**. v. 271, 2021.

GUIMARÃES, J. E. P. **A cal - Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil**. São Paulo, SP: Editora Pini Ltda, 1997.

GUPTA, V.; SIDDIQUE, S.; CHAUDHARY, S. Optimum mixing sequence and moisture content for hydrated lime fly ash bricks. **Journal of Cleaner Production**. v. 285, i. 124859, 2021.

GRAM, H. -E. **Durability of natural fibres in concrete**. Stockholm: CBI, 1983.

HAWLITSCHKEK, G.; CARDOSO, F. A.; ULSEN, C.; AMARAL, I.; KAHN, H.; PILEGGI, R.; JOHN, V. M. Estudo da influência de areias recicladas a partir de resíduos de construção e demolição (RCD) em argamassas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 10. 2013, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013.

HUO, J.; Yu, B.; PENG, Z.; WU, Z.; ZHANG, L. Thermal control effects and mechanism of slag and fly ash on heat development of cement slurry used in hydrated formation. **Journal of Natural Gas Science and Engineering**, v. 91, p. 103967, 2021.

HOFSTRAND, A. D.; MOSLEMI, A. A.; GARCIA, J. F. Curing characteristics of wood particles from nine northern Rocky Mountain species mixed with portland cement. **Forest Production Journal**, v. 34, n. 2, p. 57-61, 1984.

HOPPE FILHO, J. **Sistemas cimento, cinza volante e cal hidratada: mecanismo de hidratação, microestrutura e carbonatação de concreto**. 318 f. Tese (Doutorado em Engenharia)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

HOPPE FILHO, J.; GOBBI, A.; PEREIRA, E.; QUARCIONI, V. A.; MEDEIROS, M. H. F. Atividade pozolânica de adições minerais para cimento Portland (Parte I): Índice de atividade pozolânica (IAP) (TG/DTG) e Chapelle modificado. **Revista Matéria**, v. 22, n. 3, 2017.

HOSPODKA, M.; HOFKO, B.; BLANB, R. Introducing a new specimen shape to assess the fatigue performance of asphalt mastic by dynamic shear rheometer testing. **Materials and Structures**. p. 1-11, 2018.

INCE, C.; TAYANÇLI, S.; DEROGAR, S. Recycling waste wood in cement mortars towards the regeneration of sustainable environment. **Construction and Building Materials**. v. 299, 2021.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBA). Preservação. Brasil: IBA, 2015. Disponível em: <<http://iba.org/pt/arvores-plantadas/preservacao>>.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBA). Relatório 2019. Brasil: IBA, 2019. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS. Brasil: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?edicao=31773&t=resultados>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Industrial Anual- PIA - Produto. Brasil: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anual-produto.html?=&t=o-que-e>>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Renewable 2017. IEA: october 017. Disponível em: <<https://www.iea.org/renewables/>>.

INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE (IEE). Fontes de Biomassa. São Paulo: USP, 2018. Disponível em: <<http://www.iee.usp.br/gbio/?q=livro/fontes-de-biomassa>>.

INTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Banco de Dados Meteorológicos do INMET, 2021. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br>>.

ISAIA, G. C. **Materiais de construção civil**. 2ª Edição. São Paulo: IBRACON, 2010.

ISAIA, G. C. **Concreto: ciência e tecnologia**. 1ª Edição. São Paulo: IBRACON, 2011.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005.

JOHN, V. J.; PUNHAGUI, K. R. G.; CINCOTTO, M. A. Produção de cal - relatório final. Economia de baixo carbono: avaliação de impactos de restrições e perspectivas

tecnológicas. EBC - Economia de Baixo Carbono, **Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto**, Ribeirão Preto - SP, dezembro de 2014. 76 p.

JONG, M. F.; BORSJE, B. W.; BAPTISTI, M. J.; WAL, J. T.; LINDEBOOM, H. J.; HOEKSTRA, P. Ecosystem-based design rules for marine sand extraction sites. **Ecological Engineering**. v. 87, p. 271-280, 2016.

JORGE, F. C.; PEREIRA, C.; FERREIRA, J. M. F. Wood-cement composites: a review. **Holz Roh Werkst**. v. 62, p. 370-377, 2004.

JOSHUA O.; MATAWAL, D. S.; AKINWUMI, T. D.; OLUSOLA, K. O.; OGUNRO, A. S.; LAWAL, R. B. Development of a fully pozzolanic binder for sustainable construction: whole cement replacement in concrete applications. **International Journal of Civil Engineering and Technology**. v. 9, p. 1-12, 2018.

JUENGER, M. C. G.; JENNINGS, H. M. New insights into the effects of sugar on the hydration and microstructure of cement pastes. **Cement and Concrete research**. v. 32, p. 393-399, 2002.

KABEER, K. I. S. A.; VYAS, A. K. Utilization of marble powder as fine aggregate in mortar mixes. **Construction and Building Materials**. n. 165, p. 321-332, 2018.

KAZULIS, V.; MUIZNIECE, I.; ZIHARE, L.; BLUMBERGA, D. Carbon storage in wood products. **Energy Procedia**. v. 128, p. 558-563, 2017.

KLOCK, U. **Notas de Aula Química da Madeira**. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica%20da%20Madeira%202013.pdf>>.

KOOHESTANI, B.; KOUBAA, A.; BUSSIÈRE, B.; BOUZAHZAH, H. Experimental investigation of mechanical and microstructural properties of cemented paste backfill containing maple-wood fille. **Construction and Building Materials**. n. 121, p. 222-228, 2016.

KOTENG, D. O.; CHEN, C. T. Strength development of lime-pozzolana pastes with silica fume and fly ash. **Construction and building Materials**. v. 48, p. 294-300, 2015.

KRESJSOVÁ, J.; DOLEZELOVÁ, M.; PERNICOVÁ, R.; SVORA, P.; VIMMROVÁ, A. The influence of different aggregates on the behavior and properties of gypsum mortars. **Cement and Concrete Compósitos**. v. 92, p. 188-197, 2018.

KUBICKI, A.; MANSO, F.; DIESING, M. Morphological evolution of gravel and sand extraction pits, Tromper Wiek, Baltic Sea. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 71, p. 647-656, 2007.

LAGERBLAD, B. Carbon dioxide uptake during concrete life cycle – State of the art. **Cement och Betong Institute – CBI**, Stockholm, Sweden, p. 47, 2005.

LATORRACA, J. V. F.; IWAKIRI, S. Efeitos do tratamento das partículas do *Eucalyptus dunni* (Maid), da variação da relação madeira-cimento e do uso de aditivos sobre as propriedades físicas e mecânicas das chapas de madeira-cimento. **Cerne**. v. 6, n. 1, p. 68-76, 2000.

LATORRACA, J. V. F.; IWAKIRI, S. Efeito da cura a vapor sobre as propriedades mecânicas de painéis de cimento-madeira. **Floresta e Ambiente**. v. 8, p. 84-93, 2001.

LAWRENCE, G. H. M. **Taxonomia das plantas vasculares- Princípios e métodos de Taxonomia Botânica (Parte I)**. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 1951.

LEWIN, M.; GOLDSTEIN, I. S. **Wood Structure and Composition**. Marcel Dekker, INC. New York, 1991.

LI, M.; KHELIFA, M.; EL GANAOU, M. Mechanical characterization of concrete containing wood shavings as aggregates. **International Journal of Sustainable Built Environment**. v. 6, p. 587-596, 2017.

LIGNUM. **Base technologiques/matériaux derives du bois/ Matériaux à base de particules de bois et de liant mineral**. Zurich, Suisse, p. 9, 1960.

LIMA, A. M. **Influência de três tipos de tratamentos físicos na resistência à compressão de compósitos cimento- madeira à base de resíduos de serraria**. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós -Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

LIMA, J. D. O mundo enfrenta falta de areia. Quais os efeitos dessa escassez. **Nexo**, 2017. Disponível em: <<https://www.nexojournal.com.br/expresso/2017/09/10/O-mundo-enfrenta-falta-de-areia.-Quais-os-efeitos-dessa-escassez>>. Acesso em: 6 jun. 2018.

LOPES DA SILVA, S. H. **Avaliação do ciclo de vida de argamassas de revestimento com parâmetros de durabilidade**. 205 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

LU, J. X.; ZHAN, B. J.; DUAN, Z. H.; POON, C. S. Using glass powder to improve the durability of architectural mortar prepared with glass aggregates. **Materials & Design**. v. 135, p. 102-111, 2017.

MAKRI, C.; HAHLADAKIS, J.; GIDARAKOS, E. Use and Assessment of “e-plastics” as Recycled Aggregates in Cement Mortar. **Journal of Hazardous Materials**. v. 379, 2019.

MARGON, P. V.; ROCHA, J. C. Argamassas com cinzas de carvão mineral dosadas por curva granulométrica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 5. 2003, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2003.

MARQUES, A. I.; MORAIS, J.; MORAIS, P.; VEIGA, M. R.; SANTOS, C.; CANDEIAS, P.; FERREIRA, J. G. Modulus of elasticity of mortars: Static and dynamic analyses. **Construction and Building Materials**. v. 232, 2020.

MARTINET, Gilles; DELOYE, François-Xavier; GOLVIN, Jean-Claude. Caractérisation des mortiers pharaoniques du temple d'Amon à Karnak. **Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées**, n. 181, p. 39-45, 1992.

MARTÍNEZ, I.; ETXEBERRIA, M.; PAVÓN, E.; DÍAZ, N. A comparative analysis of the properties of recycled and natural aggregate in masonry mortars. **Construction and Building Materials**. v. 49, p. 384-392, 2013.

MARTÍNEZ-GARCÍA, C.; GONZALES-FONTEBOA, B.; CARRO-LÓPEZ, D.; MARTÍNEZ-ABELLA, F. Impact of mussel shell aggregates on air lime mortars. Pore structure and carbonation. **Journal of Cleaner Production**. v. 215, p. 650-668, 2019.

MARTINHO, P. A. G. **Análise do comportamento de argamassas com incorporação de “pellets” de madeira**. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2017.

MARTINS, E.; J. **Diretrizes para dosagem de argamassas de revestimento utilizando métodos de empacotamento de partículas e comportamento reológico**. 195 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

MATANNA, A. J. **Estudo de cales hidratadas de mercado- caracterização química, física e comportamento reológico da pasta**. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MEDINA, E. A. **Pozolanicidade do metacaulim em sistemas binários com cimento Portland e hidróxido de cálcio**. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Ibracon, 2008.

MELQUIADES JUNIOR – Mercado ilegal da areia movimentada R\$ 13 bilhões por ano no Brasil. 2020. Disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/mercado-ilegal-da-areia-movimentada-r-13-bilhoes-por-ano-no-brasil-1.2998788>>. Acesso em 24 abr 2022.

MENDES, L. M. ***Pinus spp* na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MFRURAL. Serragem seca de eucalipto. Disponível em: <<https://www.mfrural.com.br/detalhe/109378/serragem-seca-de-eucalipito>>. Acesso em 17 jun. 2022.

MILHORANCE, F. Base da construção civil, areia é um dos recursos mais valiosos e explorados do mundo. **O Globo**. 2015. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/base-da-construcao-civil-areia-um-dos-recursos-mais-valiosos-explorados-do-mundo-14960573>>. Acesso em 6 jun. 2018

MILLER, D.; MOSLEMI, A. Wood-cement composites: effect of model compounds on hydration characteristics and tensile strength. **Wood and Fiber**. v. 23, p. 472-482, 1991.

MONTEIRO, J.; SILVA, V.; FARIA, P. Effect of type of curing and metakaolin replacement on air lime mortars for the durability of masonries. **Infrastructures**. v. 6, i. 143, 2021.

MOHAMMED, B. S.; ABDULLAHI, M.; HOONG, C. K. Statistical models for concrete containing wood chipping as partial replacement to fine aggregate. **Construction and Building Materials**. n. 55, p. 13-19, 2014.

MORA-ORTIZ, R. S.; ANGEL-MERAZ, e. d.; DÍAZ, S. a.; MAGAÑA-HERNÁNDEZ, F.; MUNGUÍA-BALVANERA, E.; CASTRO, M. A. P.; ALAVEZ-RAMÍREZ, J.; QUIROGA, L. A. Effect of Pre-Wetting Recycled Mortar Aggregate on the Mechanical Properties of Masonry Mortar. **Materials**. v. 14, i. 6, 2021.

MOSLEMI, A. A.; GARCIA, J. F.; HOFSTRAND, A. D. Effect of Various Treatments and Additives on Wood-Portland Cement-Water Systems. **Wood and Fiber Science**. v. 15, n. 2, p. 164-176, 1983.

NA, B.; WANG, Z.; WANG, H.; L, X. Wood-cement compatibility review. **Wood Research**. v. 59, p. 813-826, 2014.

NAKARAI, K.; SUZUKI, Y.; MORI, M.; HO, L.; ARAI, A.; KOBAYASHI, Y. Physicomechanical properties and durability of a new lightweight porous mortar utilizing woodchips. **Journal of Cleaner Production**. v. 235, p. 158-165, 2019.

NENEVÊ, B. L. **Proposta de ensaio para verificação do comportamento de argamassas de revestimento vertical externo expostas à ação de calor e choque térmico**. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

NENEVÊ, B. L.; COSTA, M. R. M. M.; MEDEIROS-JUNIOR, R. A. Alternative small-scale accelerated test to measure the effect of thermal shock on rendering mortar properties. **Journal of Building Engineering**. v. 46, i. 103807, 2022.

NEVILLE, A. M. **Properties of concrete**. 5ª Edição. England: Pearson Education Limited, 2011.

OKINO, E. Y. A.; SOUZA, M. R.; SANTANA, M. A. E.; SOUSA, M. E.; TEIXEIRA, D. E. Chapa aglomerada de cimento-madeira de *Heavea brasiliensis* Müll. Arg. **Revista Árvore**. v. 28, n. 3, p. 451-457, 2004.

OKINO, E. Y. A.; SOUZA, M. R.; SANTANA, M. A. E.; ALVES, M. V. S.; SOUSA, M. E.; TEIXEIRA, D. E. Cement-bonded wood particleboard with a mixture of eucalypt and rubberwood. **Cement & Concrete Composites**. v. 26, p. 729-734, 2004.

OKINO, E. Y. A.; SOUZA, M. R.; SANTANA, M. A. E.; ALVES, M. V. S.; SOUSA, M. E.; TEIXEIRA, D. E. Physico-mechanical properties and decay resistance of Cupressus spp cement-bonded particleboards. **Cement & Concrete Composites**. v. 27, p. 333-338, 2005.

UNEP. Sand and sustainability: Finding new solutions for environmental governance global sand resources. GRID-Geneva, United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland, 2019.

UNEP. Sand and sustainability: 10 strategic recommendations to avert a crisis. GRID-Geneva, United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland, 2022.

PACHECO, A. P. G. **Avaliação do compósito-madeira-cal para a construção civil**. 87 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil)- Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

PARCHEN, C. F. A. **Compósito madeira cimento de baixa densidade produzido com compactação vibro dinâmica**. 173 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

PEREIRA, T. G. T.; SILVA, D. W.; EUGÊNIO, T. M. C.; SCATOLINO, M. V.; TERRA, I. C. C.; FONSECA, C. S.; BUFALINO, L.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M. Coconut fibers and quartzite wastes for fibers-cement production by extrusion. **Materials Today: Proceedings**. v. 31, p. S309- S314, 2019.

PESCAROLO, A. **Desempenho de argamassas com fibras de celulose**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

PIMENTEL, L. L. **Telhas onduladas à base de cimento Portland e resíduos de *Pinus caribaea***. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

PINTO, M. C. C. **Avaliação das propriedades do gesso reciclado contendo aditivos**. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

PIRES, P. T. L.; LOPER, A. A.; MENDES, C. J.; PETERS, E. L.; MAIA, G. N.; ABREU, L. M. **Dicionário de termos florestais**. Curitiba: FUPEF, 2018.

PRATA, J. G. **Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de PINUS tropicais para produção de painéis colados lateralmente (EDGE GLUED PANELS - EGP)**. 117 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

PREILIPPER, U. E. M.; DALFOVO, W. C. T.; ZAPPAROLI, I. D.; MAROUBO, L. A.; MAINARDES, E. L. Aproveitamento do resíduo madeireiro na produção de energia termoelétrica no município de Marcelândia-MT. **Desenvolvimento do Meio Ambiente**. v. 36, p. 411-428, 2016.

POMARICO, F. A. **Potencial de utilização da madeira de clones de Eucalipto na produção de painéis cimento-madeira**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

QUARCIONI, V. A. **Influência da cal hidratada nas idade iniciais da hidratação do cimento Portland – Estudo em pasta**. 188 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

QUIROGA, A.; MARZOCCHI, V.; RINTOUL, I. Influence of wood treatments on mechanical properties of wood-cement composites and of Populus Euroamericana wood fibers. **Composites**. n. 84, p. 25-32, 2016.

RAMADON, L. F. **Extração ilegal da areia no Brasil e no Mundo**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1xOJLDnNP1R3ed-QiYXOM61meJHK4yatF/view>>. Acesso em 6 de jun. 2018.

RASHAD, A. M. An overview on rheology, mechanical properties and durability of high- volume slag used as a cement replacement in paste, mortar and concrete. **Concrete and Building Materials**. v.187, p. 89-117, 2018.

RATO, V.; N.; P.; M. **Influência da microestrutura morfológica no comportamento de argamassas**. 316 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Universidade de Lisboa, Lisboa, 2006.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

REDONDO, G.; THEÓPHILO, R. **Botânica elementar**. 2ª Edição. Fortaleza: Fundação Walter Alcantara, 1997.

RIBEIRO, R. S.; AMLANI, A. M.; CONTO, J.; SCHWERZ, B. G.; AMARILLA, R. S. D.; SANT'ANA, L. H.; AVELAR, M.; CATAI, R. E.; MATOSKI, A. Acoustical treatment characterization of a classroom with wood-based composites. **Applied acoustics**. v. 178, 2021.

RIGOPOULO, I.; KRYAKOU, L.; VASILIADES, M. A.; KYRATSI, T.; EFSTATHIOU, A. M.; IOANNOU. Improving the carbonation of air lime at ambient conditions via the incorporation of ball-milled quarry waste. **Construction and Building Materials**. v. 301, 2021.

ROCHA, T. M. S.; RUHNKE, L. B.; MIRANDA, L. F. R.; PARCHEN, C. F. A.; LIMA, P. P. de. Análise das propriedades de compósitos de madeira, provenientes de resíduo de construção, utilizando o gesso como aglomerante. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

ROCHA, T. M. S.; LIMA, P. P.; MIRANDA, L. F. R.; PARCHEN, C. F. A.; RUHNKE, L. B. Influência de aditivos aceleradores de pega nas propriedades no estado fresco de compósitos de cimento e resíduos de madeira de construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

ROCHA, T. M. S.; MIRANDA, L. F. R.; PARCHEN, C. F. A. Avaliação da propriedades físicas e mecânicas de compósitos cimento-madeira, produzidos com resíduos de madeira de construção. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO, 5., 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENARC, 2017.

ROCHA, T. M. S. **Contribuição ao desenvolvimento de placas para vedação vertical produzidas com resíduo de madeira de construção, utilizando gesso e cimento como aglomerante**. 204 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

ROCHA, T. M. S.; REIS, A. S.; MANNS, M. P. A.; MIRANDA, L. F. R.; PEREIRA, L. S. Avaliação da influência do tamanho das partículas de madeira em compósitos com aglomerantes minerais. In: Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentável, 3., 2018, Coimbra. **Anais...** Coimbra: CLB-MCS, 2018.

SANTHA KUMAR, G., SAINI, P. K.; KARADE, S. R. Impact of Mixing Approaches on Properties of Recycled Aggregate Mortar. **ACI Materials Journal**. v. 117, i. 6, 2020.

SANTOS, A. R.; VEIGA, M. R.; SILVA, A. S.; BRITO, J.; ÁLVAREZ, J. I. Evolution of the microstructure of lime based mortars and influence on the mechanical behaviour: The role of the aggregates. **Construction and Building Materials**. v. 187, p. 907-922, 2018.

SANTOS, I. D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e contração da madeira e nos rendimentos e densidades do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado**. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2008.

SETTE JR., C. R.; HANSTED, A. L. S.; NOVAES, E.; LIMA, P. A. F.; RODRIGUES, A. C.; SANTOSA, D. R. S.; YAMAJI, F. M. Energy enhance of the eucalyptus bark by briquette production. **Industrial Crops and Products**. v. 122, p. 209-213, 2018.

SHEN, W.; LIU, Y.; WANG, Z.; CAO, L.; U, D.; WANG, Y.; JI, X. Influence of manufactured sand's characteristics on its concrete performance. **Construction and Building Materials**. v. 172, p. 574-583, 2018.

SILVA, D. M. G. **Avaliação do comportamento de polímeros superabsorventes com distintos níveis de pré-saturação em matrizes cimentícias**, 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SILVA, J. A.; PIVA, J. H.; WANDERLIND, A.; SAVI, A. E.; ANTUNES, E. G. P. Análise das características mecânicas de argamassa com inserção de resíduo de madeira. **Revista Matéria**. v. 26, n. 3, 2021.

SILVEIRA. Areia media Lavada (preço por metro cubico). Disponível em: <<https://silveiraconstrucao.com.br/produtos/areia-media-lavada-preco-por-1-metro-cubico/>>. Acesso em 17 jun. 2022.

SIMATUPANG, M. H.; SCHWARZ, G. H.; BRÖKER, F. W. Small scalle plants for the manufacture of mineral-bonded wood composites. In: World Forestry Congress, 8., 1978, Jakarta. **Anais...** Indonésia: Special paper, 1978.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS (SNIF). Brasília, maio de 2018. Disponível em: < <http://www.florestal.gov.br/snif/>>. Acesso em 12 nov. 2021.

SISTEMA DE PRODUÇÃO EMBRAPA (SPO). Brasília, julho de 2018. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema%20de%20producao%20f6_1gal1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaoId=3715&p_r_p_-996514994_topicoId=3229>. Acesso em 26 jul. 2018.

SJÖSTROM, E. **Wood chemistry**. 2.ed. Academic Press. New York, 1992.

SONG, X.; YANG, I.; ZHANG, K.; WANG, D. Ultrasonic pelleting of torrefied lignocellulosic biomass for bioenergy production. **Renewable Energy**. v. 129, p. 56-62, 2018.

SOROUSHAN, P.; WON, J. P.; HASSAN, M. Durability and microstructure analysis of CO₂-cured cement-bonded wood particleboard. **Cement and Concrete Composites**. n. 41, p. 34-44, 2013.

SOUZA, A. A. C. **Utilização de resíduos da indústria madeireira para fabricação de chapas de cimento-madeira**. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

SOUZA, E. S. C.; MENDOZA; Z. M. S. H.; BORGES, P. H. M.; FRANÇA, G. S. Propriedades químicas de madeiras nativas comerciais. **Multitemas**. v. 25, n. 59, p. 113-126, 2020.

TAYLOR, H. **Cement chemistry**. 2ª Edição. Londres: Academic Press, 1997.

THECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY – **TAPPI 204**. Solvent extractives of wood and pulp. Atlanta: 1997.

THECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY – **TAPPI 207**. Water solubility of wood and pulp. Atlanta: 1999.

THECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY – **TAPPI 212**. One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp. Atlanta: 2002.

THECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY – **TAPPI 252**. pH and electrical conductivity of hot water extracts of pulp, paper, and paperboard. Atlanta: 2002.

TOKYAY, M. **Cement and concrete mineral admixtures**. 1ª Edição. Boca Raton: CRC Press, 2016.

TORRES, A.; LIU, J. J.; BRANDT, J.; LEAR, K. The world ir facing a global sand crisis. **The Conversation**, 2017. Disponível em: <<https://theconversation.com/the-world-is-facing-a-global-sand-crisis-83557>>. Acesso em: 6 jun. 2018.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de Pinus Tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos**. 554 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Overview for Renewable Fuel Standard. Estados Unidos da América: EPA, 2018. Disponível em: <<https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/overview-renewable-fuel-standard>>.

URREA-CEFERINO, G. E.; REMPE, N.; SANTOS, V.; SAVASTANO JR, H. Definition of optimal parameters for supercritical carbonation treatment of vegetable fiber-cement composites at a very early age. **Construction and Building Materials**. v. 152, p. 424-433, 2017.

UŚCINOWICZ, S.; JEGLIŃSKI, W.; MIOTK- SZPIGANOWICZ, G.; NOWAK, J.; PĄCZEK, U.; PRZEZDZIECKI, P.; SZEFLER, K.; POREĘBA, G. Impact of sand extraction from the bottom of the southern Baltic Sea on the relief and sediments of the seabed. **Oceanologia**. v. 56, p. 857-880, 2014.

USMAN, M.; KHAN, S. Y.; FAROOQ, S. H.; HANIF, A.; TANG, S.; KHUSHNOOD, R. A.; RIZWAN, S. A. Eco-friendly self-compacting cement pastes incorporating wood waste as cement replacement: A feasibility study. **Journal of Cleaner Production**. v. 190, p. 679-688, 2018.

VAVRICUK, A.; BOKAN-BOILJKOV, V.; KRAMAR S. The influence of metakaolin on the properties of natural hydraulic lime-based grouts for historic masonry repair. **Construction and Building Materials**. v. 172, p. 706-716, 2018.

VELÁZQUEZ-MARTÍ, B.; GAIBOR-CHÁZVEZ, J; NIÑO-RUIZ, Z.; NARBONA-SAHUQUILLO, S. Complete characterization of pruning waste from the lehero tree (*Euphobia laurifolia* L.) as raw material for biofuel. **Renewable Energy**. v. 129, p. 629-637, 2018.

VILLAS-BÔAS, B. T. **Utilização de cimento Portland e resíduos de *Pinus spp* para fabricação de blocos vazados de baixa densidade para alvenaria**. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

VILLAS-BÔAS, B. T.; PARCHEN, C. F. A.; IWAKIRI, S.; PRATA, J. G.; COSTA, M. R. M. M. Avaliação dos efeitos de diferentes dosagens de água/cal na resistência à compressão axial de compósitos de madeira-cimento. **Revista Matéria**. v. 22, n. 1, 2017.

VON LANDSBERG, D. The history of lime production and use from times to the industrial revolution. **Zement-Kalk-Gips**. v. 45, i. 8, p. 199-203, 1992.

VOTORANTIM CIMENTOS. EPD – Environmental Product Declaration: CP II 40, CP III-40 RS and CP V-ARI by Votorantim Cimentos. 2021. Disponível em: <<https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLibrary/Files/84e325d9-49a8-4e39-b2fd-9aee124446b8/Data>>. Acesso em 16 nov. 2021. (a)

VOTORANTIM CIMENTOS. EPD – Environmental Product Declaration: 2202 Matrix revestimento fachada by Votorantim Cimentos. 2021. Disponível em: <<https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLibrary/Files/38072125-0fda-451c-a27c-d1bd782c88ba/Data>>. Acesso em 16 nov. 2021. (b)

WALKER, R.; PAVIA, S.; MITCHELL, R. Mechanical properties and durability of hemp-lime concretes. **Construction and Building Materials**. v. 61, p. 340-348, 2014.

WANG, L.; CHEN, S. S.; TSANG, D. C. W.; POON, C.; SHIH, K. Value-added recycling of construction waste wood into noise and thermal insulating cement-bonded particleboards. **Construction and Building Materials**. v. 125, p. 316-325, 2016.

WANG, L.; CHEN, S. S.; TSANG, D. C. W.; POON, C., DAI, J. CO₂ curing and fibre reinforcement for green recycling of contaminated wood into high-performance cement-bonded particleboards. **Journal of CO₂ Utilization**. n. 18, p. 107-116, 2017.

WANG, H.; SCANLON, A.; ASCE, F.; SHANG, S.; HE, F. Comparison of seismic experiments on traditional Chinese wood structures and light wood-framed structures. **Journal of Structural Engineering**. v. 139, i. 11, 2013.

WEATHERWAX, R. C.; TARKOW, H. Effect of wood on setting of Portland cement. **Forest Products Journal**, v. 14, p. 567-570, 1964.

WEBER, A. M.; CECHIN, L.; TOKARSKI, R. B.; MATOSKI, A. Análise da influência do traço nas propriedades do compósito cimento-madeira. **Revista Principia**. n. 36, p. 50-59, 2017.

WEI, J.; MEYER, C. Degradation mechanisms of natural fiber in the matrix of cement composites. **Cement and Concrete Research**. v. 73, p. 1-16, 2015.

WITZKE, F. B. **Propriedade de concretos estruturais contendo cinza volante em substituição parcial ao cimento Portland**. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2018.

YAN, L.; KASAL, B.; HUANG, L. A review of recent research on the use of cellulosic fibres, their fibre fabric reinforced cementitious, geo-polymer and polymer composites in civil engineering. **Composites Part B**. v. 92, p. 94-132, 2016.

YANG, J.; ZENG, L.; HE, X.; SU, Y.; LI, Y.; TAN, H.; JIANG, B.; ZHU, H.; OH, S. Improving durability of heat-cured high volume fly ash cement mortar by wet-grinding activation. **Construction and Building Materials**. v. 289, i. 123157, 2021.

XU, S.; MA, Q.; WANG, J. Combined effect of isobutyltriethoxysilane and silica fume on the performance of natural hydraulic lime-based mortars. **Construction and Building Materials**. v. 162, . 181-191, 2018.

ZHANG, L.; CHEN, Z.; DONG, H.; FU, S.; MA, L.; YANG, X. Wood plastic composites based wood wall's structure and thermal insulation performance. **Journal of Bioresources and Bioproducts**. v. 6, i. 1, 2021.

