



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

ANDREZA THAISY SOUZA DA COSTA

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSAS PARA REVESTIMENTO COM
INCORPORAÇÃO DE FIBRA DE CARNAÚBA**

ANGICOS/RN

2019

ANDREZA THAISY SOUZA DA COSTA

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSAS PARA REVESTIMENTO COM
INCORPORAÇÃO DE FIBRA DE CARNAÚBA**

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

Orientadora: Marcilene Vieira da Nóbrega, DsC

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.

C837p Costa, Andreza Thaisy Souza da.
PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSAS PARA
REVESTIMENTO COM INCORPORAÇÃO DE FIBRA DE CARNAÚBA
/ Andreza Thaisy Souza da Costa. - 2019.
49 f. : il.

Orientadora: Marcilene Vieira da Nóbrega.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2019.

1. Resistência à tração. 2. Fibra de carnaúba.
3. Resistência à compressão. I. Nóbrega, Marcilene
Vieira da, orient. II. Título.

ANDREZA THAISY SOUZA DA COSTA

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSAS PARA REVESTIMENTO COM
INCORPORAÇÃO DE FIBRA DE CARNAÚBA**

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

APROVADA EM: 12/03/2019

BANCA EXAMINADORA

Marcilene V. de Nóbrega

Prof. (a) DsC Marcilene Vieira da Nóbrega

Presidente

Nayara Jhêssica Marques da Fonseca

Eng. (a) MsC. Nayara Jhêssica Marques da Fonseca

Primeiro Membro

Núbia Alves de Souza Nogueira

Prof.(a) DsC. Núbia Alves de Souza Nogueira

Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por ter me proporcionado essa oportunidade e ter dado paciência, sabedoria, e perseverança nos momentos de fraqueza e desestímulo na minha vida acadêmica.

Especialmente aos meus pais, Josefa Souza da Costa e Paulo Nunes da Costa, pelo amor, apoio, carinho e dedicação. Por todas as coisas que os mesmos tiveram que abrir mão até hoje em prol do meu crescimento e educação, pela compreensão, pela confiança e pelo belo exemplo de vida.

Aos meus irmãos, Ana Paula Souza da Costa e Anderson Everton Souza Da Costa por todo apoio e incentivo para prosseguir.

A Tiago Leite Martins, que esteve junto comigo em todos os momentos me ajudando e me dando apoio nos momentos mais difíceis dessa jornada acadêmica.

A Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA campus Angicos, aos professores (as) que estiveram presentes durante toda a minha caminhada na realização do curso Bacharel em Engenharia Civil, por terem contribuído de forma direta ou indiretamente na minha formação;

Em especial a minha orientadora, Marcilene Vieira da Nóbrega, pela calma, confiança, atenção em passar todo conhecimento possível, por todo tempo dedicado me auxiliando na elaboração desse trabalho e por sempre acreditar na realização do mesmo.

A banca examinadora da defesa, por ter aceitado o convite e por todas as contribuições prestada. Aos técnicos dos laboratórios de materiais de construção do IFRN Campus Mossoró e UFERSA Campus Angicos, Valterson e Adna, por toda ajuda dada para realização desse.

Aos meus amigos e amigas Andriele Barros, Simplicia Luana, José Carlos, Antunes

França, Jesus Allan, que acompanharam minha jornada na realização do curso por todo o apoio e noites de estudos.

