



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DANIEL AUGUSTO MEDEIROS DA SILVA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE ARGAMASSA COM ADIÇÃO DE
FIBRA DO COCO SECO**

ANGICOS-RN

2019

DANIEL AUGUSTO MEDEIROS DA SILVA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE ARGAMASSA COM ADIÇÃO DE
FIBRA DO COCO SECO**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semiárido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Andreza Kelly
Costa Nóbrega

ANGICOS-RN

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S SILVA, DANIEL AUGUSTO MEDEIROS DA SILVA .
586a ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE ARGAMASSA COM
ADIÇÃO DE FIBRA DO COCO SECO / DANIEL AUGUSTO
MEDEIROS DA SILVA SILVA. - 2019.
76 f. : il.

Orientadora: Andreza Kelly Costa Nóbrega
Nóbrega .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2019.

1. Fibra natural. . 2. Propriedades
termomecânicas. . 3. Argamassa para Revestimento.
. I. Nóbrega , Andreza Kelly Costa Nóbrega ,
orient. II. Título.

DANIEL AUGUSTO MEDEIROS DA SILVA

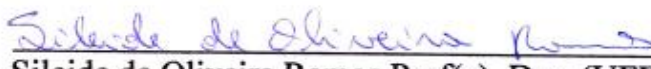
**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE ARGAMASSA COM ADIÇÃO DE
FIBRA DO COCO SECO**

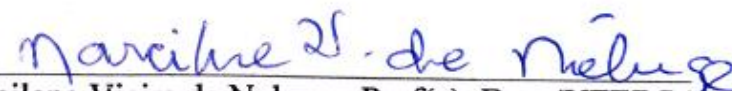
Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semiárido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 20 / 3 / 2019.

BANCA EXAMINADORA


Andreza Kelly Costa Nobrega Prof(a). Dra. (UFERSA)
Orientador


Sileide de Oliveira Ramos Prof(a). Dra. (UFERSA)
1º Membro Examinador


Marcilene Vieira da Nobrega Prof(a). Dra. (UFERSA)
2º Membro Examinador

Aos meus avós, **Lourival Lourenço Dantas** e **Zulmira Medeiros de Araújo** (*In Memoriam*).

Aos meus avós, Sr. **Louro** sapateiro e Dona **Zulmira** (*In Memoriam*), aos meus irmãos **Jadson, Deyse e Gabriel**, minha mãe **Jacira**, ao meu amor **Cintya**, meus filhos, **Luiz e José**, minha sogra **Simone** (*In Memoriam*), por todos os conselhos e incentivos na hora que mais precisei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo, pelas conquistas, pelas dificuldades, pois foi através delas que aprendi a dar valor a tudo que tenho hoje, obrigado de coração, Deus, pois Tu fostes mais que um Pai em minha vida, por sempre me guiar na escuridão, te agradeço também pelas pessoas que colocaste em minha vida, pois sem esses anjos, hoje não estaria onde estou.

Agradeço especialmente aos meus amigos, Lucia de Fatima Galvão de Araújo, pois ela tomou uma iniciativa nobre ao conseguir arrecadar dinheiro para minha vinda para Angicos. Ao Sr. José Eudes, Edson Dantas, ao qual eu o chamo de pai, eu o agradeço muito, aos queridos amigos, e em especial aos meus amigos: Rogean Dantas Vieira, Wedna, Paulo Henrique Gomes de Macêdo, Paulo Cândido de Medeiros Junior, Kaio Cesar Silva Fernandes, Kenny Albert de Araújo e demais amigos que compartilharam momentos maravilhosos em minha vida, pois eles foram, mais que irmãos, sempre estiveram ali para estender a mão e me ajudar, agradeço de coração, mas não esquecendo dos que convivem comigo até hoje, obrigado por tudo.

Agradeço também aos técnicos, Sandro – UFRN e Adna – UFERSA. As bolsistas Débora e Júlia, muito obrigado por disponibilizar o seu tempo para contribuição desta pesquisa, agradeço de coração.

A minha esposa eu agradeço todos os dias, minha querida e amada Cintya Nayara Pereira Batista, obrigado meu amor por tudo, pelos conselhos, pelas brigas, por sempre estar ao meu lado, sei que posso contar sempre com você.

Aos meus queridos e amados filhos do papai Danis, sem vocês Luiz Eduardo Batista França e Sheldyson Wescly Bastista, nada disso estava acontecendo em minha vida, agradeço a Deus por ter colocado vocês em minha vida, pois vocês são a razão do meu viver e estar sempre procurando o melhor.

A minha querida e amada sogra (Im Memoriam), Simone Pereira Batista, me emocionou grandemente em falar de ti, pois você partiu nova desta vida, mais deixou a sua mensagem

que devermos sempre ter fé em Deus e acreditar que podemos vencer. À você eu não encontro palavras de agradecimento.

Aos meus eternos pais, meus queridos avós, eu não encontro nem palavras para falar deles, pois tudo o que sou agradeço a eles, e sei que eles estarão sempre torcendo por mim, descanse em paz meus amores, Lourival Lourenço Dantas e Zulmira Medeiros de Araújo.

Aos meus irmãos, em especial Jadson Anderson Medeiros da Silva, por estar sempre me ajudando e dando conselhos produtivos para minha carreira, a você e sua família, não tenho nem palavras para agradecer.

A minha querida mãe, Jacira Medeiros Dantas, que embora não possa me ajudar financeiramente, mas sempre esteve torcendo e rezando por mim, e sei que Deus a escutou, pois hoje estou vencendo na vida.

Agradeço também a minha orientadora Prof.^a Dra. Andreza Kelly Costa Nóbrega pela disponibilidade, compreensão e ajuda meu muito obrigado.

“O néctar da vitória é bebido no cálice do sacrifício”.

(Autor Desconhecido)

RESUMO

Com a crescente industrialização, nos últimos anos, uma especial atenção vem sendo dada para minimização ou reaproveitamento de resíduos sólidos gerados nos diferentes processos industriais. Assim, o coco por apresentar uma demanda para comercialização e pelo seu baixo custo e disponibilidade, vêm contribuindo ainda mais para a geração de resíduos sólidos. Atualmente o estudo de novos materiais que possam agregar características não disponíveis nas argamassas convencionais é de suma importância. Logo, com a disponibilidade que o coco apresenta, visando promover o reaproveitamento o incremento da nova tecnologia *Bulding Green* e atender as normas de desempenho das edificações. Este trabalho tem como principal objetivo analisar as propriedades mecânicas e a eficiência térmica da argamassa com adição de fibra do coco seca. Para tal, foram confeccionados 4 traços, sendo eles: Referência – (REF.), adição 0.3 % de fibra de coco seca - (AD 0,3%) , adição de 0.6% de fibra de coco seca – (AD 0,6%) e adição de 0.9% de fibra de coco seca – (AD 0,9%). Para análise das propriedades mecânicas, foram feitos os seguintes ensaios: densidade e consistência da argamassa no estado fresco, resistência à tração na flexão, resistência à compressão, módulo de elasticidade - dinâmico, densidade no estado endurecido e absorção por capilaridade. Para análise de eficiência térmica, foram confeccionadas placas cimentícias de 20x10x2,5cm para cada porcentual de adição. Os resultados apontam que a argamassa com adição de 0,3% de fibra de coco teve melhor comportamento mecânico, já o traço com melhor eficiência térmica foi com adição de 0,6%, sendo o mesmo, classificado com melhor desempenho termomecânico. Assim, pode-se concluir que a fibra de coco pode ser adicionada em argamassa, pois promove melhorias térmicas ao revestimento e proporciona propriedades mecânicas satisfatórias.

Palavras – chaves: Fibra natural. Propriedades termomecânicas. Argamassa para Revestimento.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de cimento portland	24
Tabela 2: Parâmetros Granulométricos	38
Tabela 3: Índice de consistência e fator água/aglomerante	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação das argamassas	21
Figura 2: Classificação das argamassas segundo suas funções.....	21
Figura 3: Amostra de areia, fina, média e grossa	25
Figura 4: Ruptura de material com e sem adição de fibra.....	27
Figura 5: Corte longitudinal do fruto coco	28
Figura 6: Tanque de maceração	29
Figura 7: Desfibrador mecânico produzido pela empresa embrapa	30
Figura 8: Classificação da argamassa de acordo com sua densidade.....	32
Figura 9: Fluxograma Experimental	36
Figura 11: Fibra de coco seca.....	39
Figura 12: Índice de consistência - (a) medição do espalhamento na mesa; (b) - Molde tronco-cônico e soquete metálico.	42
Figura 13: Densidade no estado fresco - (a) Recipiente cilíndrico contendo argamassa; (b) - Recipiente cilíndrico.....	43
Figura 14: Corpos de prova - prismáticos	44
Figura 15: Ensaio de absorção por capilaridade.....	45
Figura 16: Modulo de elasticidade dinâmico - (a) aparelhagem e materiais; (b) realização do ensaio	47
Figura 17: Ensaio de tração na flexão	48
Figura 18: Ensaio de resistência à compressão	49
Figura 19: Protótipo de ensaio térmico	50
Figura 20: Confeccção placas cimentícias	51

Figura 21: Densidade da argamassa no estado fresco para cada traço.....	53
Figura 22: Absorção por capilaridade	54
Figura 23: Densidade de massa aparente no estado endurecido	56
Figura 24: Módulo de elasticidade dinâmico para as amostras ensaiadas aos 28 dias.....	57
Figura 25: Resistência à tração na flexão aos 28 dias	59
Figura 26: Resistência à compressão aos 28 dias.....	61
Figura 27: Ensaio térmico - argamassa de referência	62
Figura 28: Ensaio térmico - AD 0,3%.....	63
Figura 29: Ensaio térmico - AD 0,6%.....	64
Figura 30: Ensaio térmico - AD 0,9%.....	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
3.1 ARGAMASSAS	20
3.2 TIPOS DE ARGAMASSAS.....	20
3.3 ARGAMASSAS COM ADIÇÕES DE FIBRAS	22
3.3.1 Materiais constituintes das argamassas com adição de fibras.....	23
3.3.1.1 Cimento Portland	23
3.3.1.2 Agregados.....	24
3.3.1.2.1 Areia.....	25
3.3.1.3 Água de amassamento	26
3.3.1.4 Material de reforço	26
3.4 FIBRA DE COCO	27
3.4.1 Composição da fibra de coco	28
3.4.2 Processo de Produção	29
3.4.3 Utilização da fibra de coco	30
3.5 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS COM ADIÇÃO DE FIBRA DE COCO	31
3.5.1 Propriedades no Estado Fresco	31
3.5.1.1 Trabalhabilidade	31

3.5.1.2 Consistência.....	31
3.5.1.3 Densidade.....	32
3.5.2 Propriedades no Estado Endurecido	32
3.5.2.1 Capacidade de absorver deformações.....	32
3.5.2.2 Resistência Mecânica.....	33
3.5.2.3 Conforto Térmico	33
3.6 NORMA DE DESEMPENHO	33
3.7 ISOLAMENTO TÉRMICO	34
4 MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	35
4.2 MATERIAIS UTILIZADOS.....	38
4.2.1 Cimento Portland.....	38
4.2.2 Areia Natural	38
4.2.3 Fibra de coco	39
4.2.4 Água.....	40
4.3 MÉTODOS	40
4.3.1 Ensaio de caracterização das argamassas	40
4.3.1.1 Estado Fresco.....	40
4.3.1.2 Estado Endurecido	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS.....	52
5.1.1 Estado Fresco	52
5.1.1.1 Consistência da argamassa	52

5.1.1.2 Densidade argamassa no estado fresco.....	53
5.1.2 Estado Endurecido.....	54
5.1.2.1 Absorção por capilaridade	54
5.1.2.2 Densidade de massa aparente no estado endurecido	55
5.1.2.3 Módulo de elasticidade dinâmico	57
5.1.2.4 Resistência à tração na flexão	58
5.1.2.5 Resistência à compressão	60
5.1.2.6 Ensaio térmico	62
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68
ANEXO A.....	73
ANEXO B.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland.
NR	Norma regulamentadora
CP	Corpo de Prova
Min.	Minutos
mm	milímetros
Mpa	Megapascal
CP II- F 32- RS	Cimento Portland com adição de Filler - resistente ao ataque de sulfato

1 INTRODUÇÃO

O Homem, ao longo do tempo, tem construído um pensamento bastante questionável: COMPRAR – CONSUMIR- DESCARTAR. Isto tem se tornado um dos maiores problemas da sociedade moderna desde que a Terra passou pelo processo de industrialização e consumo desordenado. Os resíduos e sua má disposição tem se tornado um problema social e ambiental.

Segundo Senhora (2004), nos últimos anos, uma especial atenção vem sendo dada para minimização ou reaproveitamento de resíduos sólidos gerados nos diferentes processos industriais. Assim, o aumento crescente no consumo de água de coco trás uma natural industrialização da mesma, gerando um rejeito ao qual corresponde a 85% do peso do fruto.

O coco apresenta facilidade para comercialização, pelo seu baixo custo e disponibilidade, porém o aumento nesta comercialização aumenta o consumo e os cocos descartados, trazem dificuldades nas partes logísticas e ambientais, mesmo quando transportados para locais de disposição, pois devido a sua dureza não podem apresentar volume reduzidos, e por causa de seu longo tempo de decomposição (SILVA, 2014).

Portanto, o Brasil produz cerca de 8,1 bilhões de unidade de coco e este material muitas das vezes é disposto em aterros e lixões. Assim, a pratica de desenvolvimento de alternativas de aproveitamento da casca de coco possibilita reduzir a quantidade de resíduos gerados nos aterros sanitários, além de proporcionar uma nova opção de rendimento (CASTILHOS, 2011).

Logo, é notório que a reutilização desse material pode trazer uma questão sustentável e de aplicabilidade da nova tecnologia da construção civil (Building Green). Neste contexto, Stancato (2000), analisou a condutividade térmica e a resistência mecânica em argamassa leve – com adição de pó de serra, onde seu estudo evidenciou que a argamassa com tal adição caracterizou-se um material isolante térmico, sendo, aproximadamente, cinco vezes mais isolante em comparação a argamassa convencional (cimento e areia).

Cardoso, Callejas e Durante (2016), destacou alguns trabalhos acadêmicos desenvolvidos para reaproveitamento de matérias, minerais e aditivos que promovessem eficiência térmica a argamassa quando adicionados, assim, destacam-se a utilização de polímeros, adições minerais, aditivos químicos, como, poliestireno expandido – EPS, argilas ou resíduos industriais tais como cinzas e escórias, aditivos orgânicos e aditivos inorgânicos, respectivamente.

Assim, as fibras de coco por ser um material ecológico e de fácil aplicabilidade quanto à sua reciclagem, possuem propriedades que podem ser aplicadas em inúmeras utilizações. Suas fibras são duras e é composta pela celulose e o lenho, elevando os índices de rigidez e dureza. E devido a características como resistente, versátil durabilidade e resiliência são perfeitamente direcionadas aos mercados de isolamento termo e acústico (SOUZA et al., 2015).

Visando tal questão e tentando promover o reaproveitamento, este trabalho tem como principal objetivo analisar a eficiência térmica da argamassa para revestimento, obtida com incorporação da fibra do coco seco.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o comportamento da argamassa para revestimento obtida com incorporação da fibra do coco seco.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as propriedades no estado fresco: índice de consistência e densidade através da NBR 13276: Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação índice de consistência (ABNT, 2016), densidade no estado fresco de acordo com a NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado (ABNT, 2005).
- Observar a quantidade e o tamanho da adição de fibra de coco na argamassa.
- Analisar as propriedades da argamassa no estado endurecido, como, resistência à tração na flexão, resistência à compressão, através da NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à tração na flexão e à compressão (ABNT, 2005). Módulo de elasticidade dinâmico, através da NBR 15630: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica (ABNT, 2008). Densidade de massa, através da NBR 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido (ABNT, 2005). Absorção por capilaridade, através da NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade (ABNT, 2005).
- Verificar a eficiência térmica através da confecção de placas cimentícias
- Analisar a eficiência térmica das argamassas com adição de fibra de coco seca.
- Indicar qual traço apresenta melhores características termomecânicas

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ARGAMASSAS

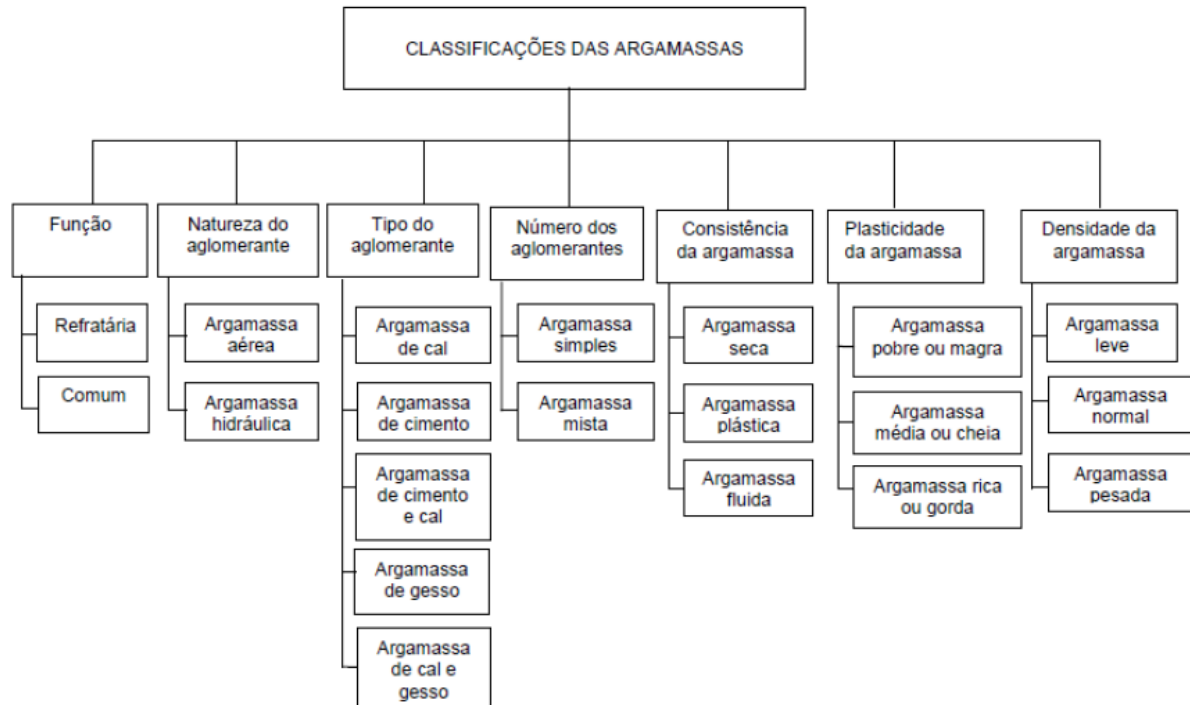
Segundo Carasek (2010), argamassas são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais.