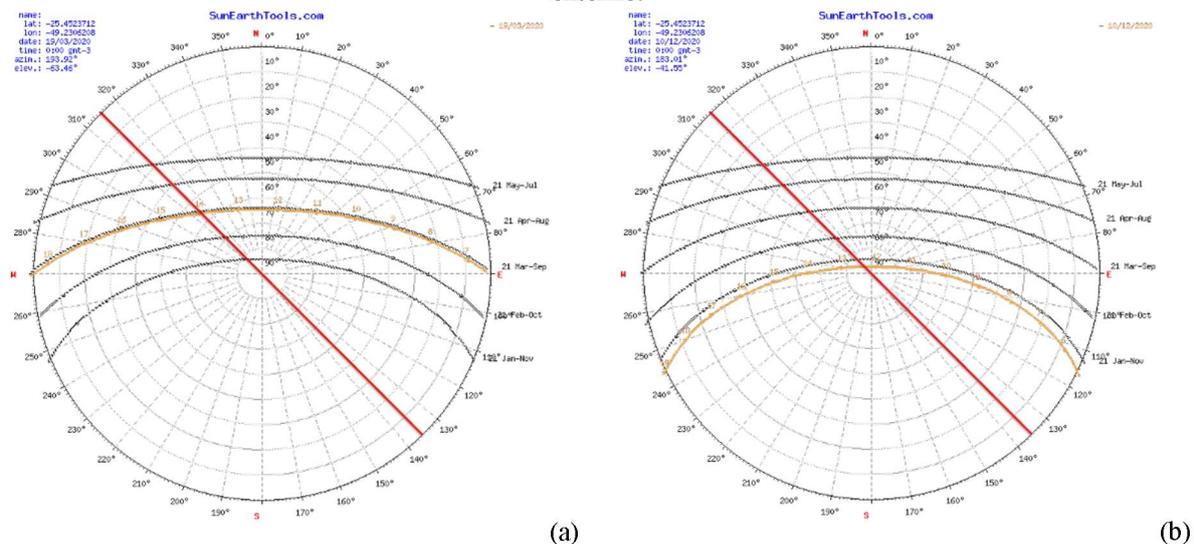
ZHANG, Y. M.; SUN, W.; YAN, H. D. Hydration of high-volume fly ash cement pastes. **Cement & Concrete Composites**. vol. 22, p. 445-452, 2000.

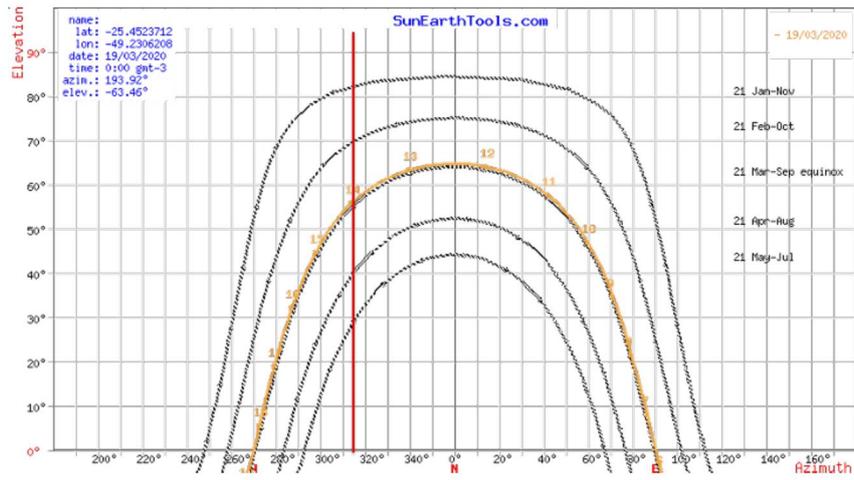
9 APÊNDICES

APÊNDICE A – CARTA SOLAR DO LOCAL ONDE OS CPs FORAM ACOMODADOS EM AMBIENTE EXTERNO.

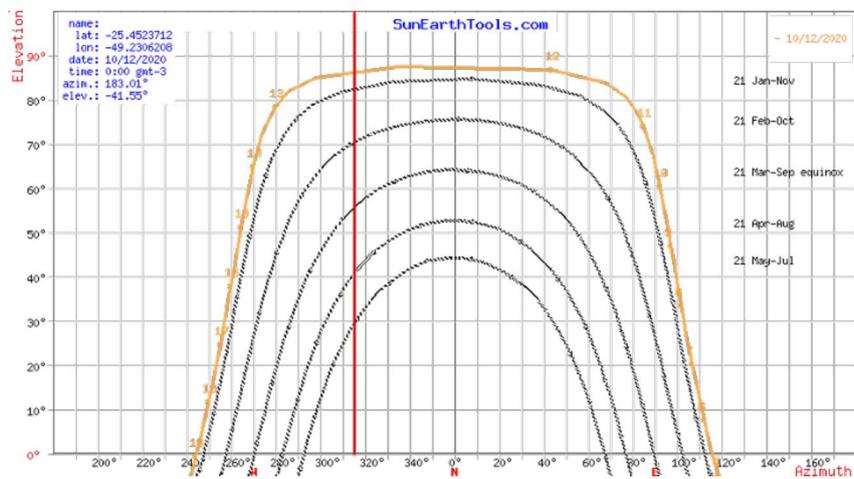
A Figura 48 apresenta a carta solar de Curitiba nas datas onde as amostras foram colocadas e retiradas das paredes. A Figura 48 (a) e (b) apresentam os horários em que houve incidência de sol nas faces das paredes. A face nordeste recebeu sol da 6 horas e 30 minutos até às 14 horas e a face sudoeste recebeu sol das 14 horas até às 18 horas e 30 minutos, no mês de março. No mês de dezembro, a face nordeste recebeu sol das 5 horas e 30 minutos até às 12 horas e 30 minutos, enquanto a face sudoeste recebeu sol das 12 horas e 30 minutos até às 19 horas. Durante o ano as incidências solares foram sendo alteradas de acordo com a posição terrestre em relação ao sol, contudo é possível verificar que a face norte recebeu maior incidência se solar no período da manhã e a face sudoeste no período da tarde. Os gráficos (c) e (d) apresentam a incidência solar que cada face da parede recebeu. A barra vermelha nas imagens está posicionada na angulação das paredes, onde a incidência solar ao lado direito da barra representa a face nordeste e a esquerda da barra representa a face sudoeste. Sendo assim é possível verificar que a face nordeste também recebeu maior incidência solar que a face sudoeste. Como as amostras foram sendo alternadas na face parede, a incidência de todas foi praticamente a mesma.

Figura 48– Carta solar de Curitiba nas datas que as argamassas estiveram expostas ao ambiente externo.





(c)



(d)

Legenda: (a) Carta solar do dia em que os corpos de prova foram alocado em ambiente externo;(b) Carta solar do dia em que os corpos de prova foram removido do ambiente externo;(c) Elevação solar do dia que o corpo de prova foi alocado em ambiente externo;(d) Elevação solar do dia que o corpo de prova foi removido do ambiente externo;

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

APÊNDICE B - ANÁLISES ESTATÍSTICAS DESENVOLVIDAS NO PROGRAMA GRATH PRISM.

Tabela 28– Resultados de ANOVA para resistência à compressão das argamassas de cal para verificação da necessidade de tratamento.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	Diferença significativa entre as médias (P<0,05)?
Entre grupos	0,1332	5	0,02665	8,928	<0,0001	
Dentro dos grupos	0,08954	30	0,002985			Sim
Total	0,2228	35				

SQ: soma de quadrados

gl: grau de liberdade

MQ: médias quadradas

F: Distribuição F de SNEDECOR

Valor-P: 0,05 (5% (é o nível de significância do teste

Teste de comparação múltipla de Tukey	Diferença Média	95,00% de Diferença de CI	Abaixo do limite?	Valor P Ajustado	Teste de comparação múltipla de Tukey
mad um # 1,2 vs. mad sec # 1,2	0,1679	0,07198 to 0,2639	Yes	***	0,0001
mad um # 1,2 vs. mad+cal # 1,2	0,1173	0,02135 to 0,2132	Yes	**	0,0097
mad um # 1,2 vs. mad um # 4,8	0,02052	-0,07542 to 0,1165	No	ns	0,9859
mad um # 1,2 vs. mad sec # 4,8	0,109	0,01302 to 0,2049	Yes	*	0,0188
mad um # 1,2 vs. mad+cal # 4,8	0,02979	-0,06615 to 0,1257	No	ns	0,9314
mad sec # 1,2 vs. mad+cal # 1,2	-0,05063	-0,1466 to 0,04531	No	ns	0,6017
mad sec # 1,2 vs. mad um # 4,8	-0,1474	-0,2433 to -0,05146	Yes	***	0,0008
mad sec # 1,2 vs. mad sec # 4,8	-0,05896	-0,1549 to 0,03698	No	ns	0,4396
mad sec # 1,2 vs. mad+cal # 4,8	-0,1381	-0,2341 to -0,04219	Yes	**	0,0017
mad+cal # 1,2 vs. mad um # 4,8	-0,09677	-0,1927 to -0,0008322	Yes	*	0,0471
mad+cal # 1,2 vs. mad sec # 4,8	-0,008333	-0,1043 to 0,08761	No	ns	0,9998
mad+cal # 1,2 vs. mad+cal # 4,8	-0,0875	-0,1834 to 0,008439	No	ns	0,0899
mad um # 4,8 vs. mad sec # 4,8	0,08844	-0,007501 to 0,1844	No	ns	0,0844
mad um # 4,8 vs. mad+cal # 4,8	0,009271	-0,08667 to 0,1052	No	ns	0,9997
mad sec # 4,8 vs. mad+cal # 4,8	-0,07917	-0,1751 to 0,01677	No	ns	0,1532

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 29 – ANOVA da relação A/MS das argamassas produzidas.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	Diferença significativa entre as médias (P<0,05)?
Entre grupos	0,9496	11	0,08633	18,40	<0,0001	Sim
Dentro dos grupos	0,7039	150	0,004692			
Total	1,653	161				

SQ: soma de quadrados

gl: grau de liberdade

MQ: médias quadradas

F: Distribuição F de SNEDECOR

Valor-P: 0,05 (5% é o nível de significância do teste)

Teste de comparação múltipla de Tukey	Diferença Média	95,00% de Diferença de CI	Abaixo do limite?	Valor P Ajustado
C2-(0) vs. C2-(25)	-0,008828	-0,09988 to 0,08223	Não	>0,9999
C2-(0) vs. C2-(50)	0,008249	-0,09205 to 0,1085	Não	>0,9999
C2-(0) vs. C3-(0)	-0,05849	-0,1559 to 0,03890	Não	0,6967
C2-(0) vs. C3-(25)	-0,04699	-0,1508 to 0,05682	Não	0,9377
C2-(0) vs. C3-(50)	-0,08906	-0,1929 to 0,01476	Não	0,1711
C2-(0) vs. M4-(0)	0,1276	0,04185 to 0,2134	Sim	0,0001
C2-(0) vs. M4-(25)	0,09652	0,009664 to 0,1834	Sim	0,0159
C2-(0) vs. M4-(50)	0,0869	-0,001189 to 0,1750	Não	0,0569
C2-(0) vs. M6-(0)	0,1749	0,09104 to 0,2588	Sim	<0,0001
C2-(0) vs. M6-(25)	0,1121	0,02630 to 0,1978	Sim	0,0015
C2-(0) vs. M6-(50)	0,07558	-0,009188 to 0,1603	Não	0,1311
C2-(25) vs. C2-(50)	0,01708	-0,08155 to 0,1157	Não	>0,9999
C2-(25) vs. C3-(0)	-0,04966	-0,1453 to 0,04601	Não	0,8546
C2-(25) vs. C3-(25)	-0,03816	-0,1404 to 0,06404	Não	0,9848
C2-(25) vs. C3-(50)	-0,08023	-0,1824 to 0,02198	Não	0,2857
C2-(25) vs. M4-(0)	0,1364	0,05263 to 0,2202	Sim	<0,0001
C2-(25) vs. M4-(25)	0,1054	0,02042 to 0,1903	Sim	0,0035
C2-(25) vs. M4-(50)	0,09573	0,009542 to 0,1819	Sim	0,016
C2-(25) vs. M6-(0)	0,1837	0,1019 to 0,2656	Sim	<0,0001
C2-(25) vs. M6-(25)	0,1209	0,03709 to 0,2047	Sim	0,0002
C2-(25) vs. M6-(50)	0,08441	0,001620 to 0,1672	Sim	0,0413
C2-(50) vs. C3-(0)	-0,06674	-0,1712 to 0,03777	Não	0,6092
C2-(50) vs. C3-(25)	-0,05524	-0,1658 to 0,05528	Não	0,8832
C2-(50) vs. C3-(50)	-0,09731	-0,2078 to 0,01321	Não	0,1435
C2-(50) vs. M4-(0)	0,1194	0,02559 to 0,2131	Sim	0,0023
C2-(50) vs. M4-(25)	0,08827	-0,006497 to 0,1830	Não	0,0938
C2-(50) vs. M4-(50)	0,07865	-0,01725 to 0,1746	Não	0,2254
C2-(50) vs. M6-(0)	0,1667	0,07462 to 0,2587	Sim	<0,0001

C2-(50) vs. M6-(25)	0,1038	0,01005 to 0,1976	Sim	0,0166
C2-(50) vs. M6-(50)	0,06733	-0,02553 to 0,1602	Não	0,4076
C3-(0) vs. C3-(25)	0,01149	-0,09640 to 0,1194	Não	>0,9999
C3-(0) vs. C3-(50)	-0,03057	-0,1385 to 0,07732	Não	0,9986
C3-(0) vs. M4-(0)	0,1861	0,09545 to 0,2767	Sim	<0,0001
C3-(0) vs. M4-(25)	0,155	0,06332 to 0,2467	Sim	<0,0001
C3-(0) vs. M4-(50)	0,1454	0,05253 to 0,2382	Sim	<0,0001
C3-(0) vs. M6-(0)	0,2334	0,1445 to 0,3223	Sim	<0,0001
C3-(0) vs. M6-(25)	0,1705	0,07990 to 0,2612	Sim	<0,0001
C3-(0) vs. M6-(50)	0,1341	0,04436 to 0,2238	Sim	0,0001
C3-(25) vs. C3-(50)	-0,04207	-0,1558 to 0,07166	Não	0,9859
C3-(25) vs. M4-(0)	0,1746	0,07708 to 0,2721	Sim	<0,0001
C3-(25) vs. M4-(25)	0,1435	0,04503 to 0,2420	Sim	0,0002
C3-(25) vs. M4-(50)	0,1339	0,03432 to 0,2335	Sim	0,0009
C3-(25) vs. M6-(0)	0,2219	0,1260 to 0,3178	Sim	<0,0001
C3-(25) vs. M6-(25)	0,1591	0,06153 to 0,2566	Sim	<0,0001
C3-(25) vs. M6-(50)	0,1226	0,02592 to 0,2192	Sim	0,0025
C3-(50) vs. M4-(0)	0,2167	0,1191 to 0,3142	Sim	<0,0001
C3-(50) vs. M4-(25)	0,1856	0,08709 to 0,2841	Sim	<0,0001
C3-(50) vs. M4-(50)	0,176	0,07638 to 0,2755	Sim	<0,0001
C3-(50) vs. M6-(0)	0,264	0,1681 to 0,3598	Sim	<0,0001
C3-(50) vs. M6-(25)	0,2011	0,1036 to 0,2986	Sim	<0,0001
C3-(50) vs. M6-(50)	0,1646	0,06799 to 0,2613	Sim	<0,0001
M4-(0) vs. M4-(25)	-0,03108	-0,1103 to 0,04814	Não	0,9776
M4-(0) vs. M4-(50)	-0,0407	-0,1213 to 0,03987	Não	0,8757
M4-(0) vs. M6-(0)	0,0473	-0,02863 to 0,1232	Não	0,6458
M4-(0) vs. M6-(25)	-0,01554	-0,09356 to 0,06247	Não	>0,9999
M4-(0) vs. M6-(50)	-0,05203	-0,1289 to 0,02490	Não	0,5197
M4-(25) vs. M4-(50)	-0,00962	-0,09137 to 0,07213	Não	>0,9999
M4-(25) vs. M6-(0)	0,07838	0,001207 to 0,1556	Sim	0,0429
M4-(25) vs. M6-(25)	0,01554	-0,06369 to 0,09476	Não	>0,9999
M4-(25) vs. M6-(50)	-0,02094	-0,09910 to 0,05721	Não	0,9991
M4-(50) vs. M6-(0)	0,088	0,009443 to 0,1666	Sim	0,0144
M4-(50) vs. M6-(25)	0,02516	-0,05542 to 0,1057	Não	0,9966
M4-(50) vs. M6-(50)	-0,01132	-0,09084 to 0,06819	Não	>0,9999
M6-(0) vs. M6-(25)	-0,06285	-0,1388 to 0,01309	Não	0,2138
M6-(0) vs. M6-(50)	-0,09933	-0,1741 to -0,02452	Sim	0,0012
M6-(25) vs. M6-(50)	-0,03648	-0,1134 to 0,04044	Não	0,9155

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 30– ANOVA da densidade a fresco das argamassas produzidas.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	Diferença significativa entre as médias (P<0,05)?
Entre grupos	5,231	3	1,744	324,30	<0,0001	
Dentro dos grupos	0,09676	18	0,005376			Sim
Total	5,327	21				

SQ: soma de quadrados

gl: grau de liberdade

MQ: médias quadradas

F: Distribuição F de SNEDECOR

Valor-P: 0,05 (5%) é o nível de significância do teste

Teste de comparação múltipla de Tukey	Diferença Média	95,00% de Diferença de CI	Abaixo do limite?	Valor P Ajustado
C2-(0) vs. C2-(25)	6,675	-110,0 to 123,4	Não	>0,9999
C2-(0) vs. C2-(50)	-15,86	-144,4 to 112,7	Não	>0,9999
C2-(0) vs. C3-(0)	177,3	52,45 to 302,1	Sim	0,0003
C2-(0) vs. C3-(25)	234,2	101,2 to 367,3	Sim	<0,0001
C2-(0) vs. C3-(50)	195	61,99 to 328,1	Sim	0,0002
C2-(0) vs. M4-(0)	-183,1	-293,0 to -73,21	Sim	<0,0001
C2-(0) vs. M4-(25)	-181,4	-292,7 to -70,10	Sim	<0,0001
C2-(0) vs. M4-(50)	-102,4	-215,3 to 10,44	Não	0,115
C2-(0) vs. M6-(0)	-5,432	-112,9 to 102,0	Não	>0,9999
C2-(0) vs. M6-(25)	37,15	-72,74 to 147,1	Não	0,9932
C2-(0) vs. M6-(50)	42,67	-65,96 to 151,3	Não	0,9774
C2-(25) vs. C2-(50)	-22,54	-148,9 to 103,9	Não	>0,9999
C2-(25) vs. C3-(0)	170,6	47,98 to 293,2	Sim	0,0005
C2-(25) vs. C3-(25)	227,5	96,57 to 358,5	Sim	<0,0001
C2-(25) vs. C3-(50)	188,4	57,38 to 319,3	Sim	0,0003
C2-(25) vs. M4-(0)	-189,8	-297,2 to -82,39	Sim	<0,0001
C2-(25) vs. M4-(25)	-188,1	-296,9 to -79,25	Sim	<0,0001
C2-(25) vs. M4-(50)	-109,1	-219,6 to 1,330	Não	0,0561
C2-(25) vs. M6-(0)	-12,11	-117,0 to 92,81	Não	>0,9999
C2-(25) vs. M6-(25)	30,48	-76,91 to 137,9	Não	0,9985
C2-(25) vs. M6-(50)	35,99	-70,10 to 142,1	Não	0,993
C2-(50) vs. C3-(0)	193,1	59,19 to 327,0	Sim	0,0002
C2-(50) vs. C3-(25)	250,1	108,4 to 391,7	Sim	<0,0001
C2-(50) vs. C3-(50)	210,9	69,26 to 352,5	Sim	0,0001
C2-(50) vs. M4-(0)	-167,2	-287,4 to -47,09	Sim	0,0005
C2-(50) vs. M4-(25)	-165,5	-287,0 to -44,10	Sim	0,0007
C2-(50) vs. M4-(50)	-86,58	-209,5 to 36,31	Não	0,454

C2-(50) vs. M6-(0)	10,43	-107,5 to 128,4	Não	>0,9999
C2-(50) vs. M6-(25)	53,02	-67,14 to 173,2	Não	0,9476
C2-(50) vs. M6-(50)	58,53	-60,46 to 177,5	Não	0,894
C3-(0) vs. C3-(25)	56,96	-81,30 to 195,2	Não	0,9678
C3-(0) vs. C3-(50)	17,77	-120,5 to 156,0	Não	>0,9999
C3-(0) vs. M4-(0)	-360,4	-476,5 to -244,2	Sim	<0,0001
C3-(0) vs. M4-(25)	-358,7	-476,2 to -241,2	Sim	<0,0001
C3-(0) vs. M4-(50)	-279,7	-398,7 to -160,7	Sim	<0,0001
C3-(0) vs. M6-(0)	-182,7	-296,6 to -68,81	Sim	<0,0001
C3-(0) vs. M6-(25)	-140,1	-256,3 to -23,94	Sim	0,0053
C3-(0) vs. M6-(50)	-134,6	-249,5 to -19,63	Sim	0,0081
C3-(25) vs. C3-(50)	-39,19	-184,9 to 106,6	Não	0,9991
C3-(25) vs. M4-(0)	-417,3	-542,3 to -292,4	Sim	<0,0001
C3-(25) vs. M4-(25)	-415,6	-541,8 to -289,4	Sim	<0,0001
C3-(25) vs. M4-(50)	-336,7	-464,3 to -209,1	Sim	<0,0001
C3-(25) vs. M6-(0)	-239,7	-362,5 to -116,8	Sim	<0,0001
C3-(25) vs. M6-(25)	-197,1	-322,0 to -72,10	Sim	<0,0001
C3-(25) vs. M6-(50)	-191,6	-315,4 to -67,70	Sim	<0,0001
C3-(50) vs. M4-(0)	-378,1	-503,1 to -253,2	Sim	<0,0001
C3-(50) vs. M4-(25)	-376,4	-502,7 to -250,2	Sim	<0,0001
C3-(50) vs. M4-(50)	-297,5	-425,1 to -169,9	Sim	<0,0001
C3-(50) vs. M6-(0)	-200,5	-323,3 to -77,62	Sim	<0,0001
C3-(50) vs. M6-(25)	-157,9	-282,8 to -32,91	Sim	0,0027
C3-(50) vs. M6-(50)	-152,4	-276,2 to -28,51	Sim	0,004
M4-(0) vs. M4-(25)	1,701	-99,82 to 103,2	Não	>0,9999
M4-(0) vs. M4-(50)	80,67	-22,59 to 183,9	Não	0,2926
M4-(0) vs. M6-(0)	177,7	80,37 to 275,0	Sim	<0,0001
M4-(0) vs. M6-(25)	220,3	120,3 to 320,2	Sim	<0,0001
M4-(0) vs. M6-(50)	225,8	127,2 to 324,4	Sim	<0,0001
M4-(25) vs. M4-(50)	78,96	-25,79 to 183,7	Não	0,3464
M4-(25) vs. M6-(0)	176	77,08 to 274,9	Sim	<0,0001
M4-(25) vs. M6-(25)	218,6	117,0 to 320,1	Sim	<0,0001
M4-(25) vs. M6-(50)	224,1	123,9 to 324,2	Sim	<0,0001
M4-(50) vs. M6-(0)	97,01	-3,663 to 197,7	Não	0,0704
M4-(50) vs. M6-(25)	139,6	36,34 to 242,9	Sim	0,0008

M4-(50) vs. M6-(50)	145,1	43,21 to 247,0	Sim	0,0003
M6-(0) vs. M6-(25)	42,59	-54,72 to 139,9	Não	0,9505
M6-(0) vs. M6-(50)	48,1	-47,77 to 144,0	Não	0,8806
M6-(25) vs. M6-(50)	5,515	-93,06 to 104,1	Não	>0,9999

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 31- ANOVA da resistência à compressão das argamassas de cal.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	Diferença significativa entre as médias (P<0,05)?
Entre grupos	142,6	28	5,091	61,43	<0,0001	
Dentro dos grupos	20,47	247	0,08288			Sim
Total	163	275				

SQ: soma de quadrados

gl: grau de liberdade

MQ: médias quadradas

F: Distribuição F de SNEDECOR

Valor-P: 0,05 (5%) é o nível de significância do teste

Teste de comparação múltipla de Tukey	Diferença Média	95,00% de Diferença de CI	Abaixo do limite?	Valor P Ajustado
C291(0) vs. C2ref(0)	-1,732	-2,369 to -1,096	Sim	<0,0001
C291(0) vs. C2cic(0)	-1,573	-2,121 to -1,025	Sim	<0,0001
C291(0) vs. C2car(0)	-1,034	-1,551 to -0,5172	Sim	<0,0001
C291(0) vs. C2ext(0)	-2,046	-2,563 to -1,529	Sim	<0,0001
C291(0) vs. C291(25)	0,004881	-0,5122 to 0,5220	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2ref(25)	-0,2885	-0,8055 to 0,2286	Não	0,95
C291(0) vs. C2cic(25)	-0,9505	-1,513 to -0,3878	Sim	<0,0001
C291(0) vs. C2car(25)	-0,7393	-1,275 to -0,2035	Sim	0,0001
C291(0) vs. C2ext(25)	-1,659	-2,185 to -1,133	Sim	<0,0001
C291(0) vs. C291(50)	0,1399	-0,3772 to 0,6570	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2ref(50)	0,109	-0,4958 to 0,7139	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2cic(50)	-0,5023	-1,038 to 0,03352	Não	0,1028
C291(0) vs. C2car(50)	0,1457	-0,3901 to 0,6815	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2ext(50)	-0,5226	-1,128 to 0,08228	Não	0,214
C291(0) vs. C391(0)	0,3482	-0,1689 to 0,8653	Não	0,7317
C291(0) vs. C3ref(0)	-0,8093	-1,491 to -0,1278	Sim	0,0037
C291(0) vs. C3cic(0)	-1,115	-1,651 to -0,5795	Sim	<0,0001
C291(0) vs. C3car(0)	-0,8126	-1,418 to -0,2077	Sim	0,0003
C291(0) vs. C3ext(0)	-1,349	-1,885 to -0,8135	Sim	<0,0001
C291(0) vs. C391(25)	0,4029	-0,1004 to 0,9062	Não	0,3614
C291(0) vs. C3ref(25)	0,1207	-0,4842 to 0,7256	Não	>0,9999
C291(0) vs. C3cic(25)	0,259	-0,3458 to 0,8639	Não	0,9987
C291(0) vs. C3car(25)	-0,04179	-0,5589 to 0,4753	Não	>0,9999
C291(0) vs. C3ext(25)	-0,556	-1,073 to -0,03886	Sim	0,019

C291(0) vs. C391(50)	0,3907	-0,1126 to 0,8940	Não	0,4283
C291(0) vs. C3ref(50)	0,2215	-0,2955 to 0,7386	Não	0,9987
C291(0) vs. C3cic(50)	0,1307	-0,5508 to 0,8122	Não	>0,9999
C291(0) vs. C3car(50)	-0,3493	-0,8664 to 0,1678	Não	0,726
C2ref(0) vs. C2cic(0)	0,1591	-0,4473 to 0,7656	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2car(0)	0,698	0,1193 to 1,277	Sim	0,0028
C2ref(0) vs. C2ext(0)	-0,3137	-0,8924 to 0,2651	Não	0,964
C2ref(0) vs. C291(25)	1,737	1,158 to 2,316	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C2ref(25)	1,444	0,8651 to 2,023	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C2cic(25)	0,7818	0,1619 to 1,402	Sim	0,0011
C2ref(0) vs. C2car(25)	0,993	0,3975 to 1,589	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C2ext(25)	0,07345	-0,5130 to 0,6599	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C291(50)	1,872	1,293 to 2,451	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C2ref(50)	1,841	1,183 to 2,500	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C2cic(50)	1,23	0,6345 to 1,826	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C2car(50)	1,878	1,282 to 2,474	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C2ext(50)	1,21	0,5513 to 1,868	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C391(0)	2,081	1,502 to 2,659	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C3ref(0)	0,923	0,1936 to 1,652	Sim	0,0011
C2ref(0) vs. C3cic(0)	0,617	0,02148 to 1,213	Sim	0,0318
C2ref(0) vs. C3car(0)	0,9197	0,2613 to 1,578	Sim	0,0001
C2ref(0) vs. C3ext(0)	0,383	-0,2125 to 0,9785	Não	0,8085
C2ref(0) vs. C391(25)	2,135	1,569 to 2,702	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C3ref(25)	1,853	1,195 to 2,511	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C3cic(25)	1,991	1,333 to 2,650	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C3car(25)	1,691	1,112 to 2,269	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C3ext(25)	1,176	0,5976 to 1,755	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C391(50)	2,123	1,557 to 2,689	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C3ref(50)	1,954	1,375 to 2,533	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C3cic(50)	1,863	1,134 to 2,592	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C3car(50)	1,383	0,8043 to 1,962	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C2car(0)	0,5389	0,05945 to 1,018	Sim	0,0096
C2cic(0) vs. C2ext(0)	-0,4728	-0,9522 to 0,006659	Não	0,0591
C2cic(0) vs. C291(25)	1,578	1,099 to 2,057	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C2ref(25)	1,285	0,8053 to 1,764	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C2cic(25)	0,6226	0,09433 to 1,151	Sim	0,0043
C2cic(0) vs. C2car(25)	0,8339	0,3343 to 1,333	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C2ext(25)	-0,08566	-0,5743 to 0,4030	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C291(50)	1,713	1,234 to 2,192	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C2ref(50)	1,682	1,109 to 2,255	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C2cic(50)	1,071	0,5713 to 1,570	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C2car(50)	1,719	1,219 to 2,218	Sim	<0,0001