RESUMO

O surgimento de fissuras é um problema frequente nas argamassas de revestimentos, visto que as mesmas possuem baixa capacidade de absorver deformações. A adição de fibras naturais/artificiais durante o preparo da argamassa é uma alternativa que vem sendo muito utilizada para melhorar as propriedades mecânicas da mesma, para que assim possa diminuir a fissuração. Nesta perspectiva, este trabalho tem como objetivo relatar um estudo comparativo do comportamento mecânico da argamassa para revestimento com adição da fibra de carnaúba com dois diferentes aglomerantes, o CP IV e o CP V ARI, com adição de fibras obtidas a partir da palha da carnaúba (*Copernicia prunifera*). Para tanto, foram produzidas argamassas em proporção em massa de 1:3 (cimento: agregado) com adição de 2%, 3% e 4% de fibra da palha da carnaúba em relação a massa do cimento e com relação água/cimento (a/c) fixa em 0,70 para todas as misturas usando o cimento CP IV e 0,68 para as argamassas com cimento CP V ARI. Foram avaliadas as propriedades da argamassa em seu estado fresco (teste de consistência) e em seu estado endurecido (resistência a tração na flexão e resistência à compressão). Depois de realizado o trabalho e com as condições que foi realizado os resultados indicam que a adição da fibra resulta em argamassas menos consistentes e em relação a resistência mecânica também houve uma redução da mesma, mais ao se comparar os dois tipos de cimentos, o CP V ARI, possui resistências superiores ao CP V, visto que o mesmo se trata de um cimento de alta resistência inicial.

Palavras – chave: Resistência à tração. Fibra de carnaúba. Resistência à compressão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ruptura do material cimentício com e sem adição de fibra	23
Figura 2 - Carnaubeira (Copernicia prunifera).....	25
Figura 3 - Corte da fibra no tamanho de 60mm	29
Figura 4 - Secagem da palha de carnaúba ao sol.....	30
Figura 5 - Argamassadeira de cuba inoxidável	31
Figura 6 - Molde prismático.....	32
Figura 7 - Confeção dos corpos de provas.....	32
Figura 8 - Esquema de confecção dos corpos de prova	33
Figura 9 - Desmoldagem e identificação dos corpos de prova.....	33
Figura 10 - Mesa de Consistência e molde metálico tronco - cônico	34
Figura 11 - Corpo de prova sendo ensaiado a flexo tração	35
Figura 12 - Corpo de prova sendo ensaiado a compressão	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Composição das Argamassas produzidas	31
Quadro 2 - Resultados do ensaio de Consistência.....	37
Quadro 3 - Resultado do ensaio de resistência à tração na flexão	39
Quadro 4 - Resultado do ensaio de resistência à compressão	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland;

CP IV - Cimento Portland Pozolânico

CP V ARI – Cimento Portland de Alta Resistência Inicial

NBR – Norma Brasileira;

PHB - Polihidroxibutirato

Rc – Resistência a compressão

Rf - Resistência a tração na flexão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	16
3.1	ARGAMASSA	16
3.2	MATERIAIS CONSTITUINTES	16
3.2.1	Cimento Portland	16
3.2.1.1	Cimento Portland Pozolânico (CP IV).....	17
3.2.1.2	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V- ARI)	18
3.2.2	Agregado miúdo.....	18
3.2.3	Água.....	19
3.3	PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS	19
3.2.4	Propriedades no estado fresco.....	19
3.3.1.1	Trabalhabilidade	20
3.3.1.2	Retenção de Água.....	20
3.1.1.3	Aderência	21
3.1.1.4	Consistência.....	21
3.2.5	Propriedades no estado endurecido	21
3.1.2.1	Retração	21
3.1.2.2	Aderência	22
3.1.2.3	Resistência mecânica – á compressão e a tração na flexão ...	22
3.2.5.1	Capacidade de absorver deformações	22
3.3	ARGAMASSAS COM FIBRAS.....	23
3.4	FIBRA DE CARNAÚBA	24
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
4.1	PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	28
4.2	MATERIAIS UTILIZADOS	28
4.2.1	Cimento.....	28
4.2.2	Agregado miúdo (areia natural).....	29
4.2.3	Água de amassamento	29