Suas aplicações são diversas, desde para assentamento de blocos cerâmicos, pedras e tijolos, no sistema de levantamento de alvenaria ou vedação (encunhamento), bem como é utilizada em revestimento de paredes e tetos, onde existem várias camadas a serem executadas (CARASEK, 2010).

Aas argamassas possuem funções específicas que devem ser atendidas é para tanto devem ser observadas características das mesmas como: trabalhabilidade, retração, aderência, permeabilidade à água, resistência mecânica e capacidade de absorver deformações (MARTINS; SOARES, 2016).

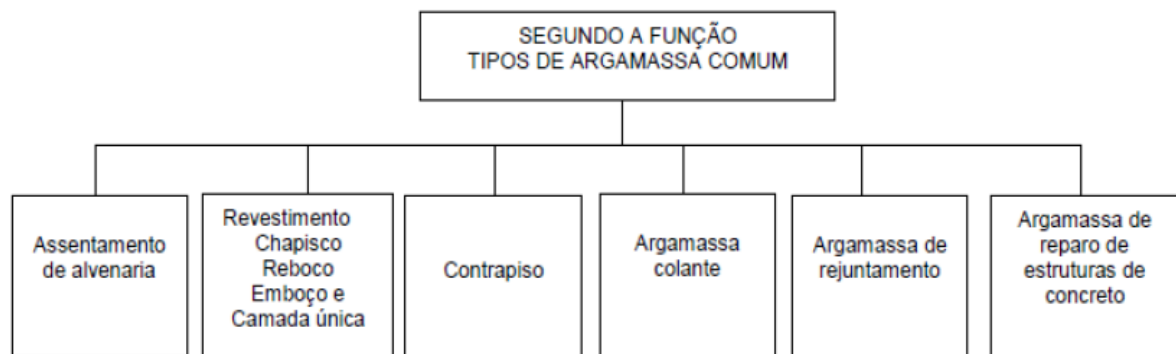
3.2 TIPOS DE ARGAMASSAS

Segundo Caraske (2010), existem diferentes formas de classificar as argamassas como, por exemplo, quanto à função, a natureza do aglomerante, tipo de aglomerante, o número de aglomerante, a consistência, a plasticidade, a densidade, entre outros. A Figura 1, ilustra alguns critérios adotados para classificá-las.

Figura 1: Classificação das argamassas

Fonte: Caraske (2010)

Neste contexto, as argamassas do tipo comuns são classificadas, segundo sua função, de acordo com seu uso e aplicação na construção civil, a Figura 2, ilustra os tipos de argamassa segundo sua função.

Figura 2: Classificação das argamassas segundo suas funções

Fonte: Caraske (2010)

Assim, considerando o objetivo desta pesquisa, serão apresentados a seguir alguns conceitos relevantes para o estudo das argamassas com adição de fibras, onde sua principal função é para utilização em revestimentos.

3.3 ARGAMASSAS COM ADIÇÕES DE FIBRAS

Segundo Abreu (2012), a adição de novos materiais de reforços como as fibras nas matrizes cimentícias frágeis promovem uma tentativa de melhorar as propriedades do compósito, assim, atribuindo ao material maiores resistência a tração, ao impacto e a fadiga.

Neste contexto a adições de e a utilização de aditivos que possam ser quimicamente inertes vêm sendo bastante empregada, como é o caso das fibras, quando adicionadas à argamassa de revestimento, por exemplo, agem como barreira para a propagação de fissuras, podendo absorver, aumentar resistência, e assim, garantir melhoria no seu desempenho (TISCOSKI; ANTUNES, 2016).

Assim, o estudo de adição de fibra com finalidade de reforço surgiu na Inglaterra em 1970. Sendo que no Brasil, a pesquisa pioneira coube ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (Ceped), Camaçari, Bahia, com início em 1980. Onde foram desenvolvidos 19 estudos sobre a adição de fibras vegetais como reforço de matrizes frágeis para utilização na construção civil (JUNIOR, 2000).

Segundo Schwan (2014), as fibras naturais podem se subdividir como, de origem vegetal, mineral e animal, e feitas pelo homem, denominadas polímeros naturais ou polímeros sintéticos. Onde afeta diretamente a matriz que é adicionada proporcionando ao material melhoramento em algumas propriedades, assim visando a construção civil usufruir da nova tecnologia verde (*Bulding Green*).

Portanto, desde os primórdios das civilizações usam-se fibras naturais como reforços em construções, devido existir uma relação custo/benefício favorável e a sua grande abundância. Sendo sua grande maioria de origem vegetal, como, o bambu, coco, linho, juta e sisal (SCHWAN, 2014).

Dentre as de origem vegetal temos as fibras de coco, que são classificadas como fibras naturais – vegetais, quando adicionadas podem atingir uma série de vantagens, dentre elas temos, grande resistência, alto índice de absorção, não prejudicial a saúde, prevenção de erosão, elasticidade, entre outras (SCHWAN, 2014).

3.3.1 Materiais constituintes das argamassas com adição de fibras

3.3.1.1 Cimento Portland

Cimento Portland é o material mundialmente conhecido na construção civil como cimento. Assim, segundo Associação Brasileira de Cimento Portland (2012), cimento portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água.

A principal matéria prima constituinte do cimento Portland é o clínquer, o mesmo tem como matérias-primas o calcário e a argila, ambos obtidos de jazidas em geral situadas nas proximidades das fábricas de cimento. A rocha obtida na primeira fase da produção do cimento é a rocha calcária onde a mesma é britada, depois moída e em seguida misturada, em proporções adequadas, com a argila moída. A mistura formada atravessa um forno giratório de grande diâmetro e comprimento, cuja temperatura interna chega a alcançar 1450 °C. O intenso calor transforma a mistura no clínquer, que se apresenta sob a forma de pelotas. Na saída do forno o clínquer, ainda incandescente, é bruscamente resfriado para em seguida ser finamente moído, transformando-se em pó (ABCP, 2012).

Após o processo de preparo do clínquer, são feitas as adições das outras matérias-primas, que quando misturas permitem a fabricação dos diversos tipos de cimentos Portland hoje disponível no mercado. Essas outras matérias-primas são, o gesso, as escórias de alto forno, os materiais pozolânicos e os materiais carbonáticos (ABCP, 2012).

A Tabela 1, demonstra os principais tipos de cimento Portland existentes no mercado.

Tabela 1: Tipos de cimento portland

Tipo de Cimento	Adições	Sigla
Cimento Portland Comum	Escória, pozolana (até 5%)	CP I
	ou	CP I-S
	Filer calcário (6-10%)	
Cimento Portland Composto	Escória (6-34%)	CP II-E
	Pozolana (6-14%)	CP II-Z
	Filer (11-25%)	CP II-F
Cimento Portland de Alto-Forno	Escória (35-75%)	CP III
Cimento Portland Pozolânico	Pozolana (15-50%)	CP IV
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	Filer (até 10%)	CP V-ARI

Fonte: Adaptado do site Associação Brasileira do Cimento Portland (2017).

Existem outros tipos de cimento Portland, como por exemplo, o cimento branco, que pode ser estrutural ou não estrutural, cimento para poços petrolíferos, cuja funcionalidade se restringe apenas a cimentação de poços, uma vez que apresenta características diferenciadas dos demais tipos, pois é necessário manter as suas propriedades em elevadas condições de profundidade e pressão (ABCP, 2012).

3.3.1.2 Agregados

Os agregados são materiais granulares, sem formas e volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia civil. Eles podem ser classificados como naturais (areia de rio e seixos) ou artificiais (britas, argilas expansivas, dentre outros), tendo como principal função, atuar como material inerte nas argamassas e concretos aumentando o volume da mistura e reduzindo seu custo (VARELA, 2015).

Segundo a NBR 7211/2009 – Agregados para concreto - Especificação, os agregados podem ser classificados miúdos ou graúdos. Os agregados miúdos são aqueles cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm. Já os agregados graúdos são aqueles cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm.

3.3.1.2.1 Areia

A Areia é uma substância natural, proveniente da desagregação de rochas. Praticamente, todas as rochas são passíveis de resultar em areias pela desagregação mecânica. São, porém mais favoráveis aquelas com altos teores de quartzo, uma vez que esse mineral restará como resíduo, após a decomposição física e/ou química. Assim, as mesmas são constituídas principalmente por quartzo, um mineral de formula geral SiO_2 , amplamente distribuído na crosta terrestre, constituindo aproximadamente 12%. Dependendo da granulometria e grau de pureza, as areias têm empregos específicos. Aquelas de baixo teor de ferro são usadas na fabricação de vidros e na indústria cerâmica e refratária. As areias com alta concentração de sílica se usam na siderurgia, para confecção de ligas ferro-silício. As areias mais grosseiras e com maior impureza se utilizam na construção civil (PEDRA, 2017). A figura 3 ilustra as areias com granulometria, fina, média e grossa, sendo as mesmas de mais utilização na construção civil.

Figura 3: Amostra de areia, fina, média e grossa



Fonte: Imagem adaptada do site fulldistribuidora. Fonte < <http://www.fulldistribuidora.com.br/full-produtos-blocos-pisos-intertravados-aruja/1881/areia-media->> . Acesso em: 03 fev.2019.

3.3.1.3 *Água de amassamento*

Segundo Salustio (2017), a água de amassamento é utilizada para unir os aglomerantes deve atender a certas qualidades químicas, não deve conter impurezas e ainda deve estar dentro dos parâmetros recomendados por norma. A mesma é responsável por prover a reação de hidratação ou endurecimento do aglomerante, homogeneizar a mistura, e da trabalhabilidade, ou seja, consistência as argamassas e concretos.

O fator água/cimento (a/c), pode indeferir diretamente na resistência das argamassas e do concreto, pois se a quantidade de água adicionada na mistura for muito pequena, a reação não ocorrerá por completo e se for muito superior, a resistência diminuirá em função dos poros que ocorrerão quando este excesso evaporar (SALUSTIO, 2017).

Segundo Senna et al. (2003), a água contida nas argamassas deve atender a critérios quantitativos e qualitativos, pois as impurezas, contidas na mesma pode influenciar na durabilidade e resistência das argamassas.

3.3.1.4 *Material de reforço*

Segundo Oliveira, Alves e Dias (2010), as utilizações de materiais de reforço em argamassas cresceram em grande diversidade, podendo ser encontradas em varias aplicações na construção civil. O objetivo da utilização destes materiais é obter maior eficiência nas aplicações específicas de engenharia, de modo à diminuir as deficiências resultantes da utilização dos materiais tradicionais.

Segundo Abreu (2012), uma das maneiras mais fáceis de atribuir as argamassas maior resistência a tração, ao impacto e à fadiga, além da tenacidade e ductilidade, é a dição de fibras curtas à mistura. A Figura 4 ilustrada a seguir mostra a ruptura de um material de compósito de cimento com fibra e sem fibra, sendo notório que a adição da mesma, proporciona melhorias em propriedades citadas anteriormente.

Figura 4: Ruptura de material com e sem adição de fibra



Fonte: Abreu , 2012.

Assim, diversos trabalhos vêm evidenciando o uso de fibras para reforço de matrizes cimentícias podem ser artificiais, como as de aço, nylon, polipropileno e vidro, ou as naturais, como as de amianto e as vegetais como, sisal, fibra de coco, etc. Sendo que a desvantagem das fibras artificiais é o seu alto custo de obtenção.

Dentre as fibras citadas, anteriormente, diversos trabalhos evidenciam o uso de fibras vegetais, visando o uso da nova tecnologia (Building Green), como o uso da construção sustentável, além do seu baixo custo e disponibilidade.

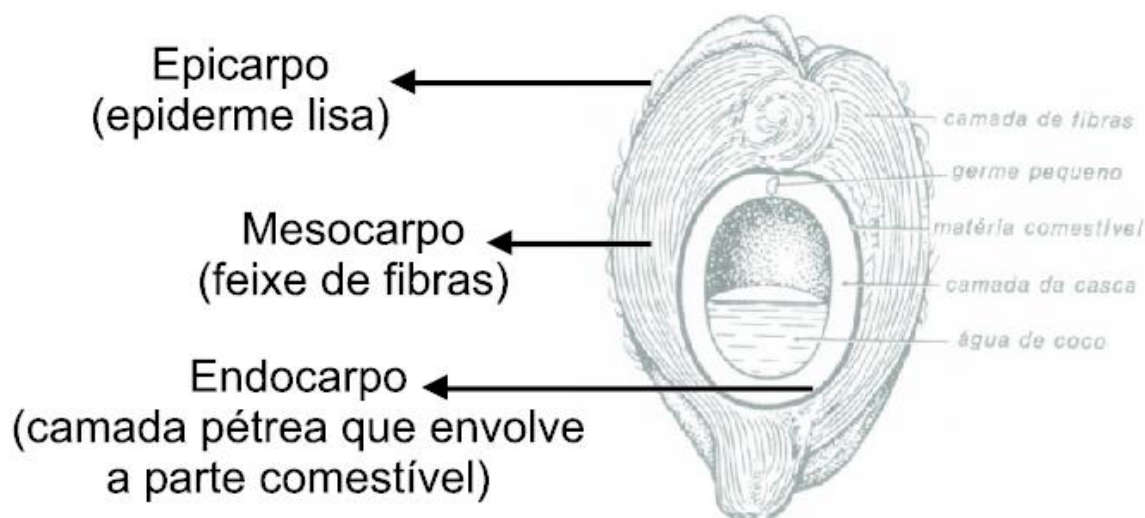
3.4 FIBRA DE COCO

Segundo Abreu (2012), as fibras vegetais como, sisal, coco, juta e fibras de celulose, proporcionam uma excelente alternativa para o uso como elemento de reforço de matrizes cimentícias frágeis, devido sua grande abundância, baixo custo e consumo de energia para a produção.

Segundo Castilhos (2011), o coqueiro (*Cocos nucifera L.*), é uma planta comum da região litorânea do Nordeste, entretanto, pode ser cultivado em outras regiões de clima tropical caracterizado por uma temperatura acima de 22°C, com elevada umidade e chuvas sazonais.

Assim, o coco, é um fruto formado a partir de uma semente chamada dupra, onde após seu desenvolvimento torna-se basicamente um fruto formado por um epicarpo, que é a camada externa fina e lisa chamada de casca, o mesocarpo, camada intermediária fibrosa de onde se obtém a fibra, endocarpo, uma camada lenhosa e dura e a castanha, chamada de albúmen sólido, que é a parte do fruto de cor branca, além de sua água de coco (CASTILHOS, 2011). A Figura 5 ilustra a composição do fruto.

Figura 5: Corte longitudinal do fruto coco



Fonte: Imagem adaptada do site < https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Corte-longitudinal-do-coco-com-as-suas-partes-ERHARDT-et-al-1976-FERREIRA_fig1_228612107>. Acesso em: 03 fev. 2019

No Brasil, as fibras de coco destacam-se por apresentarem alta disponibilidade, baixo custo e propriedades físico-químicas adequadas para, reforço em compósitos, confecção de escovas, tapetes, entre outros (DUARTE, 2009).

3.4.1 Composição da fibra de coco

3.4.2

A fibra de coco extraída do mesocarpo, parte espessa fibrosa do fruto, apresenta uma elasticidade superior a outras fibras vegetais, além de uma elevada capacidade de resistir à umidade e a altas variações nas condições climáticas. É constituída de materiais lignocelulósicos, sendo suas principais características a baixa densidade, a boa flexibilidade no processamento e a facilidade de modificação perante agentes químicos, além de fonte de recursos renováveis, biodegradáveis e não abrasivos (CASTILHOS, 2011).