C2cic(0) vs. C2ext(50)	1,051	0,4775 to 1,624	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C391(0)	1,921	1,442 to 2,401	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C3ref(0)	0,7639	0,1105 to 1,417	Sim	0,0049
C2cic(0) vs. C3cic(0)	0,4579	-0,04167 to 0,9575	Não	0,1282
C2cic(0) vs. C3car(0)	0,7606	0,1875 to 1,334	Sim	0,0004
C2cic(0) vs. C3ext(0)	0,2239	-0,2757 to 0,7235	Não	0,9973
C2cic(0) vs. C391(25)	1,976	1,512 to 2,441	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C3ref(25)	1,694	1,121 to 2,267	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C3cic(25)	1,832	1,259 to 2,405	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C3car(25)	1,531	1,052 to 2,011	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C3ext(25)	1,017	0,5378 to 1,497	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C391(50)	1,964	1,499 to 2,428	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C3ref(50)	1,795	1,315 to 2,274	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C3cic(50)	1,704	1,051 to 2,357	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C3car(50)	1,224	0,7445 to 1,703	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C2ext(0)	-1,012	-1,456 to -0,5678	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C291(25)	1,039	0,5953 to 1,483	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C2ref(25)	0,7458	0,3020 to 1,190	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C2cic(25)	0,08375	-0,4125 to 0,5800	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C2car(25)	0,295	-0,1705 to 0,7605	Não	0,8299
C2car(0) vs. C2ext(25)	-0,6245	-1,078 to -0,1707	Sim	0,0002
C2car(0) vs. C291(50)	1,174	0,7303 to 1,618	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C2ref(50)	1,143	0,5997 to 1,687	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C2cic(50)	0,532	0,06646 to 0,9975	Sim	0,0073
C2car(0) vs. C2car(50)	1,18	0,7145 to 1,646	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C2ext(50)	0,5117	-0,03196 to 1,055	Não	0,0987
C2car(0) vs. C391(0)	1,383	0,9386 to 1,826	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C3ref(0)	0,225	-0,4027 to 0,8527	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C3cic(0)	-0,081	-0,5465 to 0,3845	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C3car(0)	0,2217	-0,3220 to 0,7653	Não	0,9994
C2car(0) vs. C3ext(0)	-0,315	-0,7805 to 0,1505	Não	0,7228
C2car(0) vs. C391(25)	1,437	1,009 to 1,865	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C3ref(25)	1,155	0,6114 to 1,699	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C3cic(25)	1,293	0,7497 to 1,837	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C3car(25)	0,9925	0,5486 to 1,436	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C3ext(25)	0,4783	0,03446 to 0,9222	Sim	0,0183
C2car(0) vs. C391(50)	1,425	0,9973 to 1,853	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C3ref(50)	1,256	0,8120 to 1,700	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C3cic(50)	1,165	0,5373 to 1,793	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C3car(50)	0,685	0,2411 to 1,129	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C291(25)	2,051	1,607 to 2,495	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2ref(25)	1,758	1,314 to 2,201	Sim	<0,0001

C2ext(0) vs. C2cic(25)	1,095	0,5992 to 1,592	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2car(25)	1,307	0,8411 to 1,772	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2ext(25)	0,3871	-0,06673 to 0,8410	Não	0,2361
C2ext(0) vs. C291(50)	2,186	1,742 to 2,630	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2ref(50)	2,155	1,611 to 2,699	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2cic(50)	1,544	1,078 to 2,009	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2car(50)	2,192	1,726 to 2,657	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2ext(50)	1,523	0,9797 to 2,067	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C391(0)	2,394	1,950 to 2,838	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3ref(0)	1,237	0,6089 to 1,864	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3cic(0)	0,9307	0,4651 to 1,396	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3car(0)	1,233	0,6897 to 1,777	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3ext(0)	0,6967	0,2311 to 1,162	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C391(25)	2,449	2,021 to 2,877	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3ref(25)	2,167	1,623 to 2,710	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3cic(25)	2,305	1,761 to 2,849	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3car(25)	2,004	1,560 to 2,448	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3ext(25)	1,49	1,046 to 1,934	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C391(50)	2,437	2,009 to 2,864	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3ref(50)	2,268	1,824 to 2,711	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3cic(50)	2,177	1,549 to 2,804	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3car(50)	1,697	1,253 to 2,141	Sim	<0,0001
C291(25) vs. C2ref(25)	-0,2933	-0,7372 to 0,1505	Não	0,7649
C291(25) vs. C2cic(25)	-0,9554	-1,452 to -0,4592	Sim	<0,0001
C291(25) vs. C2car(25)	-0,7442	-1,210 to -0,2786	Sim	<0,0001
C291(25) vs. C2ext(25)	-1,664	-2,118 to -1,210	Sim	<0,0001
C291(25) vs. C291(50)	0,135	-0,3089 to 0,5789	Não	>0,9999
C291(25) vs. C2ref(50)	0,1042	-0,4395 to 0,6478	Não	>0,9999
C291(25) vs. C2cic(50)	-0,5072	-0,9727 to - 0,04163	Sim	0,0156
C291(25) vs. C2car(50)	0,1408	-0,3247 to 0,6064	Não	>0,9999
C291(25) vs. C2ext(50)	-0,5275	-1,071 to 0,01613	Não	0,0711
C291(25) vs. C391(0)	0,3433	-0,1005 to 0,7872	Não	0,4364
C291(25) vs. C3ref(0)	-0,8142	-1,442 to -0,1864	Sim	0,0006
C291(25) vs. C3cic(0)	-1,12	-1,586 to -0,6546	Sim	<0,0001
C291(25) vs. C3car(0)	-0,8175	-1,361 to -0,2739	Sim	<0,0001
C291(25) vs. C3ext(0)	-1,354	-1,820 to -0,8886	Sim	<0,0001
C291(25) vs. C391(25)	0,398	-0,02975 to 0,8257	Não	0,1108
C291(25) vs. C3ref(25)	0,1158	-0,4278 to 0,6595	Não	>0,9999
C291(25) vs. C3cic(25)	0,2542	-0,2895 to 0,7978	Não	0,9949
C291(25) vs. C3car(25)	-0,04667	-0,4905 to 0,3972	Não	>0,9999
C291(25) vs. C3ext(25)	-0,5608	-1,005 to -0,1170	Sim	0,0011
C291(25) vs. C391(50)	0,3858	-0,04189 to 0,8136	Não	0,1487

C291(25) vs. C3ref(50)	0,2167	-0,2272 to 0,6605	Não	0,9906
C291(25) vs. C3cic(50)	0,1258	-0,5019 to 0,7536	Não	>0,9999
C291(25) vs. C3car(50)	-0,3542	-0,7980 to 0,08971	Não	0,3681
C2ref(25) vs. C2cic(25)	-0,6621	-1,158 to -0,1658	Sim	0,0003
C2ref(25) vs. C2car(25)	-0,4508	-0,9164 to 0,01470	Não	0,0727
C2ref(25) vs. C2ext(25)	-1,37	-1,824 to -0,9165	Sim	<0,0001
C2ref(25) vs. C291(50)	0,4283	-0,01554 to 0,8722	Não	0,0756
C2ref(25) vs. C2ref(50)	0,3975	-0,1461 to 0,9411	Não	0,5626
C2ref(25) vs. C2cic(50)	-0,2138	-0,6794 to 0,2517	Não	0,9961
C2ref(25) vs. C2car(50)	0,4342	-0,03137 to 0,8997	Não	0,1083
C2ref(25) vs. C2ext(50)	-0,2342	-0,7778 to 0,3095	Não	0,9986
C2ref(25) vs. C391(0)	0,6367	0,1928 to 1,081	Sim	<0,0001
C2ref(25) vs. C3ref(0)	-0,5208	-1,149 to 0,1069	Não	0,2877
C2ref(25) vs. C3cic(0)	-0,8268	-1,292 to -0,3613	Sim	<0,0001
C2ref(25) vs. C3car(0)	-0,5242	-1,068 to 0,01946	Não	0,0763
C2ref(25) vs. C3ext(0)	-1,061	-1,526 to -0,5953	Sim	<0,0001
C2ref(25) vs. C391(25)	0,6913	0,2636 to 1,119	Sim	<0,0001
C2ref(25) vs. C3ref(25)	0,4092	-0,1345 to 0,9528	Não	0,4978
C2ref(25) vs. C3cic(25)	0,5475	0,003870 to 1,091	Sim	0,0458
C2ref(25) vs. C3car(25)	0,2467	-0,1972 to 0,6905	Não	0,9521
C2ref(25) vs. C3ext(25)	-0,2675	-0,7114 to 0,1764	Não	0,8903
C2ref(25) vs. C391(50)	0,6792	0,2514 to 1,107	Sim	<0,0001
C2ref(25) vs. C3ref(50)	0,51	0,06613 to 0,9539	Sim	0,0066
C2ref(25) vs. C3cic(50)	0,4192	-0,2086 to 1,047	Não	0,7469
C2ref(25) vs. C3car(50)	-0,06083	-0,5047 to 0,3830	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C2car(25)	0,2113	-0,3045 to 0,7270	Não	0,9994
C2cic(25) vs. C2ext(25)	-0,7083	-1,214 to -0,2031	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C291(50)	1,09	0,5942 to 1,587	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C2ref(50)	1,06	0,4724 to 1,647	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C2cic(50)	0,4483	-0,06748 to 0,9640	Não	0,2041
C2cic(25) vs. C2car(50)	1,096	0,5805 to 1,612	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C2ext(50)	0,4279	-0,1593 to 1,015	Não	0,57
C2cic(25) vs. C391(0)	1,299	0,8025 to 1,795	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C3ref(0)	0,1413	-0,5246 to 0,8071	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C3cic(0)	-0,1648	-0,6805 to 0,3510	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C3car(0)	0,1379	-0,4493 to 0,7251	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C3ext(0)	-0,3988	-0,9145 to 0,1170	Não	0,4373
C2cic(25) vs. C391(25)	1,353	0,8715 to 1,835	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C3ref(25)	1,071	0,4841 to 1,658	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C3cic(25)	1,21	0,6224 to 1,797	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C3car(25)	0,9088	0,4125 to 1,405	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C3ext(25)	0,3946	-0,1017 to 0,8908	Não	0,3757
C2cic(25) vs. C391(50)	1,341	0,8594 to 1,823	Sim	<0,0001

C2cic(25) vs. C3ref(50)	1,172	0,6758 to 1,668	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C3cic(50)	1,081	0,4154 to 1,747	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C3car(50)	0,6013	0,1050 to 1,098	Sim	0,0026
C2car(25) vs. C2ext(25)	-0,9195	-1,395 to -0,4445	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C291(50)	0,8792	0,4136 to 1,345	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C2ref(50)	0,8483	0,2869 to 1,410	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C2cic(50)	0,237	-0,2492 to 0,7232	Não	0,9908
C2car(25) vs. C2car(50)	0,885	0,3988 to 1,371	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C2ext(50)	0,2167	-0,3448 to 0,7781	Não	0,9998
C2car(25) vs. C391(0)	1,088	0,6220 to 1,553	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C3ref(0)	-0,07	-0,7132 to 0,5732	Não	>0,9999
C2car(25) vs. C3cic(0)	-0,376	-0,8622 to 0,1102	Não	0,437
C2car(25) vs. C3car(0)	-0,07333	-0,6348 to 0,4881	Não	>0,9999
C2car(25) vs. C3ext(0)	-0,61	-1,096 to -0,1238	Sim	0,0013
C2car(25) vs. C391(25)	1,142	0,6920 to 1,592	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C3ref(25)	0,86	0,2985 to 1,421	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C3cic(25)	0,9983	0,4369 to 1,560	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C3car(25)	0,6975	0,2320 to 1,163	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C3ext(25)	0,1833	-0,2822 to 0,6489	Não	0,9997
C2car(25) vs. C391(50)	1,13	0,6798 to 1,580	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C3ref(50)	0,9608	0,4953 to 1,426	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C3cic(50)	0,87	0,2268 to 1,513	Sim	0,0002
C2car(25) vs. C3car(50)	0,39	-0,07554 to 0,8555	Não	0,2692
C2ext(25) vs. C291(50)	1,799	1,345 to 2,253	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C2ref(50)	1,768	1,216 to 2,320	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C2cic(50)	1,157	0,6815 to 1,632	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C2car(50)	1,805	1,329 to 2,280	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C2ext(50)	1,136	0,5844 to 1,688	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C391(0)	2,007	1,553 to 2,461	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3ref(0)	0,8495	0,2147 to 1,484	Sim	0,0003
C2ext(25) vs. C3cic(0)	0,5435	0,06849 to 1,019	Sim	0,0071
C2ext(25) vs. C3car(0)	0,8462	0,2944 to 1,398	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3ext(0)	0,3095	-0,1655 to 0,7846	Não	0,7882
C2ext(25) vs. C391(25)	2,062	1,624 to 2,500	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3ref(25)	1,78	1,228 to 2,331	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3cic(25)	1,918	1,366 to 2,470	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3car(25)	1,617	1,163 to 2,071	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3ext(25)	1,103	0,6490 to 1,557	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C391(50)	2,05	1,611 to 2,488	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3ref(50)	1,88	1,427 to 2,334	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3cic(50)	1,79	1,155 to 2,424	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3car(50)	1,31	0,8557 to 1,763	Sim	<0,0001
C291(50) vs. C2ref(50)	-0,03083	-0,5745 to 0,5128	Não	>0,9999

C291(50) vs. C2cic(50)	-0,6422	-1,108 to -0,1766	Sim	0,0002
C291(50) vs. C2car(50)	0,005833	-0,4597 to 0,4714	Não	>0,9999
C291(50) vs. C2ext(50)	-0,6625	-1,206 to -0,1189	Sim	0,0023
C291(50) vs. C391(0)	0,2083	-0,2355 to 0,6522	Não	0,9946
C291(50) vs. C3ref(0)	-0,9492	-1,577 to -0,3214	Sim	<0,0001
C291(50) vs. C3cic(0)	-1,255	-1,721 to -0,7896	Sim	<0,0001
C291(50) vs. C3car(0)	-0,9525	-1,496 to -0,4089	Sim	<0,0001
C291(50) vs. C3ext(0)	-1,489	-1,955 to -1,024	Sim	<0,0001
C291(50) vs. C391(25)	0,263	-0,1647 to 0,6907	Não	0,8685
C291(50) vs. C3ref(25)	-0,01917	-0,5628 to 0,5245	Não	>0,9999
C291(50) vs. C3cic(25)	0,1192	-0,4245 to 0,6628	Não	>0,9999
C291(50) vs. C3car(25)	-0,1817	-0,6255 to 0,2622	Não	0,9994
C291(50) vs. C3ext(25)	-0,6958	-1,140 to -0,2520	Sim	<0,0001
C291(50) vs. C391(50)	0,2508	-0,1769 to 0,6786	Não	0,9156
C291(50) vs. C3ref(50)	0,08167	-0,3622 to 0,5255	Não	>0,9999
C291(50) vs. C3cic(50)	-0,009167	-0,6369 to 0,6186	Não	>0,9999
C291(50) vs. C3car(50)	-0,4892	-0,9330 to -0,04529	Sim	0,0131
C2ref(50) vs. C2cic(50)	-0,6113	-1,173 to -0,04987	Sim	0,0157
C2ref(50) vs. C2car(50)	0,03667	-0,5248 to 0,5981	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C2ext(50)	-0,6317	-1,259 to -0,003937	Sim	0,0463
C2ref(50) vs. C391(0)	0,2392	-0,3045 to 0,7828	Não	0,998
C2ref(50) vs. C3ref(0)	-0,9183	-1,620 to -0,2165	Sim	0,0005
C2ref(50) vs. C3cic(0)	-1,224	-1,786 to -0,6629	Sim	<0,0001
C2ref(50) vs. C3car(0)	-0,9217	-1,549 to -0,2939	Sim	<0,0001
C2ref(50) vs. C3ext(0)	-1,458	-2,020 to -0,8969	Sim	<0,0001
C2ref(50) vs. C391(25)	0,2938	-0,2367 to 0,8243	Não	0,9539
C2ref(50) vs. C3ref(25)	0,01167	-0,6161 to 0,6394	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C3cic(25)	0,15	-0,4777 to 0,7777	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C3car(25)	-0,1508	-0,6945 to 0,3928	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C3ext(25)	-0,665	-1,209 to -0,1214	Sim	0,0021
C2ref(50) vs. C391(50)	0,2817	-0,2489 to 0,8122	Não	0,9718
C2ref(50) vs. C3ref(50)	0,1125	-0,4311 to 0,6561	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C3cic(50)	0,02167	-0,6802 to 0,7235	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C3car(50)	-0,4583	-1,002 to 0,08530	Não	0,2572
C2cic(50) vs. C2car(50)	0,648	0,1618 to 1,134	Sim	0,0003
C2cic(50) vs. C2ext(50)	-0,02033	-0,5818 to 0,5411	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C391(0)	0,8505	0,3850 to 1,316	Sim	<0,0001
C2cic(50) vs. C3ref(0)	-0,307	-0,9502 to 0,3362	Não	0,9931
C2cic(50) vs. C3cic(0)	-0,613	-1,099 to -0,1268	Sim	0,0012
C2cic(50) vs. C3car(0)	-0,3103	-0,8718 to 0,2511	Não	0,9549
C2cic(50) vs. C3ext(0)	-0,847	-1,333 to -0,3608	Sim	<0,0001

C2cic(50) vs. C391(25)	0,9051	0,4550 to 1,355	Sim	<0,0001
C2cic(50) vs. C3ref(25)	0,623	0,06154 to 1,184	Sim	0,0118
C2cic(50) vs. C3cic(25)	0,7613	0,1999 to 1,323	Sim	0,0002
C2cic(50) vs. C3car(25)	0,4605	-0,005037 to 0,9260	Não	0,057
C2cic(50) vs. C3ext(25)	-0,05367	-0,5192 to 0,4119	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C391(50)	0,893	0,4428 to 1,343	Sim	<0,0001
C2cic(50) vs. C3ref(50)	0,7238	0,2583 to 1,189	Sim	<0,0001
C2cic(50) vs. C3cic(50)	0,633	-0,01023 to 1,276	Não	0,0605
C2cic(50) vs. C3car(50)	0,153	-0,3125 to 0,6185	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C2ext(50)	-0,6683	-1,230 to -0,1069	Sim	0,0036
C2car(50) vs. C391(0)	0,2025	-0,2630 to 0,6680	Não	0,9983
C2car(50) vs. C3ref(0)	-0,955	-1,598 to -0,3118	Sim	<0,0001
C2car(50) vs. C3cic(0)	-1,261	-1,747 to -0,7748	Sim	<0,0001
C2car(50) vs. C3car(0)	-0,9583	-1,520 to -0,3969	Sim	<0,0001
C2car(50) vs. C3ext(0)	-1,495	-1,981 to -1,009	Sim	<0,0001
C2car(50) vs. C391(25)	0,2571	-0,1930 to 0,7073	Não	0,9355
C2car(50) vs. C3ref(25)	-0,025	-0,5865 to 0,5365	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C3cic(25)	0,1133	-0,4481 to 0,6748	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C3car(25)	-0,1875	-0,6530 to 0,2780	Não	0,9995
C2car(50) vs. C3ext(25)	-0,7017	-1,167 to -0,2361	Sim	<0,0001
C2car(50) vs. C391(50)	0,245	-0,2052 to 0,6952	Não	0,9622
C2car(50) vs. C3ref(50)	0,07583	-0,3897 to 0,5414	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C3cic(50)	-0,015	-0,6582 to 0,6282	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C3car(50)	-0,495	-0,9605 to - 0,02946	Sim	0,0223
C2ext(50) vs. C391(0)	0,8708	0,3272 to 1,414	Sim	<0,0001
C2ext(50) vs. C3ref(0)	-0,2867	-0,9885 to 0,4152	Não	0,9994
C2ext(50) vs. C3cic(0)	-0,5927	-1,154 to -0,03121	Sim	0,0247
C2ext(50) vs. C3car(0)	-0,29	-0,9177 to 0,3377	Não	0,9957
C2ext(50) vs. C3ext(0)	-0,8267	-1,388 to -0,2652	Sim	<0,0001
C2ext(50) vs. C391(25)	0,9255	0,3949 to 1,456	Sim	<0,0001
C2ext(50) vs. C3ref(25)	0,6433	0,01560 to 1,271	Sim	0,0367
C2ext(50) vs. C3cic(25)	0,7817	0,1539 to 1,409	Sim	0,0015
C2ext(50) vs. C3car(25)	0,4808	-0,06280 to 1,024	Não	0,1767
C2ext(50) vs. C3ext(25)	-0,03333	-0,5770 to 0,5103	Não	>0,9999
C2ext(50) vs. C391(50)	0,9133	0,3828 to 1,444	Sim	<0,0001
C2ext(50) vs. C3ref(50)	0,7442	0,2005 to 1,288	Sim	0,0002
C2ext(50) vs. C3cic(50)	0,6533	-0,04849 to 1,355	Não	0,1103
C2ext(50) vs. C3car(50)	0,1733	-0,3703 to 0,7170	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3ref(0)	-1,158	-1,785 to -0,5298	Sim	<0,0001
C391(0) vs. C3cic(0)	-1,464	-1,929 to -0,9980	Sim	<0,0001
C391(0) vs. C3car(0)	-1,161	-1,704 to -0,6172	Sim	<0,0001
C391(0) vs. C3ext(0)	-1,698	-2,163 to -1,232	Sim	<0,0001

C391(0) vs. C391(25)	0,05464	-0,3731 to 0,4824	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3ref(25)	-0,2275	-0,7711 to 0,3161	Não	0,9991
C391(0) vs. C3cic(25)	-0,08917	-0,6328 to 0,4545	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3car(25)	-0,39	-0,8339 to 0,05387	Não	0,1868
C391(0) vs. C3ext(25)	-0,9042	-1,348 to -0,4603	Sim	<0,0001
C391(0) vs. C391(50)	0,0425	-0,3852 to 0,4702	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3ref(50)	-0,1267	-0,5705 to 0,3172	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3cic(50)	-0,2175	-0,8452 to 0,4102	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3car(50)	-0,6975	-1,141 to -0,2536	Sim	<0,0001
C3ref(0) vs. C3cic(0)	-0,306	-0,9492 to 0,3372	Não	0,9934
C3ref(0) vs. C3car(0)	-0,003333	-0,7052 to 0,6985	Não	>0,9999
C3ref(0) vs. C3ext(0)	-0,54	-1,183 to 0,1032	Não	0,2652
C3ref(0) vs. C391(25)	1,212	0,5957 to 1,829	Sim	<0,0001
C3ref(0) vs. C3ref(25)	0,93	0,2282 to 1,632	Sim	0,0004
C3ref(0) vs. C3cic(25)	1,068	0,3665 to 1,770	Sim	<0,0001
C3ref(0) vs. C3car(25)	0,7675	0,1398 to 1,395	Sim	0,0021
C3ref(0) vs. C3ext(25)	0,2533	-0,3744 to 0,8811	Não	0,9995
C3ref(0) vs. C391(50)	1,2	0,5836 to 1,816	Sim	<0,0001
C3ref(0) vs. C3ref(50)	1,031	0,4031 to 1,659	Sim	<0,0001
C3ref(0) vs. C3cic(50)	0,94	0,1712 to 1,709	Sim	0,0021
C3ref(0) vs. C3car(50)	0,46	-0,1677 to 1,088	Não	0,5578
C3cic(0) vs. C3car(0)	0,3027	-0,2588 to 0,8641	Não	0,9662
C3cic(0) vs. C3ext(0)	-0,234	-0,7202 to 0,2522	Não	0,9923
C3cic(0) vs. C391(25)	1,518	1,068 to 1,968	Sim	<0,0001
C3cic(0) vs. C3ref(25)	1,236	0,6745 to 1,797	Sim	<0,0001
C3cic(0) vs. C3cic(25)	1,374	0,8129 to 1,936	Sim	<0,0001
C3cic(0) vs. C3car(25)	1,074	0,6080 to 1,539	Sim	<0,0001
C3cic(0) vs. C3ext(25)	0,5593	0,09380 to 1,025	Sim	0,003
C3cic(0) vs. C391(50)	1,506	1,056 to 1,956	Sim	<0,0001
C3cic(0) vs. C3ref(50)	1,337	0,8713 to 1,802	Sim	<0,0001
C3cic(0) vs. C3cic(50)	1,246	0,6028 to 1,889	Sim	<0,0001
C3cic(0) vs. C3car(50)	0,766	0,3005 to 1,232	Sim	<0,0001
C3car(0) vs. C3ext(0)	-0,5367	-1,098 to 0,02479	Não	0,0839
C3car(0) vs. C391(25)	1,215	0,6849 to 1,746	Sim	<0,0001
C3car(0) vs. C3ref(25)	0,9333	0,3056 to 1,561	Sim	<0,0001
C3car(0) vs. C3cic(25)	1,072	0,4439 to 1,699	Sim	<0,0001
C3car(0) vs. C3car(25)	0,7708	0,2272 to 1,314	Sim	<0,0001
C3car(0) vs. C3ext(25)	0,2567	-0,2870 to 0,8003	Não	0,9941
C3car(0) vs. C391(50)	1,203	0,6728 to 1,734	Sim	<0,0001
C3car(0) vs. C3ref(50)	1,034	0,4905 to 1,578	Sim	<0,0001
C3car(0) vs. C3cic(50)	0,9433	0,2415 to 1,645	Sim	0,0003
C3car(0) vs. C3car(50)	0,4633	-0,08030 to 1,007	Não	0,2375
C3ext(0) vs. C391(25)	1,752	1,302 to 2,202	Sim	<0,0001

C3ext(0) vs. C3ref(25)	1,47	0,9085 to 2,031	Sim	<0,0001
C3ext(0) vs. C3cic(25)	1,608	1,047 to 2,170	Sim	<0,0001
C3ext(0) vs. C3car(25)	1,308	0,8420 to 1,773	Sim	<0,0001
C3ext(0) vs. C3ext(25)	0,7933	0,3278 to 1,259	Sim	<0,0001
C3ext(0) vs. C391(50)	1,74	1,290 to 2,190	Sim	<0,0001
C3ext(0) vs. C3ref(50)	1,571	1,105 to 2,036	Sim	<0,0001
C3ext(0) vs. C3cic(50)	1,48	0,8368 to 2,123	Sim	<0,0001
C3ext(0) vs. C3car(50)	1	0,5345 to 1,466	Sim	<0,0001
C391(25) vs. C3ref(25)	-0,2821	-0,8127 to 0,2484	Não	0,9712
C391(25) vs. C3cic(25)	-0,1438	-0,6743 to 0,3867	Não	>0,9999
C391(25) vs. C3car(25)	-0,4446	-0,8724 to - 0,01692	Sim	0,0304
C391(25) vs. C3ext(25)	-0,9588	-1,387 to -0,5311	Sim	<0,0001
C391(25) vs. C391(50)	-0,01214	-0,4231 to 0,3988	Não	>0,9999
C391(25) vs. C3ref(50)	-0,1813	-0,6090 to 0,2464	Não	0,9989
C391(25) vs. C3cic(50)	-0,2721	-0,8886 to 0,3443	Não	0,9979
C391(25) vs. C3car(50)	-0,7521	-1,180 to -0,3244	Sim	<0,0001
C3ref(25) vs. C3cic(25)	0,1383	-0,4894 to 0,7661	Não	>0,9999
C3ref(25) vs. C3car(25)	-0,1625	-0,7061 to 0,3811	Não	>0,9999
C3ref(25) vs. C3ext(25)	-0,6767	-1,220 to -0,1330	Sim	0,0015
C3ref(25) vs. C391(50)	0,27	-0,2605 to 0,8005	Não	0,9835
C3ref(25) vs. C3ref(50)	0,1008	-0,4428 to 0,6445	Não	>0,9999
C3ref(25) vs. C3cic(50)	0,01	-0,6918 to 0,7118	Não	>0,9999
C3ref(25) vs. C3car(50)	-0,47	-1,014 to 0,07363	Não	0,2129
C3cic(25) vs. C3car(25)	-0,3008	-0,8445 to 0,2428	Não	0,9543
C3cic(25) vs. C3ext(25)	-0,815	-1,359 to -0,2714	Sim	<0,0001
C3cic(25) vs. C391(50)	0,1317	-0,3989 to 0,6622	Não	>0,9999
C3cic(25) vs. C3ref(50)	-0,0375	-0,5811 to 0,5061	Não	>0,9999
C3cic(25) vs. C3cic(50)	-0,1283	-0,8302 to 0,5735	Não	>0,9999
C3cic(25) vs. C3car(50)	-0,6083	-1,152 to -0,06470	Sim	0,0103
C3car(25) vs. C3ext(25)	-0,5142	-0,9580 to - 0,07029	Sim	0,0058
C3car(25) vs. C391(50)	0,4325	0,004774 to 0,8602	Sim	0,0436
C3car(25) vs. C3ref(50)	0,2633	-0,1805 to 0,7072	Não	0,9055
C3car(25) vs. C3cic(50)	0,1725	-0,4552 to 0,8002	Não	>0,9999
C3car(25) vs. C3car(50)	-0,3075	-0,7514 to 0,1364	Não	0,6773
C3ext(25) vs. C391(50)	0,9467	0,5189 to 1,374	Sim	<0,0001
C3ext(25) vs. C3ref(50)	0,7775	0,3336 to 1,221	Sim	<0,0001
C3ext(25) vs. C3cic(50)	0,6867	0,05894 to 1,314	Sim	0,0147
C3ext(25) vs. C3car(50)	0,2067	-0,2372 to 0,6505	Não	0,9952
C391(50) vs. C3ref(50)	-0,1692	-0,5969 to 0,2586	Não	0,9997
C391(50) vs. C3cic(50)	-0,26	-0,8764 to 0,3564	Não	0,999
C391(50) vs. C3car(50)	-0,74	-1,168 to -0,3123	Sim	<0,0001

C3ref(50) vs. C3cic(50)	-0,09083	-0,7186 to 0,5369	Não	>0,9999
C3ref(50) vs. C3car(50)	-0,5708	-1,015 to -0,1270	Sim	0,0008
C3cic(50) vs. C3car(50)	-0,48	-1,108 to 0,1477	Não	0,4622

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 32- ANOVA da resistência à tração na flexão das argamassas de cal.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	Diferença significativa entre as médias (P<0,05)?
Entre grupos	5,025	27	0,1861	9,192	<0,0001	
Dentro dos grupos	2,207	109	0,02025			Sim
Total	7,232	136				