4.2.4	Fibra de Carnaúba.....	29
4.3	PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	30
4.3.1	Obtenção do traço	30
4.3.2	Produção da argamassa.....	31
4.3.3	Moldagem dos corpos de prova	32
4.4	ENSAIOS REALIZADOS.....	34
4.4.1	Ensaio da argamassa no estado fresco	34
4.4.2	Ensaio no estado endurecido	34
4.4.2.1	Ensaio de resistência à tração na flexão.....	34
4.4.2.2	Ensaio de resistência à compressão axial	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	RESULTADOS DO ENSAIO DE CONSISTÊNCIA	37
5.2	RESULTADOS DOS ENSAIOS DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO	39
5.2.1	Ensaio de resistência à tração na flexão	39
5.2.2	Ensaio de resistência à compressão	41
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1 INTRODUÇÃO

O custo elevado dos materiais de construção no Brasil, pode ser explicado pelo consumo elevado de transporte e energia, além da tendência oligopolista do setor produtivo de materiais básicos (SEVASTANO Jr., 2000). Diante disso, o homem vem sentindo a necessidade de encontrar matérias-primas que possuam baixo custo e boa qualidade, além de uma boa produtividade e um baixo impacto ambiental.

O uso de fibras de origem natural vem sendo pesquisado em função da possibilidade de utilização de um produto sustentável, já que a mesma é de fácil incorporação pela natureza, além de ser uma fonte renovável de matéria prima (RIBEIRO,2005).

As fibras de origem natural como reforço de materiais cimentícios, vem despertando bastante interesse para os países em desenvolvimento, visto o seu baixo custo, economia de energia, disponibilidade, além das questões ambientais (SEVASTANO Jr., 2000).

Além disso para Lima (2011) as fibras naturais melhoram as propriedades mecânicas com o aumento da resistência a flexão, tração e ao impacto, além de aumentar a capacidade de absorção de energia.

Entre os materiais desenvolvidos recentemente, diversos compósitos fibrosos vêm se destacando por possuir um desempenho mecânico satisfatório, e muitos desses já vem sendo aplicado na construção civil. O Brasil por ser um país de clima tropical favorece uma diversidade de cultivos vegetais fornecedores de fibras, aos quais podem ser citadas: fibras de coco, sisal, carnaúba, entre outros.

O uso dessas fibras naturais na argamassa surgiu devido ao fato de a fissuração ser um dos problemas mais frequentes nas mesmas, muitas vezes ocasionado devido á retração que é causada pelo fato da argamassa não possui uma boa capacidade de absorver deformações.

As fibras em matrizes cimentícias é bastante usado na redução ou no combate ao aparecimento das fissuras, pois funcionam como um reforço mecânico para o material, que ao serem incorporadas as argamassas de revestimento servem como pontes de transferências de tensões, reduzindo, assim, o acúmulo de tensões

na extremidade das fissuras (FIGUEIREDO, 2000).

A fibra de carnaúba (*Copernicia prunifera*) tem como principais constituintes a celulose, lignina e hemicelulose que variam de planta para planta até da mesma espécie, conseqüentemente, alterando suas propriedades.

O uso dessa fibra vem sendo estudada na construção civil pela sua potencialidade e também por se tratar de um material em abundância em algumas regiões do nordeste brasileiro. A incorporação dessa fibra, já foi estudada para o desenvolvimento de compósito biodegradável com matriz de polihidroxibutirato, para utilização em compósito de isolamento térmica , em estudos de resistência e de durabilidade na utilização dessas fibras de carnaúba em matriz cimentícia com adição de resíduos cerâmicos , para avaliar o desempenho de compósitos de matriz de poliéster reforçado com fibras de carnaúba em diferentes concentrações de massa, entre outros.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar o comportamento mecânico da argamassa para revestimento com adição da fibra de carnaúba com utilização de dois tipos de aglomerantes, o cimento Portland CP V ARI e o CPIV