Segundo Passos (2005), as fibras são formadas basicamente de celulose, hemicelulose, lignina, pectina e minerais. A celulose é o principal constituinte estruturante, sendo um polissacarídeo linear de alto peso molecular formado principalmente de glicose, responsável pela estabilidade e resistência das fibras.

A lignina é um polímero complexo responsável pela formação da parede celular, assim Fibras com alto teor de lignina são de excelente qualidade e alta flexibilidade. As fibras de

coco possuem uma quantidade menor de celulose, contudo, o percentual de lignina é grande, cerca de duas a quatro vezes maiores que os valores existentes nas fibras de juta e sisal, tornando-a extremamente vantajosas frente às outras fibras. O teor de lignina nas fibras varia em função da idade do fruto, girando entre 20% nas fibras de coco jovem e de aproximadamente 35% no fruto maduro (CASTILHOS, 2011).

3.4.3 Processo de Produção

O processo convencional de extração das fibras pode ocorrer de duas formas: por maceração ou desfibramento mecânico. A maceração é realizada nas fibras de coco verde, enquanto o desfibramento mecânico ocorre nas fibras de coco seco. A maceração é de origem biológica, no qual as cascas de coco verde são imersas em água de 4 a 12 semanas para que ocorra uma fermentação anaeróbica espontânea, auxiliando na liberação de feixes fibrosos. Depois de “maceradas”, as cascas seguem para o desfibramento, onde ocorre a separação da parte celulósica (fibra) da semicelulósica (pó), assim, este processo resulta em cerca de 25% de fibra e 75% de pó (CASTILHOS, 2011). As figuras 6 e 7 ilustram um tanque de maceração e um desfibrador mecânico, respectivamente.

Figura 6: Tanque de maceração



Fonte: Castilhos, 2011.

Figura 7: Desfibrador mecânico produzido pela empresa embrapa



Fonte: Castilhos, 2011.

Portanto, após o preparo, as fibras passam pelo processo de embalagem e seguem para a etapa de transporte.

3.4.4 Utilização da fibra de coco

Existem diversas aplicações para as fibras de coco dentre elas se destaca, a utilização na fabricação de tapetes e capachos, pois possui alta durabilidade, maior retenção da sujeira, além de fungicida natural, em cordame para navios, devido sua alta resistência a água do mar, em escovas e vassouras, como enchimento e almofadas, fabricação de madeira prensada, mantas para reflorestamento, dentre outros (CASTILHOS, 2011).

Portanto, devido a sua grande utilização e disponibilidade, a fibra de coco torna-se um material para adição em concretos não estruturais, devido proporcionar um melhoramento na resistência à compressão e tração, apresentando também propriedade de vedação devido ao seu baixo módulo de elasticidade, além de isolamento acústico e térmico (CASTILHOS, 2011).

3.5 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS COM ADIÇÃO DE FIBRA DE COCO

Segundo Salustio (2017), para obtenção de uma boa argamassa alguns parâmetros devem ser alcançados, que a mesma possa atender as necessidades a que foi designada. Assim, as suas propriedades se dividem em dois estados: estado fresco e endurecido. Para o estado fresco temos: trabalhabilidade (consistência, plasticidade, retenção de água, adesão inicial), retração, massa específica. Já para o estado endurecido tem-se : aderência, retração, abrasão, resistência, capacidade de deformação, permeabilidade, modulo de elasticidade etc.

Portanto, tomando como base o objetivo desse trabalho, serão esplanadas apenas as propriedades ao qual são de relevância da pesquisa.

3.5.1 Propriedades no Estado Fresco

3.5.1.1 *Trabalhabilidade*

É a propriedade da argamassa no estado fresco que determina a facilidade com que ela pode ser misturada, transportada, aplicada e acabada em uma condição homogênea. Proporcionando ao pedreiro que execute bem o seu trabalho, garantindo a sua produtividade de maneira que esta fique adequadamente aderida à base e apresente o acabamento superficial especificado (SALUSTIO, 2017).

Segundo Nakata e Lima (2017), o aumento da quantidade percentual de fibras vegetais está intrinsicamente ligado a uma redução da trabalhabilidade da mistura devido à absorção de água pelas mesmas e ao acréscimo da área superficial de molhagem.

3.5.1.2 *Consistência*

Segundo Costa (2016), consistência é definido como a maior ou menor facilidade da argamassa deformar-se sob ação de cargas. No entanto, geralmente o único meio direto do qual o pedreiro dispõe para corrigir a trabalhabilidade da argamassa em obra é alterar a quantidade de água de amassamento. Esse ajuste, pela adição de mais ou menos água, diz respeito à consistência ou fluidez da argamassa, a qual pode ser classificada em seca, plástica ou fluida, dependendo da quantidade de pasta aglomerante existente ao redor dos agregados.

As argamassas secas, são aquelas que possuem pouca água, possuindo menos pasta não envolvendo os grãos. As argamassas plásticas, já possuem média água, envolvendo todos os grãos, proporcionando uma boa adesão entre os mesmos. Já as argamassas fluidas, possuem muita água, fazendo com que os grãos se separem (SALUSTIO, 2017).

3.5.1.3 Densidade

No estado fresco a densidade representa a relação massa/volume, levando em consideração a água e o ar incorporado na argamassa, quanto menor essa relação mais leve a argamassa, o que reduz o esforço do operário na sua aplicação, resultando em um aumento de produtividade ao final da jornada de trabalho (COSTA, 2016). A Figura 8 ilustra classificação da argamassa em leve, norma e pesada de acordo com a sua densidade.

Figura 8: Classificação da argamassa de acordo com sua densidade

Argamassa	Densidade de massa (g/cm³)	Principais agregados	Usos/ Observações
Leve	< 1,40	Argila expandida	Isolamento térmico e acústico
Normal	2,30 < A < 1,40	Areia quartzosa e calcário britado	Aplicações convencionais
Pesada	> 2,30	Barita	Blindagem de radiação

Fonte: Costa, 2016.

3.5.2 Propriedades no Estado Endurecido

3.5.2.1 Capacidade de absorver deformações

Segundo Xavier (2018), é uma característica das argamassas de absorver deformações intrínsecas e pequenas deformações leve da base, sem desagregar e formar fissuras que prejudiquem as propriedades de estanqueidade e durabilidade, uma vez que as estruturas podem ficar expostas, proporcionando a infiltração de agentes agressivos.

3.5.2.2 Resistência Mecânica

Segundo Xavier (2018), uma das características mais importante da argamassa é de suportar as cargas de tração, flexão e cisalhamento, que são submetidas, sendo uma das características que determina o sucesso da argamassa nos revestimentos.

Silva et. al (2014), desenvolveu uma pesquisa que tinha como objetivo analisar a influência que a variação do comprimento da fibra de coco exerce na resistência à compressão da argamassa. Ele separou a argamassa em: 12,5 mm; 25 mm; 37,5 mm; 50 mm; 62,5 mm e 75 mm. E observou sua resistência aos 7 e 28 dias, onde obteve como resultados, que a argamassa com fibras cortadas a 25 mm demonstrou melhor desempenho que as anteriores.

3.5.2.3 Conforto Térmico

Segundo Xavier (2018), as argamassas convencionais não apresentam um bom conforto térmico sendo necessário o emprego de novos materiais. Isso porque, após a secagem da argamassa a água que preenchia os poros vai evaporar com isso aumentou o numero de vazios cheios de ar, dificultando a passagem de calor.

Segundo Cunha (2012), as fibras de coco podem ser utilizadas para o isolamento térmico, pois as suas características técnicas como: inodora; resistente à umidade; amplia a difusão; não é atacada por roedores; não apodrece; não produz fungos; condutividade térmica: 0,043 a 0,045 W/mk; comportamento ao fogo: classe B2. Oferece a mesma tal aplicabilidade para utilização na construção civil.

3.6 NORMA DE DESEMPENHO

A NBR 15575/2013 – Edificações habitacionais – desempenho, esta em vigor desde 2013, esta norma foi estabelecida buscando atender necessidades e exigências dos usuários das mais diversas edificações, assim, a mesma é composta em seis partes são elas: requisitos gerais; requisito para os sistemas estruturais; requisito para os sistemas de pisos; requisitos para os sistemas de vedações internas e externas; requisitos para os sistemas de cobertura; requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Sendo a parte 4: Edificações habitacionais – Desempenho: sistema de vedação verticais internas e externas – SVVIE, a de interesse deste trabalho, pois a mesma, diz que o

conforto térmico está intimamente ligado ao desempenho do sistema de vedação interna e externa da edificação. Basicamente há três parâmetros que são verificados e balizados de forma a conceder um grau de satisfação maior, são eles: a transmitância, capacidade térmica e a abertura para ventilação.

Com o advento da norma de desempenho a 15575/2003, houve a necessidade de readequação das construções as novas exigências, assim, muitos estudos vêm sendo realizados com argamassas com o intuito de avaliar suas características e em especial sua capacidade de melhoria ao conforto térmico.

3.7 ISOLAMENTO TÉRMICO

Segundo Miranda (2010), inúmeras características podem proporcionar um ambiente agradável, dentre elas está o conforto térmico, já que uma temperatura equilibrada proporciona bem-estar, além de reduzir o consumo de energia elétrica e ruídos advindos de ambientes externos.

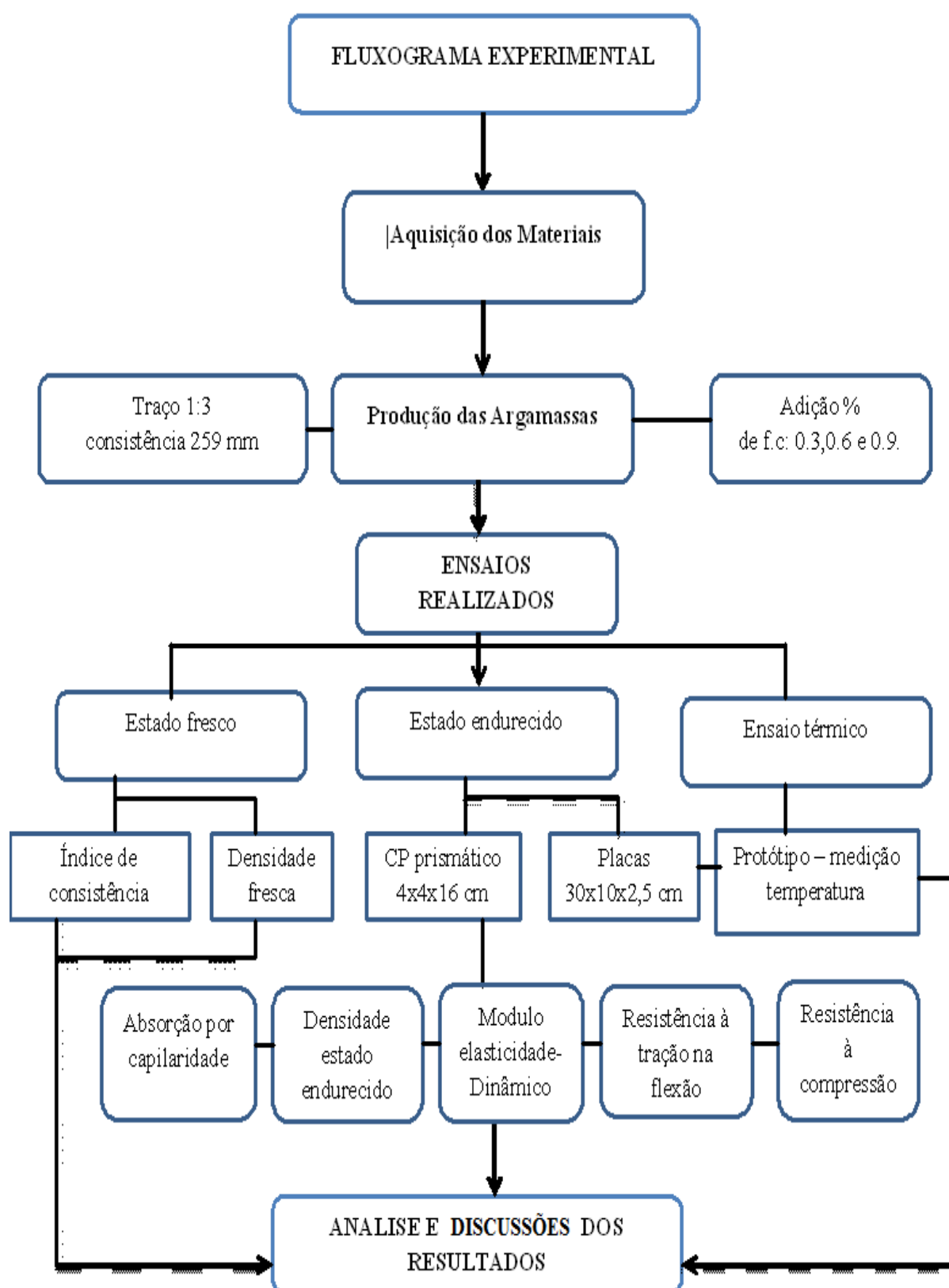
Portanto, o isolamento térmico é essencial em edificações principalmente em lajes expostas, pois evita que a radiação e o calor passem do meio externo para o meio interno, já em coberturas expostas, o isolamento é primordial, em regiões quentes e frias para se manter a temperatura, evitando gasto com aparelhos climatizadores (MIRANDA, 2010).

A associação brasileira de normas técnicas dispõem da NBR 15575 de 2013, que é dividida em 6 partes. Ainda dispõe da obrigatoriedade da NR 8 – EDIFICAÇÕES, que trata no seu item 8.4 proteção contra intempéries, às partes externas, bem como todas as que separem unidades autônomas de uma edificação, ainda que não acompanhem sua estrutura, devem, obrigatoriamente, observar as normas técnicas oficiais relativas à: resistência ao fogo; isolamento térmico; isolamento e condicionamento acústico; resistência estrutural; e impermeabilidade (BRASIL, 1978).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para os procedimentos experimentais foram utilizados traços em volume de 1:3 (cimento e areia), normalmente sendo bastante utilizado na região, para utilização em revestimento, assim foi confeccionado um traço de referência (REF), e os demais traços com adição de fibra de coco 0.3 %, 0.6% e 0.9% da massa da mistura, sendo respectivamente: 5.95 g, 11.91 g e 17,87 g, ao qual foram denominados de AD 0.3%, AD 0.6% e AD 0.9%. A figura 9 ilustra procedimentos adotados para a realização da pesquisa.

Figura 9: Fluxograma Experimental

Fonte: Autoria própria, 2019.

Como observado na figura, o fluxograma demonstra quatro traços que foram submetidos a ensaios de espalhamento na mesa de acordo com a NBR 13276/2016: Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação índice de consistência (ABNT, 2016), densidade no estado fresco de acordo com a NBR 13278/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado (ABNT, 2005), resistência à tração na flexão e à compressão de acordo com a NBR 13279/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à tração na flexão e à compressão (ABNT, 2005), absorção por capilaridade de acordo com a NBR 15259/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade (ABNT, 2005), modulo elasticidade dinâmico de acordo com a NBR 15630/2008: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica (ABNT, 2008), densidade estado endurecido de acordo com a NBR 13280/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido (ABNT, 2005) e ensaio térmico.

O ensaio de consistência foi realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, a fim de determinar a relação água/aglomerante de cada traço, para isto foi determinado um valor de 260 ± 5 mm.

O ensaio de densidade no estado fresco foi realizado na UFRN, tendo como principal objeto determinar a influência da fibra quando adicionada na argamassa, a fim de comparar as densidades obtidas.

Para os ensaios de absorção por capilaridade, modulo de elasticidade dinâmico, densidade estado endurecido, resistência a tração na flexão e compressão, foram confeccionados 3 corpos de prova prismáticos, de cada traço com dimensões de 4 x 4 x 16 cm, e realizados conforme as NBR citadas anteriormente.

Em relação ao ensaio térmico foram confeccionadas placas cimentícias com dimensões de 30 x 10 x 2,5 cm. Para a realização do mesmo foi utilizado protótipo desenvolvido pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, que visa à medição da temperatura nas duas faces após as placas serem submetidas a uma fonte de calor.

Para os materiais utilizados nesta pesquisa, foi utilizado o cimento CP II – F – 32 RS, areia média doada pela UFRN, ao qual foi caracterizada pelo autor Neto (2018) e a fibra de coco seco, comprada na empresa Leroy Merlim – Natal – RN.

4.2 MATERIAIS UTILIZADOS

Serão abordados a seguir os materiais utilizados nesta pesquisa para a confecção das argamassas.

4.2.1 Cimento Portland

O cimento utilizado para a confecção dos corpos de provas prismáticos e placas cimentícias, foi o CP II- F 32- RS. O mesmo foi escolhido devido sua grande utilização na construção civil, além de fácil acesso para compra.

4.2.2 Areia Natural

A Areia Natural quartzosa utilizada nessa pesquisa é proveniente dos leitos dos rios, a mesma, foi doada pelo autor Neto (2018) e caracterizada pelo próprio, onde a mesma não apresentou excesso de finos em sua composição, pois possui material passante na peneira de 0,15 mm inferior a 10%. A tabela 2 ilustra os parâmetros granulométricos.

