



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

ANTUNES FRANÇA EDUARDO

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE ARGAMASSA COM ADIÇÃO DE FIBRA DE
CARNAÚBA**

Angicos/RN

2018

ANTUNES FRANÇA EDUARDO

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE ARGAMASSA COM ADIÇÃO DE FIBRA DE
CARNAÚBA**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Angicos, para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.(a) Dra. Marcilene Vieira
da Nóbrega.

Angicos - RN

2018

© 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.

Ee Eduardo, Antunes França.
ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE ARGAMASSA COM
ADIÇÃO DE FIBRA DE CARNAÚBA / Antunes França
Eduardo. - 2018.
46 f. : il.

Orientadora: . Marcilene Vieira da Nóbrega.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2018.

1. Fibras vegetais. 2. Fibras da palha de
carnaúba. 3. Argamassa com fibras. 4. Argamassa
com fibras de carnaúba. I. Nóbrega, . Marcilene
Vieira da , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

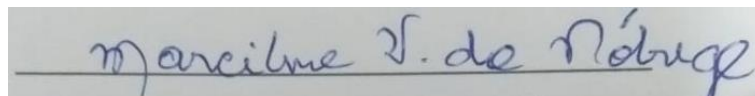
ANTUNES FRANÇA EDUARDO

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE ARGAMASSA COM ADIÇÃO DE FIBRA DE
CARNAÚBA**

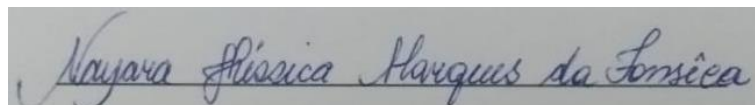
Monografia apresentada ao Campus
Angicos da Universidade Federal Rural do
Semi-Árido – UFERSA para a obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

APROVADA EM: 12 / 09 / 2018

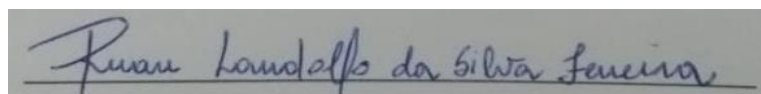
BANCA EXAMINADORA



Prof. (a) Dra. Marcilene da Nóbrega
Presidente



Eng. (a) Ma. Nayara Jhécica Marques da Fonseca
Primeiro Membro



Eng. Me Ruan Landolfo da Silva Ferreira
Segundo Membro

Dedico este trabalho à Neide Caraú de França Eduardo e a José Antunes Eduardo, meus pais, que sempre foram compreensivos comigo, me incentivam a estudar e acreditam no meu potencial.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por ser meu ponto de equilíbrio onde encontro a minha paz interior e por mostrar que eu sou capaz mesmo quando eu penso o contrário;

Aos meus pais, José Antunes Eduardo e Neide Caraú de França Eduardo, pois sempre acreditaram no meu potencial e nunca mediram esforços para me ajudarem;

À professora Dra. Marcilene Vieira da Nóbrega por ter aceitado o convite de ser novamente a minha orientadora, muito obrigado por ser essa orientadora atenciosa e essa pessoa maravilhosa;

Aos integrantes da banca pela atenção e consideração de aceitar o convite;

À Bruna Tavares de Moraes por ser essa companheira maravilhosa e por ter me dado o melhor presente nessa jornada que será Isabela;

Às minhas irmãs Ana Paula de França Eduardo e Poliana Maria de França Eduardo de Oliveira por me apoiarem, me incentivarem e torcerem pelo meu sucesso;

À minha tia Maria Lúcia Eduardo que me incentiva nos meus estudos e acredita no meu potencial;

A Valteson e toda a equipe do laboratório do IFRN - Campus Mossoró por não medirem esforços para disponibilizar o laboratório;

À Juliana Estefanie, ao professor Aerson Barreto, a professora Jacimara Villar e a professora Marcilene pelas parcerias em artigos publicados;

Aos Professores que contribuíram para meu aprendizado;

A todos os meus amigos que escutavam as minhas reclamações e desabafos da vida acadêmica e por terem me proporcionado momentos de distração que aliviava o stress da correria acadêmica.

“Sonhos determinam o que você quer.
Ação determina o que você conquista”.

Aldo Novak

RESUMO

As argamassas de revestimento devem ser capazes de absorver pequenas deformações, de modo a garantir a estabilidade das alvenarias (desempenho e durabilidade). Quando essa premissa não é atendida, há uma maior propensão para o surgimento de fissuras, uma das principais e preocupantes manifestações patológicas em revestimentos argamassados. Uma das alternativas ao combate dessa manifestação patológica é a adição de fibras naturais/artificiais com o intuito de melhorar as propriedades mecânicas (principalmente à resistência a tração) e, conseqüentemente, a capacidade de deformação das argamassas. Nessa perspectiva, este trabalho analisou o comportamento no estado fresco e endurecido de argamassa com adição de fibras obtidas a partir da palha da carnaúba (*Copernicia prunifera*), árvore abundante na região do vale do Açu/RN. Para tanto, foram produzidas argamassas em proporção em massa de 1:3 (cimento:agregado) com adição de 3% e 5% de fibra da palha da carnaúba em relação a massa do cimento e com relação água/cimento (a/c) fixa em 0,72 para todas as misturas. Variou-se ainda o comprimento das fibras em 20, 40 e 60 mm. As propriedades das argamassas foram avaliadas no estado fresco (consistência) e endurecido (resistência à compressão e à tração na flexão). Os resultados indicaram que a adição de fibras da palha de carnaúba resulta em argamassa com menor consistência e menores resistências mecânicas. Entretanto, o melhor desempenho foi obtido quando se adicionou 3% de fibra e se utilizou comprimento de 60mm.

Palavras-chaves: Fibras vegetais, Fibras da palha de carnaúba, Argamassa com fibras, Argamassa com fibras de carnaúba.

ABSTRACT

Coating mortars should be capable of absorbing small deformations to ensure masonry stability (performance and durability). When this premise is not met, there is a greater propensity for the appearance of cracks, one of the major and worrying pathological manifestations in mortar coatings. One of the alternatives to combat this pathological manifestation is the addition of natural/artificial fibers in order to improve the mechanical properties (mainly the tensile strength) and, consequently, the deformation capacity of the mortars. In this perspective, this work analyzed the behavior in the fresh and hardened state of mortar with addition of fibers obtained from the carnauba straw (*Copernicia prunifera*), an abundant tree in the region of the Açu/RN valley. In order to achieve this goal, mortars were produced in a mass ratio of 1:3 (cement:aggregate) with addition of 3% and 5% of the carnauba straw fiber in relation to the cement mass and with water/cement ratio(a/c) fixed at 0,72 for all mixtures. The fiber lengths were further varied by 20, 40 and 60 mm. The properties of the mortars were evaluated in the fresh state (consistency) and hardened (compressive strength and flexural tensile strength). The results indicated that the addition of fibers of the carnauba straw results in mortar with less consistency and lower mechanical resistance. However, the best performance was obtained when 3% fiber was added and 60mm length was used.

Key Words: Vegetable fibers, Carnauba fibers, Mortar with fibers, Mortar with carnauba fibers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da classificação geral das fibras.....	22
Figura 2 - Fibras cortadas nos tamanhos preestabelecidos.....	29
Figura 3 - Lavagem das fibras.....	29
Figura 4 - Secagem das fibras.....	30
Figura 5 – Esquema de confecção dos corpos de prova.....	31
Figura 6 - Desmoldagem e identificação dos corpos de prova.....	32
Figura 7 - Mesa de consistência e molde tronco-cônico.....	32
Figura 8 – Corpo de prova sendo rompido no ensaio de flexão na tração.....	33
Figura 9 – Corpo de prova sendo rompido no ensaio de flexão na tração.....	33
Figura 10 – Resultado de consistência da argamassa de referência.....	35
Figura 11 – Resultado de consistência da argamassa com adição de 5% da fibra de 20 mm.....	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Tensão de ruptura dos corpos de prova com adição de 3% de fibra comparado com o de referência.....	36
Gráfico 2 – Tensão de ruptura dos corpos de prova com adição de 5% de fibra comparado com o de referência.	37
Gráfico 3 – Comparação da tensão de ruptura dos corpos de prova com adição de 3% e de 5% de fibra.	38
Gráfico 4 – Tensão de ruptura dos corpos de prova com adição de 3% de fibra comparado com o de referência.	39
Gráfico 5 – Tensão de ruptura dos corpos de prova com adição de 5% de fibra comparado com o de referência.....	40
Gráfico 6 – Comparação da tensão de ruptura dos corpos de prova com adição de 3% e de 5% de fibra no ensaio de tração na flexão.	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 ARGAMASSA	17
2.1.1 Classificação das argamassas	17
2.1.2 Propriedades no estado fresco	18
2.2.1.1 Trabalhabilidade	18
2.2.1.2 Retenção de água	19
2.2.1.3 Consistência	19
2.1.3 Propriedades no estado endurecido	19
2.1.3.1 Aderência ao substrato	20
2.1.3.2 Absorção de deformações	20
2.1.3.3 Resistência mecânica	21
2.2 FIBRAS	21
2.2.1 Fibras de Carnaúba	22
2.2.2 Argamassa com fibras	23
2.3 PESQUISAS REALIZADAS COM FIBRAS DE CARNAÚBA	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1 PROGRAMA EXPERIMENTAL	28
3.2 MATERIAIS	28
3.2.1 Cimento	28
3.2.2 Agregado Miúdo	28
3.2.3 Água	28
3.2.4 Fibras de Carnaúba	28
3.3 PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS	30
3.4 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO	31
3.5 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1 RESULTADOS DO ENSAIO DE ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO	34
4.2 RESULTADOS DO ENSAIO DE ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO	36

4.2.1 Ensaio de Resistência a Compressão.....	36
4.2.1 Ensaio de Resistência a Tração na Flexão	39
5 CONCLUSÕES	43

1 INTRODUÇÃO

O surgimento dos materiais de construções convencionais se deu após a revolução industrial no século XVII. Até então as construções eram à base de materiais como, principalmente, a terra (ABREU, 2012). A partir disso foram surgindo na construção civil diversos materiais industrializados e entre eles está o compósito de cimento com reforço à base de amianto. O cimento-amianto foi o primeiro material de construção civil reforçado com fibras naturais produzido em escala industrial.