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar o comportamento à tração da argamassa de revestimento usando o cimento CPIV, através do ensaio de resistência a tração na flexão em três pontos, em corpos de prova.
- Estudar o comportamento à compressão da argamassa de revestimento usando o cimento CPIV, através do ensaio de resistência à compressão em corpos de prova.
- Estudar o comportamento à tração da argamassa de revestimento usando o cimento CP V ARI, através do ensaio de resistência a tração na flexão em três pontos, em corpos de prova.
- Estudar o comportamento da resistência à compressão da argamassa de revestimento usando o cimento CP V ARI, através do ensaio de resistência à compressão em corpos de prova.
- Fazer uma comparação sobre a influência do tipo de cimento (aglomerante) na resistência mecânica da argamassa com adição da fibra de carnaúba.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

3.1 ARGAMASSA

A argamassa é um material comumente usado na construção civil que possuem como características a aderência e a capacidade de endurecimento, proveniente da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes geralmente a cal hidratada e cimento Portland e o agregado miúdo (areia) com a água.

De acordo com Fiorito (2009) pode-se dividir as argamassas em três tipos, levando em consideração o tipo e o número de aglomerantes que estão presentes, sendo elas: a argamassa de cimento composta por cimento e areia, argamassa de cal composta de cal e areia e a argamassa mista composta de cimento cal e areia.

A definição do tipo de argamassa que será utilizada é feita através da sua destinação final, onde a argamassa de cimento é indicada para chapisco, alvenaria de alicerce e revestimentos com propriedades impermeáveis, a argamassa de cal é indicada para emboço e reboco e a argamassa mista para assentamento de alvenaria e revestimentos argamassados (FIORITO,2009).

Para Ottoni (2017) ao contrário do que ocorre com o concreto que possui métodos de dosagens racionais, as argamassas ainda não possuem métodos consagrados em nível nacional. Sendo assim ainda é comum que no preparo da argamassa de revestimento e assentamento sejam utilizados dosagens pré-fixados, ou seja baseados em documentos elaborados por instituições técnicas e normas.

3.2 MATERIAIS CONSTITUINTES

3.2.1 Cimento portland

O cimento Portland possui propriedades aglomerante desenvolvida pela reação de seus constituintes com a água, por isso é denominado aglomerante hidráulico que é obtido através da pulverização e trituração do clínquer , sendo composto de aluminato de cálcio , silicatos hidráulicos de cálcio, uma pequena

parte de sulfato de cálcio natural e ainda adições minerais usadas para melhorar o seu desempenho (BAUER, 2016).

Na argamassa, a contribuição do cimento está relacionada a resistência mecânica. Além disso, pelo fato de o cimento possuir finas partículas ele acaba contribuindo na retenção da água de mistura e também para a plasticidade. Logo, podemos dizer que, quanto maior a quantidade de cimento presente na mistura, maior é a retração, mas também será maior a aderência à base (ABCP, 2002)

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (2002) os cimentos são classificados quanto a sua composição e quanto a sua resistência à compressão, aos 28 dias de cura. Na Tabela 1 são apresentadas as classificações dos cimentos de acordo a ABCP (2002).

Tabela 1 - Tipos De Cimentos

Denominação				Adições	Sigla	Norma
Cimento Portland Comum				Escória, pozolana ou fíler (até 5%)	CP I	NBR – 5732
Cimento Portland composto com escória				Escória (6 - 14%)	CP II - E	NBR – 11578
Cimento Portland composto com pozolana				Pozolana (6 - 14%)	CP II - Z	NBR – 11578
Cimento Portland composto com filler				Fíler (6 - 10%)	CP II - F	NBR - 11578
Cimento Portland de alto forno				Escória (35 - 70%)	CP III	NBR – 5735
Cimento Portland pozolânico				Pozolana (15 - 50%)	CP IV	NBR – 5736
Cimento Portland de alta resistência inicial				Materiais carbonáticos (até 5%)	CP V- ARI	NBR - 5733

Fonte: ABCP (2002).