Tabela 2: Parâmetros Granulométricos

Material	Diâmetro máximo (mm)	Módulo de finura	Coefficiente de não uniformidade	Coefficiente de curvatura
Areia	2,4	2,2	3,06	1,16

Autor: Neto, (2018).

Logo é notório que a areia possui desempenho satisfatório em misturas de argamassa, visto que agregados muito finos não são aconselháveis para função de revestimento (NETO, 2018).

Assim, segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009), a areia possui módulos de finura que se encontram dentro dos limites da zona ótima, que varia entre 2,2 e 2,9. Sendo assim, pode ser denominado como areia média. Os grãos referentes à areia, são uniformes pelo fato do seu CNU ser menor que 5, e o solo é graduado visto que o CC varia entre 1 e 3 (NETO, 2018).

4.2.3 Fibra de coco

A fibra utilizada nessa pesquisa (Figura11) foi obtida no comércio de Natal (RN), a mesma é fabricada pela empresa Geolia e comercializada na empresa Leroy Merlim – Natal RN, onde é vendida para utilização em jardinagem e provêm do processo de desfibramento mecânico ao qual é separada a fibra do pó como citado por Castilhos (2011).

Em relação ao tamanho da fibra as mesma foram cortadas a 25 mm, devido Silva et. al (2014), apresentar uma pesquisa ao qual relacionava o tamanho da fibra em função da sua resistência e verificou que o tamanho de 25 mm, foi a que obteve melhor resistência mecânica aos 28 dias, assim, visando tal proposito para as argamassas produzidas nesta foi escolhido tal tamanho para uso.

Para os teores de substituição de 0.3%, 0.6% e 0.9%, foram determinados desta forma devido Nakata e Lima (2017),relatarem que o aumento na quantidade de fibras vegetais a mistura está intrinsicamente ligado a uma redução da trabalhabilidade devido à absorção de água pelas mesmas, assim, teores superiores a estes implicaria numa argamassa com um fator água/aglomerante (a/c) muito elevado, proporcionando a mesma uma não aplicabilidade, pois precisaria de uma quantidade maior de água para atingir a consistência desejada para a mistura. A figura 11 ilustra a fibra de coco seco.

Figura 10: Fibra de coco seca



Fonte: Autoria própria, 2019.

4.2.4 Água

A água utilizada para a confecção das argamassas, proveniente da rede de distribuição da Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN. A concessionária garante que a mesma atende a requisitos de potabilidade disposto na PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, anexo XX.

4.3 MÉTODOS

Após a apresentação dos materiais, definição do traço e percentuais de adição, foram realizados ensaios ao qual será abordado na seção seguinte, a fim de alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa.

4.3.1 Ensaio de caracterização das argamassas

4.3.1.1 Estado Fresco

Seguindo o disposto no fluxograma experimental, para a caracterização das argamassas no estado fresco, foram realizados os seguintes experimentos: determinação índice de consistência para determinação do fator água/aglomerante e determinação da densidade de massa para determinação da sua viabilidade de aplicação.

Para o ensaio de determinação da consistência, o procedimento experimental seguiu o disposto na NBR 13276/2016: Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação índice de consistência (ABNT, 2016), a seguir será apresentada a aparelhagem e procedimentos realizados.

- Mesa para índice de consistência, conforme ABNT NBR 7215/2016;
- Molde Tronco - cônico, conforme ABNT NBR 7215;
- Soquete metálico, conforme ABNT NBR 7215;
- Paquímetro, com resolução de 1 mm
- Balança com resolução de 0,1 g
- Utensílios de Laboratório.

A confecção das argamassas foi realizada da seguinte forma: para a argamassa de referência foi realizado a pesagem dos materiais, sendo 500 g de Cimento e 1486 g de areia, após tal processo foi levado para a argamassadeira o cimento e areia em rotação baixa por 10s, e foram adicionadas 279,58 g de água a mistura, deixando misturar entre 40 e 50 s. Já para as argamassas com fibra de coco seco, foi realizado primeiro um preparo para a fibra deixando a mesma perder sua umidade na estufa a 100°C por 3 horas, posteriormente foi cortada a 25 mm, e pesada da seguinte forma: 0.3% - 5.95 g; 0.6% - 11.91g e 0.9 – 17.87 g. Logo foi levado para a argamassadeira em rotação baixa a areia+cimento, por 10s e areia+cimento+fibra de coco 10s, tendo por fim a argamassa com adição de água de 302,12, 362,68, 370,26 g, respectivamente, ao qual foi misturado entre 40 a 50s.

Com a argamassa pronta foi preenchido em três camadas o molde tronco – cônico e, adensados com 15, 10 e 5 golpes respectivamente. Após isso, as mesmas eram levadas a mesa de consistência devidamente úmida ao qual o molde era removido e então se acionava a manivela para 30 quedas numa média de 30 segundos, logo, eram feitas três medidas com auxílio do paquímetro e realizado a média das leituras a fim de atingir a de referência pré-estabelecida de 260 ± 5 mm. A figura 12 , ilustra tal procedimento.

Figura 11: Índice de consistência - (a) medição do espalhamento na mesa; (b) - Molde tronco-cônico e soquete metálico.



Fonte: Autoria própria, 2019.

O ensaio de densidade da argamassa no estado fresco é normatizado pela NBR 13278/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado (ABNT, 2005). As aparelhagens utilizadas para o procedimento experimental são:

- Balança de resolução: 0,01g;
- Recipiente: rígido cilíndrico;
- Placa de vidro;
- Utensílios de laboratório.

Para a confecção das argamassas ocorreu da mesma forma que citado anteriormente para a determinação do índice de consistência. Onde, o recipiente metálico foi pesado vazio e

posteriormente com água. Em seguida, foi pesado preenchido com argamassa e adensado de acordo com o mesmo preparo do molde Tronco – Cônico. A figura 13 ilustra o procedimento experimental.

Figura 12: Densidade no estado fresco - (a) Recipiente cilíndrico contendo argamassa; (b) - Recipiente cilíndrico



Fonte: Autoria própria, 2019.

Logo o ensaio foi repetido três vezes para cada traço (REF, AD 0.3%, AD 0.6% e AD 0.9%), e aplicado na equação 1.

$$D = (M_c - M_v) / V_r \quad (1)$$

Onde:

D: Densidade - argamassa fresca, expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm³);

Mc: Massa do recipiente contendo argamassa, expresso em gramas (g);

Mv: Massa do recipiente Vazio, expresso em gramas (g);

Vr: Volume real do recipiente, expresso em centímetros cúbicos (cm³).

4.3.1.2 Estado Endurecido

Para os ensaios de caracterização da argamassa no estado endurecido foram realizados ensaios através de corpos de provas prismáticos, moldados em conformidade com a NBR 13279/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à tração na flexão e à compressão (ABNT, 2005).

Foram confeccionados quatro traços de argamassa sendo um de referência e os demais com adição de 0.3%, 0.6% e 0.9% de fibra de coco, respectivamente. Onde para cada traço foram moldados três corpos de prova. Imediatamente após o preparo da argamassa foi passado óleo desmoldante nas formas de CP prismáticos (4x4x16cm), em seguida foi colocado argamassa e levado para mesa de índice de consistência onde foram acionadas 30 quedas consecutivas. A figura 14 ilustra os corpos de prova.

Figura 13: Corpos de prova - prismáticos



Fonte: Autoria própria, 2019.

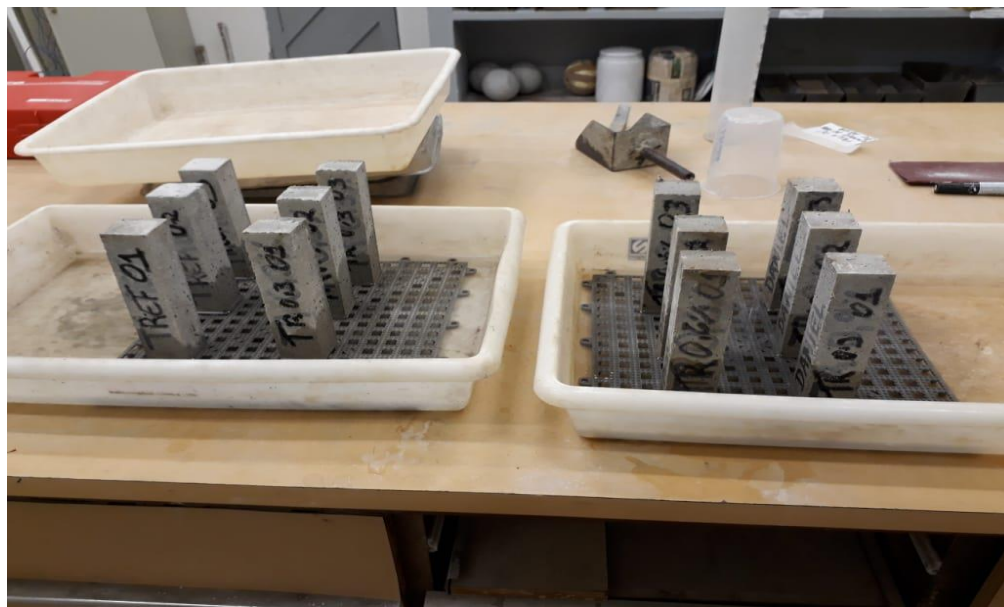
O ensaio de absorção por capilaridade foi realizado em conformidade com a absorção por capilaridade de acordo com a NBR 15259/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da absorção de água por capilaridade e do

coeficiente de capilaridade (ABNT, 2005). A seguir serão demonstrados a aparelhagem e procedimentos experimentais.

- Balança de resolução 0,01 (g);
- Cronômetro
- Tela para ensaio de absorção
- Espetula metálica, com lamina de aproximadamente 20 mm de largura e 200 mm comprimento.
- Lixa
- Utensílios de Laboratório

Os CPs prismáticos tiveram idade de 28 dias, onde foram lixada uma de suas faces com auxilio de uma lixa grossa e posteriormente pesado. Após, foram levados para recipientes plásticos com uma lamina de agua 5 ± 1 mm para que ficassem com uma de suas faces em contato com a água, conforme ilustrado na figura 15.

Figura 14: Ensaio de absorção por capilaridade



Fonte: Autoria própria, 2019.

Em seguida após 10 minutos de ensaio foram retirados e pesados e após 90 minutos o mesmo procedimento. E os resultados de absorção de água foram expressos conforme a equação 2 .

$$At = Mt - Mo / 16 \quad (2)$$

Onde:

At: é a absorção por capilaridade em cada tempo, expresso em gramas por centímetro cubico (g/cm³);

Mt: Massa do corpo de prova em cada tempo, expresso em gramas (g);

Mo: Massa inicial do corpo de prova, expresso em gramas (g);

16: é a área superficial do corpo de prova, expresso em centímetros quadrado (cm²).

O ensaio de densidade no estado endurecido é realizado em conformidade com a NBR 13280/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido (ABNT, 2005). Para a realização do ensaio foram preparados 3 corpos de provas prismáticos com idade de 28 dias, conforme procedimentos citados anteriormente. Em seguida, com o auxílio de um paquímetro são medidas as faces para obtenção do volume real da amostra, após tal procedimento é realizado a pesagem dos Cps e feito a média. Por fim, é determinada a relação massa/volume, obtendo-se a densidade de massa aparente da argamassa no estado endurecido.

O modulo de elasticidade dinâmico é realizado em conformidade com a NBR 15630/2008: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica (ABNT, 2008). A seguir serão explanados as aparelhagens e procedimentos realizados.

- Equipamento de ultra-som;
- Barra de referência;
- Gel condutor;
- Utensílios de laboratório.

Para a realização do ensaio são utilizados corpos de provas prismáticos, com idade de 28 dias, preparados em conformidade com a NBR 13279/2005. Antes da realização do ensaio, deve-se configurar o equipamento ultra-som de acordo com sua barra de referência, após, é passado gel condutor nas faces do CPs e posteriormente é realizado a leitura dos parâmetros, ao qual se aplica na equação 3.

$$E_d = V^2 \rho (1 + \mu)(1 - 2\mu) / (1 - \mu) \quad (3)$$

Onde:

E_d : Modulo de elasticidade dinâmica, expressa em megapascal (Mpa)

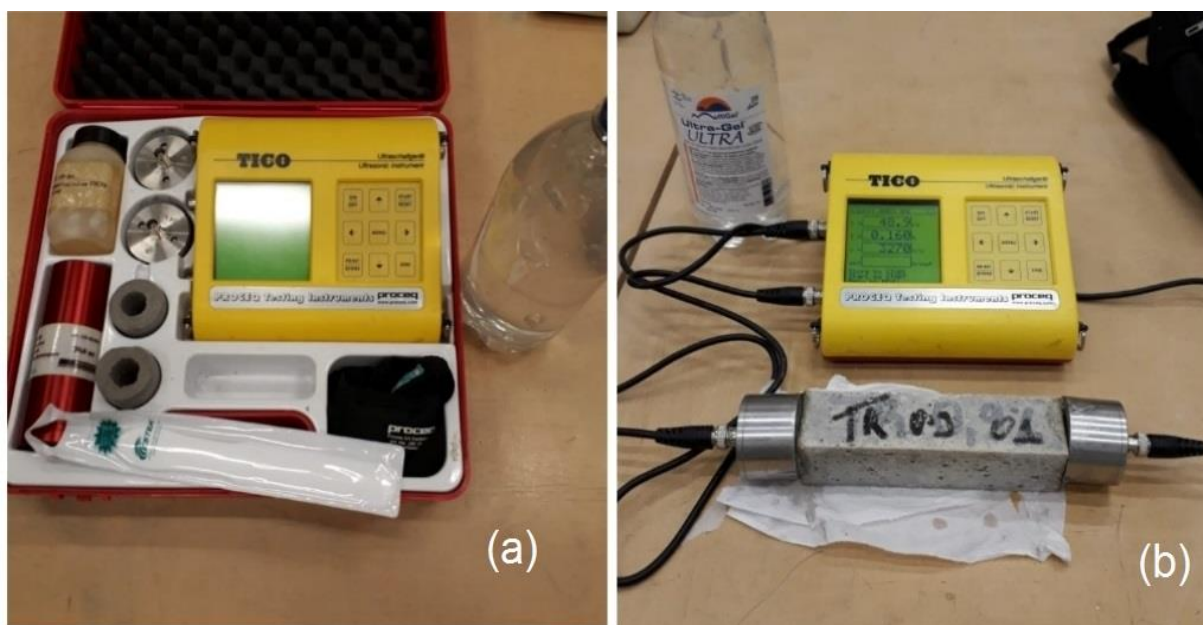
V : Velocidade de propagação da onda ultra-sônica, expressa em milímetros por micro segundos (mm/ μ s)

ρ : Densidade de massa aparente do corpo de prova, expressa em quilogramas por metro cubico (kg/m³)

μ : Coeficiente de Poisson. Adota-se nesta equação valor de 0,2.

A Figura 16 ilustra a aparelhagem e materiais utilizados para tal experimento.

Figura 15: Modulo de elasticidade dinâmico - (a) aparelhagem e materiais; (b) realização do ensaio



Fonte: Autoria própria, 2019

O ensaio de tração na flexão e compressão foi realizado de acordo com a NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à tração na flexão e à compressão (ABNT, 2005). Para a realização do mesmo foram preparados três corpos de provas prismáticos usando os procedimentos usados anteriormente, aos 28 dias de idade, os mesmos são posicionados no equipamento de ensaio e são submetidos a um carregamento para obtenção da resistência de tração na flexão e compressão.

Para obtenção da resistência a flexão, é aplicado um carregamento na velocidade de 50 ± 10 N/s no CP onde é mantido constante até a ruptura do material e os resultados são obtidos de acordo com a equação 4.

$$R_f = 1,5 F_t L / 40^3 \quad (4)$$

Onde:

R_f : Resistência a tração na flexão, em megapascal (Mpa);

F_t : Carga aplicada verticalmente no centro do prisma, expressa em newtons (N);

L : distância entre os suportes, em milímetros (mm)

A Figura 17 ilustra tal procedimento.

Figura 16: Ensaio de tração na flexão



Fonte: Autoria própria, 2019.

Após a realização do ensaio de resistência a tração na flexão, as metades dos corpos de provas são utilizadas para a realização do ensaio de compressão, onde é submetido um carregamento com velocidade de 500 ± 10 N/s, onde é mantido constante até a ruptura, conforme ilustrado na figura 18.

Figura 17: Ensaio de resistência à compressão



Fonte: Autoria própria, 2019.