SQ: soma de quadrados

gl: grau de liberdade

MQ: médias quadradas

F: Distribuição F de SNEDECOR

Valor-P: 0,05 (5%) é o nível de significância do teste

Teste de comparação múltipla de Tukey	Diferença Média	95,00% de Diferença de CI	Abaixo do limite?	Valor P Ajustado
C291(0) vs. C2ref(0)	0,082	-0,2613 to 0,4253	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2cic(0)	0,097	-0,2317 to 0,4257	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2car(0)	-0,1447	-0,5411 to 0,2518	Não	0,9998
C291(0) vs. C2ext(0)	-0,5947	-0,9234 to -0,2660	Sim	<0,0001
C291(0) vs. C291(25)	0,1753	-0,1534 to 0,5040	Não	0,9573
C291(0) vs. C2ref(25)	0,067	-0,2617 to 0,3957	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2cic(25)	0,142	-0,2544 to 0,5384	Não	0,9999
C291(0) vs. C2car(25)	-0,001333	-0,3300 to 0,3274	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2ext(25)	-0,3463	-0,6750 to -0,01762	Sim	0,0263
C291(0) vs. C291(50)	-0,003	-0,4572 to 0,4512	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2ref(50)	0,01533	-0,3811 to 0,4118	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2cic(50)	0,106	-0,2373 to 0,4493	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2car(50)	0,124	-0,2193 to 0,4673	Não	0,9999
C291(0) vs. C2ext(50)	0,1353	-0,2611 to 0,5318	Não	>0,9999
C291(0) vs. C391(0)	0,2387	-0,09004 to 0,5674	Não	0,542
C291(0) vs. C3ref(0)	-0,02133	-0,4178 to 0,3751	Não	>0,9999
C291(0) vs. C3cic(0)	-0,193	-0,5217 to 0,1357	Não	0,89
C291(0) vs. C3car(0)	-0,02133	-0,3500 to 0,3074	Não	>0,9999
C291(0) vs. C3ext(0)	-0,202	-0,5453 to 0,1413	Não	0,888
C291(0) vs. C391(25)	0,2353	-0,09338 to 0,5640	Não	0,5718
C291(0) vs. C3cic(25)	0,1887	-0,2078 to 0,5851	Não	0,9891
C291(0) vs. C3car(25)	0,202	-0,1267 to 0,5307	Não	0,8387
C291(0) vs. C3ext(25)	0,02533	-0,3034 to 0,3540	Não	>0,9999
C291(0) vs. C391(50)	0,1037	-0,2250 to 0,4324	Não	>0,9999
C291(0) vs. C3ref(50)	0,05367	-0,2750 to 0,3824	Não	>0,9999

C291(0) vs. C3cic(50)	0,167	-0,2872 to 0,6212	Não	0,9998
C291(0) vs. C3car(50)	0,042	-0,2867 to 0,3707	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2cic(0)	0,015	-0,3137 to 0,3437	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2car(0)	-0,2267	-0,6231 to 0,1698	Não	0,9138
C2ref(0) vs. C2ext(0)	-0,6767	-1,005 to -0,3480	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C291(25)	0,09333	-0,2354 to 0,4220	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2ref(25)	-0,015	-0,3437 to 0,3137	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2cic(25)	0,06	-0,3364 to 0,4564	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2car(25)	-0,08333	-0,4120 to 0,2454	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2ext(25)	-0,4283	-0,7570 to -0,09962	Sim	0,0008
C2ref(0) vs. C291(50)	-0,085	-0,5392 to 0,3692	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2ref(50)	-0,06667	-0,4631 to 0,3298	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2cic(50)	0,024	-0,3193 to 0,3673	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2car(50)	0,042	-0,3013 to 0,3853	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2ext(50)	0,05333	-0,3431 to 0,4498	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C391(0)	0,1567	-0,1720 to 0,4854	Não	0,9889
C2ref(0) vs. C3ref(0)	-0,1033	-0,4998 to 0,2931	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C3cic(0)	-0,275	-0,6037 to 0,05371	Não	0,2544
C2ref(0) vs. C3car(0)	-0,1033	-0,4320 to 0,2254	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C3ext(0)	-0,284	-0,6273 to 0,05933	Não	0,2745
C2ref(0) vs. C391(25)	0,1533	-0,1754 to 0,4820	Não	0,9917
C2ref(0) vs. C3cic(25)	0,1067	-0,2898 to 0,5031	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C3car(25)	0,12	-0,2087 to 0,4487	Não	0,9998
C2ref(0) vs. C3ext(25)	-0,05667	-0,3854 to 0,2720	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C391(50)	0,02167	-0,3070 to 0,3504	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C3ref(50)	-0,02833	-0,3570 to 0,3004	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C3cic(50)	0,085	-0,3692 to 0,5392	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C3car(50)	-0,04	-0,3687 to 0,2887	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C2car(0)	-0,2417	-0,6255 to 0,1422	Não	0,8057
C2cic(0) vs. C2ext(0)	-0,6917	-1,005 to -0,3783	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C291(25)	0,07833	-0,2351 to 0,3917	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C2ref(25)	-0,03	-0,3434 to 0,2834	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C2cic(25)	0,045	-0,3389 to 0,4289	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C2car(25)	-0,09833	-0,4117 to 0,2151	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C2ext(25)	-0,4433	-0,7567 to -0,1299	Sim	0,0001
C2cic(0) vs. C291(50)	-0,1	-0,5432 to 0,3432	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C2ref(50)	-0,08167	-0,4655 to 0,3022	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C2cic(50)	0,009	-0,3197 to 0,3377	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C2car(50)	0,027	-0,3017 to 0,3557	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C2ext(50)	0,03833	-0,3455 to 0,4222	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C391(0)	0,1417	-0,1717 to 0,4551	Não	0,9946
C2cic(0) vs. C3ref(0)	-0,1183	-0,5022 to 0,2655	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C3cic(0)	-0,29	-0,6034 to 0,02341	Não	0,1124

C2cic(0) vs. C3car(0)	-0,1183	-0,4317 to 0,1951	Não	0,9997
C2cic(0) vs. C3ext(0)	-0,299	-0,6277 to 0,02971	Não	0,1315
C2cic(0) vs. C391(25)	0,1383	-0,1751 to 0,4517	Não	0,9962
C2cic(0) vs. C3cic(25)	0,09167	-0,2922 to 0,4755	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C3car(25)	0,105	-0,2084 to 0,4184	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C3ext(25)	-0,07167	-0,3851 to 0,2417	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C391(50)	0,006667	-0,3067 to 0,3201	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C3ref(50)	-0,04333	-0,3567 to 0,2701	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C3cic(50)	0,07	-0,3732 to 0,5132	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C3car(50)	-0,055	-0,3684 to 0,2584	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C2ext(0)	-0,45	-0,8339 to -0,06615	Sim	0,0055
C2car(0) vs. C291(25)	0,32	-0,06385 to 0,7039	Não	0,2606
C2car(0) vs. C2ref(25)	0,2117	-0,1722 to 0,5955	Não	0,9395
C2car(0) vs. C2cic(25)	0,2867	-0,1566 to 0,7299	Não	0,7644
C2car(0) vs. C2car(25)	0,1433	-0,2405 to 0,5272	Não	0,9997
C2car(0) vs. C2ext(25)	-0,2017	-0,5855 to 0,1822	Não	0,9639
C2car(0) vs. C291(50)	0,1417	-0,3539 to 0,6372	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C2ref(50)	0,16	-0,2832 to 0,6032	Não	0,9999
C2car(0) vs. C2cic(50)	0,2507	-0,1458 to 0,6471	Não	0,7995
C2car(0) vs. C2car(50)	0,2687	-0,1278 to 0,6651	Não	0,682
C2car(0) vs. C2ext(50)	0,28	-0,1632 to 0,7232	Não	0,8008
C2car(0) vs. C391(0)	0,3833	-0,0005186 to 0,7672	Não	0,0508
C2car(0) vs. C3ref(0)	0,1233	-0,3199 to 0,5666	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C3cic(0)	-0,04833	-0,4322 to 0,3355	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C3car(0)	0,1233	-0,2605 to 0,5072	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C3ext(0)	-0,05733	-0,4538 to 0,3391	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C391(25)	0,38	-0,003852 to 0,7639	Não	0,0561
C2car(0) vs. C3cic(25)	0,3333	-0,1099 to 0,7766	Não	0,4668
C2car(0) vs. C3car(25)	0,3467	-0,03719 to 0,7305	Não	0,1401
C2car(0) vs. C3ext(25)	0,17	-0,2139 to 0,5539	Não	0,996
C2car(0) vs. C391(50)	0,2483	-0,1355 to 0,6322	Não	0,764
C2car(0) vs. C3ref(50)	0,1983	-0,1855 to 0,5822	Não	0,9701
C2car(0) vs. C3cic(50)	0,3117	-0,1839 to 0,8072	Não	0,8072
C2car(0) vs. C3car(50)	0,1867	-0,1972 to 0,5705	Não	0,9856
C2ext(0) vs. C291(25)	0,77	0,4566 to 1,083	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2ref(25)	0,6617	0,3483 to 0,9751	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2cic(25)	0,7367	0,3528 to 1,121	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2car(25)	0,5933	0,2799 to 0,9067	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2ext(25)	0,2483	-0,06508 to 0,5617	Não	0,3574
C2ext(0) vs. C291(50)	0,5917	0,1484 to 1,035	Sim	0,0005
C2ext(0) vs. C2ref(50)	0,61	0,2261 to 0,9939	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2cic(50)	0,7007	0,3720 to 1,029	Sim	<0,0001

C2ext(0) vs. C2car(50)	0,7187	0,3900 to 1,047	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2ext(50)	0,73	0,3461 to 1,114	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C391(0)	0,8333	0,5199 to 1,147	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3ref(0)	0,5733	0,1895 to 0,9572	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3cic(0)	0,4017	0,08825 to 0,7151	Sim	0,0011
C2ext(0) vs. C3car(0)	0,5733	0,2599 to 0,8867	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3ext(0)	0,3927	0,06396 to 0,7214	Sim	0,004
C2ext(0) vs. C391(25)	0,83	0,5166 to 1,143	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3cic(25)	0,7833	0,3995 to 1,167	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3car(25)	0,7967	0,4833 to 1,110	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3ext(25)	0,62	0,3066 to 0,9334	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C391(50)	0,6983	0,3849 to 1,012	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3ref(50)	0,6483	0,3349 to 0,9617	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3cic(50)	0,7617	0,3184 to 1,205	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3car(50)	0,6367	0,3233 to 0,9501	Sim	<0,0001
C291(25) vs. C2ref(25)	-0,1083	-0,4217 to 0,2051	Não	>0,9999
C291(25) vs. C2cic(25)	-0,03333	-0,4172 to 0,3505	Não	>0,9999
C291(25) vs. C2car(25)	-0,1767	-0,4901 to 0,1367	Não	0,9247
C291(25) vs. C2ext(25)	-0,5217	-0,8351 to -0,2083	Sim	<0,0001
C291(25) vs. C291(50)	-0,1783	-0,6216 to 0,2649	Não	0,9991
C291(25) vs. C2ref(50)	-0,16	-0,5439 to 0,2239	Não	0,9984
C291(25) vs. C2cic(50)	-0,06933	-0,3980 to 0,2594	Não	>0,9999
C291(25) vs. C2car(50)	-0,05133	-0,3800 to 0,2774	Não	>0,9999
C291(25) vs. C2ext(50)	-0,04	-0,4239 to 0,3439	Não	>0,9999
C291(25) vs. C391(0)	0,06333	-0,2501 to 0,3767	Não	>0,9999
C291(25) vs. C3ref(0)	-0,1967	-0,5805 to 0,1872	Não	0,9729
C291(25) vs. C3cic(0)	-0,3683	-0,6817 to -0,05492	Sim	0,0053
C291(25) vs. C3car(0)	-0,1967	-0,5101 to 0,1167	Não	0,8105
C291(25) vs. C3ext(0)	-0,3773	-0,7060 to -0,04862	Sim	0,0077
C291(25) vs. C391(25)	0,06	-0,2534 to 0,3734	Não	>0,9999
C291(25) vs. C3cic(25)	0,01333	-0,3705 to 0,3972	Não	>0,9999
C291(25) vs. C3car(25)	0,02667	-0,2867 to 0,3401	Não	>0,9999
C291(25) vs. C3ext(25)	-0,15	-0,4634 to 0,1634	Não	0,9883
C291(25) vs. C391(50)	-0,07167	-0,3851 to 0,2417	Não	>0,9999
C291(25) vs. C3ref(50)	-0,1217	-0,4351 to 0,1917	Não	0,9995
C291(25) vs. C3cic(50)	-0,008333	-0,4516 to 0,4349	Não	>0,9999
C291(25) vs. C3car(50)	-0,1333	-0,4467 to 0,1801	Não	0,9978
C2ref(25) vs. C2cic(25)	0,075	-0,3089 to 0,4589	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C2car(25)	-0,06833	-0,3817 to 0,2451	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C2ext(25)	-0,4133	-0,7267 to -0,09992	Sim	0,0006
C2ref(25) vs. C291(50)	-0,07	-0,5132 to 0,3732	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C2ref(50)	-0,05167	-0,4355 to 0,3322	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C2cic(50)	0,039	-0,2897 to 0,3677	Não	>0,9999

C2ref(25) vs. C2car(50)	0,057	-0,2717 to 0,3857	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C2ext(50)	0,06833	-0,3155 to 0,4522	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C391(0)	0,1717	-0,1417 to 0,4851	Não	0,9435
C2ref(25) vs. C3ref(0)	-0,08833	-0,4722 to 0,2955	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C3cic(0)	-0,26	-0,5734 to 0,05341	Não	0,2694
C2ref(25) vs. C3car(0)	-0,08833	-0,4017 to 0,2251	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C3ext(0)	-0,269	-0,5977 to 0,05971	Não	0,2944
C2ref(25) vs. C391(25)	0,1683	-0,1451 to 0,4817	Não	0,954
C2ref(25) vs. C3cic(25)	0,1217	-0,2622 to 0,5055	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C3car(25)	0,135	-0,1784 to 0,4484	Não	0,9973
C2ref(25) vs. C3ext(25)	-0,04167	-0,3551 to 0,2717	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C391(50)	0,03667	-0,2767 to 0,3501	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C3ref(50)	-0,01333	-0,3267 to 0,3001	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C3cic(50)	0,1	-0,3432 to 0,5432	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C3car(50)	-0,025	-0,3384 to 0,2884	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C2car(25)	-0,1433	-0,5272 to 0,2405	Não	0,9997
C2cic(25) vs. C2ext(25)	-0,4883	-0,8722 to -0,1045	Sim	0,0013
C2cic(25) vs. C291(50)	-0,145	-0,6406 to 0,3506	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C2ref(50)	-0,1267	-0,5699 to 0,3166	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C2cic(50)	-0,036	-0,4324 to 0,3604	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C2car(50)	-0,018	-0,4144 to 0,3784	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C2ext(50)	-0,006667	-0,4499 to 0,4366	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C391(0)	0,09667	-0,2872 to 0,4805	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C3ref(0)	-0,1633	-0,6066 to 0,2799	Não	0,9998
C2cic(25) vs. C3cic(0)	-0,335	-0,7189 to 0,04885	Não	0,1862
C2cic(25) vs. C3car(0)	-0,1633	-0,5472 to 0,2205	Não	0,9978
C2cic(25) vs. C3ext(0)	-0,344	-0,7404 to 0,05244	Não	0,1948
C2cic(25) vs. C391(25)	0,09333	-0,2905 to 0,4772	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C3cic(25)	0,04667	-0,3966 to 0,4899	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C3car(25)	0,06	-0,3239 to 0,4439	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C3ext(25)	-0,1167	-0,5005 to 0,2672	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C391(50)	-0,03833	-0,4222 to 0,3455	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C3ref(50)	-0,08833	-0,4722 to 0,2955	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C3cic(50)	0,025	-0,4706 to 0,5206	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C3car(50)	-0,1	-0,4839 to 0,2839	Não	>0,9999
C2car(25) vs. C2ext(25)	-0,345	-0,6584 to -0,03159	Sim	0,0145
C2car(25) vs. C291(50)	-0,001667	-0,4449 to 0,4416	Não	>0,9999
C2car(25) vs. C2ref(50)	0,01667	-0,3672 to 0,4005	Não	>0,9999
C2car(25) vs. C2cic(50)	0,1073	-0,2214 to 0,4360	Não	>0,9999
C2car(25) vs. C2car(50)	0,1253	-0,2034 to 0,4540	Não	0,9996
C2car(25) vs. C2ext(50)	0,1367	-0,2472 to 0,5205	Não	0,9999
C2car(25) vs. C391(0)	0,24	-0,07341 to 0,5534	Não	0,4283
C2car(25) vs. C3ref(0)	-0,02	-0,4039 to 0,3639	Não	>0,9999

C2car(25) vs. C3cic(0)	-0,1917	-0,5051 to 0,1217	Não	0,8449
C2car(25) vs. C3car(0)	-0,02	-0,3334 to 0,2934	Não	>0,9999
C2car(25) vs. C3ext(0)	-0,2007	-0,5294 to 0,1280	Não	0,8471
C2car(25) vs. C391(25)	0,2367	-0,07675 to 0,5501	Não	0,4581
C2car(25) vs. C3cic(25)	0,19	-0,1939 to 0,5739	Não	0,9821
C2car(25) vs. C3car(25)	0,2033	-0,1101 to 0,5167	Não	0,7594
C2car(25) vs. C3ext(25)	0,02667	-0,2867 to 0,3401	Não	>0,9999
C2car(25) vs. C391(50)	0,105	-0,2084 to 0,4184	Não	>0,9999
C2car(25) vs. C3ref(50)	0,055	-0,2584 to 0,3684	Não	>0,9999
C2car(25) vs. C3cic(50)	0,1683	-0,2749 to 0,6116	Não	0,9996
C2car(25) vs. C3car(50)	0,04333	-0,2701 to 0,3567	Não	>0,9999
C2ext(25) vs. C291(50)	0,3433	-0,09990 to 0,7866	Não	0,4041
C2ext(25) vs. C2ref(50)	0,3617	-0,02219 to 0,7455	Não	0,0944
C2ext(25) vs. C2cic(50)	0,4523	0,1236 to 0,7810	Sim	0,0003
C2ext(25) vs. C2car(50)	0,4703	0,1416 to 0,7990	Sim	0,0001
C2ext(25) vs. C2ext(50)	0,4817	0,09781 to 0,8655	Sim	0,0017
C2ext(25) vs. C391(0)	0,585	0,2716 to 0,8984	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3ref(0)	0,325	-0,05885 to 0,7089	Não	0,2339
C2ext(25) vs. C3cic(0)	0,1533	-0,1601 to 0,4667	Não	0,9845
C2ext(25) vs. C3car(0)	0,325	0,01159 to 0,6384	Sim	0,0323
C2ext(25) vs. C3ext(0)	0,1443	-0,1844 to 0,4730	Não	0,9964
C2ext(25) vs. C391(25)	0,5817	0,2683 to 0,8951	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3cic(25)	0,535	0,1511 to 0,9189	Sim	0,0002
C2ext(25) vs. C3car(25)	0,5483	0,2349 to 0,8617	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3ext(25)	0,3717	0,05825 to 0,6851	Sim	0,0045
C2ext(25) vs. C391(50)	0,45	0,1366 to 0,7634	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3ref(50)	0,4	0,08659 to 0,7134	Sim	0,0012
C2ext(25) vs. C3cic(50)	0,5133	0,07010 to 0,9566	Sim	0,0067
C2ext(25) vs. C3car(50)	0,3883	0,07492 to 0,7017	Sim	0,0021
C291(50) vs. C2ref(50)	0,01833	-0,4772 to 0,5139	Não	>0,9999
C291(50) vs. C2cic(50)	0,109	-0,3452 to 0,5632	Não	>0,9999
C291(50) vs. C2car(50)	0,127	-0,3272 to 0,5812	Não	>0,9999
C291(50) vs. C2ext(50)	0,1383	-0,3572 to 0,6339	Não	>0,9999
C291(50) vs. C391(0)	0,2417	-0,2016 to 0,6849	Não	0,9461
C291(50) vs. C3ref(0)	-0,01833	-0,5139 to 0,4772	Não	>0,9999
C291(50) vs. C3cic(0)	-0,19	-0,6332 to 0,2532	Não	0,9975
C291(50) vs. C3car(0)	-0,01833	-0,4616 to 0,4249	Não	>0,9999
C291(50) vs. C3ext(0)	-0,199	-0,6532 to 0,2552	Não	0,9965
C291(50) vs. C391(25)	0,2383	-0,2049 to 0,6816	Não	0,9535
C291(50) vs. C3cic(25)	0,1917	-0,3039 to 0,6872	Não	0,9995
C291(50) vs. C3car(25)	0,205	-0,2382 to 0,6482	Não	0,9926
C291(50) vs. C3ext(25)	0,02833	-0,4149 to 0,4716	Não	>0,9999
C291(50) vs. C391(50)	0,1067	-0,3366 to 0,5499	Não	>0,9999

C291(50) vs. C3ref(50)	0,05667	-0,3866 to 0,4999	Não	>0,9999
C291(50) vs. C3cic(50)	0,17	-0,3728 to 0,7128	Não	>0,9999
C291(50) vs. C3car(50)	0,045	-0,3982 to 0,4882	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C2cic(50)	0,09067	-0,3058 to 0,4871	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C2car(50)	0,1087	-0,2878 to 0,5051	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C2ext(50)	0,12	-0,3232 to 0,5632	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C391(0)	0,2233	-0,1605 to 0,6072	Não	0,8987
C2ref(50) vs. C3ref(0)	-0,03667	-0,4799 to 0,4066	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C3cic(0)	-0,2083	-0,5922 to 0,1755	Não	0,9487
C2ref(50) vs. C3car(0)	-0,03667	-0,4205 to 0,3472	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C3ext(0)	-0,2173	-0,6138 to 0,1791	Não	0,943
C2ref(50) vs. C391(25)	0,22	-0,1639 to 0,6039	Não	0,9118
C2ref(50) vs. C3cic(25)	0,1733	-0,2699 to 0,6166	Não	0,9994
C2ref(50) vs. C3car(25)	0,1867	-0,1972 to 0,5705	Não	0,9856
C2ref(50) vs. C3ext(25)	0,01	-0,3739 to 0,3939	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C391(50)	0,08833	-0,2955 to 0,4722	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C3ref(50)	0,03833	-0,3455 to 0,4222	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C3cic(50)	0,1517	-0,3439 to 0,6472	Não	>0,9999
C2ref(50) vs. C3car(50)	0,02667	-0,3572 to 0,4105	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C2car(50)	0,018	-0,3253 to 0,3613	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C2ext(50)	0,02933	-0,3671 to 0,4258	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C391(0)	0,1327	-0,1960 to 0,4614	Não	0,999
C2cic(50) vs. C3ref(0)	-0,1273	-0,5238 to 0,2691	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C3cic(0)	-0,299	-0,6277 to 0,02971	Não	0,1315
C2cic(50) vs. C3car(0)	-0,1273	-0,4560 to 0,2014	Não	0,9995
C2cic(50) vs. C3ext(0)	-0,308	-0,6513 to 0,03533	Não	0,1484
C2cic(50) vs. C391(25)	0,1293	-0,1994 to 0,4580	Não	0,9994
C2cic(50) vs. C3cic(25)	0,08267	-0,3138 to 0,4791	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C3car(25)	0,096	-0,2327 to 0,4247	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C3ext(25)	-0,08067	-0,4094 to 0,2480	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C391(50)	-0,002333	-0,3310 to 0,3264	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C3ref(50)	-0,05233	-0,3810 to 0,2764	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C3cic(50)	0,061	-0,3932 to 0,5152	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C3car(50)	-0,064	-0,3927 to 0,2647	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C2ext(50)	0,01133	-0,3851 to 0,4078	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C391(0)	0,1147	-0,2140 to 0,4434	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C3ref(0)	-0,1453	-0,5418 to 0,2511	Não	0,9998
C2car(50) vs. C3cic(0)	-0,317	-0,6457 to 0,01171	Não	0,0745
C2car(50) vs. C3car(0)	-0,1453	-0,4740 to 0,1834	Não	0,9961
C2car(50) vs. C3ext(0)	-0,326	-0,6693 to 0,01733	Não	0,0874
C2car(50) vs. C391(25)	0,1113	-0,2174 to 0,4400	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C3cic(25)	0,06467	-0,3318 to 0,4611	Não	>0,9999

C2car(50) vs. C3car(25)	0,078	-0,2507 to 0,4067	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C3ext(25)	-0,09867	-0,4274 to 0,2300	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C391(50)	-0,02033	-0,3490 to 0,3084	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C3ref(50)	-0,07033	-0,3990 to 0,2584	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C3cic(50)	0,043	-0,4112 to 0,4972	Não	>0,9999
C2car(50) vs. C3car(50)	-0,082	-0,4107 to 0,2467	Não	>0,9999
C2ext(50) vs. C391(0)	0,1033	-0,2805 to 0,4872	Não	>0,9999
C2ext(50) vs. C3ref(0)	-0,1567	-0,5999 to 0,2866	Não	0,9999
C2ext(50) vs. C3cic(0)	-0,3283	-0,7122 to 0,05552	Não	0,2171
C2ext(50) vs. C3car(0)	-0,1567	-0,5405 to 0,2272	Não	0,9988
C2ext(50) vs. C3ext(0)	-0,3373	-0,7338 to 0,05911	Não	0,2256
C2ext(50) vs. C391(25)	0,1	-0,2839 to 0,4839	Não	>0,9999
C2ext(50) vs. C3cic(25)	0,05333	-0,3899 to 0,4966	Não	>0,9999
C2ext(50) vs. C3car(25)	0,06667	-0,3172 to 0,4505	Não	>0,9999
C2ext(50) vs. C3ext(25)	-0,11	-0,4939 to 0,2739	Não	>0,9999
C2ext(50) vs. C391(50)	-0,03167	-0,4155 to 0,3522	Não	>0,9999
C2ext(50) vs. C3ref(50)	-0,08167	-0,4655 to 0,3022	Não	>0,9999
C2ext(50) vs. C3cic(50)	0,03167	-0,4639 to 0,5272	Não	>0,9999
C2ext(50) vs. C3car(50)	-0,09333	-0,4772 to 0,2905	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3ref(0)	-0,26	-0,6439 to 0,1239	Não	0,683
C391(0) vs. C3cic(0)	-0,4317	-0,7451 to -0,1183	Sim	0,0002
C391(0) vs. C3car(0)	-0,26	-0,5734 to 0,05341	Não	0,2694
C391(0) vs. C3ext(0)	-0,4407	-0,7694 to -0,1120	Sim	0,0004
C391(0) vs. C391(25)	-0,003333	-0,3167 to 0,3101	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3cic(25)	-0,05	-0,4339 to 0,3339	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3car(25)	-0,03667	-0,3501 to 0,2767	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3ext(25)	-0,2133	-0,5267 to 0,1001	Não	0,6737
C391(0) vs. C391(50)	-0,135	-0,4484 to 0,1784	Não	0,9973
C391(0) vs. C3ref(50)	-0,185	-0,4984 to 0,1284	Não	0,8848
C391(0) vs. C3cic(50)	-0,07167	-0,5149 to 0,3716	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3car(50)	-0,1967	-0,5101 to 0,1167	Não	0,8105
C3ref(0) vs. C3cic(0)	-0,1717	-0,5555 to 0,2122	Não	0,9954
C3ref(0) vs. C3car(0)	0	-0,3839 to 0,3839	Não	>0,9999
C3ref(0) vs. C3ext(0)	-0,1807	-0,5771 to 0,2158	Não	0,9939
C3ref(0) vs. C391(25)	0,2567	-0,1272 to 0,6405	Não	0,707
C3ref(0) vs. C3cic(25)	0,21	-0,2332 to 0,6532	Não	0,9897
C3ref(0) vs. C3car(25)	0,2233	-0,1605 to 0,6072	Não	0,8987
C3ref(0) vs. C3ext(25)	0,04667	-0,3372 to 0,4305	Não	>0,9999
C3ref(0) vs. C391(50)	0,125	-0,2589 to 0,5089	Não	>0,9999
C3ref(0) vs. C3ref(50)	0,075	-0,3089 to 0,4589	Não	>0,9999
C3ref(0) vs. C3cic(50)	0,1883	-0,3072 to 0,6839	Não	0,9996
C3ref(0) vs. C3car(50)	0,06333	-0,3205 to 0,4472	Não	>0,9999
C3cic(0) vs. C3car(0)	0,1717	-0,1417 to 0,4851	Não	0,9435

C3cic(0) vs. C3ext(0)	-0,009	-0,3377 to 0,3197	Não	>0,9999
C3cic(0) vs. C391(25)	0,4283	0,1149 to 0,7417	Sim	0,0003
C3cic(0) vs. C3cic(25)	0,3817	-0,002185 to 0,7655	Não	0,0534
C3cic(0) vs. C3car(25)	0,395	0,08159 to 0,7084	Sim	0,0015
C3cic(0) vs. C3ext(25)	0,2183	-0,09508 to 0,5317	Não	0,6281
C3cic(0) vs. C391(50)	0,2967	-0,01675 to 0,6101	Não	0,0902
C3cic(0) vs. C3ref(50)	0,2467	-0,06675 to 0,5601	Não	0,3711
C3cic(0) vs. C3cic(50)	0,36	-0,08323 to 0,8032	Não	0,3087
C3cic(0) vs. C3car(50)	0,235	-0,07841 to 0,5484	Não	0,4732
C3car(0) vs. C3ext(0)	-0,1807	-0,5094 to 0,1480	Não	0,9415
C3car(0) vs. C391(25)	0,2567	-0,05675 to 0,5701	Não	0,293
C3car(0) vs. C3cic(25)	0,21	-0,1739 to 0,5939	Não	0,9442
C3car(0) vs. C3car(25)	0,2233	-0,09008 to 0,5367	Não	0,5816
C3car(0) vs. C3ext(25)	0,04667	-0,2667 to 0,3601	Não	>0,9999
C3car(0) vs. C391(50)	0,125	-0,1884 to 0,4384	Não	0,9992
C3car(0) vs. C3ref(50)	0,075	-0,2384 to 0,3884	Não	>0,9999
C3car(0) vs. C3cic(50)	0,1883	-0,2549 to 0,6316	Não	0,9978
C3car(0) vs. C3car(50)	0,06333	-0,2501 to 0,3767	Não	>0,9999
C3ext(0) vs. C391(25)	0,4373	0,1086 to 0,7660	Sim	0,0005
C3ext(0) vs. C3cic(25)	0,3907	-0,005774 to 0,7871	Não	0,059
C3ext(0) vs. C3car(25)	0,404	0,07529 to 0,7327	Sim	0,0024
C3ext(0) vs. C3ext(25)	0,2273	-0,1014 to 0,5560	Não	0,6426
C3ext(0) vs. C391(50)	0,3057	-0,02304 to 0,6344	Não	0,1073
C3ext(0) vs. C3ref(50)	0,2557	-0,07304 to 0,5844	Não	0,3956
C3ext(0) vs. C3cic(50)	0,369	-0,08518 to 0,8232	Não	0,3081
C3ext(0) vs. C3car(50)	0,244	-0,08471 to 0,5727	Não	0,4948
C391(25) vs. C3cic(25)	-0,04667	-0,4305 to 0,3372	Não	>0,9999
C391(25) vs. C3car(25)	-0,03333	-0,3467 to 0,2801	Não	>0,9999
C391(25) vs. C3ext(25)	-0,21	-0,5234 to 0,1034	Não	0,7032
C391(25) vs. C391(50)	-0,1317	-0,4451 to 0,1817	Não	0,9982
C391(25) vs. C3ref(50)	-0,1817	-0,4951 to 0,1317	Não	0,9021
C391(25) vs. C3cic(50)	-0,06833	-0,5116 to 0,3749	Não	>0,9999
C391(25) vs. C3car(50)	-0,1933	-0,5067 to 0,1201	Não	0,8338
C3cic(25) vs. C3car(25)	0,01333	-0,3705 to 0,3972	Não	>0,9999
C3cic(25) vs. C3ext(25)	-0,1633	-0,5472 to 0,2205	Não	0,9978
C3cic(25) vs. C391(50)	-0,085	-0,4689 to 0,2989	Não	>0,9999
C3cic(25) vs. C3ref(50)	-0,135	-0,5189 to 0,2489	Não	>0,9999
C3cic(25) vs. C3cic(50)	-0,02167	-0,5172 to 0,4739	Não	>0,9999
C3cic(25) vs. C3car(50)	-0,1467	-0,5305 to 0,2372	Não	0,9996
C3car(25) vs. C3ext(25)	-0,1767	-0,4901 to 0,1367	Não	0,9247
C3car(25) vs. C391(50)	-0,09833	-0,4117 to 0,2151	Não	>0,9999
C3car(25) vs. C3ref(50)	-0,1483	-0,4617 to 0,1651	Não	0,9899
C3car(25) vs. C3cic(50)	-0,035	-0,4782 to 0,4082	Não	>0,9999