3.2.1.1 Cimento Portland Pozolânico (CP IV)

De acordo com a NBR 5736 (1991), os cimentos Portland pozolânicos são designados pela sigla CP IV, podendo ser definido como aglomerante hidráulico obtido pela mistura homogênea de clínquer Portland e materiais pozolânicos, moídos em conjunto ou em separado, sendo constituído de 15% a 50% de material pozolânico. Esse tipo de cimento possui classes de 25 e 32 MPa

representam o mínimo de resistência a compressão que os mesmos podem chegar aos 28 dias de idade.

Quando comparado ao cimento comum, possui maior impermeabilidade, maior durabilidade e maior resistência mecânica à compressão à longo prazo. Esse tipo de cimento geralmente é utilizado para grandes volumes de concreto devido ao seu baixo calor de hidratação e em obras expostas à ação de água corrente e ambientes agressivos devido a sua baixa porosidade (ABCP, 2002).

3.2.1.2 Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V- ARI)

Segundo a NBR 5733(1991), o Cimento Portland de alta resistência inicial é designado pela sigla CP V – ARI é pode ser definido como um aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland, constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio hidráulicos, esse tipo de cimento não possui adições em sua composição (a não ser em casos excepcionais pode conter 5% de material carbonático). A designação ARI representa que este tipo de cimento pode obter no mínimo 34 MPA de resistência a compressão aos 7 dias de idade.

Segundo a ABCP (2002), esse cimento é o utilizado tanto para obras de pequeno porte como obras de grande porte, como a indústria de pré-moldados, especialmente na aplicação da protensão. Esse tipo de cimento pode exigir mais água para obtenção da mesma consistência que os demais tipos de cimento.

3.2.2 Agregado miúdo

Os agregados são materiais que podem ser de origem natural e artificial, proveniente da degradação de rochas ou por processos artificiais. Segundo a NBR 7211/2009, agregados miúdos são aqueles cujos grãos passam pela peneira de 4,75 mm e ficam retidos na peneira de 150 µm, sendo a areia o principal agregado miúdo utilizado na construção civil.

As características da argamassa estão diretamente ligada com as características físicas dos agregados, visto que eles podem melhorar a trabalhabilidade e também interferir na resistência a compressão.

De acordo com Alves (2006) os grãos dos agregados devem estar limpos,

livres de impurezas físicas e químicas, pois as mesmas dificultam a aderência dos grãos com a pasta formada pelo aglomerante. Os agregados devem ser resistentes, duráveis e sem ação deletéria sobre o aglomerante. Os grãos mais angulares são os mais indicados, já os lamelares não são indicados, pois aumentam a permeabilidade e dificultam a trabalhabilidade.

A granulometria da areia influencia nos teores de água e aglomerante, visto que quando há um alto teor de finos há um maior consumo de água, o que acaba reduzindo a resistência mecânica da argamassa e causando uma maior retração por secagem (ABCP,2002).

3.2.3 Água

De acordo com Santos (2008) a água ideal para produção de matrizes cimentícias é água potável, logo esta água não deve possuir impurezas ou excesso de sais solúveis.

A água é a responsável na argamassa por dá uma mistura homogeneia e ativar as reações de hidratação dos compostos dos aglomerantes, sobretudo as do cimento. Embora a água, seja usada diretamente pelo pedreiro para melhorar a trabalhabilidade da argamassa, a mesma deve ter o seu teor atendendo ao traço pré-estabelecido. (ABCP, 2002)

3.3 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

São esperadas algumas propriedades em relação ao estado fresco e endurecido da argamassa. Nestes dois estados os materiais constituintes influenciam fortemente nas propriedades da mesma.

3.3.1 Propriedades no estado fresco

As propriedades no estado fresco da argamassa correspondem aquelas após o seu preparo até o tempo de fim de pega. Algumas dessas propriedades estão citadas a seguir como: trabalhabilidade, retenção de água, aderência e consistência.

3.3.1.1 *Trabalhabilidade*

A trabalhabilidade significa facilidade de manuseio e está relacionada principalmente à consistência e à aplicação que será praticada. Pode-se dizer que uma argamassa é trabalhável, de um modo geral, não segrega ao ser transportada, quando ela se distribui facilmente ao ser assentada, não adere na ferramenta quando está sendo aplicada, permanece plástica por tempo suficiente para que a operação seja completada e não endurece em contato com superfícies absorptivas (SABBATINI, 1984).