Os resultados são expressos de acordo com a equação 5:

$$R_c = F_c / 1600 \quad (5)$$

Onde:

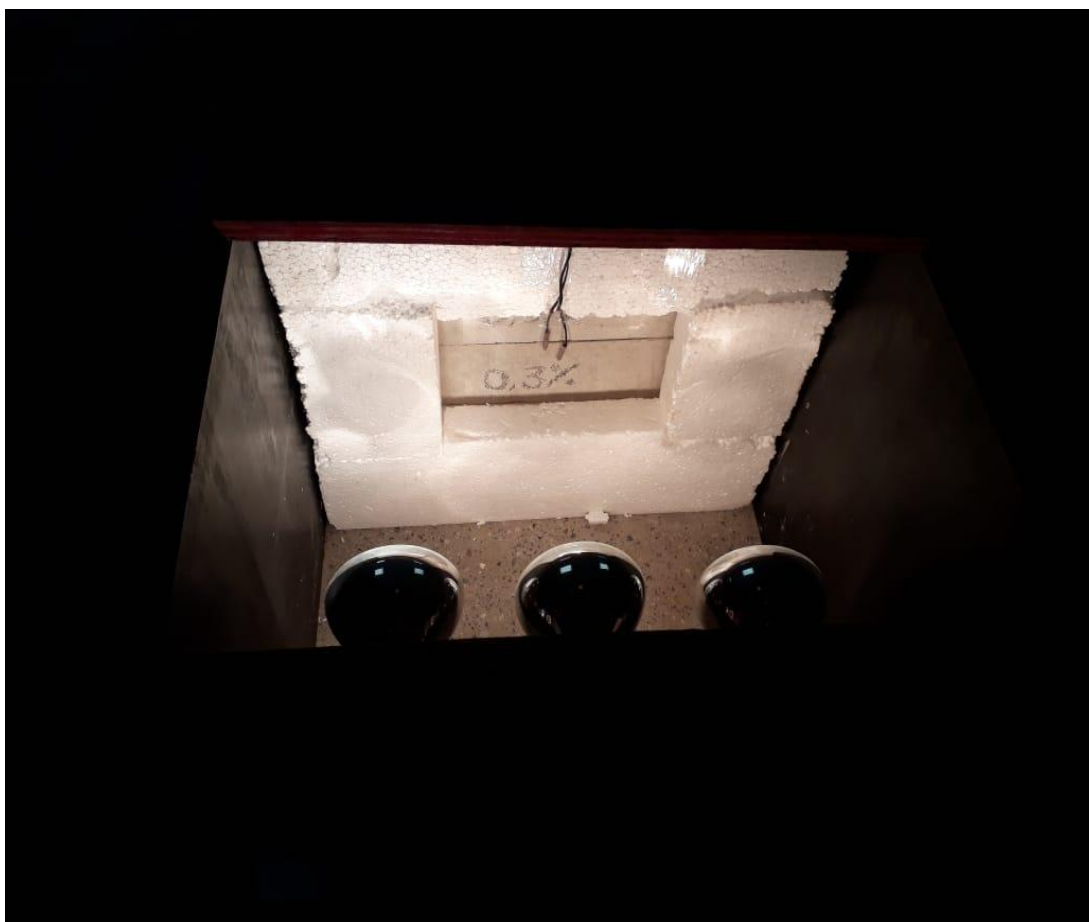
R_c : resistência à compressão, expresso em megapascal (Mpa);

F_c : Carga máxima aplicada, em newtons;

1600: área da seção considerada quadrada do dispositivo de carga 40 mm x 40 mm, expressa em milímetros quadrados.

O ensaio de desempenho térmico foi utilizado um protótipo desenvolvido pela Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), que consiste em uma caixa de madeirite plastificado com dimensões de 76 cm de comprimento, 56 cm largura e 48 cm de profundidade, uma parede interna de isopor que separa a face exposta e interna, a mesma ainda possui três lâmpadas incandescentes de 250 W cada e 4 termopares ligados a um computador para coleta dos dados a cada minuto. A figura 19 ilustra tal protótipo.

Figura 18: Protótipo de ensaio térmico



Fonte: Autoria própria, 2019.

As placas cimentícias moldadas para a mistura foram confeccionadas no laboratório de materiais da UFERSA – Angicos, as mesmas possuem dimensões de 30 cm de comprimento, 10 cm largura e 2,5 cm de profundidade, conforme ilustrado na figura 20. Após o preparo das mesmas elas permanecem em cura por 28 dias, somente após a cura foi realizado o ensaio.

Figura 19: Confeção placas cimentícias



Fonte: Autoria própria, 2019.

O ensaio é realizado da seguinte forma: Os termopares são instalados diretamente nas faces da placa cimentícia, dois em cada superfície (externa e interna), em seguida o software de medição de temperatura é iniciado, e as luzes são acesas iniciando o processo de medição de temperatura. A variação de temperatura nas faces é analisada por 120 minutos, sendo 90 minutos aquecendo e 30 resfriando.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS

A seguir serão apresentados e discutidos os resultados obtidos através dos ensaios realizados para a fundamentação desta pesquisa.

5.1.1 Estado Fresco

5.1.1.1 Consistência da argamassa

Para o ensaio de consistência fixou-se um espalhamento de referência de 260 ± 5 mm, para obtenção de uma argamassa mais trabalhável, os valores de índice de consistência a relação água/aglomerante (a/c) estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3: Índice de consistência e fator água/aglomerante

TRAÇO	RELAÇÃO ÁGUA/AGLOMERANTE	ESPALHAMENTO
REF	279,58	259 (mm)
AD 0,3%	302,12	263 (mm)
AD 0,6%	362,68	265 (mm)
AD 0.9%	370,26	255 (mm)

Fonte: Autoria própria, 2019.

Observou-se que a quantidade de água inserida na mistura em relação à de referência aumentou gradativamente com o aumento de teor de fibra adicionado, isso confirma o que Nakata e Lima (2017), relataram, ou seja, o aumento na quantidade de fibras vegetais a mistura está intrinsicamente ligado a uma redução da trabalhabilidade devido à absorção de água pelas mesmas.

Portanto pode-se observar que em relação à de referência o teor de AD 0,3% houve um aumento de 22,54 ml de água adicionadas a mistura implicando em um aumento de 8,06% de água a mais que a de referência

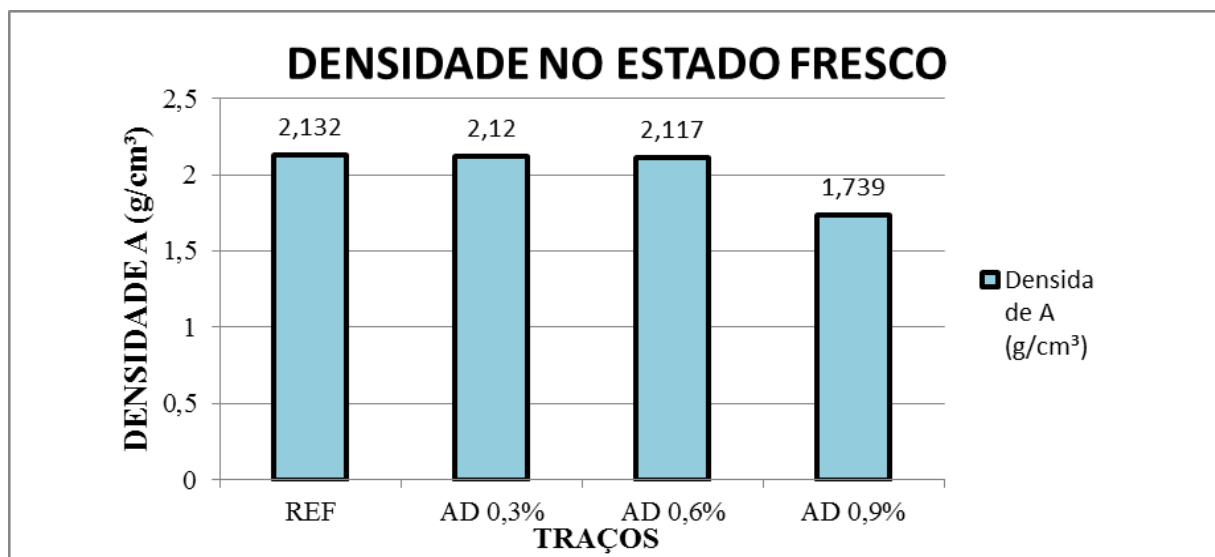
Em relação ao teor de AD 0,6% houve uma adição de 83,1 ml de água a mais sendo um aumento de 29,72% em comparação ao traço de referência. Para a AD 0,9% foi adicionado 90,68 ml de água a mistura implicando num aumento de 32,43% quando comparado com a de REF.

Assim, pode-se confirmar que quanto maior a adição de fibra de coco na mistura, maior será seu fator a/c e sua quantidade de água adicionada. Logo, valores acima de 1% de adição de fibra de coco implicaria numa argamassa com fator água/aglomerante (a/c) muito superior a de referência proporcionando uma maior adição de água. Visto, que argamassas com alta relação água/aglomerante, no processo de cura se retrai ao perder água em excesso de sua composição, evidenciando numa argamassa com muitos vazios. E para nossa região de clima quente e seco com fortes ventos, acelera a evaporação e a perda de água gerando fissuras (COSTA, 2016).

5.1.1.2 .Densidade argamassa no estado fresco

A figura 21 ilustra os resultados obtidos para os traços confeccionados

Figura 20: Densidade da argamassa no estado fresco para cada traço



Fonte: Autoria própria, 2019.

É possível observar que a densidade de massa específica ficou praticamente constante para os traços REF, AD 0,3% e AD 0,6%, possuindo uma redução significativa de aproximadamente 18,44% em relação à de referência somente o traço com adição de AD 0,9%.

Portanto segundo Costa (2016), Figura 8, os traços analisados (REF, AD 0,3%, AD 0,6% e AD 0,9%), podem ser consideradas argamassas normais. Proporcionando sua eventual utilização, pois argamassas com baixa densidade reduz o esforço do operário na sua aplicação, aumentando sua produtividade ao final da jornada de trabalho.

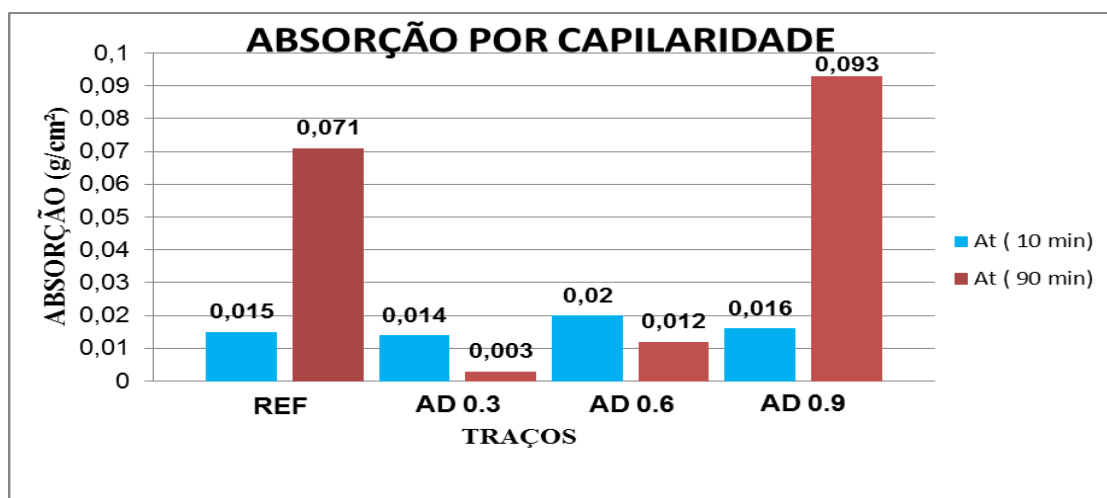
No entanto, os resultados apresentados são satisfatórios, pois como já explanado anteriormente as fibras tendem a aumentar o fator a/c isto proporcionando uma argamassa mais leve, devido à quantidade de água adicionada a mistura ser maior, demonstrando assim, que quanto maior a adição de fibra mais elevada o fator a/c e maior a quantidade de água a mistura. Proporcionando a argamassa uma tendência de diminuir sua massa específica, devido a tal fator.

5.1.2 Estado Endurecido

5.1.2.1 Absorção por capilaridade

Os valores obtidos para absorção por capilaridade estão apresentados na Figura 22.

Figura 21: Absorção por capilaridade



Fonte: Autoria própria, 2019.

É possível observar que a argamassa de referência obteve comportamento natural de absorção, possuindo poros interconectados, demonstrando que desde início da análise até o fim, ha uma tendência em crescer sua absorção.

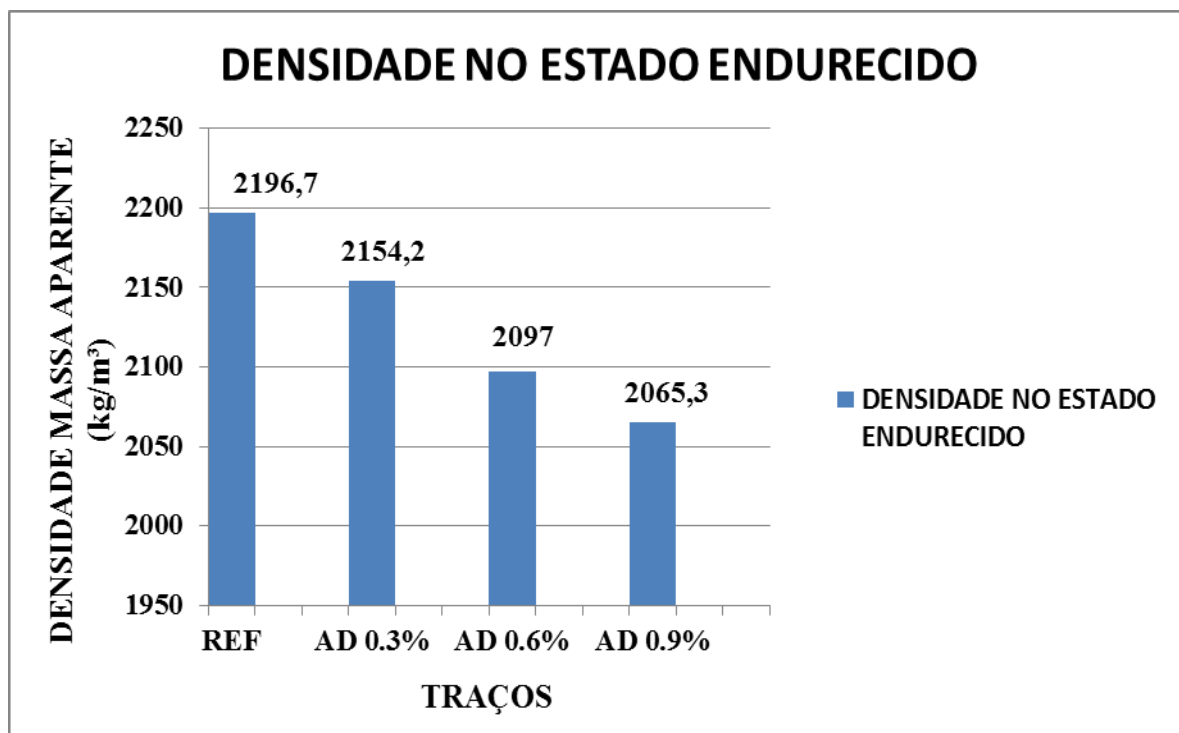
No entanto para as argamassas com adição de fibra observou –se comportamentos distintos da de referência, logo se observa que os traços de AD 0,3% e AD 0,6%, reduziu sua absorção ao passar do tempo. Esse fato, pode ter ocorrido devido as fibras tenderem a densificar a matriz e ao seu comportamento de absorção que as mesmas possuem.

Por outro lado, a AD 0,9% demonstrou que quanto maior for tal adição de fibra maior a quantidade de água a mistura e após esta água evaporar tendem a ficar vazios na argamassa, evidenciando que valores superiores a adição de 0,9% de fibra de coco nas argamassas tendem a não densificar a matriz e sim a aumentar a sua absorção por capilaridade, logo, teores de AD0,6% a baixo, encontra-se os melhores valores de adição de fibra de coco nas argamassas estudadas. Pois a mesma tende a se densificar a matriz, diminuindo a quantidade de poros interconectados pois há a existência de menos água, proporcionando uma maior acomodação das mesma na argamassa, evitando a passagem de água pelos poros devido as mesma absorverem.

5.1.2.2 Densidade de massa aparente no estado endurecido

Na Figura 23 são apresentados os resultados obtidos para os traços de REF, AD 0,3%, AD 0,6% e AD 0,9% para a densidade de massa aparente.

Figura 22: Densidade de massa aparente no estado endurecido



Fonte: Autoria própria, 2019.

Observou-se no gráfico que quanto maior a adição de fibra de coco na argamassa, maior é a redução na sua densidade de massa aparente. Isto ocorre, devido o fator água/aglomerante aumentar, proporcionando uma quantidade de água maior a mistura, portanto, a água adicionada tende a evaporar deixando a argamassa “mais leve” no seu estado endurecido.