C3car(25) vs. C3car(50)	-0,16	-0,4734 to 0,1534	Não	0,974
C3ext(25) vs. C391(50)	0,07833	-0,2351 to 0,3917	Não	>0,9999
C3ext(25) vs. C3ref(50)	0,02833	-0,2851 to 0,3417	Não	>0,9999
C3ext(25) vs. C3cic(50)	0,1417	-0,3016 to 0,5849	Não	>0,9999
C3ext(25) vs. C3car(50)	0,01667	-0,2967 to 0,3301	Não	>0,9999
C391(50) vs. C3ref(50)	-0,05	-0,3634 to 0,2634	Não	>0,9999
C391(50) vs. C3cic(50)	0,06333	-0,3799 to 0,5066	Não	>0,9999
C391(50) vs. C3car(50)	-0,06167	-0,3751 to 0,2517	Não	>0,9999
C3ref(50) vs. C3cic(50)	0,1133	-0,3299 to 0,5566	Não	>0,9999
C3ref(50) vs. C3car(50)	-0,01167	-0,3251 to 0,3017	Não	>0,9999
C3cic(50) vs. C3car(50)	-0,125	-0,5682 to 0,3182	Não	>0,9999

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 33– ANOVA densidade de massa no estado endurecido das argamassas de cal.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	Diferença significativa entre as médias (P<0,05)?
Entre grupos	692828	22	31492	18,83	<0,0001	
Dentro dos grupos	88627	53	1672			Sim
Total	781455	75				

SQ: soma de quadrados

gl: grau de liberdade

MQ: médias quadradas

F: Distribuição F de SNEDECOR

Valor-P: 0,05 (5%) é o nível de significância do teste

Teste de comparação múltipla de Tukey	Diferença Média	95,00% de Diferença de CI	Abaixo do limite?	Valor P Ajustado
C291(0) vs. C2ref(0)	-25,83	-133,3 to 81,66	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2cic(0)	-91,82	-199,3 to 15,67	Não	0,1916
C291(0) vs. C2car(0)	-7,444	-114,9 to 100,0	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2ext(0)	-115,8	-223,2 to -8,261	Sim	0,0221
C291(0) vs. C291(25)	31,28	-55,38 to 117,9	Não	0,9989
C291(0) vs. C2ref(25)	-6,038	-113,5 to 101,5	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2cic(25)	-22,83	-130,3 to 84,66	Não	>0,9999
C291(0) vs. C2car(25)	-33,23	-140,7 to 74,27	Não	0,9999
C291(0) vs. C2ext(25)	-41,25	-148,7 to 66,24	Não	0,9975
C291(0) vs. C291(50)	165,2	67,52 to 262,8	Sim	<0,0001
C291(0) vs. C2cic(50)	-9,449	-116,9 to 98,04	Não	>0,9999
C291(0) vs. C391(0)	236,2	128,7 to 343,7	Sim	<0,0001
C291(0) vs. C3cic(0)	-23,75	-131,2 to 83,74	Não	>0,9999
C291(0) vs. C3car(0)	14,04	-93,45 to 121,5	Não	>0,9999
C291(0) vs. C3ext(0)	60	-47,49 to 167,5	Não	0,8739

C291(0) vs. C391(25)	209,1	101,6 to 316,6	Sim	<0,0001
C291(0) vs. C3cic(25)	98,06	-26,83 to 223,0	Não	0,3214
C291(0) vs. C3car(25)	111,9	4,440 to 219,4	Sim	0,0325
C291(0) vs. C391(50)	245,3	137,9 to 352,8	Sim	<0,0001
C291(0) vs. C3ref(50)	113,2	5,716 to 220,7	Sim	0,0286
C291(0) vs. C3cic(50)	143,2	35,69 to 250,7	Sim	0,001
C291(0) vs. C3car(50)	25,55	-81,94 to 133,0	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2cic(0)	-65,99	-193,2 to 61,20	Não	0,9304
C2ref(0) vs. C2car(0)	18,39	-108,8 to 145,6	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2ext(0)	-89,92	-217,1 to 37,26	Não	0,5154
C2ref(0) vs. C291(25)	57,11	-53,04 to 167,3	Não	0,9308
C2ref(0) vs. C2ref(25)	19,79	-107,4 to 147,0	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2cic(25)	2,995	-124,2 to 130,2	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2car(25)	-7,396	-134,6 to 119,8	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C2ext(25)	-15,42	-142,6 to 111,8	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C291(50)	191	72,01 to 310,0	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C2cic(50)	16,38	-110,8 to 143,6	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C391(0)	262	134,8 to 389,2	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C3cic(0)	2,083	-125,1 to 129,3	Não	>0,9999
C2ref(0) vs. C3car(0)	39,87	-87,32 to 167,1	Não	0,9999
C2ref(0) vs. C3ext(0)	85,83	-41,35 to 213,0	Não	0,6023
C2ref(0) vs. C391(25)	234,9	107,7 to 362,1	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C3cic(25)	123,9	-18,30 to 266,1	Não	0,1665
C2ref(0) vs. C3car(25)	137,8	10,58 to 264,9	Sim	0,0206
C2ref(0) vs. C391(50)	271,2	144,0 to 398,4	Sim	<0,0001
C2ref(0) vs. C3ref(50)	139	11,85 to 266,2	Sim	0,0184
C2ref(0) vs. C3cic(50)	169	41,83 to 296,2	Sim	0,0011
C2ref(0) vs. C3car(50)	51,38	-75,80 to 178,6	Não	0,9951
C2cic(0) vs. C2car(0)	84,38	-42,81 to 211,6	Não	0,6332
C2cic(0) vs. C2ext(0)	-23,93	-151,1 to 103,3	Não	>0,9999
C2cic(0) vs. C291(25)	123,1	12,95 to 233,2	Sim	0,014
C2cic(0) vs. C2ref(25)	85,78	-41,40 to 213,0	Não	0,6034
C2cic(0) vs. C2cic(25)	68,98	-58,20 to 196,2	Não	0,8992
C2cic(0) vs. C2car(25)	58,59	-68,59 to 185,8	Não	0,9779
C2cic(0) vs. C2ext(25)	50,57	-76,61 to 177,8	Não	0,996
C2cic(0) vs. C291(50)	257	138,0 to 375,9	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C2cic(50)	82,37	-44,82 to 209,6	Não	0,675
C2cic(0) vs. C391(0)	328	200,8 to 455,2	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C3cic(0)	68,07	-59,11 to 195,3	Não	0,9095
C2cic(0) vs. C3car(0)	105,9	-21,33 to 233,0	Não	0,2279
C2cic(0) vs. C3ext(0)	151,8	24,64 to 279,0	Sim	0,0057
C2cic(0) vs. C391(25)	300,9	173,7 to 428,1	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C3cic(25)	189,9	47,69 to 332,1	Sim	0,001

C2cic(0) vs. C3car(25)	203,8	76,56 to 330,9	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C391(50)	337,2	210,0 to 464,3	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C3ref(50)	205	77,84 to 332,2	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C3cic(50)	235	107,8 to 362,2	Sim	<0,0001
C2cic(0) vs. C3car(50)	117,4	-9,815 to 244,6	Não	0,1058
C2car(0) vs. C2ext(0)	-108,3	-235,5 to 18,88	Não	0,1958
C2car(0) vs. C291(25)	38,73	-71,42 to 148,9	Não	0,9992
C2car(0) vs. C2ref(25)	1,406	-125,8 to 128,6	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C2cic(25)	-15,39	-142,6 to 111,8	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C2car(25)	-25,78	-153,0 to 101,4	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C2ext(25)	-33,8	-161,0 to 93,38	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C291(50)	172,6	53,63 to 291,6	Sim	0,0002
C2car(0) vs. C2cic(50)	-2,005	-129,2 to 125,2	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C391(0)	243,6	116,4 to 370,8	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C3cic(0)	-16,3	-143,5 to 110,9	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C3car(0)	21,48	-105,7 to 148,7	Não	>0,9999
C2car(0) vs. C3ext(0)	67,45	-59,74 to 194,6	Não	0,9161
C2car(0) vs. C391(25)	216,5	89,33 to 343,7	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C3cic(25)	105,5	-36,69 to 247,7	Não	0,4239
C2car(0) vs. C3car(25)	119,4	-7,810 to 246,6	Não	0,0914
C2car(0) vs. C391(50)	252,8	125,6 to 380,0	Sim	<0,0001
C2car(0) vs. C3ref(50)	120,7	-6,534 to 247,8	Não	0,0831
C2car(0) vs. C3cic(50)	150,6	23,44 to 277,8	Sim	0,0064
C2car(0) vs. C3car(50)	32,99	-94,19 to 160,2	Não	>0,9999
C2ext(0) vs. C291(25)	147	36,89 to 257,2	Sim	0,001
C2ext(0) vs. C2ref(25)	109,7	-17,47 to 236,9	Não	0,1789
C2ext(0) vs. C2cic(25)	92,92	-34,27 to 220,1	Não	0,4531
C2ext(0) vs. C2car(25)	82,53	-44,66 to 209,7	Não	0,6718
C2ext(0) vs. C2ext(25)	74,51	-52,68 to 201,7	Não	0,8218
C2ext(0) vs. C291(50)	280,9	161,9 to 399,9	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C2cic(50)	106,3	-20,88 to 233,5	Não	0,2218
C2ext(0) vs. C391(0)	351,9	224,7 to 479,1	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3cic(0)	92,01	-35,18 to 219,2	Não	0,4718
C2ext(0) vs. C3car(0)	129,8	2,607 to 257,0	Sim	0,0405
C2ext(0) vs. C3ext(0)	175,8	48,57 to 302,9	Sim	0,0005
C2ext(0) vs. C391(25)	324,8	197,6 to 452,0	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3cic(25)	213,8	71,62 to 356,0	Sim	0,0001
C2ext(0) vs. C3car(25)	227,7	100,5 to 354,9	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C391(50)	361,1	233,9 to 488,3	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3ref(50)	229	101,8 to 356,1	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3cic(50)	258,9	131,7 to 386,1	Sim	<0,0001
C2ext(0) vs. C3car(50)	141,3	14,12 to 268,5	Sim	0,0151

C291(25) vs. C2ref(25)	-37,32	-147,5 to 72,83	Não	0,9996
C291(25) vs. C2cic(25)	-54,12	-164,3 to 56,03	Não	0,9577
C291(25) vs. C2car(25)	-64,51	-174,7 to 45,64	Não	0,8222
C291(25) vs. C2ext(25)	-72,53	-182,7 to 37,62	Não	0,6464
C291(25) vs. C291(50)	133,9	33,33 to 234,4	Sim	0,001
C291(25) vs. C2cic(50)	-40,73	-150,9 to 69,42	Não	0,9985
C291(25) vs. C391(0)	204,9	94,75 to 315,0	Sim	<0,0001
C291(25) vs. C3cic(0)	-55,03	-165,2 to 55,12	Não	0,9505
C291(25) vs. C3car(0)	-17,24	-127,4 to 92,90	Não	>0,9999
C291(25) vs. C3ext(0)	28,72	-81,42 to 138,9	Não	>0,9999
C291(25) vs. C391(25)	177,8	67,64 to 287,9	Sim	<0,0001
C291(25) vs. C3cic(25)	66,78	-60,40 to 194,0	Não	0,9229
C291(25) vs. C3car(25)	80,65	-29,50 to 190,8	Não	0,4489
C291(25) vs. C391(50)	214,1	103,9 to 324,2	Sim	<0,0001
C291(25) vs. C3ref(50)	81,93	-28,22 to 192,1	Não	0,4193
C291(25) vs. C3cic(50)	111,9	1,754 to 222,0	Sim	0,0424
C291(25) vs. C3car(50)	-5,73	-115,9 to 104,4	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C2cic(25)	-16,8	-144,0 to 110,4	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C2car(25)	-27,19	-154,4 to 100,0	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C2ext(25)	-35,21	-162,4 to 91,98	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C291(50)	171,2	52,22 to 290,2	Sim	0,0003
C2ref(25) vs. C2cic(50)	-3,411	-130,6 to 123,8	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C391(0)	242,2	115,0 to 369,4	Sim	<0,0001
C2ref(25) vs. C3cic(0)	-17,71	-144,9 to 109,5	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C3car(0)	20,08	-107,1 to 147,3	Não	>0,9999
C2ref(25) vs. C3ext(0)	66,04	-61,14 to 193,2	Não	0,9299
C2ref(25) vs. C391(25)	215,1	87,92 to 342,3	Sim	<0,0001
C2ref(25) vs. C3cic(25)	104,1	-38,10 to 246,3	Não	0,4492
C2ref(25) vs. C3car(25)	118	-9,216 to 245,2	Não	0,1013
C2ref(25) vs. C391(50)	251,4	124,2 to 378,6	Sim	<0,0001
C2ref(25) vs. C3ref(50)	119,2	-7,940 to 246,4	Não	0,0922
C2ref(25) vs. C3cic(50)	149,2	22,03 to 276,4	Sim	0,0073
C2ref(25) vs. C3car(50)	31,59	-95,60 to 158,8	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C2car(25)	-10,39	-137,6 to 116,8	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C2ext(25)	-18,41	-145,6 to 108,8	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C291(50)	188	69,02 to 307,0	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C2cic(50)	13,39	-113,8 to 140,6	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C391(0)	259	131,8 to 386,2	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C3cic(0)	-0,9115	-128,1 to 126,3	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C3car(0)	36,88	-90,31 to 164,1	Não	>0,9999
C2cic(25) vs. C3ext(0)	82,84	-44,35 to 210,0	Não	0,6653
C2cic(25) vs. C391(25)	231,9	104,7 to 359,1	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C3cic(25)	120,9	-21,30 to 263,1	Não	0,1979

C2cic(25) vs. C3car(25)	134,8	7,581 to 262,0	Sim	0,0267
C2cic(25) vs. C391(50)	268,2	141,0 to 395,4	Sim	<0,0001
C2cic(25) vs. C3ref(50)	136	8,857 to 263,2	Sim	0,0239
C2cic(25) vs. C3cic(50)	166	38,83 to 293,2	Sim	0,0014
C2cic(25) vs. C3car(50)	48,39	-78,80 to 175,6	Não	0,9977
C2car(25) vs. C2ext(25)	-8,021	-135,2 to 119,2	Não	>0,9999
C2car(25) vs. C291(50)	198,4	79,41 to 317,4	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C2cic(50)	23,78	-103,4 to 151,0	Não	>0,9999
C2car(25) vs. C391(0)	269,4	142,2 to 396,6	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C3cic(0)	9,479	-117,7 to 136,7	Não	>0,9999
C2car(25) vs. C3car(0)	47,27	-79,92 to 174,5	Não	0,9983
C2car(25) vs. C3ext(0)	93,23	-33,96 to 220,4	Não	0,4468
C2car(25) vs. C391(25)	242,3	115,1 to 369,5	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C3cic(25)	131,3	-10,91 to 273,5	Não	0,1053
C2car(25) vs. C3car(25)	145,2	17,97 to 272,3	Sim	0,0106
C2car(25) vs. C391(50)	278,6	151,4 to 405,8	Sim	<0,0001
C2car(25) vs. C3ref(50)	146,4	19,25 to 273,6	Sim	0,0095
C2car(25) vs. C3cic(50)	176,4	49,22 to 303,6	Sim	0,0005
C2car(25) vs. C3car(50)	58,78	-68,41 to 186,0	Não	0,9771
C2ext(25) vs. C291(50)	206,4	87,43 to 325,4	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C2cic(50)	31,8	-95,39 to 159,0	Não	>0,9999
C2ext(25) vs. C391(0)	277,4	150,2 to 404,6	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3cic(0)	17,5	-109,7 to 144,7	Não	>0,9999
C2ext(25) vs. C3car(0)	55,29	-71,90 to 182,5	Não	0,9883
C2ext(25) vs. C3ext(0)	101,3	-25,94 to 228,4	Não	0,2979
C2ext(25) vs. C391(25)	250,3	123,1 to 377,5	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3cic(25)	139,3	-2,887 to 281,5	Não	0,0614
C2ext(25) vs. C3car(25)	153,2	25,99 to 280,4	Sim	0,005
C2ext(25) vs. C391(50)	286,6	159,4 to 413,8	Sim	<0,0001
C2ext(25) vs. C3ref(50)	154,5	27,27 to 281,6	Sim	0,0045
C2ext(25) vs. C3cic(50)	184,4	57,24 to 311,6	Sim	0,0002
C2ext(25) vs. C3car(50)	66,8	-60,39 to 194,0	Não	0,9227
C291(50) vs. C2cic(50)	-174,6	-293,6 to - 55,63	Sim	0,0002
C291(50) vs. C391(0)	71,02	-47,95 to 190,0	Não	0,7981
C291(50) vs. C3cic(0)	-188,9	-307,9 to - 69,93	Sim	<0,0001
C291(50) vs. C3car(0)	-151,1	-270,1 to - 32,14	Sim	0,0022
C291(50) vs. C3ext(0)	-105,2	-224,1 to 13,82	Não	0,1496
C291(50) vs. C391(25)	43,91	-75,06 to 162,9	Não	0,9985
C291(50) vs. C3cic(25)	-67,09	-202,0 to 67,81	Não	0,9525
C291(50) vs. C3car(25)	-53,23	-172,2 to 65,75	Não	0,9839
C291(50) vs. C391(50)	80,19	-38,78 to 199,2	Não	0,6047

C291(50) vs. C3ref(50)	-51,95	-170,9 to 67,02	Não	0,9877
C291(50) vs. C3cic(50)	-21,98	-140,9 to 97,00	Não	>0,9999
C291(50) vs. C3car(50)	-139,6	-258,6 to - 20,63	Sim	0,0073
C2cic(50) vs. C391(0)	245,6	118,4 to 372,8	Sim	<0,0001
C2cic(50) vs. C3cic(0)	-14,3	-141,5 to 112,9	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C3car(0)	23,49	-103,7 to 150,7	Não	>0,9999
C2cic(50) vs. C3ext(0)	69,45	-57,73 to 196,6	Não	0,8936
C2cic(50) vs. C391(25)	218,5	91,33 to 345,7	Sim	<0,0001
C2cic(50) vs. C3cic(25)	107,5	-34,68 to 249,7	Não	0,3889
C2cic(50) vs. C3car(25)	121,4	-5,805 to 248,6	Não	0,0786
C2cic(50) vs. C391(50)	254,8	127,6 to 382,0	Sim	<0,0001
C2cic(50) vs. C3ref(50)	122,7	-4,529 to 249,8	Não	0,0713
C2cic(50) vs. C3cic(50)	152,6	25,45 to 279,8	Sim	0,0053
C2cic(50) vs. C3car(50)	35	-92,19 to 162,2	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3cic(0)	-259,9	-387,1 to - 132,7	Sim	<0,0001
C391(0) vs. C3car(0)	-222,1	-349,3 to - 94,95	Sim	<0,0001
C391(0) vs. C3ext(0)	-176,2	-303,4 to - 48,99	Sim	0,0005
C391(0) vs. C391(25)	-27,11	-154,3 to 100,1	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3cic(25)	-138,1	-280,3 to 4,085	Não	0,0667
C391(0) vs. C3car(25)	-124,2	-251,4 to 2,940	Não	0,0631
C391(0) vs. C391(50)	9,167	-118,0 to 136,4	Não	>0,9999
C391(0) vs. C3ref(50)	-123	-250,2 to 4,216	Não	0,0696
C391(0) vs. C3cic(50)	-92,99	-220,2 to 34,19	Não	0,4515
C391(0) vs. C3car(50)	-210,6	-337,8 to - 83,44	Sim	<0,0001
C3cic(0) vs. C3car(0)	37,79	-89,40 to 165,0	Não	>0,9999
C3cic(0) vs. C3ext(0)	83,75	-43,44 to 210,9	Não	0,6463
C3cic(0) vs. C391(25)	232,8	105,6 to 360,0	Sim	<0,0001
C3cic(0) vs. C3cic(25)	121,8	-20,39 to 264,0	Não	0,1879
C3cic(0) vs. C3car(25)	135,7	8,492 to 262,9	Sim	0,0247
C3cic(0) vs. C391(50)	269,1	141,9 to 396,3	Sim	<0,0001
C3cic(0) vs. C3ref(50)	137	9,768 to 264,1	Sim	0,0221
C3cic(0) vs. C3cic(50)	166,9	39,74 to 294,1	Sim	0,0013
C3cic(0) vs. C3car(50)	49,3	-77,89 to 176,5	Não	0,9971
C3car(0) vs. C3ext(0)	45,96	-81,22 to 173,1	Não	0,9989
C3car(0) vs. C391(25)	195	67,84 to 322,2	Sim	<0,0001
C3car(0) vs. C3cic(25)	84,02	-58,17 to 226,2	Não	0,8112
C3car(0) vs. C3car(25)	97,89	-29,29 to 225,1	Não	0,3565
C3car(0) vs. C391(50)	231,3	104,1 to 358,5	Sim	<0,0001
C3car(0) vs. C3ref(50)	99,17	-28,02 to 226,4	Não	0,3336
C3car(0) vs. C3cic(50)	129,1	1,956 to 256,3	Sim	0,0427
C3car(0) vs. C3car(50)	11,51	-115,7 to 138,7	Não	>0,9999

C3ext(0) vs. C391(25)	149,1	21,88 to 276,2	Sim	0,0074
C3ext(0) vs. C3cic(25)	38,06	-104,1 to 180,3	Não	>0,9999
C3ext(0) vs. C3car(25)	51,93	-75,26 to 179,1	Não	0,9944
C3ext(0) vs. C391(50)	185,3	58,15 to 312,5	Sim	0,0002
C3ext(0) vs. C3ref(50)	53,2	-73,98 to 180,4	Não	0,9925
C3ext(0) vs. C3cic(50)	83,18	-44,01 to 210,4	Não	0,6583
C3ext(0) vs. C3car(50)	-34,45	-161,6 to 92,73	Não	>0,9999
C391(25) vs. C3cic(25)	-111	-253,2 to 31,19	Não	0,3315
C391(25) vs. C3car(25)	-97,14	-224,3 to 30,05	Não	0,3705
C391(25) vs. C391(50)	36,28	-90,91 to 163,5	Não	>0,9999
C391(25) vs. C3ref(50)	-95,86	-223,0 to 31,33	Não	0,3947
C391(25) vs. C3cic(50)	-65,89	-193,1 to 61,30	Não	0,9314
C391(25) vs. C3car(50)	-183,5	-310,7 to -56,33	Sim	0,0002
C3cic(25) vs. C3car(25)	13,87	-128,3 to 156,1	Não	>0,9999
C3cic(25) vs. C391(50)	147,3	5,081 to 289,5	Sim	0,0345
C3cic(25) vs. C3ref(50)	15,14	-127,1 to 157,3	Não	>0,9999
C3cic(25) vs. C3cic(50)	45,12	-97,08 to 187,3	Não	0,9998
C3cic(25) vs. C3car(50)	-72,51	-214,7 to 69,68	Não	0,9403
C3car(25) vs. C391(50)	133,4	6,226 to 260,6	Sim	0,0299
C3car(25) vs. C3ref(50)	1,276	-125,9 to 128,5	Não	>0,9999
C3car(25) vs. C3cic(50)	31,25	-95,94 to 158,4	Não	>0,9999
C3car(25) vs. C3car(50)	-86,38	-213,6 to 40,80	Não	0,5907
C391(50) vs. C3ref(50)	-132,1	-259,3 to -4,950	Sim	0,0333
C391(50) vs. C3cic(50)	-102,2	-229,3 to 25,02	Não	0,2831
C391(50) vs. C3car(50)	-219,8	-347,0 to -92,61	Sim	<0,0001
C3ref(50) vs. C3cic(50)	29,97	-97,21 to 157,2	Não	>0,9999
C3ref(50) vs. C3car(50)	-87,66	-214,8 to 39,53	Não	0,5635
C3cic(50) vs. C3car(50)	-117,6	-244,8 to 9,555	Não	0,1038

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 34 - ANOVA da resistência à compressão das argamassas mistas.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	Diferença significativa entre as médias (P<0,05)?
Entre grupos	2878	29	99,25	1075	<0,0001	Sim
Dentro dos grupos	25,11	272	0,0923			
Total	2903	301				

SQ: soma de quadrados

gl: grau de liberdade

MQ: médias quadradas

F: Distribuição F de SNEDECOR

Valor-P: 0,05 (5%) é o nível de significância do teste

Teste de comparação múltipla de Tukey	Diferença Média	95,00% de Diferença de CI	Abaixo do limite?	Valor P Ajustado
M491(0) vs. M4ref(0)	-4,317	-4,897 to -3,737	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4cic(0)	-2,408	-2,926 to -1,891	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4carb(0)	-6,467	-6,975 to -5,960	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4ext(0)	-4,839	-5,446 to -4,233	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M491(25)	3,261	2,753 to 3,768	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4ref(25)	3,213	2,654 to 3,773	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4cic(25)	3,157	2,598 to 3,717	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4carb(25)	-1,855	-2,547 to -1,163	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4ext(25)	-2,839	-3,368 to -2,310	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M491(50)	4,017	3,510 to 4,525	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4ref(50)	-0,08323	-0,6007 to 0,4343	Não	>0,9999
M491(0) vs. M4cic(50)	2,569	2,040 to 3,098	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4carb(50)	-0,3418	-0,9840 to 0,3004	Não	0,974
M491(0) vs. M4ext(50)	1,829	1,321 to 2,337	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M691(0)	4,042	3,535 to 4,550	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6ref(0)	-0,5294	-1,037 to -0,02174	Sim	0,029
M491(0) vs. M6cic(0)	-2,599	-3,158 to -2,040	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6carb(0)	-1,126	-1,669 to -0,5835	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6ext(0)	-2,75	-3,310 to -2,191	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M691(25)	4,111	3,604 to 4,619	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6ref(25)	4,015	3,507 to 4,523	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6cic(25)	3,211	2,704 to 3,719	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6carb(25)	4,005	3,445 to 4,564	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6ext(25)	2,504	1,996 to 3,011	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M691(50)	4,237	3,730 to 4,745	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6ref(50)	4,107	3,600 to 4,615	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6cic(50)	3,212	2,704 to 3,719	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6carb(50)	3,785	3,277 to 4,292	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6ext(50)	2,85	2,342 to 3,357	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M4cic(0)	1,909	1,352 to 2,466	Sim	<0,0001

M4ref(0) vs. M4carb(0)	-2,15	-2,698 to -1,603	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M4ext(0)	-0,5223	-1,163 to 0,1183	Não	0,3277
M4ref(0) vs. M491(25)	7,578	7,030 to 8,125	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M4ref(25)	7,531	6,935 to 8,127	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M4cic(25)	7,474	6,878 to 8,070	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M4carb(25)	2,462	1,740 to 3,184	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M4ext(25)	1,478	0,9108 to 2,046	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M491(50)	8,334	7,787 to 8,882	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M4ref(50)	4,234	3,677 to 4,791	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M4cic(50)	6,887	6,319 to 7,454	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M4carb(50)	3,975	3,301 to 4,650	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M4ext(50)	6,146	5,598 to 6,694	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M691(0)	8,359	7,812 to 8,907	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M6ref(0)	3,788	3,240 to 4,335	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M6cic(0)	1,718	1,122 to 2,314	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M6carb(0)	3,191	2,611 to 3,771	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M6ext(0)	1,567	0,9710 to 2,163	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M691(25)	8,429	7,881 to 8,976	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M6ref(25)	8,332	7,785 to 8,880	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M6cic(25)	7,529	6,981 to 8,076	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M6carb(25)	8,322	7,726 to 8,918	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M6ext(25)	6,821	6,273 to 7,368	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M691(50)	8,554	8,007 to 9,102	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M6ref(50)	8,425	7,877 to 8,972	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M6cic(50)	7,529	6,981 to 8,076	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M6carb(50)	8,102	7,554 to 8,649	Sim	<0,0001
M4ref(0) vs. M6ext(50)	7,167	6,619 to 7,714	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4carb(0)	-4,059	-4,540 to -3,579	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4ext(0)	-2,431	-3,016 to -1,847	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M491(25)	5,669	5,188 to 6,149	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4ref(25)	5,621	5,086 to 6,156	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4cic(25)	5,565	5,030 to 6,100	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4carb(25)	0,5527	-0,1195 to 1,225	Não	0,3104
M4cic(0) vs. M4ext(25)	-0,4309	-0,9340 to 0,07217	Não	0,232
M4cic(0) vs. M491(50)	6,425	5,945 to 6,906	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4ref(50)	2,325	1,834 to 2,816	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4cic(50)	4,977	4,474 to 5,480	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4carb(50)	2,066	1,445 to 2,687	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4ext(50)	4,237	3,756 to 4,718	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M691(0)	6,45	5,970 to 6,931	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6ref(0)	1,879	1,398 to 2,359	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6cic(0)	-0,191	-0,7260 to 0,3440	Não	>0,9999