De acordo com ABCP (2002) ter uma trabalhabilidade adequada, permite que a argamassa possa apresentar maior contato com a base, devido ao melhor espalhamento. Esta propriedade está diretamente ligada às características dos materiais constituintes da argamassa e a sua dosagem. O uso da cal e de aditivos plastificantes ou incorporadores de ar, em quantidades corretas, melhoram a trabalhabilidade, melhorando assim a sua capacidade de espalhamento.

Avaliar, quantificar e prescrever valores de trabalhabilidade das argamassas por meio de ensaios é uma tarefa muito difícil, uma vez que ela depende não só das características intrínsecas da argamassa, mas também da habilidade do pedreiro que está executando o serviço e de várias propriedades do substrato, além da técnica de aplicação (CASCUDO *et al.*, 2005)

3.3.1.2 *Retenção de Água*

A retenção de água define-se como a capacidade que a argamassa possui em reter a água de amassamento, dificultando a perda desta por sucção a base ou evaporação. A água de amassamento retida permite a ocorrência das reações de hidratação do cimento, tornando, assim, a argamassa mais resistente. A perda repentina de água compromete a estanqueidade do revestimento e favorece a fissuração, pois diminui a aderência da base, a resistência mecânica, a durabilidade e a capacidade de absorver as deformações (MACIEL *et al.*, 1998).

3.1.1.3 Aderência

A aderência no estado fresco, pode ser definida como a propriedade da argamassa de ancorar no substrato a qual está sendo aplicada. Portanto, as condições de porosidade, limpeza superficial da base e rugosidade, podem interferir na aderência inicial (BAÍÁ E SABBATINI, 2000)

3.1.1.4 Consistência

Para CINCOTTO *et al.* (1995) consistência é a propriedade pela qual a argamassa tende a resistir á deformações no estado fresco.

Carasek (2007) classifica a argamassa segundo a consistência, em secas (quando a pasta preenche os vazios entre os grãos), fluidas (quando os grãos ficam imersos na pasta) e plásticas (quando a pasta forma uma película fina que atua como lubrificante na superfície dos grãos.

Para SILVA (2006) a consistência é determinada pela quantidade de água e por fatores como relação aglomerante/areia, água/aglomerante qualidade dos aglomerantes, a granulometria da areia e natureza.

3.3.2 Propriedades no estado endurecido

As propriedades no estado endurecido correspondem as propriedades da argamassa após o período de fim de pega. Algumas dessas propriedades estão citadas a seguir como: retração, aderência e resistência mecânica e capacidade de receber deformações.

3.3.2.1 Retração

A retração está ligada à variação de volume da pasta do aglomerante e está variação é dada devido a perda de água ou as reações de carbonatação e hidratação do aglomerante. A retração é uma das causas do aparecimento das fissuras nas argamassas e estas são prejudiciais ao revestimento, visto que o mesmo fica sujeito a ação das intemperes que podem influenciar na durabilidade

do mesmo (MACIEL *et al.*, 1998).

3.3.2.2 Aderência

A aderência pode ser definida como a propriedade mais importante do estado endurecido visto que a mesma está relacionada com a capacidade da argamassa de resistir as tensões normais e tangenciais, que atuam entre a base e o revestimento (ABCP, 2002).

A NBR 15258 (ABNT, 2005), vigente a partir de Outubro de 2005, propõe procedimentos de ensaio para determinação da resistência de aderência à tração. Esta norma introduz o conceito de *aderência potencial*, estabelecendo um substrato-padrão para a aplicação das argamassas de modo a minimizar a influência da base na aderência, buscando assim avaliar apenas a contribuição da argamassa na resistência de aderência à tração (ANTUNES, 2005).