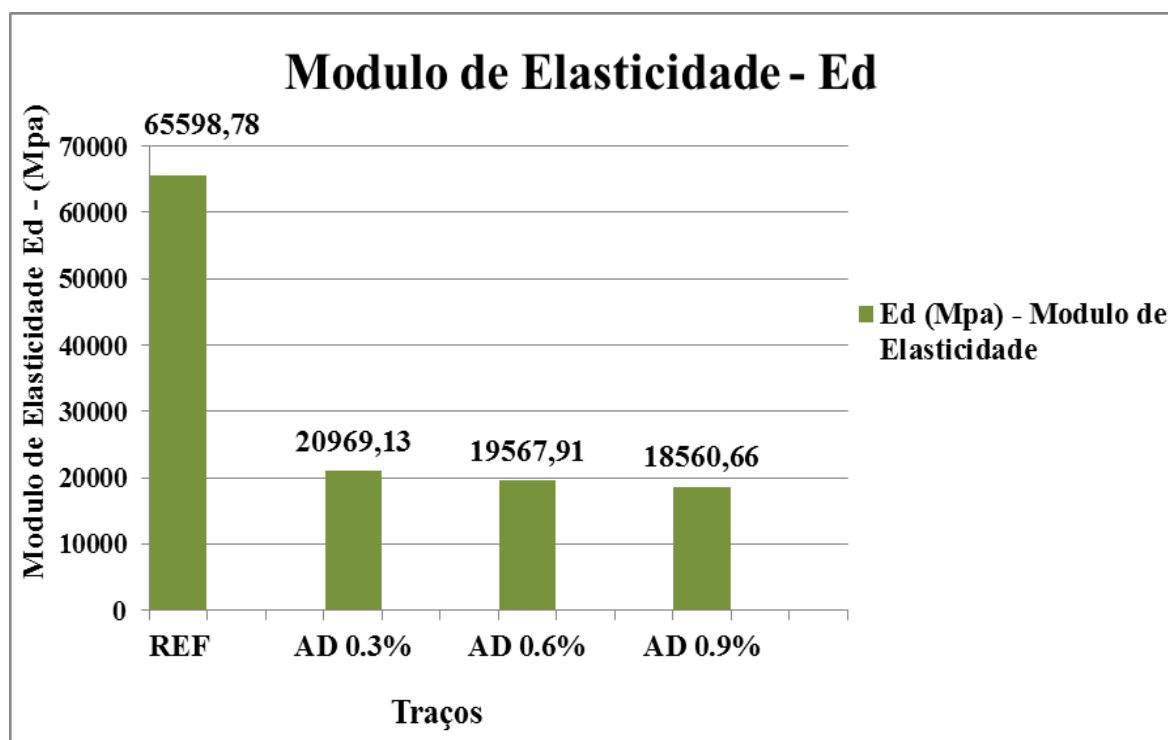
Assim, percebeu-se que o traços com AD 0,3%, AD 0,6% e AD 0,9% em relação a de referência, reduziu de 1,94 %, 4,54% e 5,98% respectivamente. Portanto, sendo possível indicar que quanto maior adição de fibra de coco na argamassa mais leve será a mesma no seu estado endurecido. Porém, menos densa será a mesma, evidenciando numa argamassa com mais vazios, proporcionando maior absorção e fragilizando a mesma.

Portanto, com base nestes dados é possível classificar as mesmas de acordo com a NBR 13281, onde de acordo com a Tabela – 2 da norma, as argamassas possuem massa aparente $> 1.800 \text{ kg/m}^3$, portanto são classificadas como M6.

5.1.2.3 Módulo de elasticidade dinâmico

Na Figura 24 são apresentados os resultados obtidos com a realização do ensaio para obtenção do módulo de elasticidade dinâmico.

Figura 23: Módulo de elasticidade dinâmico para as amostras ensaiadas aos 28 dias



Fonte: Autoria própria, 2019.

Segundo Silva et al. (2015), a qualidade e durabilidade de um revestimento de argamassa estão diretamente ligadas à sua elasticidade. Esta é a capacidade de deformação que as argamassas apresentam sem ocorrer ruptura, o que permite também o retorno às dimensões iniciais quando cessam as solicitações impostas. Deste modo, o módulo de elasticidade está relacionado com comportamento elástico do revestimento e fornece informações acerca da deformabilidade e da rigidez.

O objetivo deste experimento para a pesquisa foi descobrir a capacidade de deformação das argamassas em questão. Logo, argamassas com modulo de elasticidade maiores, tendem a ser mais rígidas, no entanto como o objetivo deste trabalho é para utilização em revestimentos as argamassas estudadas devem possuir capacidade de absorver deformação e quando cessada a solicitação volta para seu estado inicial, sem que ocorra

nenhum tipo de patologia, como por exemplo, fissuras. Logo uma argamassa com baixo módulo de elasticidade tende apresentar características elástica. No entanto, as que possuem baixo módulo de elasticidade passam a ser menos rígidas e apresentam uma baixa resistência mecânica.

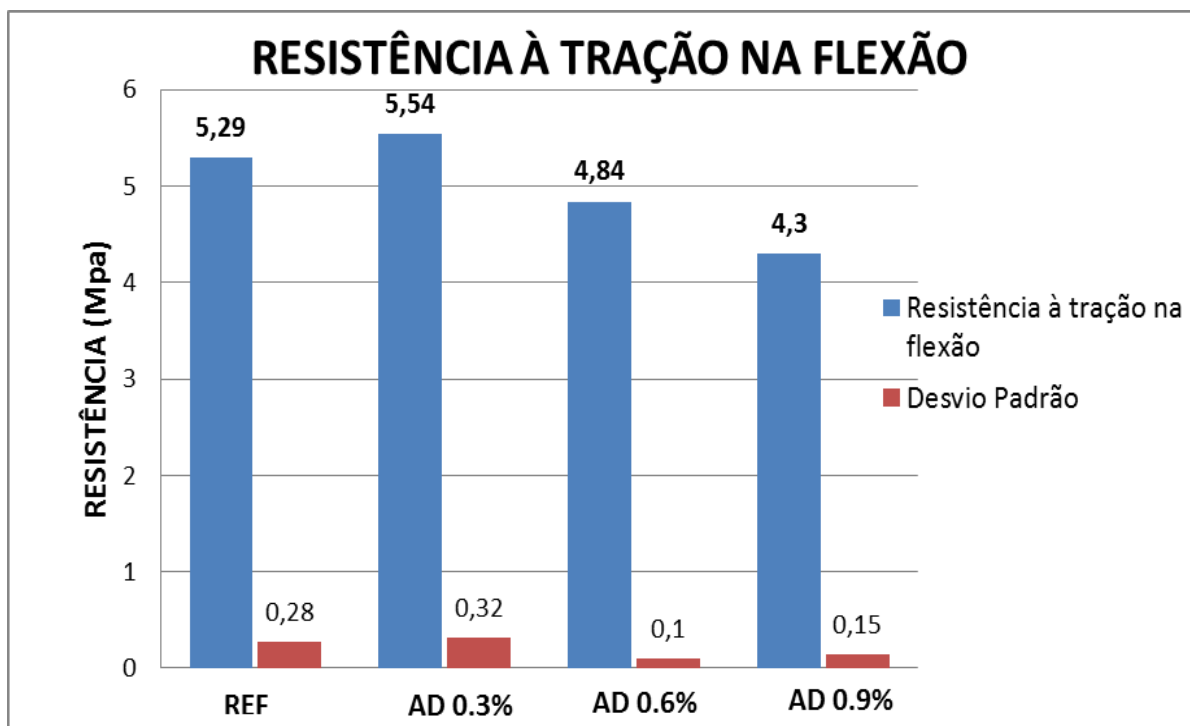
É possível observar que a argamassa de REF ela tende a ser mais rígida do que as com adição de fibras de coco, pois, maiores módulos de elasticidade implicam em dizer que menos elástica é a mesma, devido não conseguir voltar para seu estado inicial quando cessada uma força solicitante.

Os traços com AD 0,3%, AD 0,6% e AD 0,9% em relação à de referência tiveram redução de 68%, 70,17% e 71,70% respectivamente, portanto, sendo possível concluir que as argamassas com adição de fibra de coco, possuem uma alta capacidade de absorver deformações. Sendo muito satisfatório tal resultado, proporcionando as mesmas aplicações em revestimentos com desempenho superiores que as convencionais para absorção de esforços.

No entanto, as mesmas apresentaram um alto fator água/aglomerante, logo, possuem uma quantidade maior de água em sua mistura, evidenciando numa argamassa com mais vazios, proporcionando, conseqüentemente um menor módulo de elasticidade. Assim, levando para os parâmetros de resistência mecânica as argamassas em análise tendem apresentar uma menor resistência, porém, devido à fibra de coco contida na mistura, elas irão proporcionar características elásticas as mesmas.

5.1.2.4 Resistência à tração na flexão

O ensaio de resistência à tração na flexão ocorreu aos 28 dias de idade dos corpos de provas prismáticos, o relatório de ensaio encontra-se disponível em ANEXO A. A figura 25 ilustra os resultados obtidos para as argamassas estudadas.

Figura 24: Resistência à tração na flexão aos 28 dias

Fonte: Autoria própria, 2019.

Os valores obtidos no ensaio demonstra o que Silva et al. (2014), relatou, o mesmo em sua pesquisa afirmou que teores acima de 1% de fibra de coco cortadas a 25 mm adicionados a mistura, implica numa argamassa com uma resistência menor do que a de referência em torno de 18%. Logo fica confirmado que os teores de AD 0,6% e AD 0,9%, apresentaram valores em concordância com o que diz a literatura, pois apresentaram uma redução em relação à de referência em torno de 9% e 18,72 %, sendo satisfatório.

Esta queda de resistência das argamassas com adição de fibra de coco pode ser atribuída, ao fato das fibras vegetais apresentarem uma taxa de absorção de água superior a 80%, o que inibe o efeito de parede e produz forte fluxo de água na direção da fibra provocando um aumento local da relação água/aglomerante elevando a porosidade na zona de transição entre a fibra e a matriz (SILVA et al. 2014).

Assim, como citado por Nakata (2017), em relação ao comportamento obtido após a ruptura do corpo de prova verifica-se que as fibras mantiveram as faces das fissuras unidas evitando sua ruptura brusca, evidenciando a maior capacidade de deformação que a fibra promoveu na argamassa.

Porém, observa-se que AD 0,3% encontra-se com uma resistência à tração maior que a de referência, isso pode ter ocorrido devido á quantidade de água adicionada a mistura não ter

sido muito alta ficando em torno de 8,06% a mais em relação à de referência, onde consequentemente houve um acréscimo ótimo de adição de fibra de coco, proporcionando a mistura uma melhor resistência à tração.

No entanto, os valores de elasticidade dinâmicos implicam em dizer que as mesmas apresentariam resistências inferiores que as de referência, isto ocorreu somente para os traços que obtiveram maiores teores de absorção por capilaridade e fator a/c, pois apresentaram maiores vazios e poros interconectados, logo os traços de AD 0,6% e AD 0,9%, proporcionaram isto.

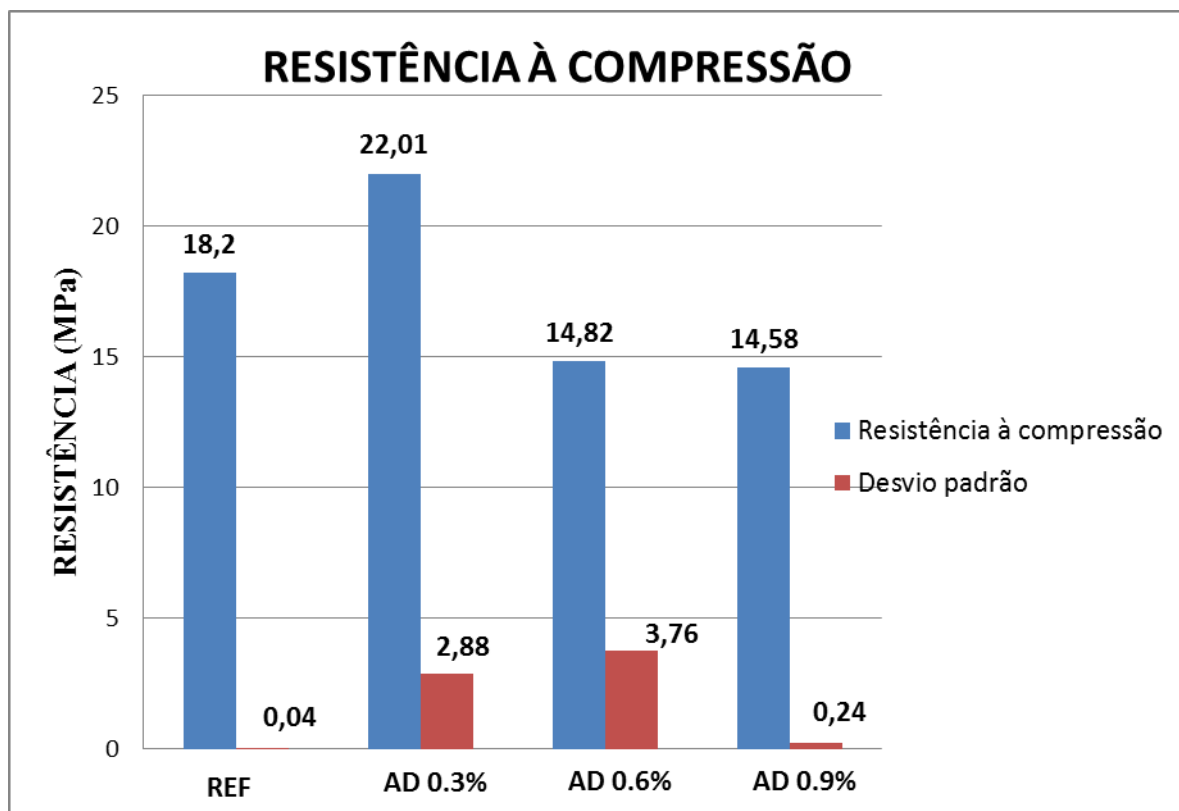
Portanto, pode-se confirmar que quanto mais próximo de 1% de adição de fibra de coco na argamassa, maior será o fator a/c, maior a absorção, menor o módulo de elasticidade e menor resistência mecânica à tração na flexão.

Assim, o percentual de adição de AD 0,3% de fibra de coco na argamassa, proporciona uma menor absorção por capilaridade e menor fator a/c comparado aos outros traços de adição de fibra, porém, seu módulo de elasticidade torna-se baixo devido às fibras contidas na mistura apresentarem características plásticas, tornando a argamassa menos rígida. No entanto, mesmo com tal resultado de módulo de elasticidade dinâmico, o teor de AD 0,3% não diminui a resistência à tração na flexão, e sim proporciona a mesma um teor ótimo de adição, densificando a matriz e gerando uma mesma resistência se considerado o desvio padrão, que a argamassa de referência.

Por fim, segundo a NBR 13281, as argamassas REF, AD 0,3% e AD 0,6% são classificadas de acordo com a tabela – 3 da norma, como R6, e a argamassa com AD 0,9% é considerada como R5.

5.1.2.5 Resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão ocorreu aos 28 dias de idade dos corpos de provas prismáticos, o relatório de ensaio encontra-se disponível no ANEXO B. O mesmo é realizado após o ensaio de tração na flexão de acordo com a NBR 13279/2005. A Figura 26 ilustra os resultados obtidos para cada argamassa.

Figura 25: Resistência à compressão aos 28 dias

Fonte: Autoria própria, 2019.

Assim como no ensaio de resistência à tração na flexão os traços de AD 0,6% e AD 0,9% apresentam valores em concordância com a literatura, apresentando redução em relação ao de referência em torno de 18,57% e 19,89 %, confirmando o que diz Silva et al. (2014).

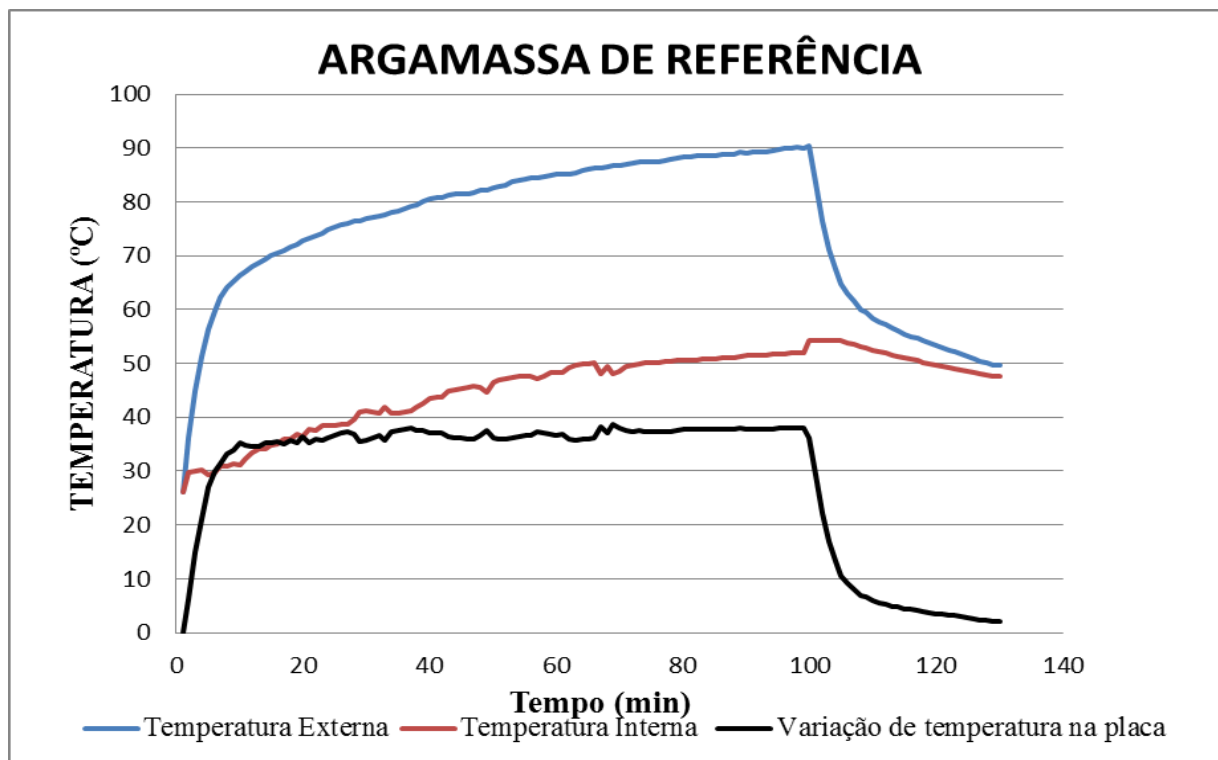
No entanto, o traço de AD 0,3% assim como no ensaio de resistência à tração na flexão apresenta valores de resistência mecânica superiores a de REF. Isto ocorre devido tal adição ter sido como “ótima” a mistura, como já explanado anteriormente. Logo, tal adição proporcionou a argamassa melhores desempenhos mecânicos que a de REF. Demonstrando menor fator a/c e absorção por capilaridade quando comparado com os outros teores. Sendo a adição de água a mistura suficiente para absorção das fibras, onde as mesmas se densificaram a matriz cimentícia proporcionando melhores resultados mecânicos à argamassa.