De acordo com Anjos *et. al.* (2003), nas últimas três décadas o amianto vem sofrendo sérias restrições de uso, devido à constatação de enfermidades provocadas por suas fibras, como câncer e fibrose pulmonar. Devido a isso, o amianto foi banido nos EUA e em toda União Europeia. No Brasil, a utilização do amianto também foi proibida em novembro de 2017 pelo Supremo Tribunal Federal.

Lima (2011) afirma que as incorporações de fibras melhoram propriedades mecânicas como a resistência à tração, à flexão e ao impacto, assim como aumenta a capacidade de absorção de energia e com isso combate a fissuração que é o problema mais comum em argamassas. Outro fato que torna o seu uso interessante é que as fibras de origem vegetal têm como forte apelo a possibilidade de produção ambientalmente sustentável já que é de fácil incorporação pela natureza e é uma fonte renovável de matéria prima.

Dessa maneira, com a proibição do uso do amianto que era a fibra mais utilizada na construção civil tem-se a necessidade de se pesquisar fibras de origem natural que possam ser utilizadas na construção civil. Devido a isso, atualmente, existem muitas pesquisas com fibras naturais. Tais como: fibras de coco, cana-de-açúcar, bambu, sisal, entre outros.

Dentre as fibras naturais, tem-se a fibra da palha da Carnaúba (*Copernicia prunifera*) que já foi estudada em trabalhos científicos para utilização em compósito de isolamento térmica, para o desenvolvimento de compósito biodegradável com matriz de polihidroxibutirato e estudos de resistência e de durabilidade na utilização dessas fibras de carnaúba em matriz cimentícia com adição de resíduo.

Sendo assim, como a carnaubeira é uma planta abundante na região do Vale do Açu, microrregião localizada no estado do Rio Grande do Norte e que oferece possibilidades de retirada das suas palhas mesmo durante o período de estiagem,

caracterizando-se assim como um material renovável. E, como essa fibra já foi objeto de estudo científico em outros trabalhos foi visto a necessidade de estudar a inserção dessa fibra na argamassa.

1.1 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

1.1.1 Objetivo geral

Estudar o comportamento no estado fresco e endurecido de argamassas com adição de fibra da palha de carnaúba.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar a consistência da argamassa com inserção da fibra de carnaúba.
- Verificar o comportamento à tração na flexão da argamassa através do ensaio de resistência a tração na flexão.
- Verificar o comportamento à compressão da argamassa através do ensaio de resistência à compressão.
- Analisar a influência do percentual de adição da fibra da palha de carnaúba na resistência a tração e a compressão.
- Analisar a influência do comprimento da fibra da palha de carnaúba na resistência mecânica a tração e a compressão.
- Avaliar a consistência da argamassa com adição da fibra de palha da carnaúba.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ARGAMASSA

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 (CARASEK, 2007).

De acordo com Ottoni (2017) as argamassas são materiais muito empregados na construção civil, sendo principalmente usadas no assentamento de alvenarias e nas etapas de revestimento.

2.1.1 Classificação das argamassas

As argamassas podem ser classificadas segundo sua função na construção civil, como pode-se observar no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação das argamassas quanto a sua função.

Função	Tipos
Para construção de alvenarias	Argamassa de assentamento (elevação de alvenaria)
	Argamassa de fixação (ou encunhamento) – alv. de vedação
Para revestimentos de paredes e tetos	Argamassa de chapisco
	Argamassa de emboço
	Argamassa de reboco
	Argamassa de camada única
Para revestimento de pisos	Argamassa para revestimento decorativo monocamada
	Argamassa de contrapiso
Para revestimentos cerâmicos (paredes/ pisos)	Argamassa de alta resistência para piso
	Argamassa de assentamento de peças cerâmicas – colante
Para recuperação de estruturas	Argamassa de rejuntamento
	Argamassa de reparo

Fonte: CARASEK, 2007.

2.1.2 Propriedades no estado fresco

As propriedades no estado fresco das argamassas correspondem aquelas logo após o seu preparo até o seu tempo de fim de pega. A seguir serão descritas as principais propriedades.

2.1.2.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade da argamassa é um conceito subjetivo que deve ser entendido como a maior ou menor facilidade de dispor a argamassa em sua posição final, cumprindo adequadamente sua finalidade, sem comprometer o bom andamento da tarefa em termos de rendimento e custo (RECENA, 2011).

Ainda de acordo com Recena (2011) a modificação da trabalhabilidade estará sempre ligada diretamente à quantidade de água empregada em sua preparação, desde que haja uma quantidade tal de material fino, preferencialmente aglomerante, suficiente para reter a água adicionada, garantindo a estabilidade de volume e coesão necessária para promover a aderência instantânea sem a ocorrência de segregação dos seus constituintes. O excesso de água em uma argamassa, desde que rompida a coesão, tornará a argamassa fluida, mas menos trabalhável pela perda de coesão, incapacitando-a para a função a que se destina. O conceito de trabalhabilidade pode ser entendido, então, como a correta interação entre dois conceitos: consistência e coesão, de modo que uma argamassa para ser trabalhável tenha que contornar esses dois conceitos já que não adianta uma argamassa ser pouco consistente e não ter coesão, pois ela não será trabalhável, e também uma argamassa com grande coesão e baixa fluidez apresentará comprometimento de sua trabalhabilidade.

De acordo com Peruzzi (2002), a inserção de qualquer tipo de fibra na argamassa faz com que a trabalhabilidade fique comprometida e essa perda é proporcional à concentração volumétrica das fibras. Desse modo, a quantidade ou até mesmo um aglomerado de fibras, causado por uma má dispersão, causará prejuízos à argamassa no estado fresco (CARVALHO; SANTOS, 2011).

2.1.2.2 Retenção de água

De acordo com Recena (2011), a retração de água é a capacidade de uma argamassa de liberar demoradamente a água empregada na sua preparação para o meio ambiente ou para substratos porosos.

Segundo Nakakura e Cincotto (2004), a retenção de água é uma característica importante, pois permite que haja uma adequada hidratação do cimento, assim como o endurecimento da argamassa de forma gradativa, garantindo que o revestimento atinja o desempenho desejado.

Para Recena (2011), se a argamassa apresenta grande capacidade de retenção de água, a perda de água de amassamento é lenta, sendo desencadeado simultaneamente ao progressivo ganho de resistência, o que garante a estruturação do material minimizando a diminuição de volume e a probabilidade de instalação de processos de fissuração.

2.1.2.3 Consistência

Silva (2006) afirma que a consistência é determinada pela quantidade de água inserida na argamassa na relação água/aglomerante, aglomerante/areia, granulometria da areia e qualidade do aglomerante. Essa propriedade consiste na maior ou menor facilidade da argamassa se deformar sob a ação de uma força.

De acordo com Recena (2011), a consistência tem uma relação com a trabalhabilidade, de modo que quanto maior a consistência maior a fluidez da argamassa e, conseqüentemente, maior trabalhabilidade.

A consistência para revestimento de paredes e tetos de acordo com a NBR 16541 (2016) deve ter espalhamento no ensaio de consistência maior do que 260mm.

2.1.3 Propriedades das argamassas no estado endurecido

Corresponde às propriedades das argamassas que são importantes após o período de fim de pega. A seguir será descrita as principais propriedades das argamassas no estado endurecido.

2.1.3.1 Aderência ao substrato

De acordo com Recena (2011), essa propriedade refere-se à capacidade da argamassa de manter-se aderida ao substrato, seja no assentamento, com finalidade de unir elementos em uma alvenaria, ou em revestimentos, mesmo diante de movimentações diferenciadas, choques térmicos, impactos e outras solicitações.

Silva (2006) afirma que a aderência das argamassas está essencialmente relacionada às condições do substrato (porosidade e absorção de água), a textura superficial, a resistência mecânica, bem como as condições de execução do revestimento. Outros aspectos tais como a temperatura do ar, sua velocidade e sua umidade podem interferir no desempenho da aderência da argamassa. A resistência de aderência da interface argamassa/substrato depende, ainda, da capacidade de retenção de água, da consistência e do teor de ar aprisionado da argamassa.