3.3.2.3 Resistência mecânica – à compressão e a tração na flexão

A resistência mecânica da argamassa está ligada a capacidade da mesma em suportar as ações mecânicas de diferentes naturezas, dependendo diretamente dos materiais que são utilizados e das técnicas utilizadas na execução, desde o preparo até o acabamento (MACIEL *et al.*, 1998).

Essa propriedade está relacionada à capacidade da argamassa em resistir aos esforços de compressão, tração ou cisalhamento, proveniente de cargas dinâmicas ou elásticas atuantes das edificações ou de efeitos das condições ambientais (NAKAKURA, 2003).

3.3.2.4 Capacidade de absorver deformações

Já a capacidade de absorver deformações diz respeito a uma propriedade que a argamassa possui de absorver deformações sem que ocorra a ruptura ou o aparecimento de fissuras. Essas deformações podem ser extrínsecas que são da base ou intrínsecas que é o próprio revestimento. A capacidade de absorver deformações está relacionada com a resistência à tração e com o módulo de

deformação da argamassa (ABCP, 2002).

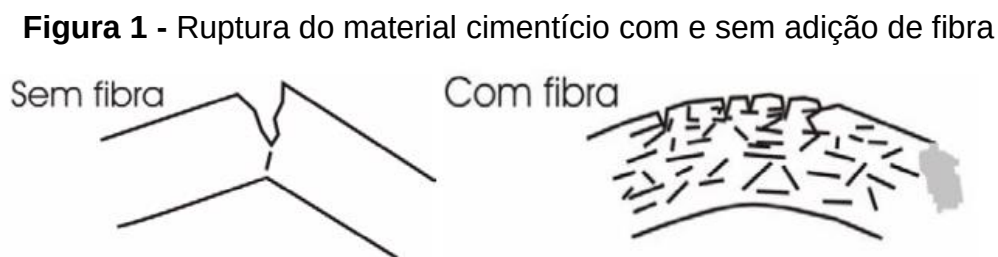
Recena (2011) atribui que essa a capacidade que o material possui em absorver esforços por deformação está relacionada com seu módulo de elasticidade, que pode ser entendido como a tensão necessária para ajudar a deformação de uma unidade de comprimento. Sendo que o módulo de elasticidade de um material apresenta correspondência com sua resistência à compressão. Logo os materiais de baixo módulo de elasticidade ou grande deformabilidade, apresentam baixa resistência à compressão.

Como existem indícios precisos sobre os valores de resistência à compressão e à tração que são verificados em argamassas para serem usadas em revestimentos de paredes, também não se conhece o valor ou a faixa de valores apropriados do módulo de deformação (RECENA, 2011).

3.4 ARGAMASSAS COM FIBRAS

A adição de fibras durante o preparo da argamassa é uma alternativa que vem sendo muito utilizada para diminuir ou até mesmo impedir a fissuração das argamassas de revestimento, decorrente da retração da mesma. Essas fibras podem ser de ocorrência natural ou sintética e vem sendo adicionadas a argamassas ou concreto com o intuito de diminuir o aparecimento de fissuras e aumentar a ductilidade do material, tornando assim as estruturas mais duráveis (SIQUEIRA,2006).

As fibras podem ser consideradas como uma maneira eficiente de atribuir a argamassa mais resistência a tração , a fadiga e ao impacto, além de ductilidade e tenacidade (VENTURA *et al*, 2006). A Figura 1 mostra a ruptura do material composto cimentício com e sem adição de fibras.



Fonte : VENTURA *et al* , 2006

De acordo com Silva e Barros (2007) as construções civis estão sempre buscando soluções para melhorar o desempenho de revestimentos de fachadas. A incorporação de fibras sintéticas em argamassas de revestimento vem se tornando uma solução bastante utilizada na redução de fissuras e destacamento, dentre as fibras mais utilizadas, as que mais se destacam são as fibras de polipropileno.