Assim, segundo a NBR 13291, as argamassas são classificadas de acordo com a tabela – 1 da norma onde os traços de REF, AD 0,3%, AD 0,6% e AD 0,9% são classificados como P6.

5.1.2.6 Ensaio térmico

A Figura 27 ilustra o resultado do ensaio térmico para o traço de referência.

Figura 26: Ensaio térmico - argamassa de referência



Fonte: Autoria própria, 2019.

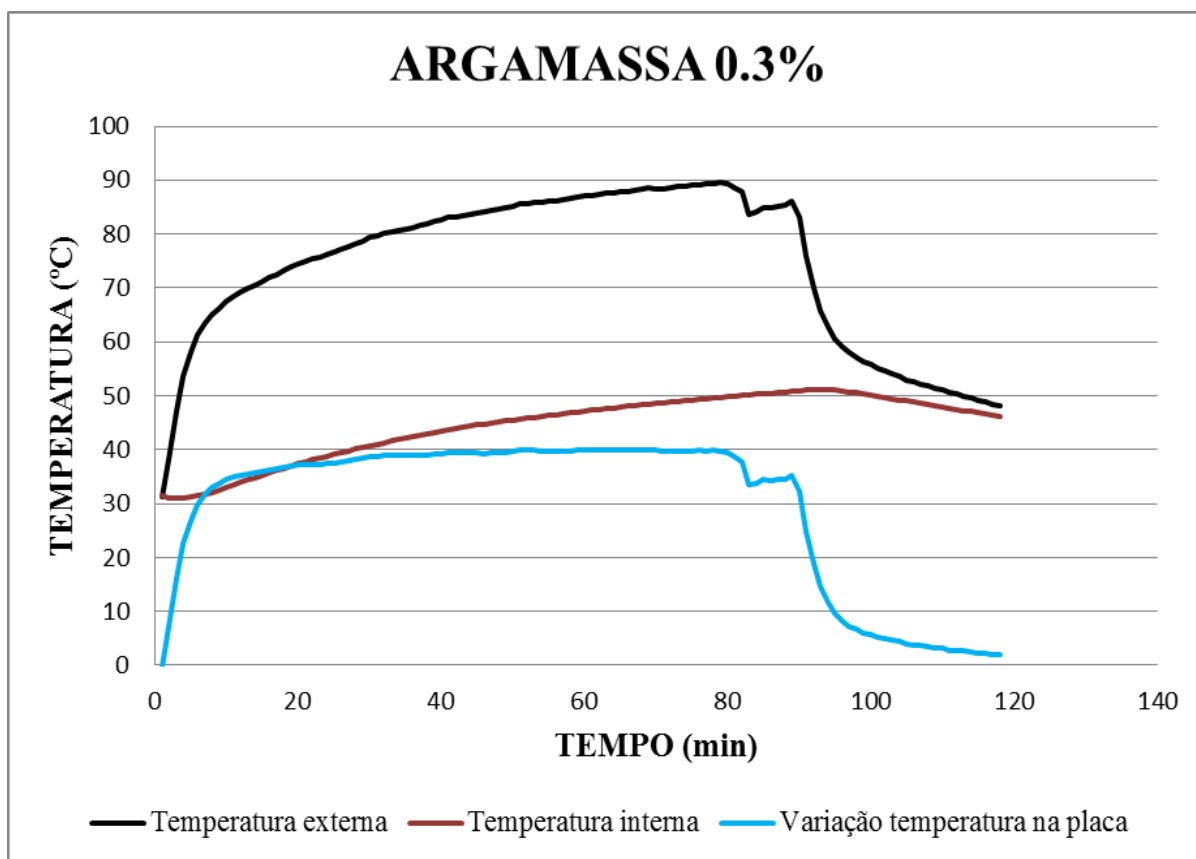
A argamassa de referência atinge uma temperatura média máxima na face externa de aproximadamente 90,43°C e na face interna de 54,35°C, logo ocorreu uma variação ou “atraso térmico” de 38,66°C. Ao observarmos a figura – 27 nos 10 minutos de ensaio à variação de temperatura nas placas permanecem constantes.

Observa-se que em 30, 60 e 90 minutos de ensaio, a variação de temperatura média nas faces foi respectivamente, 35,6°C, 36,7°C e 36,74°C. Logo se percebe que ao passar do tempo à variação de temperatura ou atraso térmico permanece a ficar constante.

Nos últimos 30 minutos de ensaio ocorrem o desligamento da fonte de calor, ou seja, o resfriamento da placa. Observa-se que a face externa exposta a fonte calor, apresenta comportamento parabólico, ou seja um resfriamento rápido, enquanto a face interna resfria espontaneamente.

A Figura – 28, traz resultados referentes à argamassa com adição de fibra de coco de 0,3% (AD 0,3%). Assim, como ocorre para a de referência nos 10 primeiros minutos de ensaio a variação temperatura nas placas permanecem constante.

Figura 27: Ensaio térmico - AD 0,3%



Fonte: Autoria própria, 2019.

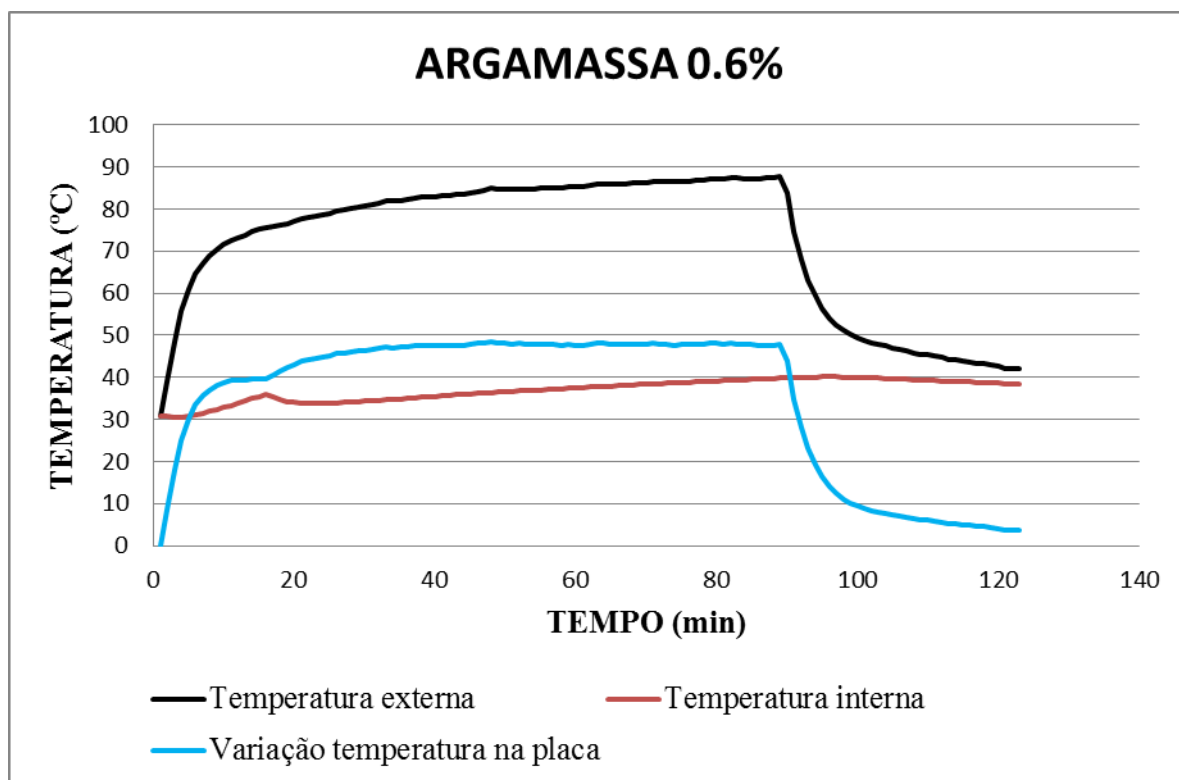
A média de temperatura máxima na face externa foi de 89,46°C e na face interna de 51,1°C, logo o “atraso térmico” máximo médio foi de 40,0°C.

Aos 30, 60 e 90 minutos a variação média nas placas foi respectivamente de 38,6°C, 39,85°C e 32,13°C. Isto significa que com adição de 0,3% de fibra de coco a argamassa já apresenta uma melhoria de 11,94 %, 8,6% e 12,6%, logo, já apresenta eficácia em relação à de referência de aproximadamente 11%.

O processo de resfriamento ocorre da mesma forma a placa externa, exposta a fonte de calor quando desligada, ocorre o resfriamento muito rápido, logo o gráfico apresenta um formato parabólico e enquanto a face interna apresenta uma queda de temperatura constante, tendendo a se equilibrar e se estabilizar.

A Figura 29, apresenta os resultados referente ao traço de AD 0,6% . Assim, como ocorreu nos anteriores nos 10 primeiros minutos a variação de temperatura permanece constante.

Figura 28: Ensaio térmico - AD 0,6%



Fonte: Autoria própria, 2019.

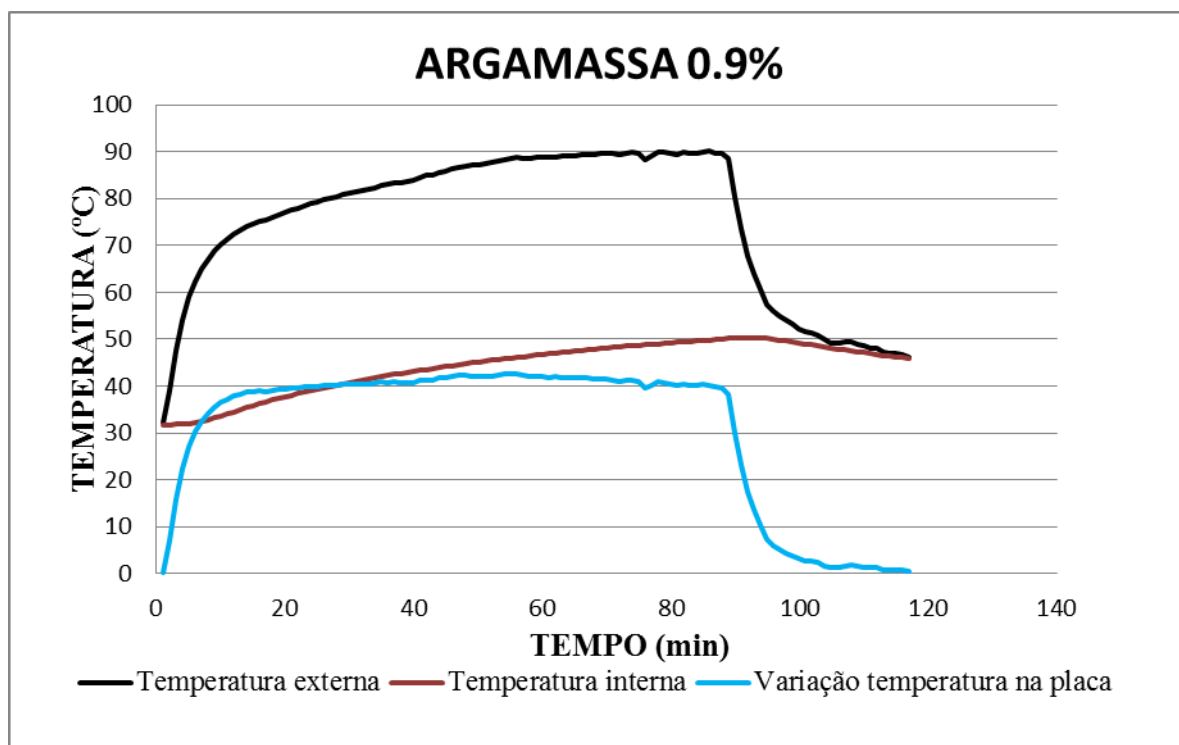
A média de temperatura máxima na face externa chegou a 87,66°C e na face interna de 40,1°C, e a variação de temperatura ou “atraso térmico” máximo de 48,5°C.

Aos 30, 60 e 90 minutos de ensaio a variação de temperatura média das placas foi respectivamente, 46,4°C, 47,5°C e 47,9°C. Logo em relação á de referência apresentam melhorias de aproximadamente 30%, 29,4% e 30,4%, sendo uma eficácia térmica média de 29,4% em relação à de referência. A AD 0,6% houve uma melhoria de 18,4% de eficiência térmica em comparação a AD 0,3%.

Para o processo de resfriamento ocorreu da mesma forma que explanado anteriormente a face externa tende a resfriar rapidamente e a face interna permanece constante e tende a se equilibrar e fica constante.

A Figura 30 ilustra o resultado referente à argamassa com AD 0,9%, e assim como nos anteriores nos 10 primeiros minutos a variação de temperatura nas placas permanece constante.

Figura 29: Ensaio térmico - AD 0,9%



Fonte: Autoria própria, 2019.

A média de temperatura máxima na face externa chegou a 90,04°C e na face interna de 50,35°C, e a variação de temperatura ou “atraso térmico” máximo de 42,69°C.

Aos 30, 60 e 90 minutos de ensaio a variação de temperatura média nas placas foi respectivamente, 40,3°C, 42°C e 30°C. Logo a eficácia térmica em relação a de referência foi de aproximadamente 13,2%, 14,5% e 18,3% respectivamente, proporcionando uma eficácia térmica media de 15,4%.

Em relação ao traço de AD 0,3% houve uma melhoria 4,4% de eficácia térmica. Já em em relação ao traço AD 0,6%, não apresentou melhorias, ficando o com melhorias superior de 14% em relação ao traço AD 0,9%

Em relação ao processo de resfriamento notasse que o traço com AD 0,9% ocorre um resfriamento muito rápido, em menor de 120 minutos, ao qual tende se equilibrar e ficar constante.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como principal objeto analisar as propriedades mecânicas e a eficiência térmica da argamassa com adição de fibra de coco seca.

. A partir dos resultados obtidos com a pesquisa podem-se chegar as possíveis considerações:

- A fibra de coco por ser uma fibra vegetal, tende a apresentar características de absorção de água, logo para atingir um índice de consistência de referência pré-estabelecido de 260 ± 5 mm. Foi necessária a adição de uma maior quantidade de água a mistura, logo sua densidade no estado fresco, tende a diminuir, e seu fator água/aglomerante aumentar.
- Para tal pesquisa foi observada a quantidade e o tamanho de fibra de coco a ser adicionada na argamassa, a quantidade fica estabelecida a ser menor que 1% devido argamassas com teores maiores apresentarem fatores a/c elevados, logo, mais água a mistura. Seu tamanho de 25 mm, demonstra a eficiência que o autor Silva et al. (2014) relatou sendo apresentados resultados satisfatórios a resistência mecânica das mesmas.
- Pode-se observar que os traços mais próximos de 1% de adição de fibra de coco seco, apresentam maior absorção por capilaridade, isto devido ao fator a/c ser mais elevado, assim sendo necessário a adição de mais água a mistura e quando a mesma evaporar no estado endurecido a argamassa apresenta maiores vazios, elevando a absorção por capilaridade. Assim, a argamassa com mais água apresenta valores de resistência mecânica mais baixa, conforme encontrado na literatura que a adição de fibras tende a diminuir a resistência mecânica, no entanto, um traço de adição “ótimo” foi encontrado sendo o AD 0,3%, por o mesmo apresentar uma menor adição de água em relação ao de referência os resultados demonstram que a adição de 0,3% de fibra de coco á argamassa densificou a matriz promovendo a mesma uma maior resistência mecânica.
- Os módulos de elasticidades encontrados, demonstram que as fibras de coco possuem comportamento de materiais plásticos, portanto, os módulos de elasticidades indicam que quanto menor for o mesmo, maior a capacidade de deformasse e voltar para seu estado inicial, assim, argamassas para revestimentos devem possuir tal parâmetro devido às cargas atuantes nos mesmos.