2.1.3.2 Absorção de deformações

Recena (2011) atribui essa propriedade a capacidade de um material em absorver esforços por deformação pode ser relacionada com seu módulo de elasticidade, que pode ser entendido de forma rudimentar como a tensão necessária para promover a deformação de uma unidade de comprimento. Esse valor do módulo de elasticidade é obtido a partir da interpretação da relação entre tensão e deformação característica de um material, representada pela secante à curva que define essa relação, em um ponto estabelecido por um determinado nível de carregamento.

De acordo com Recena (2011) o módulo de elasticidade de um material apresenta correspondência com sua resistência à compressão. Assim é de se esperar que materiais de grande deformabilidade, ou seja, de baixo módulo de elasticidade, apresentem baixa resistência à compressão.

Assim como não há indicativo preciso sobre os valores de resistência à compressão e à tração a serem verificados em argamassas para serem empregadas em revestimentos de paredes, igualmente não se conhece o valor ou a faixa de valores apropriados do módulo de deformação (RECENA, 2011).

2.1.3.3 Resistência mecânica

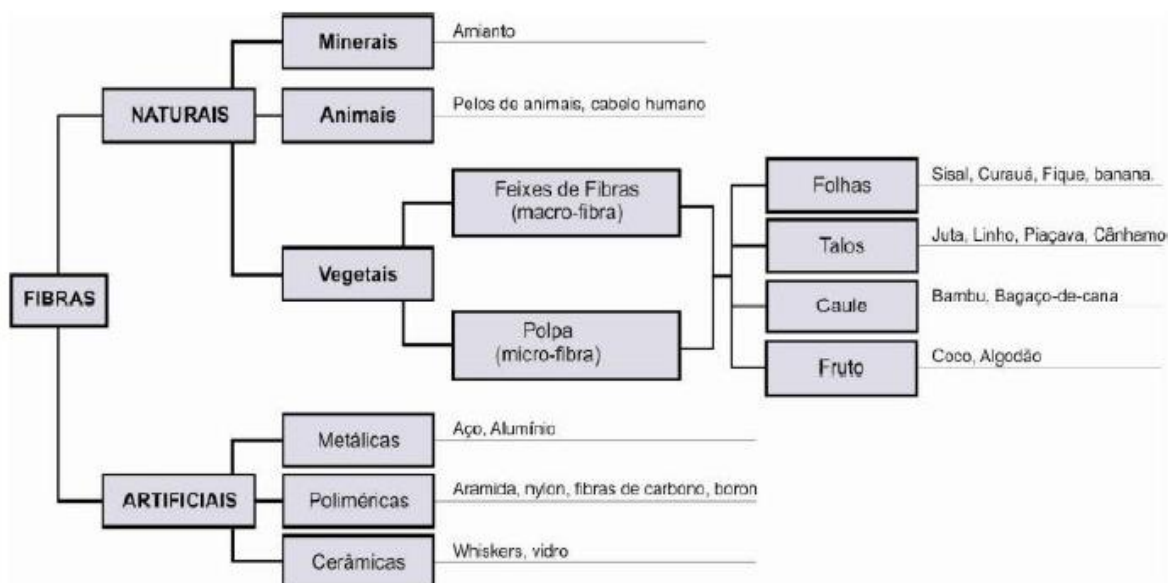
Segundo Nakakura (2003) essa propriedade está relacionada à capacidade da argamassa resistir a esforços de tração, compressão ou cisalhamento, oriundas de cargas estáticas ou dinâmicas atuantes das edificações ou de efeitos das condições ambientais.

De acordo com Tristão (1995), a argamassa deverá ter resistência para suportar a movimentação da base que poderá ocorrer por recalques ou por variação dimensional por umedecimento e secagem ou ainda pela dilatação e contração do revestimento devido às variações de temperatura. Estas solicitações poderão provocar fissuras ou falhas na aderência entre argamassa e a base ou entre as camadas de argamassa, que deverão ser combatidas pela resistência mecânica das argamassas.

2.2 FIBRAS

Existem algumas formas distintas de se classificar as fibras. Pires (2009) afirma que a primeira distinção que se faz é entre fibras sintéticas e naturais. Em seguida, as fibras naturais são divididas em vegetais, animais e minerais. Por último, as fibras vegetais são separadas de acordo com a sua origem na planta: fibras de semente, de fruto, de caule, de folha, de talo e de cana. Exemplos de cada tipo de fibra também estão demonstrados na Figura 1.

Figura 1 - Esquema da classificação geral das fibras.



Fonte: Pires, 2009.

De acordo com o sistema de classificação apresentado na Figura 1, a fibra de carnaúba pode ser classificada como uma fibra natural de origem vegetal que são feixes de fibras que vem das folhas das carnaubeiras.

2.2.1 Fibras de Carnaúba

A carnaubeira (*Copernicia prunifera*) é uma espécie de palmeira nativa do Brasil com altura que varia entre 7 e 10 metros, podendo atingir os 15 metros. A planta possui um tronco reto e cilíndrico com diâmetro entre 15 e 25 centímetros. Geralmente ocorre nos pontos mais próximos dos rios, preferindo solos argilosos (pesados), aluviais (de margens de rios) e com a capacidade de suportar alagamento prolongado durante a época de chuvas, além de ser bastante resistente a elevados teores de salinidade. Apresenta também elevada capacidade de adaptação ao calor, suportando 3.000 horas de insolação por ano (ALVES & COELHO, 2006).

De acordo com Cunha (1994), a carnaubeira apresenta muitas finalidades, entre elas pode-se citar o seu uso em habitação, alimentação e no setor industrial.

Carvalho (2011) afirma que os frutos da carnaúba, inteiros, servem de fonte de alimentos para animais. Da polpa dos frutos da carnaúba, extrai-se uma espécie de

farinha. A amêndoa da carnaúba pode ser torrada e moída e usada em substituição ao pó de café. O caule da carnaúba, por ser muito resistente, é usado em construção de edificações, como postes, caibros e ripas, e em objetos de uso doméstico.

Das folhas aproveita-se a palma inteira, após a retirada da cera, para cobrir casas e abrigos, em substituição às telhas. A cera que reveste externamente as folhas, protegendo-as contra a perda de água em tempos de seca ainda pode ser considerado como o principal produto do ponto de vista econômico ligado à carnaúba (CARVALHO, 2011).

As fibras de Carnaúba são retiradas das suas folhas e quando extraídas ainda são verdes, porém essas fibras só têm utilidades quando estão secas, pois só assim pode-se retirar o seu pó. Essas fibras secas são utilizadas para fazer vassoura e artesanato. Nos trabalhos científicos já realizados com essas fibras, utilizou-se essas fibras secas.

2.2.2 Argamassa com Fibras

Atualmente, já se tem muitas pesquisas realizadas com o uso de fibras naturais ou sintéticas para melhorar algumas propriedades dos materiais cimentícios. As fibras sintéticas mais utilizadas são as de aço, vidro, carbono, nylon, polipropileno e dentre as fibras naturais estão as de coco, cana-de-açúcar e bambu.

O uso dessas fibras na construção civil não é tão novo assim, pois segundo Neto (2010), existem evidências em que há pelo menos 5000 anos, o uso desse material na Babilônia e na Pérsia já era bem difundido. Os tijolos de adobe com fibras vegetais, ou a utilização de pelo animal como reforço na argamassa de enchimento de paredes, são exemplos históricos de que esse tipo de tecnologia já era bem conhecida muito antes da década de 60.

De acordo com Silva (2006), a principal razão para o reforço de argamassas através da inserção das fibras é combater a fissuração. Sabe-se que a argamassa apresenta microfissuras mesmo antes de seu endurecimento. Em virtude de tensões tanto internas quanto externas, essas microfissuras tendem a se propagar dentro da argamassa e se coalescerem formando uma macrofissura. Essa propagação é tanto maior quanto mais porosa a argamassa. Isto é, a difusão das fissuras ocorre mais facilmente quanto maior a quantidade de vazios presentes na argamassa, pois esses

representam “caminhos” livres de tensões, logo, são mais facilmente percorridos. Desta maneira, a presença da fibra funciona como barreira à propagação das fissuras já existentes.

Outra importante razão é que essa tecnologia está ligada a questões ambientais, pois apresentam baixo custo operacional, boa disponibilidade, abundância e são renováveis. Além de gerar resultados satisfatórios em relação às propriedades mecânicas, principalmente em relação a resistência à tração dos materiais cimentícios.

Quanto à capacidade de dispersão da fibra dentro da matriz, essa característica relaciona-se em especial com o estado fresco da argamassa. Segundo Peruzzi (2002), a inserção de qualquer tipo de fibra em argamassa convencional, provocará uma redução em sua trabalhabilidade e, essa perda será proporcional a concentração volumétrica de fibras. Portanto, quantidades excessivas de fibras ou aglomerados resultantes da má dispersão, serão prejudiciais a uma propriedade fundamental às argamassas de assentamento.

A razão de aspecto se faz importante na avaliação das fibras, pois, sendo seu comprimento muito curto, o arrancamento da fibra de dentro da matriz quando solicitada se dará mais facilmente. No entanto, a fibra também não deve ser longa em demasia, pois a atuação de tensão na fibra é proporcional ao seu comprimento, fazendo com que fibras muito longas recebam tensões iguais ou superiores à sua resistência e levando-a ao rompimento (SAVASTANO, 2000).