M4cic(0) vs. M6carb(0)	1,282	0,7643 to 1,799	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6ext(0)	-0,3423	-0,8773 to 0,1927	Não	0,8248
M4cic(0) vs. M691(25)	6,519	6,039 to 7,000	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6ref(25)	6,423	5,943 to 6,904	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6cic(25)	5,619	5,139 to 6,100	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6carb(25)	6,413	5,878 to 6,948	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6ext(25)	4,912	4,431 to 5,392	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M691(50)	6,645	6,165 to 7,126	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6ref(50)	6,515	6,035 to 6,996	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6cic(50)	5,62	5,139 to 6,100	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6carb(50)	6,193	5,712 to 6,673	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6ext(50)	5,258	4,777 to 5,738	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M4ext(0)	1,628	1,052 to 2,204	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M491(25)	9,728	9,258 to 10,20	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M4ref(25)	9,681	9,155 to 10,21	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M4cic(25)	9,625	9,099 to 10,15	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M4carb(25)	4,612	3,947 to 5,277	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M4ext(25)	3,628	3,135 to 4,121	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M491(50)	10,48	10,01 to 10,95	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M4ref(50)	6,384	5,903 to 6,865	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M4cic(50)	9,037	8,544 to 9,530	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M4carb(50)	6,126	5,513 to 6,738	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M4ext(50)	8,296	7,826 to 8,766	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M691(0)	10,51	10,04 to 10,98	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M6ref(0)	5,938	5,468 to 6,408	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M6cic(0)	3,868	3,343 to 4,394	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M6carb(0)	5,341	4,833 to 5,849	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M6ext(0)	3,717	3,192 to 4,243	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M691(25)	10,58	10,11 to 11,05	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M6ref(25)	10,48	10,01 to 10,95	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M6cic(25)	9,679	9,209 to 10,15	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M6carb(25)	10,47	9,947 to 11,00	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M6ext(25)	8,971	8,501 to 9,441	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M691(50)	10,7	10,23 to 11,17	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M6ref(50)	10,57	10,10 to 11,04	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M6cic(50)	9,679	9,209 to 10,15	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M6carb(50)	10,25	9,782 to 10,72	Sim	<0,0001
M4carb(0) vs. M6ext(50)	9,317	8,847 to 9,787	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M491(25)	8,1	7,524 to 8,676	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4ref(25)	8,053	7,431 to 8,675	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4cic(25)	7,997	7,375 to 8,618	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4carb(25)	2,984	2,241 to 3,727	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4ext(25)	2,001	1,406 to 2,595	Sim	<0,0001

M4ext(0) vs. M491(50)	8,857	8,281 to 9,432	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4ref(50)	4,756	4,172 to 5,341	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4cic(50)	7,409	6,814 to 8,003	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4carb(50)	4,498	3,800 to 5,195	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4ext(50)	6,668	6,093 to 7,244	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M691(0)	8,882	8,306 to 9,457	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6ref(0)	4,31	3,734 to 4,886	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6cic(0)	2,24	1,619 to 2,862	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6carb(0)	3,713	3,106 to 4,320	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6ext(0)	2,089	1,467 to 2,711	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M691(25)	8,951	8,375 to 9,527	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6ref(25)	8,855	8,279 to 9,430	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6cic(25)	8,051	7,475 to 8,627	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6carb(25)	8,844	8,222 to 9,466	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6ext(25)	7,343	6,767 to 7,919	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M691(50)	9,077	8,501 to 9,652	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6ref(50)	8,947	8,371 to 9,523	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6cic(50)	8,051	7,475 to 8,627	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6carb(50)	8,624	8,048 to 9,200	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6ext(50)	7,689	7,113 to 8,265	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M4ref(25)	-0,04708	-0,5726 to 0,4784	Não	>0,9999
M491(25) vs. M4cic(25)	-0,1033	-0,6289 to 0,4222	Não	>0,9999
M491(25) vs. M4carb(25)	-5,116	-5,781 to -4,451	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M4ext(25)	-6,099	-6,592 to -5,606	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M491(50)	0,7567	0,2866 to 1,227	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M4ref(50)	-3,344	-3,824 to -2,863	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M4cic(50)	-0,6911	-1,184 to -0,1982	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M4carb(50)	-3,602	-4,215 to -2,989	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M4ext(50)	-1,432	-1,902 to -0,9616	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M691(0)	0,7817	0,3116 to 1,252	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6ref(0)	-3,79	-4,260 to -3,320	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6cic(0)	-5,86	-6,385 to -5,334	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6carb(0)	-4,387	-4,895 to -3,879	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6ext(0)	-6,011	-6,536 to -5,485	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M691(25)	0,8508	0,3808 to 1,321	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6ref(25)	0,7546	0,2846 to 1,225	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6cic(25)	-0,04906	-0,5191 to 0,4210	Não	>0,9999
M491(25) vs. M6carb(25)	0,7442	0,2186 to 1,270	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6ext(25)	-0,7568	-1,227 to -0,2868	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M691(50)	0,9767	0,5066 to 1,447	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6ref(50)	0,8469	0,3768 to 1,317	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6cic(50)	-0,04885	-0,5189 to 0,4212	Não	>0,9999
M491(25) vs. M6carb(50)	0,5241	0,05407 to 0,9942	Sim	0,0107

M491(25) vs. M6ext(50)	-0,4108	-0,8809 to 0,05921	Não	0,1976
M4ref(25) vs. M4cic(25)	-0,05625	-0,6319 to 0,5194	Não	>0,9999
M4ref(25) vs. M4carb(25)	-5,069	-5,774 to -4,364	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M4ext(25)	-6,052	-6,599 to -5,506	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M491(50)	0,8038	0,2782 to 1,329	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M4ref(50)	-3,297	-3,832 to -2,762	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M4cic(50)	-0,6441	-1,190 to -0,09792	Sim	0,0041
M4ref(25) vs. M4carb(50)	-3,555	-4,212 to -2,899	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M4ext(50)	-1,385	-1,910 to -0,8591	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M691(0)	0,8288	0,3032 to 1,354	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M6ref(0)	-3,743	-4,268 to -3,217	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M6cic(0)	-5,813	-6,388 to -5,237	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M6carb(0)	-4,34	-4,899 to -3,780	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M6ext(0)	-5,964	-6,539 to -5,388	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M691(25)	0,8979	0,3724 to 1,423	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M6ref(25)	0,8017	0,2762 to 1,327	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M6cic(25)	-0,001979	-0,5275 to 0,5235	Não	>0,9999
M4ref(25) vs. M6carb(25)	0,7913	0,2156 to 1,367	Sim	0,0002
M4ref(25) vs. M6ext(25)	-0,7097	-1,235 to -0,1842	Sim	0,0002
M4ref(25) vs. M691(50)	1,024	0,4982 to 1,549	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M6ref(50)	0,894	0,3684 to 1,419	Sim	<0,0001
M4ref(25) vs. M6cic(50)	-0,001771	-0,5273 to 0,5238	Não	>0,9999
M4ref(25) vs. M6carb(50)	0,5712	0,04567 to 1,097	Sim	0,0159
M4ref(25) vs. M6ext(50)	-0,3638	-0,8893 to 0,1618	Não	0,6884
M4cic(25) vs. M4carb(25)	-5,013	-5,718 to -4,307	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M4ext(25)	-5,996	-6,542 to -5,450	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M491(50)	0,86	0,3345 to 1,386	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M4ref(50)	-3,24	-3,775 to -2,705	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M4cic(50)	-0,5878	-1,134 to -0,04167	Sim	0,0185
M4cic(25) vs. M4carb(50)	-3,499	-4,155 to -2,843	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M4ext(50)	-1,328	-1,854 to -0,8028	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M691(0)	0,885	0,3595 to 1,411	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6ref(0)	-3,687	-4,212 to -3,161	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6cic(0)	-5,756	-6,332 to -5,181	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6carb(0)	-4,283	-4,843 to -3,724	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6ext(0)	-5,908	-6,483 to -5,332	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M691(25)	0,9542	0,4286 to 1,480	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6ref(25)	0,858	0,3324 to 1,383	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6cic(25)	0,05427	-0,4713 to 0,5798	Não	>0,9999
M4cic(25) vs. M6carb(25)	0,8475	0,2718 to 1,423	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6ext(25)	-0,6535	-1,179 to -0,1280	Sim	0,0015
M4cic(25) vs. M691(50)	1,08	0,5545 to 1,606	Sim	<0,0001

M4cic(25) vs. M6ref(50)	0,9502	0,4247 to 1,476	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6cic(50)	0,05448	-0,4710 to 0,5800	Não	>0,9999
M4cic(25) vs. M6carb(50)	0,6274	0,1019 to 1,153	Sim	0,0032
M4cic(25) vs. M6ext(50)	-0,3075	-0,8330 to 0,2180	Não	0,9234
M4carb(25) vs. M4ext(25)	-0,9836	-1,665 to -0,3025	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M491(50)	5,873	5,208 to 6,537	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M4ref(50)	1,772	1,100 to 2,444	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M4cic(50)	4,425	3,744 to 5,106	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M4carb(50)	1,514	0,7411 to 2,286	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M4ext(50)	3,684	3,019 to 4,349	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M691(0)	5,898	5,233 to 6,562	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M6ref(0)	1,326	0,6611 to 1,991	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M6cic(0)	-0,7438	-1,449 to -0,03868	Sim	0,0247
M4carb(25) vs. M6carb(0)	0,729	0,03714 to 1,421	Sim	0,0251
M4carb(25) vs. M6ext(0)	-0,895	-1,600 to -0,1899	Sim	0,001
M4carb(25) vs. M691(25)	5,967	5,302 to 6,631	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M6ref(25)	5,87	5,206 to 6,535	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M6cic(25)	5,067	4,402 to 5,732	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M6carb(25)	5,86	5,155 to 6,565	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M6ext(25)	4,359	3,694 to 5,024	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M691(50)	6,093	5,428 to 6,757	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M6ref(50)	5,963	5,298 to 6,627	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M6cic(50)	5,067	4,402 to 5,732	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M6carb(50)	5,64	4,975 to 6,305	Sim	<0,0001
M4carb(25) vs. M6ext(50)	4,705	4,040 to 5,370	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M491(50)	6,856	6,363 to 7,349	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M4ref(50)	2,756	2,253 to 3,259	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M4cic(50)	5,408	4,893 to 5,923	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M4carb(50)	2,497	1,866 to 3,128	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M4ext(50)	4,668	4,175 to 5,161	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M691(0)	6,881	6,388 to 7,374	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6ref(0)	2,309	1,816 to 2,802	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6cic(0)	0,2399	-0,3063 to 0,7860	Não	0,9984
M4ext(25) vs. M6carb(0)	1,713	1,184 to 2,242	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6ext(0)	0,08862	-0,4575 to 0,6348	Não	>0,9999
M4ext(25) vs. M691(25)	6,95	6,457 to 7,443	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6ref(25)	6,854	6,361 to 7,347	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6cic(25)	6,05	5,557 to 6,543	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6carb(25)	6,844	6,297 to 7,390	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6ext(25)	5,343	4,850 to 5,836	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M691(50)	7,076	6,583 to 7,569	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6ref(50)	6,946	6,453 to 7,439	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6cic(50)	6,051	5,558 to 6,544	Sim	<0,0001

M4ext(25) vs. M6carb(50)	6,624	6,131 to 7,117	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6ext(50)	5,689	5,196 to 6,182	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M4ref(50)	-4,1	-4,581 to -3,620	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M4cic(50)	-1,448	-1,941 to -0,9548	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M4carb(50)	-4,359	-4,972 to -3,746	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M4ext(50)	-2,188	-2,658 to -1,718	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M691(0)	0,025	-0,4450 to 0,4950	Não	>0,9999
M491(50) vs. M6ref(0)	-4,547	-5,017 to -4,077	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6cic(0)	-6,616	-7,142 to -6,091	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6carb(0)	-5,143	-5,651 to -4,636	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6ext(0)	-6,768	-7,293 to -6,242	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M691(25)	0,09417	-0,3759 to 0,5642	Não	>0,9999
M491(50) vs. M6ref(25)	-0,002031	-0,4721 to 0,4680	Não	>0,9999
M491(50) vs. M6cic(25)	-0,8057	-1,276 to -0,3357	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6carb(25)	-0,0125	-0,5380 to 0,5130	Não	>0,9999
M491(50) vs. M6ext(25)	-1,513	-1,984 to -1,043	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M691(50)	0,22	-0,2500 to 0,6900	Não	0,9956
M491(50) vs. M6ref(50)	0,09021	-0,3798 to 0,5603	Não	>0,9999
M491(50) vs. M6cic(50)	-0,8055	-1,276 to -0,3355	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6carb(50)	-0,2326	-0,7026 to 0,2375	Não	0,9902
M491(50) vs. M6ext(50)	-1,168	-1,638 to -0,6975	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M4cic(50)	2,653	2,150 to 3,156	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M4carb(50)	-0,2585	-0,8795 to 0,3625	Não	0,9994
M4ref(50) vs. M4ext(50)	1,912	1,432 to 2,393	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M691(0)	4,125	3,645 to 4,606	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M6ref(0)	-0,4462	-0,9268 to 0,03440	Não	0,1142
M4ref(50) vs. M6cic(0)	-2,516	-3,051 to -1,981	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M6carb(0)	-1,043	-1,561 to -0,5255	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M6ext(0)	-2,667	-3,202 to -2,132	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M691(25)	4,195	3,714 to 4,675	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M6ref(25)	4,098	3,618 to 4,579	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M6cic(25)	3,295	2,814 to 3,775	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M6carb(25)	4,088	3,553 to 4,623	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M6ext(25)	2,587	2,106 to 3,068	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M691(50)	4,32	3,840 to 4,801	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M6ref(50)	4,191	3,710 to 4,671	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M6cic(50)	3,295	2,814 to 3,776	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M6carb(50)	3,868	3,387 to 4,349	Sim	<0,0001
M4ref(50) vs. M6ext(50)	2,933	2,452 to 3,414	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M4carb(50)	-2,911	-3,542 to -2,281	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M4ext(50)	-0,7405	-1,234 to -0,2475	Sim	<0,0001

M4cic(50) vs. M691(0)	1,473	0,9798 to 1,966	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6ref(0)	-3,099	-3,592 to -2,606	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6cic(0)	-5,168	-5,715 to -4,622	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6carb(0)	-3,696	-4,225 to -3,167	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6ext(0)	-5,32	-5,866 to -4,774	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M691(25)	1,542	1,049 to 2,035	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6ref(25)	1,446	0,9528 to 1,939	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6cic(25)	0,6421	0,1491 to 1,135	Sim	0,0005
M4cic(50) vs. M6carb(25)	1,435	0,8892 to 1,981	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6ext(25)	-0,06568	-0,5587 to 0,4273	Não	>0,9999
M4cic(50) vs. M691(50)	1,668	1,175 to 2,161	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6ref(50)	1,538	1,045 to 2,031	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6cic(50)	0,6423	0,1493 to 1,135	Sim	0,0005
M4cic(50) vs. M6carb(50)	1,215	0,7223 to 1,708	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6ext(50)	0,2803	-0,2127 to 0,7733	Não	0,9435
M4carb(50) vs. M4ext(50)	2,171	1,558 to 2,784	Sim	<0,0001
M4carb(50) vs. M691(0)	4,384	3,771 to 4,997	Sim	<0,0001
M4carb(50) vs. M6ref(0)	-0,1877	-0,8005 to 0,4252	Não	>0,9999
M4carb(50) vs. M6cic(0)	-2,257	-2,914 to -1,601	Sim	<0,0001
M4carb(50) vs. M6carb(0)	-0,7845	-1,427 to -0,1423	Sim	0,0021
M4carb(50) vs. M6ext(0)	-2,409	-3,065 to -1,752	Sim	<0,0001
M4carb(50) vs. M691(25)	4,453	3,840 to 5,066	Sim	<0,0001
M4carb(50) vs. M6ref(25)	4,357	3,744 to 4,970	Sim	<0,0001
M4carb(50) vs. M6cic(25)	3,553	2,940 to 4,166	Sim	<0,0001
M4carb(50) vs. M6carb(25)	4,347	3,690 to 5,003	Sim	<0,0001
M4carb(50) vs. M6ext(25)	2,846	2,233 to 3,458	Sim	<0,0001
M4carb(50) vs. M691(50)	4,579	3,966 to 5,192	Sim	<0,0001
M4carb(50) vs. M6ref(50)	4,449	3,836 to 5,062	Sim	<0,0001
M4carb(50) vs. M6cic(50)	3,553	2,941 to 4,166	Sim	<0,0001
M4carb(50) vs. M6carb(50)	4,126	3,514 to 4,739	Sim	<0,0001
M4carb(50) vs. M6ext(50)	3,192	2,579 to 3,804	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M691(0)	2,213	1,743 to 2,683	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6ref(0)	-2,358	-2,828 to -1,888	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6cic(0)	-4,428	-4,953 to -3,902	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6carb(0)	-2,955	-3,463 to -2,447	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6ext(0)	-4,579	-5,105 to -4,054	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M691(25)	2,283	1,812 to 2,753	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6ref(25)	2,186	1,716 to 2,656	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6cic(25)	1,383	0,9126 to 1,853	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6carb(25)	2,176	1,650 to 2,701	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6ext(25)	0,6748	0,2048 to 1,145	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M691(50)	2,408	1,938 to 2,878	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6ref(50)	2,279	1,808 to 2,749	Sim	<0,0001

M4ext(50) vs. M6cic(50)	1,383	0,9128 to 1,853	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6carb(50)	1,956	1,486 to 2,426	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6ext(50)	1,021	0,5508 to 1,491	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M6ref(0)	-4,572	-5,042 to -4,102	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M6cic(0)	-6,641	-7,167 to -6,116	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M6carb(0)	-5,168	-5,676 to -4,661	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M6ext(0)	-6,793	-7,318 to -6,267	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M691(25)	0,06917	-0,4009 to 0,5392	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6ref(25)	-0,02703	-0,4971 to 0,4430	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6cic(25)	-0,8307	-1,301 to -0,3607	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M6carb(25)	-0,0375	-0,5630 to 0,4880	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6ext(25)	-1,538	-2,009 to -1,068	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M691(50)	0,195	-0,2750 to 0,6650	Não	0,9994
M691(0) vs. M6ref(50)	0,06521	-0,4048 to 0,5353	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6cic(50)	-0,8305	-1,301 to -0,3605	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M6carb(50)	-0,2576	-0,7276 to 0,2125	Não	0,963
M691(0) vs. M6ext(50)	-1,193	-1,663 to -0,7225	Sim	<0,0001
M6ref(0) vs. M6cic(0)	-2,07	-2,595 to -1,544	Sim	<0,0001
M6ref(0) vs. M6carb(0)	-0,5968	-1,105 to -0,08910	Sim	0,0043
M6ref(0) vs. M6ext(0)	-2,221	-2,746 to -1,695	Sim	<0,0001
M6ref(0) vs. M691(25)	4,641	4,171 to 5,111	Sim	<0,0001
M6ref(0) vs. M6ref(25)	4,545	4,075 to 5,015	Sim	<0,0001
M6ref(0) vs. M6cic(25)	3,741	3,271 to 4,211	Sim	<0,0001
M6ref(0) vs. M6carb(25)	4,534	4,009 to 5,060	Sim	<0,0001
M6ref(0) vs. M6ext(25)	3,033	2,563 to 3,503	Sim	<0,0001
M6ref(0) vs. M691(50)	4,767	4,297 to 5,237	Sim	<0,0001
M6ref(0) vs. M6ref(50)	4,637	4,167 to 5,107	Sim	<0,0001
M6ref(0) vs. M6cic(50)	3,741	3,271 to 4,211	Sim	<0,0001
M6ref(0) vs. M6carb(50)	4,314	3,844 to 4,784	Sim	<0,0001
M6ref(0) vs. M6ext(50)	3,379	2,909 to 3,849	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6carb(0)	1,473	0,9133 to 2,032	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6ext(0)	-0,1513	-0,7269 to 0,4244	Não	>0,9999
M6cic(0) vs. M691(25)	6,71	6,185 to 7,236	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6ref(25)	6,614	6,089 to 7,140	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6cic(25)	5,811	5,285 to 6,336	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6carb(25)	6,604	6,028 to 7,179	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6ext(25)	5,103	4,577 to 5,628	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M691(50)	6,836	6,311 to 7,362	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6ref(50)	6,706	6,181 to 7,232	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6cic(50)	5,811	5,285 to 6,336	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6carb(50)	6,384	5,858 to 6,909	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6ext(50)	5,449	4,923 to 5,974	Sim	<0,0001
M6carb(0) vs. M6ext(0)	-1,624	-2,183 to -1,065	Sim	<0,0001

M6carb(0) vs. M691(25)	5,238	4,730 to 5,745	Sim	<0,0001
M6carb(0) vs. M6ref(25)	5,141	4,634 to 5,649	Sim	<0,0001
M6carb(0) vs. M6cic(25)	4,338	3,830 to 4,845	Sim	<0,0001
M6carb(0) vs. M6carb(25)	5,131	4,572 to 5,690	Sim	<0,0001
M6carb(0) vs. M6ext(25)	3,63	3,122 to 4,138	Sim	<0,0001
M6carb(0) vs. M691(50)	5,363	4,856 to 5,871	Sim	<0,0001
M6carb(0) vs. M6ref(50)	5,234	4,726 to 5,741	Sim	<0,0001
M6carb(0) vs. M6cic(50)	4,338	3,830 to 4,846	Sim	<0,0001
M6carb(0) vs. M6carb(50)	4,911	4,403 to 5,419	Sim	<0,0001
M6carb(0) vs. M6ext(50)	3,976	3,468 to 4,484	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M691(25)	6,862	6,336 to 7,387	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6ref(25)	6,765	6,240 to 7,291	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6cic(25)	5,962	5,436 to 6,487	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6carb(25)	6,755	6,179 to 7,331	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6ext(25)	5,254	4,728 to 5,780	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M691(50)	6,988	6,462 to 7,513	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6ref(50)	6,858	6,332 to 7,383	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6cic(50)	5,962	5,436 to 6,488	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6carb(50)	6,535	6,009 to 7,060	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6ext(50)	5,6	5,074 to 6,126	Sim	<0,0001
M691(25) vs. M6ref(25)	-0,0962	-0,5662 to 0,3738	Não	>0,9999
M691(25) vs. M6cic(25)	-0,8999	-1,370 to -0,4299	Sim	<0,0001
M691(25) vs. M6carb(25)	-0,1067	-0,6322 to 0,4189	Não	>0,9999
M691(25) vs. M6ext(25)	-1,608	-2,078 to -1,138	Sim	<0,0001
M691(25) vs. M691(50)	0,1258	-0,3442 to 0,5959	Não	>0,9999
M691(25) vs. M6ref(50)	-0,003958	-0,4740 to 0,4661	Não	>0,9999
M691(25) vs. M6cic(50)	-0,8997	-1,370 to -0,4296	Sim	<0,0001
M691(25) vs. M6carb(50)	-0,3267	-0,7968 to 0,1433	Não	0,6799
M691(25) vs. M6ext(50)	-1,262	-1,732 to -0,7916	Sim	<0,0001
M6ref(25) vs. M6cic(25)	-0,8037	-1,274 to -0,3337	Sim	<0,0001
M6ref(25) vs. M6carb(25)	-0,01047	-0,5360 to 0,5151	Não	>0,9999
M6ref(25) vs. M6ext(25)	-1,511	-1,982 to -1,041	Sim	<0,0001
M6ref(25) vs. M691(50)	0,222	-0,2480 to 0,6921	Não	0,995
M6ref(25) vs. M6ref(50)	0,09224	-0,3778 to 0,5623	Não	>0,9999
M6ref(25) vs. M6cic(50)	-0,8035	-1,274 to -0,3334	Sim	<0,0001
M6ref(25) vs. M6carb(50)	-0,2305	-0,7006 to 0,2395	Não	0,9913
M6ref(25) vs. M6ext(50)	-1,165	-1,636 to -0,6954	Sim	<0,0001
M6cic(25) vs. M6carb(25)	0,7932	0,2677 to 1,319	Sim	<0,0001
M6cic(25) vs. M6ext(25)	-0,7078	-1,178 to -0,2377	Sim	<0,0001
M6cic(25) vs. M691(50)	1,026	0,5557 to 1,496	Sim	<0,0001
M6cic(25) vs. M6ref(50)	0,8959	0,4259 to 1,366	Sim	<0,0001
M6cic(25) vs. M6cic(50)	0,0002083	-0,4698 to 0,4703	Não	>0,9999

M6cic(25) vs. M6carb(50)	0,5732	0,1031 to 1,043	Sim	0,0022
M6cic(25) vs. M6ext(50)	-0,3618	-0,8318 to 0,1083	Não	0,4547
M6carb(25) vs. M6ext(25)	-1,501	-2,027 to -0,9755	Sim	<0,0001
M6carb(25) vs. M691(50)	0,2325	-0,2930 to 0,7580	Não	0,9982
M6carb(25) vs. M6ref(50)	0,1027	-0,4228 to 0,6282	Não	>0,9999
M6carb(25) vs. M6cic(50)	-0,793	-1,319 to -0,2675	Sim	<0,0001
M6carb(25) vs. M6carb(50)	-0,2201	-0,7456 to 0,3055	Não	0,9993
M6carb(25) vs. M6ext(50)	-1,155	-1,681 to -0,6295	Sim	<0,0001
M6ext(25) vs. M691(50)	1,733	1,263 to 2,204	Sim	<0,0001
M6ext(25) vs. M6ref(50)	1,604	1,134 to 2,074	Sim	<0,0001
M6ext(25) vs. M6cic(50)	0,708	0,2379 to 1,178	Sim	<0,0001
M6ext(25) vs. M6carb(50)	1,281	0,8109 to 1,751	Sim	<0,0001
M6ext(25) vs. M6ext(50)	0,346	-0,1241 to 0,8160	Não	0,5563
M691(50) vs. M6ref(50)	-0,1298	-0,5998 to 0,3403	Não	>0,9999
M691(50) vs. M6cic(50)	-1,026	-1,496 to -0,5555	Sim	<0,0001
M691(50) vs. M6carb(50)	-0,4526	-0,9226 to 0,01749	Não	0,0779
M691(50) vs. M6ext(50)	-1,388	-1,858 to -0,9175	Sim	<0,0001
M6ref(50) vs. M6cic(50)	-0,8957	-1,366 to -0,4257	Sim	<0,0001
M6ref(50) vs. M6carb(50)	-0,3228	-0,7928 to 0,1473	Não	0,7042
M6ref(50) vs. M6ext(50)	-1,258	-1,728 to -0,7877	Sim	<0,0001
M6cic(50) vs. M6carb(50)	0,573	0,1029 to 1,043	Sim	0,0022
M6cic(50) vs. M6ext(50)	-0,362	-0,8320 to 0,1081	Não	0,4534
M6carb(50) vs. M6ext(50)	-0,9349	-1,405 to -0,4649	Sim	<0,0001

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 35- ANOVA da resistência à tração na flexão das argamassas mistas.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	Diferença significativa entre as médias (P<0,05)?
Entre grupos	196,3	29	6,769	454,7	<0,0001	
Dentro dos grupos	1,757	118	0,01489			Sim
Total	198,1	147				

SQ: soma de quadrados
gl: grau de liberdade
MQ: médias quadradas
F: Distribuição F de SNEDECOR
Valor-P: 0,05 (5%) é o nível de significância do teste

Teste de comparação múltipla de Tukey	Diferença Média	95,00% de Diferença de CI	Abaixo do limite?	Valor P Ajustado
M491(0) vs. M4lab(0)	-1,465	-1,774 to -1,155	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4cic(0)	-0,4953	-0,8321 to -0,1585	Sim	<0,0001

M491(0) vs. M4car(0)	-3,031	-3,367 to -2,694	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4ext(0)	-2,296	-2,588 to -2,004	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M491(25)	0,005273	-0,3041 to 0,3146	Não	>0,9999
M491(0) vs. M4lab(25)	-0,2613	-0,6471 to 0,1245	Não	0,6983
M491(0) vs. M4cic(25)	-0,109	-0,4948 to 0,2768	Não	>0,9999
M491(0) vs. M4car(25)	-1,409	-1,746 to -1,073	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4ext(25)	-1,008	-1,299 to -0,7162	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M491(50)	1,359	1,080 to 1,638	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4lab(50)	0,08086	-0,1984 to 0,3601	Não	>0,9999
M491(0) vs. M4cic(50)	1,122	0,8305 to 1,414	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4car(50)	-0,1207	-0,4300 to 0,1886	Não	0,9996
M491(0) vs. M4ext(50)	0,9824	0,7032 to 1,262	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M691(0)	1,324	1,045 to 1,603	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6lab(0)	-0,1688	-0,4480 to 0,1105	Não	0,8718
M491(0) vs. M6cic(0)	-0,9289	-1,266 to -0,5921	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6car(0)	-0,6932	-1,003 to -0,3838	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6ext(0)	-0,7398	-1,077 to -0,4031	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M691(25)	1,416	1,137 to 1,695	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6lab(25)	1,295	1,016 to 1,575	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6cic(25)	1,192	0,9130 to 1,471	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6car(25)	1,385	1,075 to 1,694	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6ext(25)	1,29	1,011 to 1,569	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M691(50)	1,418	1,139 to 1,698	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6lab(50)	1,393	1,114 to 1,672	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6cic(50)	1,234	0,9551 to 1,514	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6car(50)	1,374	1,095 to 1,653	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6ext(50)	1,301	1,022 to 1,580	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M4cic(0)	0,9695	0,6173 to 1,322	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M4car(0)	-1,566	-1,918 to -1,214	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M4ext(0)	-0,8311	-1,140 to -0,5217	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M491(25)	1,47	1,144 to 1,796	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M4lab(25)	1,204	0,8042 to 1,603	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M4cic(25)	1,356	0,9565 to 1,755	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M4car(25)	0,05547	-0,2967 to 0,4077	Não	>0,9999
M4lab(0) vs. M4ext(25)	0,457	0,1477 to 0,7664	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M491(50)	2,824	2,526 to 3,121	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M4lab(50)	1,546	1,248 to 1,843	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M4cic(50)	2,587	2,278 to 2,896	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M4car(50)	1,344	1,018 to 1,670	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M4ext(50)	2,447	2,150 to 2,745	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M691(0)	2,789	2,491 to 3,087	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6lab(0)	1,296	0,9984 to 1,594	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6cic(0)	0,5359	0,1837 to 0,8881	Sim	<0,0001