- A densidade de massa aparente no estado endurecido demonstra que a argamassa tende a ficar mais leve quando adicionada a fibra de coco, isto devido as argamassas possuírem uma quantidade maior de água e devido ao numero de vazios que tendem a aparecer com a maior adição de fibra de coco.
- As placas cimenticias elaboradas para o ensaio térmico demonstraram desempenhos satisfatórios em utilização no protótipo térmico.
- A argamassa que apresentou melhor eficiência térmica foi com adição de 0,6% de fibra de coco (AD 0,6%), a mesma apresentou um “atraso térmico” médio de 29,4% em relação à de referência, demonstrando ótimos resultados térmicos, evidenciando o uso desta argamassa para utilização em revestimentos.
- Os traços apresentaram bons desempenhos térmicos quando comparados com a de referência. Logo o melhor traço de resistência mecânica foi AD 0,3% sendo o de melhor desempenho térmico o de AD 0,6%, portanto, levando em consideração o objetivo deste trabalho e os desvios padrões, dos ensaios de resistência mecânica e a literatura, o melhor traço de desempenho termomecânico é o de AD 0,6%.

Portanto, com base no exposto a adição de fibra de coco nas argamassas promovem melhorias térmicas às mesmas. Podendo a mesma ser utilizada para fins de revestimentos com boas características térmicas.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 – Edificações Habitacionais - desempenho**: requisitos gerais. Rio de Janeiro: Copyright, 2013.

____ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 – Edificações Habitacionais - desempenho**: requisito para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro: Copyright, 2013.

____ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 15575 – Edificações Habitacionais - desempenho**: requisito para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro: Copyright, 2013.

____ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 – Edificações Habitacionais - desempenho**: requisitos para os sistemas de vedações internas e externas. Rio de Janeiro: Copyright, 2013.

____ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 – Edificações Habitacionais - desempenho**: requisitos para os sistemas de cobertura. Rio de Janeiro: Copyright, 2013.

____ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 – Edificações Habitacionais - desempenho**: requisitos para os sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro: Copyright, 2013.

____ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, p. 15. 2009.

____ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276: Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação índice de consistência**. Rio de Janeiro: ABNT, p.6. 2016.

____ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**. Rio de Janeiro: ABNT, p. 8. 2005.

____ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro: ABNT, p. 13. 2005.

____ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade**. Rio de Janeiro: ABNT, p. 7. 2005.

____ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15630: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica**. Rio de Janeiro: ABNT, p. 8. 2008.

____ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.** Rio de Janeiro: ABNT, p. 6. 2008.

____ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto- especificações.** Rio de Janeiro, 2009.

____ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, p. 7. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento portland.** 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/uploads/2016/05/BT106_2003.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2019.

ABREU, Ana Cristina Fernandes. **Avaliação mecânica em flexão de compósitos de cimento com reforço de fibra de coco.** 2012. 60 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

BRASIL, **Ministério do trabalho e emprego - MTE. NR 8 – Edificações.** -Portaria 3214. Brasília ministério do trabalho 1987 Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr8.htm>> Acesso em: 12/11/2018.

BRASIL. Portaria nº 5, de 5 de setembro de 2017. **Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017.** 1. ed. Brasília , DF, Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html>. Acesso em: 26 fev. 2019.

CARASEK, Helena. **Argamassas.** 2010. Disponível em: <http://aquarius.ime.eb.br/~moniz/matconst2/argamassa_ibracon_cap26_apresentacao.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2019.

CARDOSO, Alceu Aparecido; CALLEJAS, Ivan Julio Apolonio; DURANTE, Luciane Cleonice. **ARGAMASSAS PRODUZIDAS A PARTIR DE MATERIAIS NÃO CONVENCIONAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.** 2016. Disponível em: <<http://eventosacademicos.ufmt.br/index.php/eeeea/eeeea2016/paper/viewFile/629/237>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

CASTILHOS, Lisiane Fernanda Fabro de. **Aproveitamento da fibra de coco.** Paraná: Desconhecida, 2011.

CONSTRUÇÃO, Fazfacil Reforma e. **Quais os tipos de Cimentos mais usados?** 2017. Disponível em: <<https://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/quais-tipos-cimentos/>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

COSTA, Marienne R.m.maron da. **TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS (Parte I)**. Paraná: Desconhecido, 2016. 106 slides, color. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/2/24/TC034_Argamassas_Parte_I_propriedades.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2019.

CUNHA, Paulo Waldemiro Soares. **Estudo sobre as potencialidades de compósitos à base de gesso e fibras de coco seco para aplicação na construção civil**. 2012. 120 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/12847/1/PauloWSC_TESE.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2018.

DUARTE, Denise. **Fibras Naturais Fibras Naturais e sua Aplicação na Arquitetura**: “2009, o Ano Internacional das Fibras Naturais, decretado pela ONU, já que não utilizam derivados de petróleo e são biodegradáveis.”. 2009. Disponível em: <<http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0221/Trabalhos%20Finais%202009/Fibras%20naturais.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Ufrgs, 2009. 120 p. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

MARTINS, Daniela Vasconcelos Alamy; SOARES, Letícia Mosconi. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA COM FIBRAS DE PAPEL KRAFT PROVENIENTES DE EMBALAGENS DE CAL**. 2016. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016. Disponível em: <https://www.eec.ufg.br/up/140/o/AVALIA%C3%87%C3%83O_DO_DESEMPENHO_DE_REVESTIMENTOS_DE_ARGAMASSA_COM_FIBRAS_DE_PAPEL_KRAFT_PROVENIENTES_DE_EMBALAGENS_DE_CAL..pdf>. Acesso em: 30 jan. 2019.

MARTINS, Phillip. **Argamassa e Concreto**. 2012. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAANd0AA/argamassa-concreto>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

MIRANDA, Pedro. **Isolamento térmico proporciona conforto e economia a edificações**. 2010. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/isolamento-termico-proporciona-conforto-e-economia-a-edificacoes_17486_10_0>. Acesso em: 11 dez. 2018.

NAKATA, Roberto Hiroshi; LIMA, Jefferson Maia. **POTENCIAL DA APLICAÇÃO DE FIBRAS DE COCO EM MATRIZ À BASE DE CIMENTO PORTLAND**. 2017. Disponível em: <<https://even3.azureedge.net/anais/47970.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

NETO, Arnaldo. **ESTUDO DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO**. 2018. 25 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Ufrn, Natal- RN, 2018.

OLIVEIRA, Luiz A. P.; ALVES, Paula C. P.; DIAS, Sérgio M. M.. **Desempenho de argamassas reforçadas com fibras acrílicas**. 2010. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/584/1/paper18_07pdf.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2019.

PASSOS, Paulo Roberto de Assis. **Destinação sustentável de cascas de coco (Cocos nucifera) verde: obtenção de telhas e chapas de partículas**. 2005. 166 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Paulo_Roberto_de_Assis_Passos.pdf>. Acesso em: 03 Fev. 2019.

PEDRA, Marinho Areia e. **AREIA - SUBSTÂNCIA NATURAL**. 2017. Disponível em: <<https://www.marinhoareiaepedra.com.br/blog/areia-substancia-natural>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

SALUSTIO, Janaina. **AULA 3 – PROPRIEDADES DA ARGAMASSA**. Angicos: Desconhecido, 2017. 47 slides, color.

SALUSTIO, Janaina. **AULA 5 – INTRODUÇÃO A ARGAMASSA**. Angicos: Desconhecido, 2017. 18 slides, color.

SAVASTANO JÚNIOR, Holmer. **Materiais à base de cimentos reforçados com fibra vegetal: Reciclagem de resíduo para a construção de baixo custo**. 2000. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <<file:///C:/Users/Jadson/Downloads/Holmer.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

SCHWAN, Filipe Bondarenko. **Argamassa sustentável reforçado com fibra de coco**. Ipatinga: Desconhecida, 2014.

SENHORAS, Elói Martins. **Oportunidades da Cadeia Agroindustrial do Coco Verde Do coco verde nada se perde, tudo se desfruta**. 2004. Disponível em: <http://www.urutagua.uem.br/005/22eco_senhoras.htm>. Acesso em: 12 nov. 2018.

SENNA, Diógenes Oliveira et al. **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS DIFERENTES ÁGUAS DE AMASSAMENTO UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS INORGÂNICAS DE REVESTIMENTO DE PAREDES E TETOS PRODUZIDAS NA CIDADE DE FEIRA DE SANTANA-BA**. In: V SBTA SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 5., 2003, São Paulo. **Anais**. São Paulo: Antac, 2003. p. 169 - 180.

SILVA, Alessandro Costa da. **Reaproveitamento da casca de coco verde**. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/viewFile/15186/pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

SILVA, Alexandra et al. **Avaliação de Propriedades Mecânicas de Argamassas de Revestimento através do Módulo de Elasticidade Dinâmico. Ensaios em Provete de Dimensões Reduzidas**. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/284283665_Avaliacao_de_Propriedades_Mecanicas_de_Argamassas_de_Revestimento_atraves_do_Modulo_de_Elasticidade_Dinamico_Ensaios_em_Provetes_de_Dimensoes_Reduzidas#pf1>. Acesso em: 04 fev. 2019.

SILVA, E J. et al., 2014 - **Resistência à compressão de argamassas em função da adição de fibra de coco**, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.12, p.1268–1273.

SOUZA, Emilye Stephane de et al. **APLICAÇÃO DA FIBRA DE COCO NO PROCESSO DE ISOLAMENTO TERMO ACÚSTICO**. 2015. Disponível em: <www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/.../2383>. Acesso em: 14 nov. 2018.

STANCATO, A. C. **Determinação da condutividade térmica e da resistência mecânica em argamassa leve**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2000. 155p

TISCOSKI, Bruna de Luca; ANTUNES, Elaine Guglielmi Pavei. **ANÁLISE DO EFEITO DA ADIÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO NA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO EM ARGAMASSA DE REVESTIMENTO**. 2016. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/4237/1/Bruna%20de%20Luca%20Tiscoski.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

UPF. **Pesquisa analisa a eficácia da utilização de fibras nas argamassas de revestimento**. 2017. Disponível em: <<https://www.upf.br/noticia/pesquisa-analisa-a-eficacia-da-utilizacao-de-fibras-nas-argamassas-de-revestimento>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

VARELA, Marcio. **Materiais de Construção I - Agregados**. 2015. 29 slides, color.

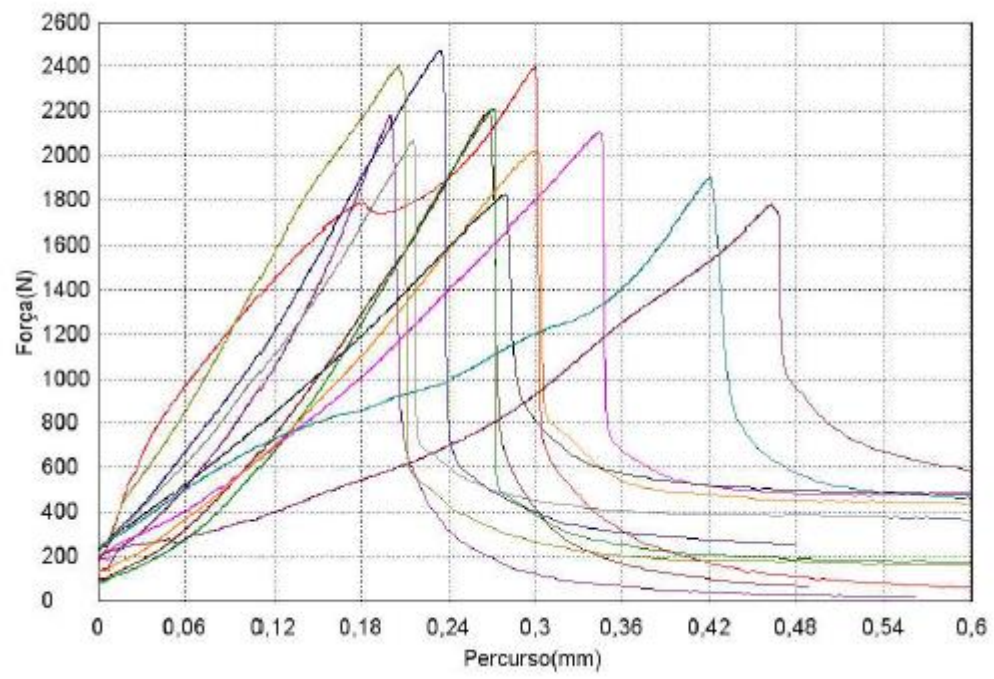
XAVIER, Moizes de Souza. **ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS COM USO DE VERMICULITA EXPANDIDA COMO SUBSTITUTO PARCIAL DA AREIA NATURAL**. 2018. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2018.

ANEXO A – RELATÓRIO DE ENSAIO: RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

Flexão 3pt

Palavra-chave		Nome do produto	
Nome do arquivo do ensaio	Flexão_3pts_0802.xtak	Nome do arquivo do método	Ensaio Flexão 3 pontos.xmak
Data do relatório	8/2/2019	Data do ensaio	8/2/2019
Modo de ensaio	Simples	Tipo de ensaio	Dobr.3ptos
Velocidade	50N/seg	Placa	Placa
Batch No:	4	Sub-batch No:	3

Nome Parâmetros Unidade	Máx_Força Cálculo de áreas completas N	Máx_Tensão Cálculo de áreas completas N/mm2	Máx_Deslocament o Cálculo de áreas completas mm
Ref _ 1	2398,16	5,62068	0,29943
Ref _ 2	2198,03	5,15163	0,26765
Ref _ 3	2178,96	5,10693	0,20009
Média	2258,38	5,29308	0,25572
DesvioPadrão	121,425	0,28459	0,05073
Máximo	2398,16	5,62068	0,29943
Mínimo	2178,96	5,10693	0,20009
Tr0,3 _ 1	2209,95	5,17957	0,27097
Tr0,3 _ 2	2472,16	5,79413	0,23403
Tr0,3 _ 3	2404,98	5,63666	0,20594
Média	2362,36	5,53679	0,23698
DesvioPadrão	136,201	0,31922	0,03262
Máximo	2472,16	5,79413	0,27097
Mínimo	2209,95	5,17957	0,20594
Tr0,6 _ 1	2106,48	4,93705	0,34351
Tr0,6 _ 2	2067,23	4,84508	0,21559
Tr0,6 _ 3	2022,70	4,74069	0,29983
Média	2065,47	4,84094	0,28631
DesvioPadrão	41,9177	0,09825	0,06502
Máximo	2106,48	4,93705	0,34351
Mínimo	2022,70	4,74069	0,21559
Tr0,9 _ 1	1822,52	4,27153	0,27968
Tr0,9 _ 2	1903,53	4,46141	0,42021
Tr0,9 _ 3	1775,98	4,16245	0,46251
Média	1834,01	4,29846	0,38747
DesvioPadrão	64,5466	0,15129	0,09571
Máximo	1903,53	4,46141	0,46251
Mínimo	1775,98	4,16245	0,27968
TotalMédia	2130,06	4,99232	0,29162
TotalDesvioPadrã o	226,672	0,53126	0,08231
TotalMáximo	2472,16	5,79413	0,46251
TotalMínimo	1775,98	4,16245	0,20009



ANEXO B – RELATÓRIO DE ENSAIO: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Palavra-chave		Nome do produto	
Nome do arquivo do ensaio		Nome do arquivo do método	Compressão.xmak
Data do relatório	8/2/2019	Data do ensaio	8/2/2019
Modo de ensaio	Simples	Tipo de ensaio	Compressão
Velocidade	500N/seg	Placa	Placa
Batch No:	4	Sub-batch No:	3

Nome Parâmetros Unidade	Máx_Força Cálculo de áreas completas N	Máx_Tensão Cálculo de áreas completas N/mm2	Máx_Deslocament o Cálculo de áreas completas mm
Ref _ 1	29122.5	18.2016	1.00060
Ref _ 2	29059.0	18.1619	0.94750
Ref _ 3	29194.3	18.2464	0.84797
Média	29125.3	18.2033	0.93202
DesvioPadrão	67.6928	0.04228	0.07748
Máximo	29194.3	18.2464	1.00060
Mínimo	29059.0	18.1619	0.84797
Tr0.3 _ 1	31719.9	19.8249	0.55131
Tr0.3 _ 2	40438.4	25.2740	6.86390
Tr0.3 _ 3	33509.6	20.9435	0.67347
Média	35222.6	22.0141	2.69623
DesvioPadrão	4604.77	2.87800	3.60983
Máximo	40438.4	25.2740	6.86390
Mínimo	31719.9	19.8249	0.55131
Tr0.6 _ 1	16832.0	10.5200	1.31655
Tr0.6 _ 2	26301.7	16.4386	0.73292
Tr0.6 _ 3	28009.5	17.5059	0.65033
Média	23714.4	14.8215	0.89993
DesvioPadrão	6021.19	3.76324	0.36316
Máximo	28009.5	17.5059	1.31655
Mínimo	16832.0	10.5200	0.65033
Tr0.9 _ 1	23376.7	14.6104	0.53006
Tr0.9 _ 2	23693.2	14.8083	0.48697
Tr0.9 _ 3	22932.9	14.3331	0.54955
Média	23334.3	14.5839	0.52219
DesvioPadrão	381.921	0.23870	0.03202
Máximo	23693.2	14.8083	0.54955
Mínimo	22932.9	14.3331	0.48697
TotalMédia	27849.1	17.4057	1.26259
TotalDesvioPadrã o	5997.34	3.74833	1.78051
TotalMáximo	40438.4	25.2740	6.86390
TotalMínimo	16832.0	10.5200	0.48697