2.3 PESQUISAS REALIZADAS COM A FIBRA DE CARNAÚBA

Devido a abundância da carnaúba em algumas regiões passou-se a estudar a potencialidade da fibra de carnaúba para ser usada em materiais da construção civil ou em outros setores. A seguir serão abordados alguns trabalhos científicos que utilizaram a fibra de carnaúba apresentando as principais informações de cada trabalho.

- TRATAMENTOS DE FIBRAS DE CARNAÚBA [COPERNICIA PRUNÍFERA (MILLER) H. E. MOORE] PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITO BIODEGRADÁVEL COM MATRIZ DE POLIHIDROXIBUTIRATO.

Carvalho (2011) realizou esse trabalho com o objetivo principal de estudar os efeitos de tratamentos químicos das fibras nas propriedades mecânicas de compósitos poliméricos biodegradáveis de polihidroxibutirato (PHB) e fibras da folha de carnaúba. Dessa maneira, foi realizado o tratamento das fibras em meio alcalino em diferentes concentrações (1%, 3% e 5%), com acetilação, permanganato de potássio e peróxido de hidrogênio. Em seguida, foram realizados os ensaios de tração dos compósitos e do polímero (PHB). Foram ensaiados 7 (sete) corpos-de-prova, para cada condição analisada.

Como principal resultado desse trabalho obteve-se que nos ensaios de flexão, os compósitos reforçados com fibras após tratamentos apresentaram maior módulo elástico em flexão em relação aos compósitos com fibras não tratadas. Portanto, os tratamentos aplicados melhoraram a transferência de carga entre matriz e fibras em relação às fibras não tratadas (CARVALHO, 2011).

- CARACTERIZAÇÃO DE FIBRAS DA PALHA DA CARNAÚBA PARA APLICAÇÃO EM COMPÓSITOS DE ISOLAÇÃO TÉRMICA.

Oliveira *et al.* (2014) traz como objetivo principal: conhecer a natureza e composição das fibras de carnaúba, assim como, em relação as suas propriedades de densidade, resistência a tração, inflamabilidade, condutividade térmica e resistência a temperatura.

Como metodologia foi realizado ensaio de resistência mecânica da palha e dos tecidos da palha. Quanto a composição química, a análise se deu através de espectroscopia de infravermelho. Também foi determinada a densidade do material, a gramatura do tecido, foi realizado ensaio de inflamabilidade e o ensaio termogravimétrico.

Como resultado da análise dos dados obtidos a partir dos experimentos realizados comprovaram que a palha, mecanicamente, não tem deformação elástica. Termicamente, a palha, tanto tecida quanto não-tecida, se apresenta como um

material isolante e que tem a limitação de sua aplicação, quando não-associada a outro componente, a temperaturas abaixo de 145 °C (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

- AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE FIBRAS DE CARNAÚBA EM MATRIZ CIMENTÍCIA COM ADIÇÃO DE RESÍDUO CERÂMICO.

Batista (2014) teve como objetivo nesse trabalho de avaliar a durabilidade das fibras vegetais em matriz de cimento através da realização de ensaios envelhecimento acelerados e de resistência à flexão.

A metodologia do trabalho consistiu em moldar em laboratório corpos de prova de referência a partir do traço 1: 1,5: 0,45, em que eles eram os que apresentavam cimento, areia, fibra e água, assim como foram moldados corpos contendo cimento, areia, fibra, água e resíduo cerâmico, sendo esta adicionada como substituição do cimento em quantidades de 25%, 35% e 45% respectivamente. Esses corpos de prova foram submetidos aos ensaios de envelhecimento acelerado e de flexão em três pontos.

Um dos principais resultados do trabalho foi que tendo em vista um comparativo entre os ensaios é possível afirmar que os corpos de prova com adição de 25% de resíduo cerâmico a resistência aumentou. Já nos corpos com 35% e 45% caiu a resistência, mas praticamente não alterou, portanto, pode-se chegar a uma conclusão que como o ensaio foi realizado em pouco tempo, não se obteve um resultado mais significativo dos valores de resistências para esses corpos. No caso dos corpos de referência a resistência caiu, pois como o cimento agride a fibra, o corpo não resistiu por muito tempo aos esforços que lhes foram submetidos (BATISTA, 2014).

- AVALIAÇÃO DO EFEITO DE TRATAMENTO QUÍMICO ÀS FIBRAS DA PALHA DE CARNAÚBA.

Carvalho *et al.* (2016) teve como objetivo principal avaliar o efeito do tratamento alcalino de fibras de carnaúba, a fim de verificar um provável aumento de hidrofiliabilidade e de teor proporcional de cristalinidade (pela solubilização da hemicelulose e da lignina), características importantes para promover uma melhor interação entre fibras naturais e matrizes poliméricas.

Para a realização da pesquisa foi utilizada as fibras naturais e as fibras que foram tratadas com NaOH na concentração de 1% e na concentração de 5%, e ainda como metodologia da pesquisa foi utilizado a Difração de raios X (DRX) para verificação das fases cristalinas e a Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para identificação dos grupos funcionais. E, também foi realizado o ensaio de Absorção de água.

Os ensaios de absorção de água revelaram que as fibras tratadas apresentaram maior absorção de água do que as naturais no intervalo de 24h. As fibras naturais apresentaram neste período absorção média de 256%; as tratadas com NaOH (1%), 315%; por sua vez, as tratadas com NaOH (5%) atingiram 405% de absorção. Logo, é evidente a melhora na hidrofilicidade, aspecto fundamental na interação fibra/matriz (CARVALHO *et. al.*, 2016).

A efetividade da aplicação de fibras naturais em compósitos poliméricos depende da interação entre a fibra e a matriz. Para garantir as condições ideais, as fibras geralmente são submetidas a tratamentos, em especial os químicos. O tratamento alcalino das fibras da palha de carnaúba com NaOH, aumentou o teor hidrofílico do material, conforme constatado no FTIR e ensaio de absorção de água. Além disso, o teor de cristalinidade foi elevado, em função da maior presença de celulose nas fibras tratadas, como verificado nos resultados de DRX (CARVALHO *et. al.*, 2016).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para a realização da pesquisa foram produzidos 21 corpos de prova de argamassa. Para obtenção da fibra utilizada no traço foi realizado a lavagem dessa fibra e secamento natural ao sol. Foram realizados os ensaios de consistência da argamassa e os ensaios mecânicos de flexão na tração e compressão. Todos esses ensaios foram realizados no laboratório de Materiais do IFRN - Campus Mossoró.

3.2. MATERIAIS UTILIZADOS

3.2.1 Cimento

O cimento utilizado foi o CPV ARI RS por ser o mais utilizado no comércio local da cidade de Angicos/RN.

3.2.2 Agregado Miúdo (areia natural)

O agregado miúdo (areia natural) utilizado na pesquisa foi obtido no comércio local da cidade Angicos/RN. Essa areia utilizada foi peneirada na peneira de abertura de 2 mm com o objetivo de padronizar o diâmetro máximo das areias.

3.2.3 Água de amassamento

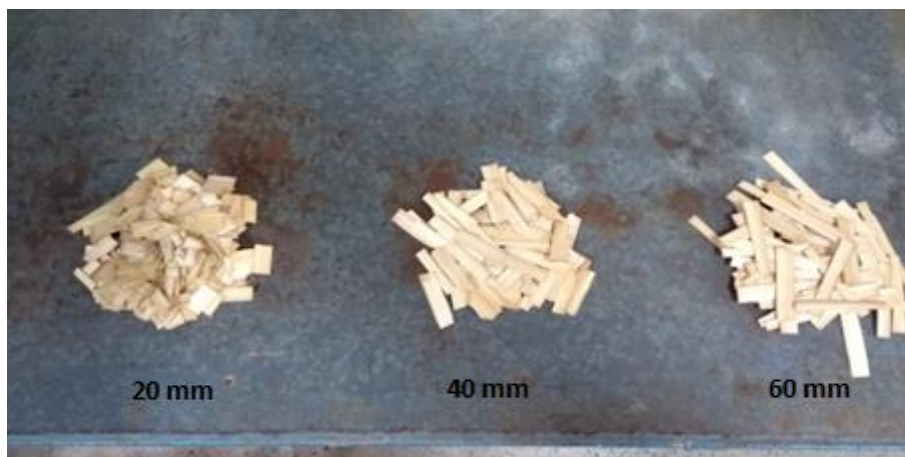
A água utilizada na confecção dos corpos de prova foi proveniente da rede de distribuição da companhia de abastecimento do Rio Grande do Norte - CAERN.

3.2.4 Fibra da palha de Carnaúba

As fibras de carnaúba foram adquiridas na cidade de Carnaubais/RN. Essas fibras foram retiradas das palhas da carnaúba que quando extraídas da planta são verdes, porém é necessário que as mesmas sequem, pois só tem utilidade quando estão secas.

Para a utilização das fibras na argamassa foi realizada o corte das fibras nos tamanhos estabelecidos para a realização da pesquisa como mostra a Figura 2 a seguir e a largura da fibra da palha de carnaúba é em média de 15 mm.