M4lab(0) vs. M6car(0)	0,7717	0,4456 to 1,098	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6ext(0)	0,725	0,3728 to 1,077	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M691(25)	2,881	2,583 to 3,179	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6lab(25)	2,76	2,462 to 3,058	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6cic(25)	2,657	2,359 to 2,955	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6car(25)	2,849	2,523 to 3,175	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6ext(25)	2,755	2,457 to 3,052	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M691(50)	2,883	2,586 to 3,181	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6lab(50)	2,858	2,560 to 3,155	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6cic(50)	2,699	2,402 to 2,997	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6car(50)	2,839	2,541 to 3,136	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6ext(50)	2,766	2,468 to 3,063	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4car(0)	-2,535	-2,912 to -2,159	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4ext(0)	-1,801	-2,137 to -1,464	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M491(25)	0,5006	0,1484 to 0,8528	Sim	0,0001
M4cic(0) vs. M4lab(25)	0,234	-0,1870 to 0,6549	Não	0,9429
M4cic(0) vs. M4cic(25)	0,3863	-0,03464 to 0,8073	Não	0,123
M4cic(0) vs. M4car(25)	-0,9141	-1,291 to -0,5375	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4ext(25)	-0,5125	-0,8493 to - 0,1757	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M491(50)	1,854	1,528 to 2,180	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4lab(50)	0,5762	0,2501 to 0,9023	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4cic(50)	1,618	1,281 to 1,954	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4car(50)	0,3746	0,02240 to 0,7268	Sim	0,0229
M4cic(0) vs. M4ext(50)	1,478	1,152 to 1,804	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M691(0)	1,82	1,493 to 2,146	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6lab(0)	0,3266	0,0004843 to 0,6526	Sim	0,0491
M4cic(0) vs. M6cic(0)	-0,4336	-0,8101 to - 0,05707	Sim	0,0071
M4cic(0) vs. M6car(0)	-0,1979	-0,5501 to 0,1544	Não	0,9362
M4cic(0) vs. M6ext(0)	-0,2445	-0,6211 to 0,1320	Não	0,7726
M4cic(0) vs. M691(25)	1,911	1,585 to 2,237	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6lab(25)	1,791	1,465 to 2,117	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6cic(25)	1,688	1,361 to 2,014	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6car(25)	1,88	1,528 to 2,232	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6ext(25)	1,785	1,459 to 2,111	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M691(50)	1,914	1,588 to 2,240	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6lab(50)	1,888	1,562 to 2,214	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6cic(50)	1,73	1,404 to 2,056	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6car(50)	1,869	1,543 to 2,195	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6ext(50)	1,796	1,470 to 2,122	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M4ext(0)	0,7347	0,3979 to 1,071	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M491(25)	3,036	2,684 to 3,388	Sim	<0,0001

M4car(0) vs. M4lab(25)	2,769	2,348 to 3,190	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M4cic(25)	2,922	2,501 to 3,343	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M4car(25)	1,621	1,245 to 1,998	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M4ext(25)	2,023	1,686 to 2,360	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M491(50)	4,39	4,063 to 4,716	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M4lab(50)	3,111	2,785 to 3,438	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M4cic(50)	4,153	3,816 to 4,490	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M4car(50)	2,91	2,558 to 3,262	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M4ext(50)	4,013	3,687 to 4,339	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M691(0)	4,355	4,029 to 4,681	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6lab(0)	2,862	2,536 to 3,188	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6cic(0)	2,102	1,725 to 2,478	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6car(0)	2,337	1,985 to 2,690	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6ext(0)	2,291	1,914 to 2,667	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M691(25)	4,447	4,121 to 4,773	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6lab(25)	4,326	4,000 to 4,652	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6cic(25)	4,223	3,897 to 4,549	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6car(25)	4,415	4,063 to 4,767	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6ext(25)	4,32	3,994 to 4,646	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M691(50)	4,449	4,123 to 4,775	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6lab(50)	4,424	4,097 to 4,750	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6cic(50)	4,265	3,939 to 4,591	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6car(50)	4,404	4,078 to 4,730	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6ext(50)	4,331	4,005 to 4,657	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M491(25)	2,301	1,992 to 2,611	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4lab(25)	2,035	1,649 to 2,420	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4cic(25)	2,187	1,801 to 2,573	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4car(25)	0,8865	0,5498 to 1,223	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4ext(25)	1,288	0,9964 to 1,580	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M491(50)	3,655	3,376 to 3,934	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4lab(50)	2,377	2,098 to 2,656	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4cic(50)	3,418	3,126 to 3,710	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4car(50)	2,175	1,866 to 2,485	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4ext(50)	3,278	2,999 to 3,558	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M691(0)	3,62	3,341 to 3,899	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6lab(0)	2,127	1,848 to 2,406	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6cic(0)	1,367	1,030 to 1,704	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6car(0)	1,603	1,293 to 1,912	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6ext(0)	1,556	1,219 to 1,893	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M691(25)	3,712	3,433 to 3,991	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6lab(25)	3,591	3,312 to 3,870	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6cic(25)	3,488	3,209 to 3,767	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6car(25)	3,68	3,371 to 3,990	Sim	<0,0001

M4ext(0) vs. M6ext(25)	3,586	3,307 to 3,865	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M691(50)	3,714	3,435 to 3,994	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6lab(50)	3,689	3,410 to 3,968	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6cic(50)	3,53	3,251 to 3,810	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6car(50)	3,67	3,390 to 3,949	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6ext(50)	3,597	3,317 to 3,876	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M4lab(25)	-0,2666	-0,6660 to 0,1328	Não	0,7252
M491(25) vs. M4cic(25)	-0,1143	-0,5136 to 0,2851	Não	>0,9999
M491(25) vs. M4car(25)	-1,415	-1,767 to -1,062	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M4ext(25)	-1,013	-1,322 to -0,7037	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M491(50)	1,354	1,056 to 1,651	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M4lab(50)	0,07559	-0,2221 to 0,3733	Não	>0,9999
M491(25) vs. M4cic(50)	1,117	0,8076 to 1,426	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M4car(50)	-0,126	-0,4521 to 0,2001	Não	0,9997
M491(25) vs. M4ext(50)	0,9771	0,6795 to 1,275	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M691(0)	1,319	1,021 to 1,617	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6lab(0)	-0,174	-0,4717 to 0,1236	Não	0,9052
M491(25) vs. M6cic(0)	-0,9342	-1,286 to -0,5820	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6car(0)	-0,6984	-1,025 to -0,3724	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6ext(0)	-0,7451	-1,097 to -0,3929	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M691(25)	1,411	1,113 to 1,708	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6lab(25)	1,29	0,9924 to 1,588	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6cic(25)	1,187	0,8892 to 1,485	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6car(25)	1,379	1,053 to 1,705	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6ext(25)	1,285	0,9869 to 1,582	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M691(50)	1,413	1,115 to 1,711	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6lab(50)	1,388	1,090 to 1,685	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6cic(50)	1,229	0,9314 to 1,527	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6car(50)	1,369	1,071 to 1,666	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6ext(50)	1,296	0,9978 to 1,593	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M4cic(25)	0,1523	-0,3088 to 0,6135	Não	>0,9999
M4lab(25) vs. M4car(25)	-1,148	-1,569 to -0,7271	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M4ext(25)	-0,7465	-1,132 to -0,3607	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M491(50)	1,62	1,244 to 1,997	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M4lab(50)	0,3422	-0,03434 to 0,7187	Não	0,1345
M4lab(25) vs. M4cic(50)	1,384	0,9977 to 1,769	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M4car(50)	0,1406	-0,2587 to 0,5400	Não	>0,9999
M4lab(25) vs. M4ext(50)	1,244	0,8672 to 1,620	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M691(0)	1,586	1,209 to 1,962	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6lab(0)	0,09258	-0,2839 to 0,4691	Não	>0,9999
M4lab(25) vs. M6cic(0)	-0,6676	-1,089 to -0,2466	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6car(0)	-0,4318	-0,8312 to - 0,03247	Sim	0,0183

M4lab(25) vs. M6ext(0)	-0,4785	-0,8995 to - 0,05755	Sim	0,0087
M4lab(25) vs. M691(25)	1,677	1,301 to 2,054	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6lab(25)	1,557	1,180 to 1,933	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6cic(25)	1,454	1,077 to 1,830	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6car(25)	1,646	1,247 to 2,045	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6ext(25)	1,551	1,175 to 1,928	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M691(50)	1,68	1,303 to 2,056	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6lab(50)	1,654	1,278 to 2,031	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6cic(50)	1,496	1,119 to 1,872	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6car(50)	1,635	1,259 to 2,012	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6ext(50)	1,562	1,186 to 1,939	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M4car(25)	-1,3	-1,721 to -0,8794	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M4ext(25)	-0,8988	-1,285 to -0,5130	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M491(50)	1,468	1,091 to 1,844	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M4lab(50)	0,1898	-0,1867 to 0,5664	Não	0,9817
M4cic(25) vs. M4cic(50)	1,231	0,8454 to 1,617	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M4car(50)	-0,01172	-0,4111 to 0,3876	Não	>0,9999
M4cic(25) vs. M4ext(50)	1,091	0,7149 to 1,468	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M691(0)	1,433	1,057 to 1,810	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6lab(0)	-0,05977	-0,4363 to 0,3168	Não	>0,9999
M4cic(25) vs. M6cic(0)	-0,8199	-1,241 to -0,3990	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6car(0)	-0,5842	-0,9835 to - 0,1848	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6ext(0)	-0,6309	-1,052 to -0,2099	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M691(25)	1,525	1,148 to 1,902	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6lab(25)	1,404	1,028 to 1,781	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6cic(25)	1,301	0,9246 to 1,678	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6car(25)	1,494	1,094 to 1,893	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6ext(25)	1,399	1,022 to 1,775	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M691(50)	1,527	1,151 to 1,904	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6lab(50)	1,502	1,125 to 1,878	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6cic(50)	1,343	0,9668 to 1,720	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6car(50)	1,483	1,106 to 1,859	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6ext(50)	1,41	1,033 to 1,786	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M4ext(25)	0,4016	0,06479 to 0,7383	Sim	0,0039
M4car(25) vs. M491(50)	2,768	2,442 to 3,094	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M4lab(50)	1,49	1,164 to 1,816	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M4cic(50)	2,532	2,195 to 2,868	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M4car(50)	1,289	0,9365 to 1,641	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M4ext(50)	2,392	2,066 to 2,718	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M691(0)	2,734	2,408 to 3,060	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6lab(0)	1,241	0,9145 to 1,567	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6cic(0)	0,4805	0,1039 to 0,8570	Sim	0,0011

M4car(25) vs. M6car(0)	0,7162	0,3640 to 1,068	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6ext(0)	0,6695	0,2930 to 1,046	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M691(25)	2,825	2,499 to 3,151	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6lab(25)	2,705	2,379 to 3,031	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6cic(25)	2,602	2,275 to 2,928	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6car(25)	2,794	2,442 to 3,146	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6ext(25)	2,699	2,373 to 3,025	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M691(50)	2,828	2,502 to 3,154	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6lab(50)	2,802	2,476 to 3,128	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6cic(50)	2,644	2,318 to 2,970	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6car(50)	2,783	2,457 to 3,109	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6ext(50)	2,71	2,384 to 3,036	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M491(50)	2,367	2,088 to 2,646	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M4lab(50)	1,089	0,8094 to 1,368	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M4cic(50)	2,13	1,838 to 2,422	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M4car(50)	0,8871	0,5778 to 1,196	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M4ext(50)	1,99	1,711 to 2,269	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M691(0)	2,332	2,053 to 2,611	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6lab(0)	0,8391	0,5598 to 1,118	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6cic(0)	0,07891	-0,2579 to 0,4157	Não	>0,9999
M4ext(25) vs. M6car(0)	0,3146	0,005304 to 0,6240	Sim	0,0408
M4ext(25) vs. M6ext(0)	0,268	-0,06880 to 0,6047	Não	0,3578
M4ext(25) vs. M691(25)	2,424	2,145 to 2,703	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6lab(25)	2,303	2,024 to 2,582	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6cic(25)	2,2	1,921 to 2,479	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6car(25)	2,392	2,083 to 2,702	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6ext(25)	2,298	2,018 to 2,577	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M691(50)	2,426	2,147 to 2,705	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6lab(50)	2,401	2,122 to 2,680	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6cic(50)	2,242	1,963 to 2,521	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6car(50)	2,382	2,102 to 2,661	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6ext(50)	2,309	2,029 to 2,588	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M4lab(50)	-1,278	-1,544 to -1,012	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M4cic(50)	-0,2368	-0,5160 to 0,04244	Não	0,2364
M491(50) vs. M4car(50)	-1,48	-1,777 to -1,182	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M4ext(50)	-0,3766	-0,6428 to - 0,1103	Sim	0,0001
M491(50) vs. M691(0)	-0,03477	-0,3010 to 0,2315	Não	>0,9999
M491(50) vs. M6lab(0)	-1,528	-1,794 to -1,261	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6cic(0)	-2,288	-2,614 to -1,962	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6car(0)	-2,052	-2,350 to -1,754	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6ext(0)	-2,099	-2,425 to -1,773	Sim	<0,0001

M491(50) vs. M691(25)	0,05703	-0,2092 to 0,3233	Não	>0,9999
M491(50) vs. M6lab(25)	-0,06367	-0,3299 to 0,2026	Não	>0,9999
M491(50) vs. M6cic(25)	-0,1668	-0,4330 to 0,09944	Não	0,8268
M491(50) vs. M6car(25)	0,02559	-0,2721 to 0,3233	Não	>0,9999
M491(50) vs. M6ext(25)	-0,06914	-0,3354 to 0,1971	Não	>0,9999
M491(50) vs. M691(50)	0,05938	-0,2069 to 0,3256	Não	>0,9999
M491(50) vs. M6lab(50)	0,03398	-0,2323 to 0,3002	Não	>0,9999
M491(50) vs. M6cic(50)	-0,1246	-0,3909 to 0,1416	Não	0,9933
M491(50) vs. M6car(50)	0,01484	-0,2514 to 0,2811	Não	>0,9999
M491(50) vs. M6ext(50)	-0,0582	-0,3244 to 0,2080	Não	>0,9999
M4lab(50) vs. M4cic(50)	1,041	0,7621 to 1,321	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M4car(50)	-0,2016	-0,4992 to 0,09610	Não	0,6988
M4lab(50) vs. M4ext(50)	0,9016	0,6353 to 1,168	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M691(0)	1,243	0,9771 to 1,510	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6lab(0)	-0,2496	-0,5159 to 0,01663	Não	0,1003
M4lab(50) vs. M6cic(0)	-1,01	-1,336 to -0,6837	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6car(0)	-0,774	-1,072 to -0,4764	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6ext(0)	-0,8207	-1,147 to -0,4946	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M691(25)	1,335	1,069 to 1,601	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6lab(25)	1,214	0,9482 to 1,481	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6cic(25)	1,111	0,8451 to 1,378	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6car(25)	1,304	1,006 to 1,601	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6ext(25)	1,209	0,9427 to 1,475	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M691(50)	1,338	1,071 to 1,604	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6lab(50)	1,312	1,046 to 1,578	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6cic(50)	1,154	0,8873 to 1,420	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6car(50)	1,293	1,027 to 1,559	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6ext(50)	1,22	0,9537 to 1,486	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M4car(50)	-1,243	-1,552 to -0,9335	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M4ext(50)	-0,1398	-0,4190 to 0,1395	Não	0,9833
M4cic(50) vs. M691(0)	0,202	-0,07721 to 0,4813	Não	0,5633
M4cic(50) vs. M6lab(0)	-1,291	-1,570 to -1,012	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6cic(0)	-2,051	-2,388 to -1,714	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6car(0)	-1,815	-2,125 to -1,506	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6ext(0)	-1,862	-2,199 to -1,525	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M691(25)	0,2938	0,01459 to 0,5731	Sim	0,0265
M4cic(50) vs. M6lab(25)	0,1731	-0,1061 to 0,4524	Não	0,8408
M4cic(50) vs. M6cic(25)	0,07	-0,2092 to 0,3492	Não	>0,9999
M4cic(50) vs. M6car(25)	0,2624	-0,04696 to 0,5717	Não	0,236
M4cic(50) vs. M6ext(25)	0,1677	-0,1116 to 0,4469	Não	0,8789

M4cic(50) vs. M691(50)	0,2962	0,01694 to 0,5754	Sim	0,0238
M4cic(50) vs. M6lab(50)	0,2708	-0,008455 to 0,5500	Não	0,0707
M4cic(50) vs. M6cic(50)	0,1122	-0,1670 to 0,3914	Não	0,9994
M4cic(50) vs. M6car(50)	0,2516	-0,02760 to 0,5309	Não	0,1451
M4cic(50) vs. M6ext(50)	0,1786	-0,1006 to 0,4578	Não	0,7968
M4car(50) vs. M4ext(50)	1,103	0,8055 to 1,401	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M691(0)	1,445	1,147 to 1,743	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6lab(0)	-0,04805	-0,3457 to 0,2496	Não	>0,9999
M4car(50) vs. M6cic(0)	-0,8082	-1,160 to -0,4560	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6car(0)	-0,5725	-0,8985 to - 0,2464	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6ext(0)	-0,6191	-0,9713 to - 0,2669	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M691(25)	1,537	1,239 to 1,834	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6lab(25)	1,416	1,118 to 1,714	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6cic(25)	1,313	1,015 to 1,611	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6car(25)	1,505	1,179 to 1,831	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6ext(25)	1,411	1,113 to 1,708	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M691(50)	1,539	1,241 to 1,837	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6lab(50)	1,514	1,216 to 1,811	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6cic(50)	1,355	1,057 to 1,653	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6car(50)	1,495	1,197 to 1,792	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6ext(50)	1,421	1,124 to 1,719	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M691(0)	0,3418	0,07556 to 0,6080	Sim	0,001
M4ext(50) vs. M6lab(0)	-1,151	-1,417 to -0,8849	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6cic(0)	-1,911	-2,237 to -1,585	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6car(0)	-1,676	-1,973 to -1,378	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6ext(0)	-1,722	-2,048 to -1,396	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M691(25)	0,4336	0,1674 to 0,6998	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6lab(25)	0,3129	0,04665 to 0,5791	Sim	0,0051
M4ext(50) vs. M6cic(25)	0,2098	-0,05648 to 0,4760	Não	0,3784
M4ext(50) vs. M6car(25)	0,4021	0,1045 to 0,6998	Sim	0,0003
M4ext(50) vs. M6ext(25)	0,3074	0,04118 to 0,5737	Sim	0,0068
M4ext(50) vs. M691(50)	0,4359	0,1697 to 0,7022	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6lab(50)	0,4105	0,1443 to 0,6768	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6cic(50)	0,252	-0,01429 to 0,5182	Não	0,0913
M4ext(50) vs. M6car(50)	0,3914	0,1252 to 0,6576	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6ext(50)	0,3184	0,05212 to 0,5846	Sim	0,0038
M691(0) vs. M6lab(0)	-1,493	-1,759 to -1,227	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M6cic(0)	-2,253	-2,579 to -1,927	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M6car(0)	-2,017	-2,315 to -1,720	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M6ext(0)	-2,064	-2,390 to -1,738	Sim	<0,0001

M691(0) vs. M691(25)	0,0918	-0,1744 to 0,3580	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6lab(25)	-0,02891	-0,2951 to 0,2373	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6cic(25)	-0,132	-0,3983 to 0,1342	Não	0,9852
M691(0) vs. M6car(25)	0,06035	-0,2373 to 0,3580	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6ext(25)	-0,03437	-0,3006 to 0,2319	Não	>0,9999
M691(0) vs. M691(50)	0,09414	-0,1721 to 0,3604	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6lab(50)	0,06875	-0,1975 to 0,3350	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6cic(50)	-0,08984	-0,3561 to 0,1764	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6car(50)	0,04961	-0,2166 to 0,3159	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6ext(50)	-0,02344	-0,2897 to 0,2428	Não	>0,9999
M6lab(0) vs. M6cic(0)	-0,7602	-1,086 to -0,4341	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M6car(0)	-0,5244	-0,8221 to -0,2267	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M6ext(0)	-0,5711	-0,8972 to -0,2450	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M691(25)	1,585	1,319 to 1,851	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M6lab(25)	1,464	1,198 to 1,730	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M6cic(25)	1,361	1,095 to 1,627	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M6car(25)	1,553	1,256 to 1,851	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M6ext(25)	1,459	1,192 to 1,725	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M691(50)	1,587	1,321 to 1,853	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M6lab(50)	1,562	1,295 to 1,828	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M6cic(50)	1,403	1,137 to 1,669	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M6car(50)	1,543	1,276 to 1,809	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M6ext(50)	1,47	1,203 to 1,736	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6car(0)	0,2357	-0,1165 to 0,5879	Não	0,7204
M6cic(0) vs. M6ext(0)	0,1891	-0,1875 to 0,5656	Não	0,9826
M6cic(0) vs. M691(25)	2,345	2,019 to 2,671	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6lab(25)	2,224	1,898 to 2,550	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6cic(25)	2,121	1,795 to 2,447	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6car(25)	2,313	1,961 to 2,666	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6ext(25)	2,219	1,893 to 2,545	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M691(50)	2,347	2,021 to 2,673	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6lab(50)	2,322	1,996 to 2,648	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6cic(50)	2,163	1,837 to 2,489	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6car(50)	2,303	1,977 to 2,629	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6ext(50)	2,23	1,904 to 2,556	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6ext(0)	-0,04668	-0,3989 to 0,3055	Não	>0,9999
M6car(0) vs. M691(25)	2,109	1,812 to 2,407	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6lab(25)	1,988	1,691 to 2,286	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6cic(25)	1,885	1,588 to 2,183	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6car(25)	2,078	1,752 to 2,404	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6ext(25)	1,983	1,685 to 2,281	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M691(50)	2,112	1,814 to 2,409	Sim	<0,0001

M6car(0) vs. M6lab(50)	2,086	1,788 to 2,384	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6cic(50)	1,928	1,630 to 2,225	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6car(50)	2,067	1,769 to 2,365	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6ext(50)	1,994	1,696 to 2,292	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M691(25)	2,156	1,830 to 2,482	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6lab(25)	2,035	1,709 to 2,361	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6cic(25)	1,932	1,606 to 2,258	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6car(25)	2,124	1,772 to 2,477	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6ext(25)	2,03	1,704 to 2,356	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M691(50)	2,158	1,832 to 2,484	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6lab(50)	2,133	1,807 to 2,459	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6cic(50)	1,974	1,648 to 2,300	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6car(50)	2,114	1,788 to 2,440	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6ext(50)	2,041	1,715 to 2,367	Sim	<0,0001
M691(25) vs. M6lab(25)	-0,1207	-0,3869 to 0,1455	Não	0,9958
M691(25) vs. M6cic(25)	-0,2238	-0,4901 to 0,04241	Não	0,2515
M691(25) vs. M6car(25)	-0,03145	-0,3291 to 0,2662	Não	>0,9999
M691(25) vs. M6ext(25)	-0,1262	-0,3924 to 0,1401	Não	0,992
M691(25) vs. M691(50)	0,002344	-0,2639 to 0,2686	Não	>0,9999
M691(25) vs. M6lab(50)	-0,02305	-0,2893 to 0,2432	Não	>0,9999
M691(25) vs. M6cic(50)	-0,1816	-0,4479 to 0,08460	Não	0,6844
M691(25) vs. M6car(50)	-0,04219	-0,3084 to 0,2241	Não	>0,9999
M691(25) vs. M6ext(50)	-0,1152	-0,3815 to 0,1510	Não	0,9979
M6lab(25) vs. M6cic(25)	-0,1031	-0,3694 to 0,1631	Não	0,9997
M6lab(25) vs. M6car(25)	0,08926	-0,2084 to 0,3869	Não	>0,9999
M6lab(25) vs. M6ext(25)	-0,005469	-0,2717 to 0,2608	Não	>0,9999
M6lab(25) vs. M691(50)	0,123	-0,1432 to 0,3893	Não	0,9944
M6lab(25) vs. M6lab(50)	0,09766	-0,1686 to 0,3639	Não	0,9999
M6lab(25) vs. M6cic(50)	-0,06094	-0,3272 to 0,2053	Não	>0,9999
M6lab(25) vs. M6car(50)	0,07852	-0,1877 to 0,3448	Não	>0,9999
M6lab(25) vs. M6ext(50)	0,005469	-0,2608 to 0,2717	Não	>0,9999
M6cic(25) vs. M6car(25)	0,1924	-0,1053 to 0,4901	Não	0,7804
M6cic(25) vs. M6ext(25)	0,09766	-0,1686 to 0,3639	Não	0,9999
M6cic(25) vs. M691(50)	0,2262	-0,04007 to 0,4924	Não	0,2334
M6cic(25) vs. M6lab(50)	0,2008	-0,06546 to 0,4670	Não	0,4728
M6cic(25) vs. M6cic(50)	0,04219	-0,2241 to 0,3084	Não	>0,9999
M6cic(25) vs. M6car(50)	0,1816	-0,08460 to 0,4479	Não	0,6844
M6cic(25) vs. M6ext(50)	0,1086	-0,1576 to 0,3748	Não	0,9992
M6car(25) vs. M6ext(25)	-0,09473	-0,3924 to 0,2029	Não	>0,9999

M6car(25) vs. M691(50)	0,03379	-0,2639 to 0,3315	Não	>0,9999
M6car(25) vs. M6lab(50)	0,008398	-0,2893 to 0,3061	Não	>0,9999
M6car(25) vs. M6cic(50)	-0,1502	-0,4479 to 0,1475	Não	0,9815
M6car(25) vs. M6car(50)	-0,01074	-0,3084 to 0,2869	Não	>0,9999
M6car(25) vs. M6ext(50)	-0,08379	-0,3815 to 0,2139	Não	>0,9999
M6ext(25) vs. M691(50)	0,1285	-0,1377 to 0,3948	Não	0,9897
M6ext(25) vs. M6lab(50)	0,1031	-0,1631 to 0,3694	Não	0,9997
M6ext(25) vs. M6cic(50)	-0,05547	-0,3217 to 0,2108	Não	>0,9999
M6ext(25) vs. M6car(50)	0,08398	-0,1823 to 0,3502	Não	>0,9999
M6ext(25) vs. M6ext(50)	0,01094	-0,2553 to 0,2772	Não	>0,9999
M691(50) vs. M6lab(50)	-0,02539	-0,2916 to 0,2409	Não	>0,9999
M691(50) vs. M6cic(50)	-0,184	-0,4502 to 0,08226	Não	0,6592
M691(50) vs. M6car(50)	-0,04453	-0,3108 to 0,2217	Não	>0,9999
M691(50) vs. M6ext(50)	-0,1176	-0,3838 to 0,1487	Não	0,9972
M6lab(50) vs. M6cic(50)	-0,1586	-0,4248 to 0,1076	Não	0,8872
M6lab(50) vs. M6car(50)	-0,01914	-0,2854 to 0,2471	Não	>0,9999
M6lab(50) vs. M6ext(50)	-0,09219	-0,3584 to 0,1741	Não	>0,9999
M6cic(50) vs. M6car(50)	0,1395	-0,1268 to 0,4057	Não	0,9707
M6cic(50) vs. M6ext(50)	0,06641	-0,1998 to 0,3326	Não	>0,9999
M6car(50) vs. M6ext(50)	-0,07305	-0,3393 to 0,1932	Não	>0,9999

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 36- ANOVA densidade de massa no estado endurecido das argamassas mistas.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	Diferença significativa entre as médias (P<0,05)?
Entre grupos	1958157	29	67523	106,8	<0,0001	
Dentro dos grupos	49297	78	632			Sim
Total	2007454	107				

SQ: soma de quadrados

gl: grau de liberdade

MQ: médias quadradas

F: Distribuição F de SNEDECOR

Valor-P: 0,05 (5%) é o nível de significância do teste

Teste de comparação múltipla de Tukey	Diferença Média	95,00% de Diferença de CI	Abaixo do limite?	Valor P Ajustado
M491(0) vs. M4lab(0)	40,67	-28,53 to 109,9	Não	0,8846
M491(0) vs. M4cic(0)	39,26	-29,93 to 108,5	Não	0,9164
M491(0) vs. M4car(0)	-21,04	-90,23 to 48,16	Não	>0,9999
M491(0) vs. M4ext(0)	-21,5	-90,70 to 47,69	Não	>0,9999
M491(0) vs. M491(25)	21,09	-35,41 to 77,59	Não	0,9997