Figura 2 - Fibras cortadas nos tamanhos preestabelecidos.



Fonte: Autoria própria.

Em seguida foi realizada a lavagem dessas fibras com água da rede de distribuição da CAERN em um tanque como mostra a Figura 3 para possibilitar a retirada do pó da carnaubeira.

Figura 3 - Lavagem das fibras.



Fonte: Autoria própria.

Após a lavagem, foi realizada a secagem do material, expondo o mesmo ao sol durante 4 horas para possibilitar a secagem dessas fibras como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Secagem das fibras.



Fonte: Autoria própria.

3.3 PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS

Para a produção das argamassas utilizou-se uma proporção em massa de 1:3 (cimento:agregado). A escolha desse traço foi devido a sua ampla utilização em obras da construção civil na região e por ser uma proporção recomendada por estudos anteriores como afirma Carasek (2007).

Em um estudo preliminar, determinou-se a relação água:cimento ideal para a produção de todas as argamassas, de modo a obter misturas trabalháveis. Após variar a relação a/c em 0,52; 0,62 e 0,72 chegou-se à conclusão que o teor ideal seria fixado em 0,72 para todas as argamassas estudadas. A avaliação da trabalhabilidade foi realizada por meio do ensaio de consistência, conforme procedimentos estabelecidos pela NBR 13276 (2005). As fibras foram adicionadas a níveis de 3 e 5% em relação a massa do cimento.

A composição e a nomenclatura das argamassas são apresentadas no Quadro 2. A quantidade de material foi calculada para 3000g, de material anidro.

Quadro 2 – Composição das argamassas.

Argamassas	Cimento(g)	Areia (g)	Fibra de Carnaúba (g)			Água (g)
			20 mm	40 mm	60 mm	
REF	750,0	2250,0	0	0	0	540,0
3FC - 20	750,0	2250,0	22,5	0	0	540,0
3FC - 40	750,0	2250,0	0	22,5	0	540,0
3FC – 60	750,0	2250,0	0	0	22,5	540,0
5FC – 20	750,0	2250,0	37,5	0	0	540,0
5FC – 40	750,0	2250,0	0	37,5	0	540,0
5FC - 60	750,0	2250,0	0	0	37,5	540,0

Fonte: Autoria própria.

A homogeneização dos materiais foi realizada em uma argamassadeira de cuba inoxidável com capacidade para cinco litros. A sequência adotada da mistura dos materiais foi: areia, cimento, fibra e a água por último. A mistura foi realizada na velocidade mais baixa durante 90 segundos.

3.4 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO

O índice de consistência foi determinado através da utilização dos procedimentos descritos na NBR 13276/2002. Para a realização do ensaio foi necessária uma mesa de consistência e um molde metálico tronco-cônico como mostrado na Figura 5.

Figura 5 - Mesa de consistência e molde tronco-cônico.

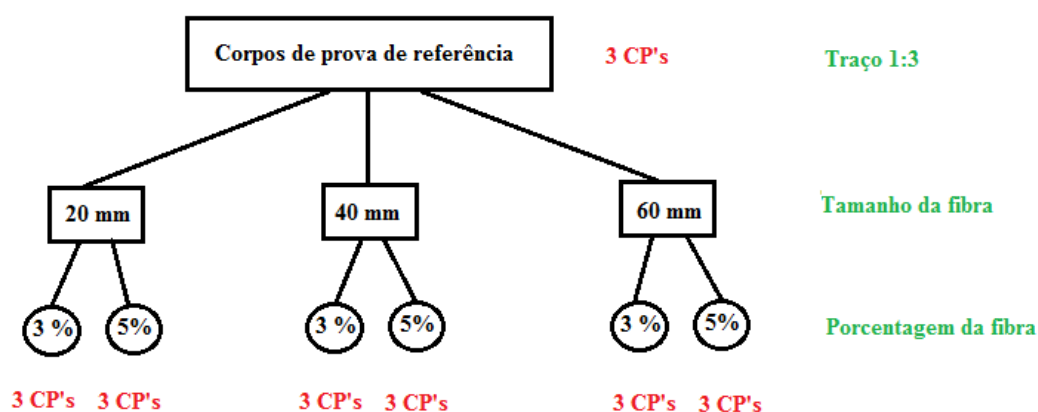


Fonte: Autoria própria.

3.5 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS NO ESTADO ENDURECIDO

Para avaliação das propriedades das argamassas no estado endurecido, foram moldados corpos de prova prismáticos (4x4x16cm), com base na NBR 13279 (2005). Os corpos de prova foram preenchidos em duas camadas, cada uma delas adensadas com 30 golpes uniformemente distribuídos. Para cada argamassa foram moldados 3 corpos de prova como mostra a Figura 6 a seguir.

Figura 6 – Esquema de confecção dos corpos de prova.



Fonte: Autoria própria.

Após as primeiras 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e identificados como mostra a Figura 7 e em seguida foram mantidos imersos em reservatório com água saturada de cal durante 28 dias.

Figura 7 - Desmoldagem e identificação dos corpos de prova.



Fonte: Autoria própria.

Os ensaios realizados para as argamassas no estado endurecido foram o ensaio de resistência à compressão e à tração na flexão foram realizados de acordo com a NBR 13279 (2005) em prensa universal EMIC com velocidade de carregamento de 500 N/s e 50N/s, respectivamente.

Inicialmente os corpos de prova foram rompidos à tração na flexão (Figura 8), e na sequência, fazendo uso de suas metades, os mesmo foram rompidos à compressão axial (Figura 9), totalizando 3 amostras para o ensaio de tração e 6 para o de compressão.

Figura 8 – Corpo de prova sendo rompido no ensaio de flexão na tração.



Fonte: Autoria própria.

Figura 9 – Corpo de prova sendo rompido no ensaio de flexão na tração.



Fonte: Autoria própria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS DO ENSAIO DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

O ensaio realizado no estado fresco da argamassa foi o de consistência. Nesse ensaio obtêm-se a medida do espalhamento da argamassa na mesa de consistência. Os resultados finais desse espalhamento são obtidos pela média das 3 medidas do diâmetro do espalhamento na mesa. Os resultados obtidos para as argamassas estabelecidos são mostrados no Quadro 3.

Quadro 3 – Resultados do ensaio de consistência.

Identificação	Espalhamento
ReF	320 mm
3FC-20	295 mm
5FC-20	240 mm
3FC-40	290 mm
5FC-40	235 mm
3FC-60	280 mm
5FC-60	220 mm

Fonte: Autoria própria.

A partir dos resultados obtidos, pode-se afirmar que a incorporação de fibra de carnaúba, independente do teor de adição e comprimento da fibra, resulta em argamassas com menor consistência (menor fluidez), o que indica menor trabalhabilidade. A adição de 5% de fibra tem um efeito maior sobre essa propriedade, uma vez que foram obtidos menores espalhamentos. A razão para esse pior desempenho deve-se possivelmente a aglomeração de partículas devido ao bloqueio das fibras, isso impede o fluxo da mistura.

Nas Figuras 10 e 11 pode-se observar, respectivamente, o espalhamento da argamassa de referência e uma das argamassas que continham fibra, e com isso foi possível identificar que a argamassa sem adição de fibra (referência) tem um espalhamento bem maior do que o com a com fibra de 5% de adição e comprimento de 20 mm.

Figura 10 – Resultado de consistência da argamassa de referência.



Fonte: Autoria própria.

Figura 11 – Resultado de consistência da argamassa com adição de 5% da fibra de 20 mm.



Fonte: Autoria própria.

De acordo com Carvalho *et. al.* (2015), as fibras de carnaúba absorvem muita água de amassamento. Levando isso em consideração e também analisando que a inserção da fibra nas argamassas diminuíram a sua consistência, então, pode-se afirmar que a inserção da fibra na argamassa necessita de uma maior quantidade de água para tornar a argamassa trabalhável.

Outro fator que pode-se observar é que as argamassas com 5% de adição de fibra de carnaúba tiveram espalhamento menor que 260 mm que é o espalhamento mínimo determinado pela NBR 16541 (2016), sendo assim, não são adequadas para revestimento de paredes e tetos.

4.2 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS NO ESTADO ENDURECIDO.

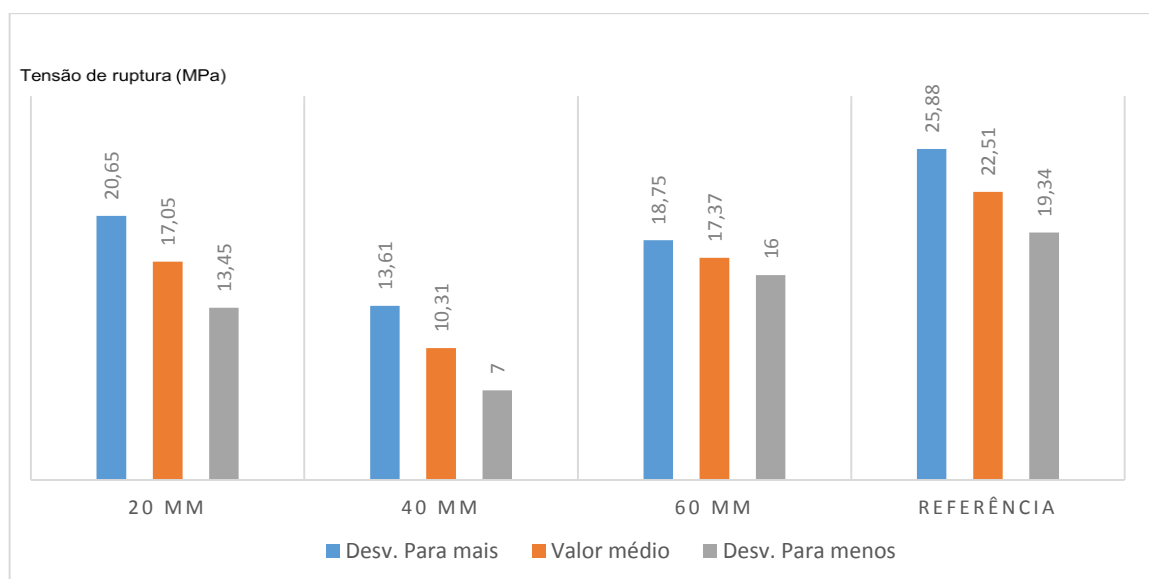
Os ensaios realizados no estado endurecido foram os ensaios de resistência à compressão e à tração na flexão. Os resultados obtidos nesses ensaios serão mostrados e discutidos nesse tópico.

4.2.1 Ensaio de Resistência à Compressão

Os resultados do ensaio de resistência à compressão foram obtidos pelo valor médio dos 6 corpos de provas ensaiados para cada traço. Nos gráficos também são mostrados o valor médio variando com o desvio-padrão para cada conjunto de argamassas.

No Gráfico 1 pode-se observar os resultados referentes as argamassas com adição de fibra da palha de carnaúba em 3% da massa do cimento.

Gráfico 1 – Tensão de ruptura dos corpos de prova com adição de 3% de fibra comparado com o de referência.



Fonte: Autoria própria.

Sendo assim, através do Gráfico 1, pode-se considerar que nas fibras com 3% de adição teve uma resistência à compressão menor do que o traço de referência. Também é possível observar que a fibra de tamanho de 40 mm foi a que teve o pior resultado, de modo que a redução foi de 46% em relação a argamassa de referência.

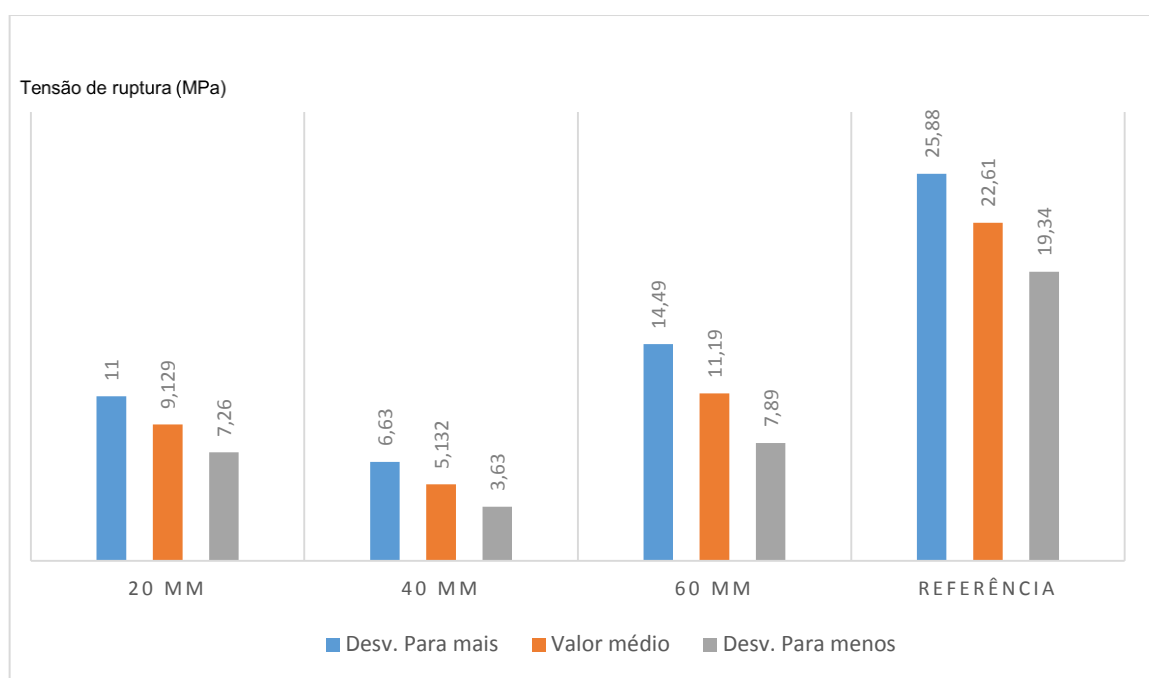
O comprimento da fibra na argamassa que teve o melhor resultado foi a 3FC-60. Pois, foi a argamassa que teve menos redução (cerca de 23%) na resistência à compressão comparando com o de referência.

Considerando o desvio padrão dos conjuntos da argamassa pode-se obter um valor de resistência a compressão da argamassa 3FC-20mm maior do que algum valor de resistência da argamassa de referência.

A incorporação de fibra de carnaúba reduz a resistência à compressão com a argamassa de referência. Essas observações podem ser explicadas devido a menor trabalhabilidade das argamassas, cujo resultado são misturas com menor compactação e mais vazios, portanto, menos resistentes.

No Gráfico 2 pode-se observar os resultados referentes aos corpos de prova com adição de 5% da fibra da palha de carnaúba.

Gráfico 2 – Tensão de ruptura dos corpos de prova com adição de 5% de fibra comparado com o de referência.



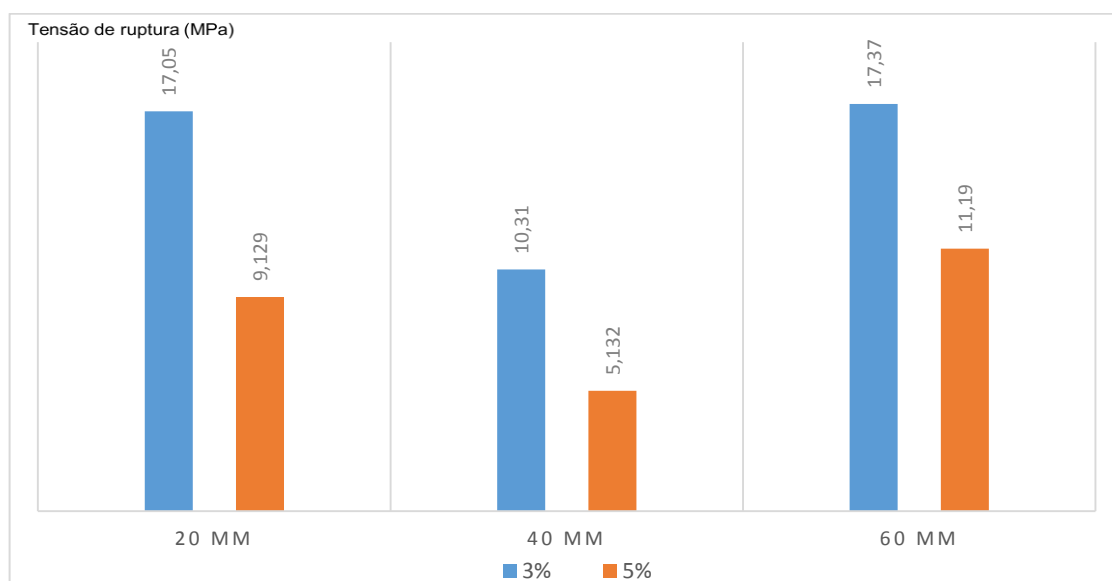
Fonte: Autoria própria.

O Gráfico 2 mostra que a adição de 5% da fibra de carnaúba causou uma diminuição na resistência à compressão comparando com a argamassa de referência. Também é possível observar que a argamassa 5FC-40 com a fibra de comprimento de 40 mm obteve o pior resultado, de modo que a redução da resistência à compressão foi de 77% em comparação com a argamassa de referência.

Em relação ao comprimento da fibra, o melhor resultado foi obtido quando se utilizou a fibra de 60 mm. Entretanto, a redução da resistência à compressão foi cerca de 51% quando comparada com a de referência.

O Gráfico 3 mostra um comparativo entre as argamassas com adição de 3% e de 5% da fibra de carnaúba em termos de resistência à compressão.

Gráfico 3 – Comparação da tensão de ruptura dos corpos de prova com adição de 3% e de 5% de fibra.



Fonte: Autoria própria.