M491(0) vs. M4lab(25)	102,4	33,20 to 171,6	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4cic(25)	95,2	26,00 to 164,4	Sim	0,0003
M491(0) vs. M4car(25)	56,41	-12,79 to 125,6	Não	0,2957
M491(0) vs. M4ext(25)	-11,5	-80,70 to 57,69	Não	>0,9999
M491(0) vs. M491(50)	198,2	141,7 to 254,7	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4lab(50)	79,49	10,29 to 148,7	Sim	0,008
M491(0) vs. M4cic(50)	138,1	68,88 to 207,3	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M4car(50)	78	8,804 to 147,2	Sim	0,0106
M491(0) vs. M4ext(50)	110,9	41,68 to 180,1	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M691(0)	318,4	261,9 to 374,9	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6lab(0)	228,3	159,1 to 297,5	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6cic(0)	88,13	18,93 to 157,3	Sim	0,0014
M491(0) vs. M6car(0)	172,6	103,4 to 241,8	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6ext(0)	17,23	-51,96 to 86,43	Não	>0,9999
M491(0) vs. M691(25)	344	287,5 to 400,5	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6lab(25)	367,8	298,6 to 437,0	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6cic(25)	309,9	240,7 to 379,1	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6car(25)	319	249,8 to 388,2	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6ext(25)	260,5	191,3 to 329,7	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M691(50)	319,1	262,6 to 375,6	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6lab(50)	342,6	273,4 to 411,8	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6cic(50)	327,7	258,5 to 396,9	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6car(50)	337,8	268,6 to 407,0	Sim	<0,0001
M491(0) vs. M6ext(50)	271,7	202,5 to 340,9	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M4cic(0)	-1,406	-81,31 to 78,50	Não	>0,9999
M4lab(0) vs. M4car(0)	-61,71	-141,6 to 18,20	Não	0,4028
M4lab(0) vs. M4ext(0)	-62,17	-142,1 to 17,73	Não	0,3872
M4lab(0) vs. M491(25)	-19,58	-88,77 to 49,62	Não	>0,9999
M4lab(0) vs. M4lab(25)	61,73	-18,17 to 141,6	Não	0,4019
M4lab(0) vs. M4cic(25)	54,53	-25,37 to 134,4	Não	0,6601
M4lab(0) vs. M4car(25)	15,74	-64,16 to 95,64	Não	>0,9999
M4lab(0) vs. M4ext(25)	-52,17	-132,1 to 27,73	Não	0,7409
M4lab(0) vs. M491(50)	157,5	88,32 to 226,7	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M4lab(50)	38,82	-41,09 to 118,7	Não	0,9853
M4lab(0) vs. M4cic(50)	97,41	17,51 to 177,3	Sim	0,0031
M4lab(0) vs. M4car(50)	37,33	-42,57 to 117,2	Não	0,9912
M4lab(0) vs. M4ext(50)	70,21	-9,694 to 150,1	Não	0,1733
M4lab(0) vs. M691(0)	277,8	208,6 to 347,0	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6lab(0)	187,6	107,7 to 267,5	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6cic(0)	47,46	-32,44 to 127,4	Não	0,8735
M4lab(0) vs. M6car(0)	131,9	52,04 to 211,8	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6ext(0)	-23,44	-103,3 to 56,47	Não	>0,9999
M4lab(0) vs. M691(25)	303,4	234,2 to 372,6	Sim	<0,0001

M4lab(0) vs. M6lab(25)	327,1	247,2 to 407,0	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6cic(25)	269,3	189,4 to 349,2	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6car(25)	278,4	198,5 to 358,3	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6ext(25)	219,8	139,9 to 299,7	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M691(50)	278,5	209,3 to 347,7	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6lab(50)	301,9	222,0 to 381,8	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6cic(50)	287	207,1 to 366,9	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6car(50)	297,2	217,3 to 377,1	Sim	<0,0001
M4lab(0) vs. M6ext(50)	231	151,1 to 310,9	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4car(0)	-60,3	-140,2 to 19,60	Não	0,4512
M4cic(0) vs. M4ext(0)	-60,77	-140,7 to 19,13	Não	0,4348
M4cic(0) vs. M491(25)	-18,17	-87,37 to 51,03	Não	>0,9999
M4cic(0) vs. M4lab(25)	63,14	-16,76 to 143,0	Não	0,356
M4cic(0) vs. M4cic(25)	55,94	-23,97 to 135,8	Não	0,6093
M4cic(0) vs. M4car(25)	17,15	-62,75 to 97,05	Não	>0,9999
M4cic(0) vs. M4ext(25)	-50,77	-130,7 to 29,13	Não	0,7853
M4cic(0) vs. M491(50)	158,9	89,73 to 228,1	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M4lab(50)	40,22	-39,68 to 120,1	Não	0,9771
M4cic(0) vs. M4cic(50)	98,82	18,91 to 178,7	Sim	0,0024
M4cic(0) vs. M4car(50)	38,74	-41,17 to 118,6	Não	0,9856
M4cic(0) vs. M4ext(50)	71,61	-8,288 to 151,5	Não	0,1472
M4cic(0) vs. M691(0)	279,2	210,0 to 348,4	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6lab(0)	189	109,1 to 268,9	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6cic(0)	48,87	-31,04 to 128,8	Não	0,839
M4cic(0) vs. M6car(0)	133,3	53,44 to 213,2	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6ext(0)	-22,03	-101,9 to 57,87	Não	>0,9999
M4cic(0) vs. M691(25)	304,8	235,6 to 374,0	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6lab(25)	328,5	248,6 to 408,4	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6cic(25)	270,7	190,8 to 350,6	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6car(25)	279,8	199,9 to 359,7	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6ext(25)	221,2	141,3 to 301,1	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M691(50)	279,9	210,7 to 349,1	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6lab(50)	303,3	223,4 to 383,2	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6cic(50)	288,4	208,5 to 368,3	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6car(50)	298,6	218,7 to 378,5	Sim	<0,0001
M4cic(0) vs. M6ext(50)	232,4	152,5 to 312,3	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M4ext(0)	-0,4688	-80,37 to 79,43	Não	>0,9999
M4car(0) vs. M491(25)	42,13	-27,07 to 111,3	Não	0,8448
M4car(0) vs. M4lab(25)	123,4	43,53 to 203,3	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M4cic(25)	116,2	36,33 to 196,1	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M4car(25)	77,45	-2,455 to 157,4	Não	0,0702
M4car(0) vs. M4ext(25)	9,531	-70,37 to 89,43	Não	>0,9999

M4car(0) vs. M491(50)	219,2	150,0 to 288,4	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M4lab(50)	100,5	20,62 to 180,4	Sim	0,0018
M4car(0) vs. M4cic(50)	159,1	79,21 to 239,0	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M4car(50)	99,04	19,13 to 178,9	Sim	0,0023
M4car(0) vs. M4ext(50)	131,9	52,01 to 211,8	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M691(0)	339,5	270,3 to 408,7	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6lab(0)	249,3	169,4 to 329,2	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6cic(0)	109,2	29,26 to 189,1	Sim	0,0004
M4car(0) vs. M6car(0)	193,6	113,7 to 273,5	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6ext(0)	38,27	-41,63 to 118,2	Não	0,9877
M4car(0) vs. M691(25)	365,1	295,9 to 434,3	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6lab(25)	388,8	308,9 to 468,7	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6cic(25)	331	251,1 to 410,9	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6car(25)	340,1	260,2 to 420,0	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6ext(25)	281,5	201,6 to 361,4	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M691(50)	340,2	271,0 to 409,4	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6lab(50)	363,6	283,7 to 443,5	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6cic(50)	348,7	268,8 to 428,6	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6car(50)	358,9	279,0 to 438,8	Sim	<0,0001
M4car(0) vs. M6ext(50)	292,7	212,8 to 372,6	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M491(25)	42,6	-26,60 to 111,8	Não	0,8305
M4ext(0) vs. M4lab(25)	123,9	44,00 to 203,8	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4cic(25)	116,7	36,80 to 196,6	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4car(25)	77,92	-1,986 to 157,8	Não	0,0659
M4ext(0) vs. M4ext(25)	10	-69,90 to 89,90	Não	>0,9999
M4ext(0) vs. M491(50)	219,7	150,5 to 288,9	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4lab(50)	101	21,09 to 180,9	Sim	0,0016
M4ext(0) vs. M4cic(50)	159,6	79,68 to 239,5	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M4car(50)	99,51	19,60 to 179,4	Sim	0,0021
M4ext(0) vs. M4ext(50)	132,4	52,48 to 212,3	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M691(0)	339,9	270,7 to 409,1	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6lab(0)	249,8	169,9 to 329,7	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6cic(0)	109,6	29,73 to 189,5	Sim	0,0003
M4ext(0) vs. M6car(0)	194,1	114,2 to 274,0	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6ext(0)	38,74	-41,17 to 118,6	Não	0,9856
M4ext(0) vs. M691(25)	365,5	296,3 to 434,7	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6lab(25)	389,3	309,4 to 469,2	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6cic(25)	331,4	251,5 to 411,3	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6car(25)	340,5	260,6 to 420,4	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6ext(25)	282	202,1 to 361,9	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M691(50)	340,6	271,4 to 409,8	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6lab(50)	364,1	284,2 to 444,0	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6cic(50)	349,2	269,3 to 429,1	Sim	<0,0001

M4ext(0) vs. M6car(50)	359,3	279,4 to 439,2	Sim	<0,0001
M4ext(0) vs. M6ext(50)	293,2	213,3 to 373,1	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M4lab(25)	81,31	12,11 to 150,5	Sim	0,0056
M491(25) vs. M4cic(25)	74,11	4,910 to 143,3	Sim	0,0216
M491(25) vs. M4car(25)	35,32	-33,88 to 104,5	Não	0,9729
M491(25) vs. M4ext(25)	-32,6	-101,8 to 36,60	Não	0,9901
M491(25) vs. M491(50)	177,1	120,6 to 233,6	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M4lab(50)	58,39	-10,81 to 127,6	Não	0,235
M491(25) vs. M4cic(50)	117	47,79 to 186,2	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M4car(50)	56,91	-12,29 to 126,1	Não	0,2797
M491(25) vs. M4ext(50)	89,79	20,59 to 159,0	Sim	0,001
M491(25) vs. M691(0)	297,3	240,8 to 353,8	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6lab(0)	207,2	138,0 to 276,4	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6cic(0)	67,04	-2,160 to 136,2	Não	0,0706
M491(25) vs. M6car(0)	151,5	82,32 to 220,7	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6ext(0)	-3,861	-73,06 to 65,34	Não	>0,9999
M491(25) vs. M691(25)	322,9	266,4 to 379,4	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6lab(25)	346,7	277,5 to 415,9	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6cic(25)	288,8	219,6 to 358,0	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6car(25)	297,9	228,7 to 367,1	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6ext(25)	239,4	170,2 to 308,6	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M691(50)	298	241,5 to 354,5	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6lab(50)	321,5	252,3 to 390,7	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6cic(50)	306,6	237,4 to 375,8	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6car(50)	316,7	247,5 to 385,9	Sim	<0,0001
M491(25) vs. M6ext(50)	250,6	181,4 to 319,8	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M4cic(25)	-7,201	-87,10 to 72,70	Não	>0,9999
M4lab(25) vs. M4car(25)	-45,99	-125,9 to 33,91	Não	0,9044
M4lab(25) vs. M4ext(25)	-113,9	-193,8 to -34,00	Sim	0,0001
M4lab(25) vs. M491(50)	95,79	26,59 to 165,0	Sim	0,0003
M4lab(25) vs. M4lab(50)	-22,92	-102,8 to 56,99	Não	>0,9999
M4lab(25) vs. M4cic(50)	35,68	-44,23 to 115,6	Não	0,9953
M4lab(25) vs. M4car(50)	-24,4	-104,3 to 55,50	Não	>0,9999
M4lab(25) vs. M4ext(50)	8,477	-71,43 to 88,38	Não	>0,9999
M4lab(25) vs. M691(0)	216	146,8 to 285,2	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6lab(0)	125,9	46,00 to 205,8	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6cic(0)	-14,27	-94,17 to 65,63	Não	>0,9999
M4lab(25) vs. M6car(0)	70,21	-9,694 to 150,1	Não	0,1733
M4lab(25) vs. M6ext(0)	-85,17	-165,1 to -5,267	Sim	0,023
M4lab(25) vs. M691(25)	241,6	172,4 to 310,8	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6lab(25)	265,4	185,5 to 345,3	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6cic(25)	207,5	127,6 to 287,4	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6car(25)	216,6	136,7 to 296,5	Sim	<0,0001

M4lab(25) vs. M6ext(25)	158,1	78,17 to 238,0	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M691(50)	216,7	147,5 to 285,9	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6lab(50)	240,2	160,3 to 320,1	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6cic(50)	225,3	145,4 to 305,2	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6car(50)	235,4	155,5 to 315,3	Sim	<0,0001
M4lab(25) vs. M6ext(50)	169,3	89,38 to 249,2	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M4car(25)	-38,79	-118,7 to 41,11	Não	0,9854
M4cic(25) vs. M4ext(25)	-106,7	-186,6 to -26,80	Sim	0,0006
M4cic(25) vs. M491(50)	103	33,79 to 172,2	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M4lab(50)	-15,72	-95,62 to 64,19	Não	>0,9999
M4cic(25) vs. M4cic(50)	42,88	-37,03 to 122,8	Não	0,9525
M4cic(25) vs. M4car(50)	-17,2	-97,10 to 62,70	Não	>0,9999
M4cic(25) vs. M4ext(50)	15,68	-64,23 to 95,58	Não	>0,9999
M4cic(25) vs. M691(0)	223,2	154,0 to 292,4	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6lab(0)	133,1	53,20 to 213,0	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6cic(0)	-7,07	-86,97 to 72,83	Não	>0,9999
M4cic(25) vs. M6car(0)	77,41	-2,494 to 157,3	Não	0,0706
M4cic(25) vs. M6ext(0)	-77,97	-157,9 to 1,934	Não	0,0654
M4cic(25) vs. M691(25)	248,8	179,6 to 318,0	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6lab(25)	272,6	192,7 to 352,5	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6cic(25)	214,7	134,8 to 294,6	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6car(25)	223,8	143,9 to 303,7	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6ext(25)	165,3	85,37 to 245,2	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M691(50)	223,9	154,7 to 293,1	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6lab(50)	247,4	167,5 to 327,3	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6cic(50)	232,5	152,6 to 312,4	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6car(50)	242,6	162,7 to 322,5	Sim	<0,0001
M4cic(25) vs. M6ext(50)	176,5	96,58 to 256,4	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M4ext(25)	-67,92	-147,8 to 11,99	Não	0,2231
M4car(25) vs. M491(50)	141,8	72,58 to 211,0	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M4lab(50)	23,07	-56,83 to 103,0	Não	>0,9999
M4car(25) vs. M4cic(50)	81,67	1,764 to 161,6	Sim	0,0388
M4car(25) vs. M4car(50)	21,59	-58,31 to 101,5	Não	>0,9999
M4car(25) vs. M4ext(50)	54,47	-25,44 to 134,4	Não	0,6624
M4car(25) vs. M691(0)	262	192,8 to 331,2	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6lab(0)	171,9	91,99 to 251,8	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6cic(0)	31,72	-48,18 to 111,6	Não	0,9993
M4car(25) vs. M6car(0)	116,2	36,30 to 196,1	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6ext(0)	-39,18	-119,1 to 40,72	Não	0,9834
M4car(25) vs. M691(25)	287,6	218,4 to 356,8	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6lab(25)	311,4	231,5 to 391,3	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6cic(25)	253,5	173,6 to 333,4	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6car(25)	262,6	182,7 to 342,5	Sim	<0,0001

M4car(25) vs. M6ext(25)	204,1	124,2 to 284,0	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M691(50)	262,7	193,5 to 331,9	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6lab(50)	286,2	206,3 to 366,1	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6cic(50)	271,3	191,4 to 351,2	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6car(50)	281,4	201,5 to 361,3	Sim	<0,0001
M4car(25) vs. M6ext(50)	215,3	135,4 to 295,2	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M491(50)	209,7	140,5 to 278,9	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M4lab(50)	90,99	11,09 to 170,9	Sim	0,0091
M4ext(25) vs. M4cic(50)	149,6	69,68 to 229,5	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M4car(50)	89,51	9,603 to 169,4	Sim	0,0116
M4ext(25) vs. M4ext(50)	122,4	42,48 to 202,3	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M691(0)	329,9	260,7 to 399,1	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6lab(0)	239,8	159,9 to 319,7	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6cic(0)	99,64	19,73 to 179,5	Sim	0,0021
M4ext(25) vs. M6car(0)	184,1	104,2 to 264,0	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6ext(0)	28,74	-51,17 to 108,6	Não	0,9999
M4ext(25) vs. M691(25)	355,5	286,3 to 424,7	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6lab(25)	379,3	299,4 to 459,2	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6cic(25)	321,4	241,5 to 401,3	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6car(25)	330,5	250,6 to 410,4	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6ext(25)	272	192,1 to 351,9	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M691(50)	330,6	261,4 to 399,8	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6lab(50)	354,1	274,2 to 434,0	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6cic(50)	339,2	259,3 to 419,1	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6car(50)	349,3	269,4 to 429,2	Sim	<0,0001
M4ext(25) vs. M6ext(50)	283,2	203,3 to 363,1	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M4lab(50)	-118,7	-187,9 to -49,51	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M4cic(50)	-60,11	-129,3 to 9,087	Não	0,1896
M491(50) vs. M4car(50)	-120,2	-189,4 to -50,99	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M4ext(50)	-87,31	-156,5 to -18,11	Sim	0,0017
M491(50) vs. M691(0)	120,2	63,73 to 176,7	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6lab(0)	30,11	-39,09 to 99,31	Não	0,9968
M491(50) vs. M6cic(0)	-110,1	-179,3 to -40,86	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6car(0)	-25,58	-94,78 to 43,62	Não	0,9998
M491(50) vs. M6ext(0)	-181	-250,2 to -111,8	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M691(25)	145,8	89,33 to 202,3	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6lab(25)	169,6	100,4 to 238,8	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6cic(25)	111,8	42,55 to 180,9	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6car(25)	120,8	51,64 to 190,0	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6ext(25)	62,29	-6,913 to 131,5	Não	0,1419
M491(50) vs. M691(50)	120,9	64,44 to 177,4	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6lab(50)	144,4	75,20 to 213,6	Sim	<0,0001

M491(50) vs. M6cic(50)	129,5	60,31 to 198,7	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6car(50)	139,6	70,44 to 208,8	Sim	<0,0001
M491(50) vs. M6ext(50)	73,5	4,298 to 142,7	Sim	0,0241
M4lab(50) vs. M4cic(50)	58,59	-21,31 to 138,5	Não	0,5122
M4lab(50) vs. M4car(50)	-1,484	-81,39 to 78,42	Não	>0,9999
M4lab(50) vs. M4ext(50)	31,39	-48,51 to 111,3	Não	0,9994
M4lab(50) vs. M691(0)	238,9	169,7 to 308,1	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6lab(0)	148,8	68,91 to 228,7	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6cic(0)	8,646	-71,26 to 88,55	Não	>0,9999
M4lab(50) vs. M6car(0)	93,13	13,22 to 173,0	Sim	0,0064
M4lab(50) vs. M6ext(0)	-62,25	-142,2 to 17,65	Não	0,3846
M4lab(50) vs. M691(25)	264,5	195,3 to 333,7	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6lab(25)	288,3	208,4 to 368,2	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6cic(25)	230,5	150,6 to 310,4	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6car(25)	239,5	159,6 to 319,4	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6ext(25)	181	101,1 to 260,9	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M691(50)	239,6	170,5 to 308,8	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6lab(50)	263,1	183,2 to 343,0	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6cic(50)	248,2	168,3 to 328,1	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6car(50)	258,3	178,4 to 338,2	Sim	<0,0001
M4lab(50) vs. M6ext(50)	192,2	112,3 to 272,1	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M4car(50)	-60,08	-140,0 to 19,82	Não	0,459
M4cic(50) vs. M4ext(50)	-27,2	-107,1 to 52,70	Não	>0,9999
M4cic(50) vs. M691(0)	180,3	111,1 to 249,5	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6lab(0)	90,22	10,32 to 170,1	Sim	0,0103
M4cic(50) vs. M6cic(0)	-49,95	-129,9 to 29,95	Não	0,8094
M4cic(50) vs. M6car(0)	34,53	-45,37 to 114,4	Não	0,9971
M4cic(50) vs. M6ext(0)	-120,8	-200,7 to -40,94	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M691(25)	205,9	136,7 to 275,1	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6lab(25)	229,7	149,8 to 309,6	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6cic(25)	171,9	91,96 to 251,8	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6car(25)	181	101,0 to 260,9	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6ext(25)	122,4	42,49 to 202,3	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M691(50)	181,1	111,9 to 250,3	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6lab(50)	204,5	124,6 to 284,4	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6cic(50)	189,6	109,7 to 269,5	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6car(50)	199,8	119,8 to 279,7	Sim	<0,0001
M4cic(50) vs. M6ext(50)	133,6	53,70 to 213,5	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M4ext(50)	32,88	-47,03 to 112,8	Não	0,9987
M4car(50) vs. M691(0)	240,4	171,2 to 309,6	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6lab(0)	150,3	70,40 to 230,2	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6cic(0)	10,13	-69,77 to 90,03	Não	>0,9999

M4car(50) vs. M6car(0)	94,61	14,71 to 174,5	Sim	0,005
M4car(50) vs. M6ext(0)	-60,77	-140,7 to 19,13	Não	0,4348
M4car(50) vs. M691(25)	266	196,8 to 335,2	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6lab(25)	289,8	209,9 to 369,7	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6cic(25)	231,9	152,0 to 311,8	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6car(25)	241	161,1 to 320,9	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6ext(25)	182,5	102,6 to 262,4	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M691(50)	241,1	171,9 to 310,3	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6lab(50)	264,6	184,7 to 344,5	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6cic(50)	249,7	169,8 to 329,6	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6car(50)	259,8	179,9 to 339,7	Sim	<0,0001
M4car(50) vs. M6ext(50)	193,7	113,8 to 273,6	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M691(0)	207,5	138,3 to 276,7	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6lab(0)	117,4	37,52 to 197,3	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6cic(0)	-22,75	-102,7 to 57,16	Não	>0,9999
M4ext(50) vs. M6car(0)	61,73	-18,17 to 141,6	Não	0,4019
M4ext(50) vs. M6ext(0)	-93,65	-173,5 to -13,74	Sim	0,0059
M4ext(50) vs. M691(25)	233,1	163,9 to 302,3	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6lab(25)	256,9	177,0 to 336,8	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6cic(25)	199,1	119,2 to 279,0	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6car(25)	208,2	128,2 to 288,1	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6ext(25)	149,6	69,69 to 229,5	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M691(50)	208,3	139,1 to 277,5	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6lab(50)	231,7	151,8 to 311,6	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6cic(50)	216,8	136,9 to 296,7	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6car(50)	227	147,1 to 306,9	Sim	<0,0001
M4ext(50) vs. M6ext(50)	160,8	80,90 to 240,7	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M6lab(0)	-90,12	-159,3 to -20,93	Sim	0,0009
M691(0) vs. M6cic(0)	-230,3	-299,5 to -161,1	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M6car(0)	-145,8	-215,0 to -76,62	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M6ext(0)	-301,2	-370,4 to -232,0	Sim	<0,0001
M691(0) vs. M691(25)	25,6	-30,90 to 82,10	Não	0,9942
M691(0) vs. M6lab(25)	49,37	-19,83 to 118,6	Não	0,5702
M691(0) vs. M6cic(25)	-8,483	-77,68 to 60,71	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6car(25)	0,6055	-68,59 to 69,80	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6ext(25)	-57,95	-127,1 to 11,25	Não	0,2478
M691(0) vs. M691(50)	0,7096	-55,79 to 57,21	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6lab(50)	24,16	-45,04 to 93,36	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6cic(50)	9,277	-59,92 to 78,48	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6car(50)	19,41	-49,79 to 88,61	Não	>0,9999
M691(0) vs. M6ext(50)	-46,74	-115,9 to 22,46	Não	0,6799
M6lab(0) vs. M6cic(0)	-140,2	-220,1 to -60,27	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M6car(0)	-55,69	-135,6 to 24,21	Não	0,6183

M6lab(0) vs. M6ext(0)	-211,1	-291,0 to -131,2	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M691(25)	115,7	46,52 to 184,9	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M6lab(25)	139,5	59,59 to 219,4	Sim	<0,0001
M6lab(0) vs. M6cic(25)	81,64	1,738 to 161,5	Sim	0,039
M6lab(0) vs. M6car(25)	90,73	10,83 to 170,6	Sim	0,0095
M6lab(0) vs. M6ext(25)	32,17	-47,73 to 112,1	Não	0,9991
M6lab(0) vs. M691(50)	90,83	21,64 to 160,0	Sim	0,0008
M6lab(0) vs. M6lab(50)	114,3	34,38 to 194,2	Sim	0,0001
M6lab(0) vs. M6cic(50)	99,4	19,50 to 179,3	Sim	0,0022
M6lab(0) vs. M6car(50)	109,5	29,63 to 189,4	Sim	0,0003
M6lab(0) vs. M6ext(50)	43,39	-36,52 to 123,3	Não	0,9462
M6cic(0) vs. M6car(0)	84,48	4,576 to 164,4	Sim	0,0256
M6cic(0) vs. M6ext(0)	-70,9	-150,8 to 9,004	Não	0,1601
M6cic(0) vs. M691(25)	255,9	186,7 to 325,1	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6lab(25)	279,7	199,8 to 359,6	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6cic(25)	221,8	141,9 to 301,7	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6car(25)	230,9	151,0 to 310,8	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6ext(25)	172,3	92,44 to 252,2	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M691(50)	231	161,8 to 300,2	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6lab(50)	254,5	174,6 to 334,4	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6cic(50)	239,6	159,7 to 319,5	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6car(50)	249,7	169,8 to 329,6	Sim	<0,0001
M6cic(0) vs. M6ext(50)	183,6	103,7 to 263,5	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6ext(0)	-155,4	-235,3 to -75,47	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M691(25)	171,4	102,2 to 240,6	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6lab(25)	195,2	115,3 to 275,1	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6cic(25)	137,3	57,43 to 217,2	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6car(25)	146,4	66,52 to 226,3	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6ext(25)	87,86	7,962 to 167,8	Sim	0,0151
M6car(0) vs. M691(50)	146,5	77,33 to 215,7	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6lab(50)	170	90,07 to 249,9	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6cic(50)	155,1	75,19 to 235,0	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6car(50)	165,2	85,32 to 245,1	Sim	<0,0001
M6car(0) vs. M6ext(50)	99,08	19,17 to 179,0	Sim	0,0023
M6ext(0) vs. M691(25)	326,8	257,6 to 396,0	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6lab(25)	350,6	270,7 to 430,5	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6cic(25)	292,7	212,8 to 372,6	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6car(25)	301,8	221,9 to 381,7	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6ext(25)	243,2	163,3 to 323,1	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M691(50)	301,9	232,7 to 371,1	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6lab(50)	325,4	245,4 to 405,3	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6cic(50)	310,5	230,6 to 390,4	Sim	<0,0001

M6ext(0) vs. M6car(50)	320,6	240,7 to 400,5	Sim	<0,0001
M6ext(0) vs. M6ext(50)	254,5	174,6 to 334,4	Sim	<0,0001
M691(25) vs. M6lab(25)	23,77	-45,43 to 92,97	Não	>0,9999
M691(25) vs. M6cic(25)	-34,08	-103,3 to 35,12	Não	0,9824
M691(25) vs. M6car(25)	-24,99	-94,19 to 44,20	Não	0,9999
M691(25) vs. M6ext(25)	-83,55	-152,7 to -14,35	Sim	0,0036
M691(25) vs. M691(50)	-24,89	-81,39 to 31,61	Não	0,9962
M691(25) vs. M6lab(50)	-1,439	-70,64 to 67,76	Não	>0,9999
M691(25) vs. M6cic(50)	-16,32	-85,52 to 52,88	Não	>0,9999
M691(25) vs. M6car(50)	-6,191	-75,39 to 63,01	Não	>0,9999
M691(25) vs. M6ext(50)	-72,34	-141,5 to -3,139	Sim	0,0295
M6lab(25) vs. M6cic(25)	-57,85	-137,8 to 22,05	Não	0,5392
M6lab(25) vs. M6car(25)	-48,76	-128,7 to 31,14	Não	0,8417
M6lab(25) vs. M6ext(25)	-107,3	-187,2 to -27,42	Sim	0,0005
M6lab(25) vs. M691(50)	-48,66	-117,9 to 20,54	Não	0,6002
M6lab(25) vs. M6lab(50)	-25,21	-105,1 to 54,69	Não	>0,9999
M6lab(25) vs. M6cic(50)	-40,09	-120,0 to 39,81	Não	0,9779
M6lab(25) vs. M6car(50)	-29,96	-109,9 to 49,94	Não	0,9997
M6lab(25) vs. M6ext(50)	-96,11	-176,0 to -16,20	Sim	0,0038
M6cic(25) vs. M6car(25)	9,089	-70,81 to 88,99	Não	>0,9999
M6cic(25) vs. M6ext(25)	-49,47	-129,4 to 30,44	Não	0,8229
M6cic(25) vs. M691(50)	9,193	-60,01 to 78,39	Não	>0,9999
M6cic(25) vs. M6lab(50)	32,64	-47,26 to 112,5	Não	0,9988
M6cic(25) vs. M6cic(50)	17,76	-62,14 to 97,66	Não	>0,9999
M6cic(25) vs. M6car(50)	27,89	-52,01 to 107,8	Não	>0,9999
M6cic(25) vs. M6ext(50)	-38,26	-118,2 to 41,65	Não	0,9878
M6car(25) vs. M6ext(25)	-58,55	-138,5 to 21,35	Não	0,5136
M6car(25) vs. M691(50)	0,1042	-69,09 to 69,30	Não	>0,9999
M6car(25) vs. M6lab(50)	23,55	-56,35 to 103,5	Não	>0,9999
M6car(25) vs. M6cic(50)	8,672	-71,23 to 88,57	Não	>0,9999
M6car(25) vs. M6car(50)	18,8	-61,10 to 98,70	Não	>0,9999
M6car(25) vs. M6ext(50)	-47,34	-127,2 to 32,56	Não	0,8762
M6ext(25) vs. M691(50)	58,66	-10,54 to 127,9	Não	0,2275
M6ext(25) vs. M6lab(50)	82,11	2,207 to 162,0	Sim	0,0364
M6ext(25) vs. M6cic(50)	67,23	-12,68 to 147,1	Não	0,2399
M6ext(25) vs. M6car(50)	77,36	-2,546 to 157,3	Não	0,0711
M6ext(25) vs. M6ext(50)	11,21	-68,69 to 91,11	Não	>0,9999
M691(50) vs. M6lab(50)	23,45	-45,75 to 92,65	Não	>0,9999
M691(50) vs. M6cic(50)	8,568	-60,63 to 77,77	Não	>0,9999
M691(50) vs. M6car(50)	18,7	-50,50 to 87,90	Não	>0,9999
M691(50) vs. M6ext(50)	-47,45	-116,6 to 21,75	Não	0,6509

M6lab(50) vs. M6cic(50)	-14,88	-94,79 to 65,02	Não	>0,9999
M6lab(50) vs. M6car(50)	-4,753	-84,66 to 75,15	Não	>0,9999
M6lab(50) vs. M6ext(50)	-70,9	-150,8 to 9,004	Não	0,1601
M6cic(50) vs. M6car(50)	10,13	-69,77 to 90,03	Não	>0,9999
M6cic(50) vs. M6ext(50)	-56,02	-135,9 to 23,89	Não	0,6065
M6car(50) vs. M6ext(50)	-66,15	-146,0 to 13,76	Não	0,2679

Fonte: Elaborado pela autora (2022).