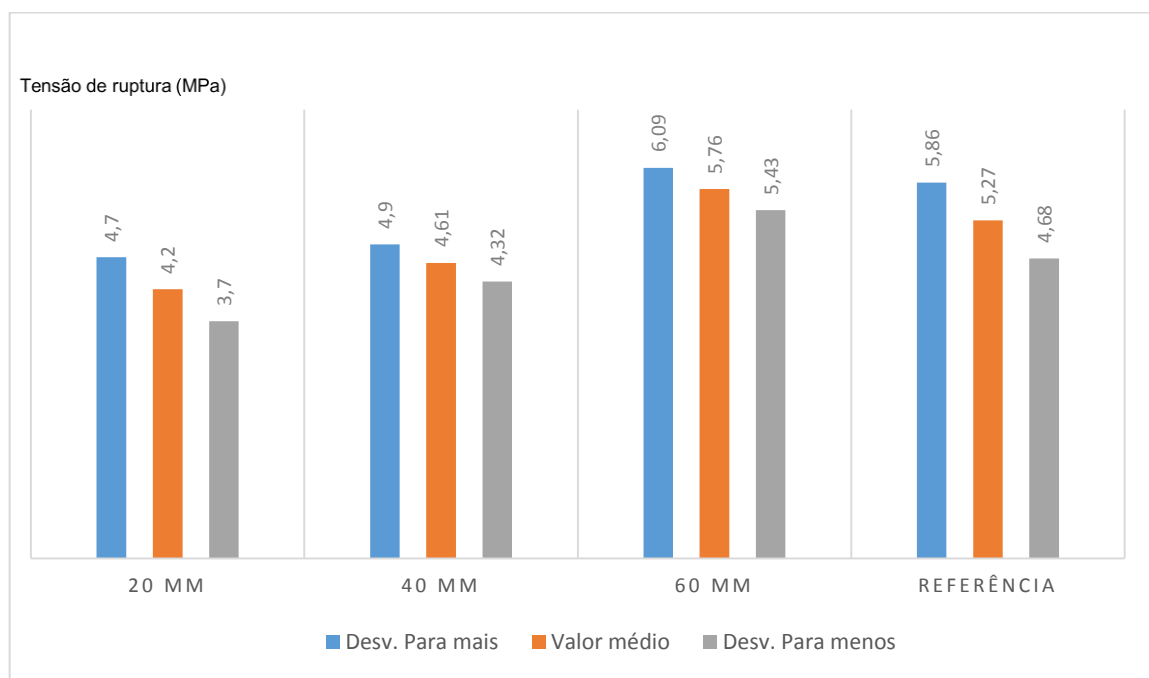
Através do Gráfico 3, pode-se observar que o aumento da porcentagem da fibra de carnaúba causou a redução da resistência à compressão. Também observa-se que os melhores resultados foram obtidos com a adição de 3% de fibra de carnaúba. E, em termos de comprimento, as fibras de 60mm contribuem para a obtenção de melhores resultados, o que pode ser atribuído ao aumento da ductilidade da argamassa. Como resultado, a capacidade de absorver as deformações aumenta, permitindo portanto uma ruptura menos brusca, pois de acordo com Recena (2011), os materiais de grande deformabilidade, ou seja, de baixo módulo de elasticidade,

apresentem baixa resistência à compressão e foi o que ocorreu quando a fibra foi incorporada nas argamassas. Observações semelhantes foram feitas por Silva *et al.* (2014) ao estudarem os efeitos da adição de fibra de coco na resistência à compressão de argamassas.

4.2.2 Ensaio de Resistência à Tração na Flexão

O Gráfico 4 mostra a resistência das argamassas com 3% de adição da fibra da palha de carnaúba.

Gráfico 4 – Tensão de ruptura dos corpos de prova com adição de 3% de fibra comparado com o de referência.



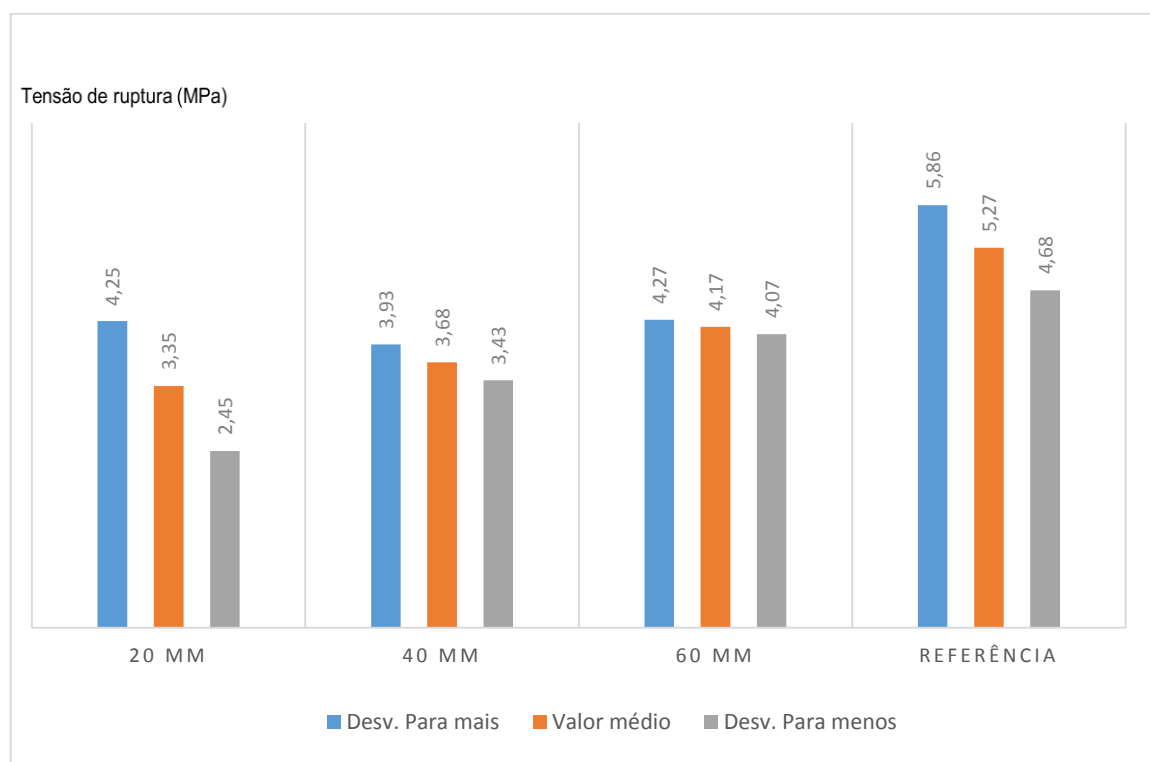
Fonte: Autoria própria.

Analisando o Gráfico 4 foi possível verificar que para a adição de 3% as fibras nos tamanhos de 20 mm e de 40 mm tiveram uma perda de 20% e de 12%, respectivamente, na tensão de ruptura à tração comparadas as argamassas de referência. Por outro, a argamassa produzida com fibra de 60 mm obteve resistência à tração superior ao da argamassa de referência, cujo aumento foi de 10%.

Considerando o desvio padrão dos conjuntos de prova com 3% de fibra pode-se observar que com essa porcentagem de adição e a fibra em todos os comprimentos podem chegar a valores superiores a argamassa de referência.

No Gráfico 5 pode-se observar os resultados referentes as argamassas com adição de 5% de fibra de carnaúba.

Gráfico 5 – Tensão de ruptura dos corpos de prova com adição de 5% de fibra comparado com o de referência.

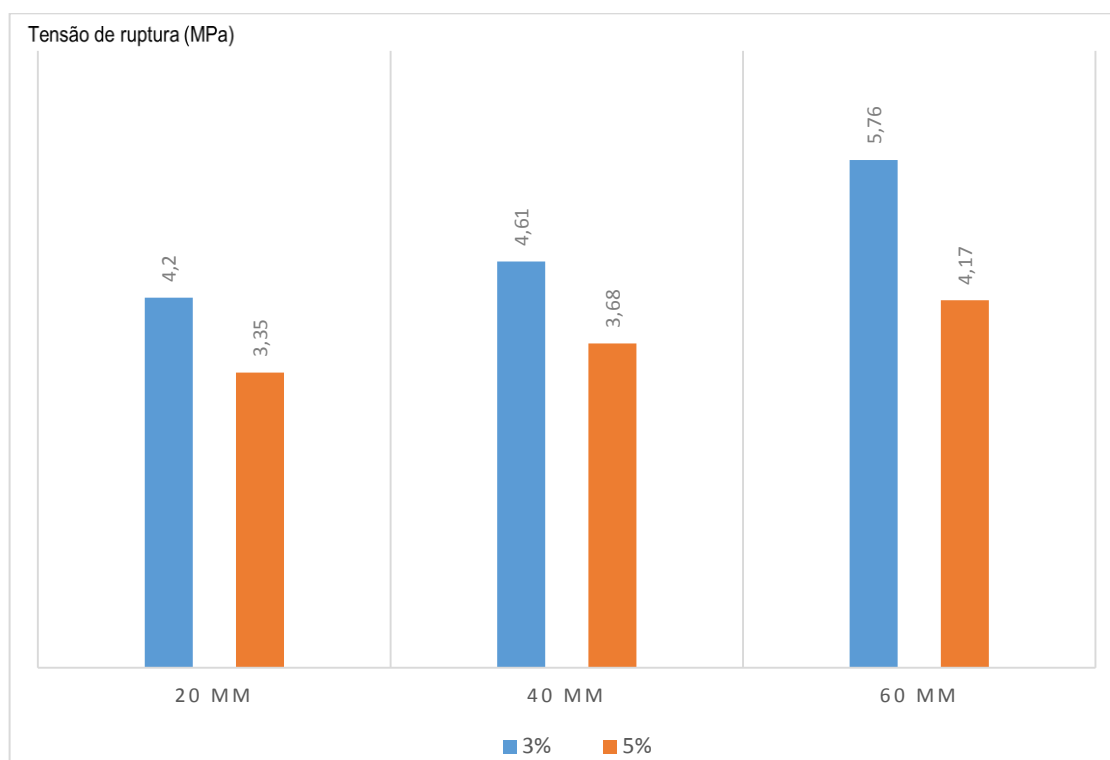


Fonte: Autoria própria.

A incorporação de 5% de fibra de carnaúba, resultou na obtenção de menores resistências à tração. A razão para diminuição da resistência à tração das argamassas com adição de 5% é a mesma para a diminuição da resistência à compressão, isto é, a maior quantidade de fibras prejudica a trabalhabilidade das argamassas, resultando na produção de argamassas com menor compactação e, consequentemente, menor resistências mecânicas.

Agora comparando os resultados da porcentagem de adição da fibra nas argamassas temos o Gráfico 6 que leva em consideração apenas a média dos resultados.

Gráfico 6 – Comparação da tensão de ruptura dos corpos de prova com adição de 3% e de 5% de fibra no ensaio de tração na flexão.



Fonte: Autoria própria.

O Gráfico 6 mostra que o aumento da porcentagem da fibra no traço causou a redução da resistência à tração na flexão. Esse Gráfico também mostra que o melhor desempenho foi obtido quando se utilizou fibras de carnaúba com teores de 3% de adição e com maior comprimento (60 mm).

A maioria dos resultados dos corpos de prova apresentaram uma redução nas propriedades mecânica, que foi devido a não realização do tratamento dessas fibras, pois de acordo com Carvalho (2011), os tratamentos aplicados na fibra melhoraram a transferência de carga entre matriz e as fibras em relação às fibras não tratadas.

Outro fator que prejudica a atuação da fibra de acordo com Batista (2014) é o alto teor de cimento, pois o cimento agride a fibra.

Como discutido anteriormente, em geral, as fibras aumentam a ductilidade das argamassas, o que contribui para o acréscimo na resistência à tração na flexão e proporciona um atraso na abertura da fissura, assim como redução na sua largura (FERRÁDIZ-MAS; GARCIA-ALCOCEL, 2013). De todo modo, deve-se observar que

a adição de fibras em argamassas, embora se tenha observado redução nas propriedades de resistência à compressão e à tração, que a capacidade de deformação é melhorada (ORASUTTHIKUL *et al.*, 2017), o que é benéfico para a durabilidade dos revestimentos, uma vez que há uma menor probabilidade do surgimento de fissuras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um grande problema observado em argamassas é sua fissuração, dessa maneira buscaram-se alternativas para diminuir a ocorrência dessas fissuras na argamassa. Entre essas alternativas, estão a incorporação de fibras naturais ou artificiais. Dessa maneira, nesse trabalho buscou-se verificar a incorporação da fibra da palha de carnaúba nas argamassas para testar a melhora de propriedades no estado fresco e endurecido da argamassa. Sendo assim, pode-se concluir que:

- A incorporação de fibra de carnaúba resulta em argamassas com menor consistência, de modo que quanto maior o comprimento da fibra e a porcentagem de adição, menor foi a consistência obtida. Dessa maneira, pode-se afirmar que a fibra absorve parte da água de amassamento das argamassas.
- Quanto a influência do tamanho da fibra na resistência a compressão, observou-se que quanto menor o comprimento da fibra maior foi a resistência à compressão obtida.
- Um efeito contrário foi observado na resistência à tração, pois quanto maior o comprimento da fibra, maior foi a resistência à tração.
- Em relação ao teor de adição de fibra da carnaúba, os resultados indicaram que o aumento do percentual de fibra influencia negativamente nas propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido, pois as argamassas com 3% de adição tiveram melhor resultado do que as com 5% de adição da fibra de carnaúba.
- A fibra com o comprimento de 60 mm e com 3% de adição teve um valor de tensão de ruptura na resistência à tração na flexão maior do que a argamassa de referência, cujo aumento foi de 10%. E, Considerando o desvio padrão dos conjuntos de prova com 3% de adição da fibra, pode-se observar que as argamassas de qualquer comprimento da fibra podem atingir valores maior que a argamassa de referência na resistência à tração.

REFERÊNCIAS

ABREU, Ana Cristina Fernandes. **Avaliação mecânica em flexão de compósitos de cimento com reforços de fibra de coco**. 2012. 61f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

ALVES, O. M.; COELHO, D. J., **Tecnologia e relações de produção no extrativismo da carnaúba no nordeste brasileiro**. 2006. 20f. Artigo - Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, Fortaleza, 2006.

ANJOS, M. A. S.; GHAVAMI, K.; BARBOSA, N. P. **Compósitos à base de cimento reforçados com polpa celulósica de bambu**. Parte I: Determinação do teor do reforço ótimo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p.339-345, Campina Grande, 2003.

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, 2005.

_____. NBR 13276 - **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro, 2002.

BATISTA, S. M. M.. **Avaliação da durabilidade de fibras de carnaúba em matriz cimentícia com adição de resíduo cerâmico**. 2014. 49 f. Monografia (Graduação em Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014.

CARASEK, H. Argamassas. In: Geraldo C. Isaia (Org./ Ed.). **Livro Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1ª ed., v. 2, cap. 26, IBRACON: São Paulo, 2007.

CARVALHO, M. F. L.. **Tratamentos de fibras de carnaúba [copernicia prunífera (miller) h. e. moore] para o desenvolvimento de compósito biodegradável com matriz de polihidroxibutirato**. 2011. 105f. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Centro de ciências exatas e da terra, Natal, 2011.

CARVALHO, T. M. P.; CARVALHO, L.F.M.; OLIVEIRA, R. R. de; SOUSA, F. M. S. de ; SOUSA, R. C. de; MARQUES, J. R.. **Avaliação do efeito de tratamento químico as fibras da palha de carnaúba**. 22º CBECiMat. 2015. Disponível em:< <http://www.metallum.com.br/22cbecimat/anais/PDF/203-021.pdf>>. Acesso em: 24. Jul. 2018.

CARVALHO, P. E. F.; SANTOS, L. R. **Avaliação de argamassas com fibras de papel kraft provenientes de embalagens de cimento**. 2011, 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

CUNHA, P. B. **Estimativa da Produção Cerífera de Carnaúba Copernicia prunifera (Miller) H. E Moore no município de Campo Maior**. 1994. 94f. Dissertação (mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1994.

FERRÁDIZ-MAS, V.; GÁRCIA-ALCOCEL, E. **Durability of expanded polystyrene mortars**. Construction and Building Materials, v. 46, p. 175-182, 2013.

LIMA, V. Y. S.. **Propriedades físicas e mecânicas de compósitos a base de gesso contendo fibras e resíduos – revisão bibliográfica**. 2011. 732f. Monografia (Graduação em Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi – Árido, Mossoró, 2011.

NAKAKURA, E. H. **Análise e classificação das argamassas industrializadas segundo a NBR 13281 e a Meruc**. 2003. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

NAKAKURA, Elza H.; CINCOTTO, Maria A. **Análise dos Requisitos de Classificação de Argamassas de Assentamento e Revestimento**. São Paulo: EPUSP, 2004. Disponível em:<
http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00359.pdf>. Acesso em: 22 agosto. 2018.

NETO, M.F.S. **Material compósito de matriz frágil reforçado com fibras naturais de sisal e malva: caracterização e correlações das propriedades mecânicas**. 2010. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

OLIVEIRA, F. S.; MENDES, J. U. L.; COSTA, L. L. L.; SANTOS, L. M. P.. **Caracterização de fibras da palha da carnaúba para aplicação em compósitos de isolamento térmica**. 21º CBECiMat. 2014. Disponível em:<
<http://www.metallum.com.br/21cbecimat/CD/PDF/204-065.pdf>>. Acesso em: 24. Jul. 2018.

ORASUTTHIKUL, S.; UNNO, D.; YOKOTA, H. **Effectiveness of recycled nylon fiber from waste fishing net with respect fiber reinforced mortar**. Construction and Building Materials, v. 146, p. 594-602, 2017.

OTTONI, Tobias Pigatto. **Estudo da influência do aditivo alvenarit nas propriedades das argamassas de revestimento**. 2017. 106f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal Santa Maria, Santa Maria, 2017.

PERUZZI, A. P. **Comportamento das fibras de vidro convencionais em matriz de cimento portland modificada com látex e adição de sílica ativa**. 2002. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PIRES.N.E., **Efeito do tratamento de superfície em fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi**. Tese (Doutorado em

Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. Conhecendo a argamassa. 1ª ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2011.

SAVASTANO JR.H., **Material à base de cimentos reforçados com a fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. 2000. 152f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. 2006. 166f. Dissertação (Mestrado em construção civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SILVA, R. P. **Argamassas com adição de fibras de polipropileno – estudo do comportamento reológico e mecânico**. 2006. 191f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SILVA, E. J. et al. **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, 2014.

TRISTÃO, F. A. **Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento**. 1995. 218 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.