Segundo PIRES (2009), as fibras naturais são classificadas em animais, minerais e vegetais. Sendo as fibras vegetais separadas de acordo com a sua origem nas plantas: fibras de caule (juta, linho, cânhamo), frutos (coco), semente (algodão), folha (bananeira, carnaúba, sisal, curauá, piaçava) e raiz. Tendo como principal vantagem o baixo custo, visto que as mesmas se encontram em abundância na natureza.

As fibras oriundas das folhas ou do caule são conhecidas como fibras duras, e possuem maior interesse para serem utilizadas como reforço em compósitos poliméricos, embora as fibras de frutos e sementes também possam ser utilizadas (SYMINGTON et al., 2009).

De acordo com a classificação feita por PIRES (2009), a fibra de carnaúba é uma fibra natural de origem vegetal com feixes de fibras que vem das folhas da carnaubeira.

3.5 FIBRA DE CARNAÚBA

A carnaúba é uma palmeira da classe das monocotiledôneas, da família Palmae, cujo nome científico, da espécie originária do Brasil, é *Copernicia prunifera* multiplica-se espontaneamente em solos arenosos e aluviais, em várzeas e margens de rios, dando origem a uma vegetação de palmeiras espaçadas e ensolaradas, a sua altura que varia entre 8 e 10 metros, podendo atingir até 15 metros. A planta possui um tronco cilíndrico e reto com diâmetro variando entre 15 e 25 centímetros. (LORENZINE, 1996).

Figura 2 - Carnaubeira (*Copernicia prunifera*)



Fonte: CERRACATINGA (2017)

Os frutos da carnaúba são utilizados inteiros e podem servir 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 para ser usada em substituição ao pó de café. O caule, possui uma alta resistência, é pode ser usado em construção de edificações, como ripas, postes e caibros, além de objetos de uso doméstico. Em relação as folhas, as mesmas são aproveitadas toda a palma, após a retirada da cera, podendo ser usada para cobrir casas substituindo às telhas (CARVALHO, 2011).

De acordo com mesmo autor, As fibras da folha da carnaúba têm sua maior aplicação na confecção de cordas e artigos de artesanato. Entretanto, estas fibras apresentam potencial para aplicações de maior valor agregado como é o caso dos materiais compósitos de matriz biodegradável.

O autor ainda fala que a fibra da carnaúba ela é composta em média por $58,04 \pm 4,49\%$ de celulose ; $19,03 \pm 1,02\%$ de lignina; $14,02 \pm 0,64\%$ de hemicelulose; $7,53 \pm 0,63\%$ de umidade e $1,80 \pm 0,47\%$ de cinzas.

Na literatura estão relatados diversos estudos que objetivam avaliar as propriedades físicas e químicas das fibras naturais, das fibras naturais modificadas e de sua utilização em materiais compósitos (CAO *et al.*, 2006; ROWELL *et al.*, 1997).

Lavor *et al.*(2008) em seu trabalho atestaram a eficiencia de aplicação de

esteiras da palha de carnaúba *in natura* em revestimento de isolante térmico em galpões, constatando que o material isolante (palha de carnaúba e papelão reciclado) influenciou significativamente o ambiente interno do galpão retardando a penetração do calor nos galpões durante o dia, porém promovendo uma maior concentração de calor, por mais tempo, à noite.

Carvalho (2011) e Melo *et al* (2012), fizeram estudos de tratamentos químicos na fibra de carnaúba para o desenvolvimento de um compósito biodegradável como reforço em matriz polihidroxibutirato (PHB), tendo como resultado houve um acréscimo de resistência à tração após modificação química das fibras, sendo o melhor resultado obtido com o tratamento de peróxido de hidrogênio, mesmo havendo uma pequena redução na resistência à tração das fibras tratadas.

Souza (2014) em seu trabalho apresentou um compósito polimérico com carga de fibra da palha de carnaúba em resina ortoftálica. Esse material foi produzido para aplicação estrutural de dispositivo (fogão) de concentração solar para assar e cozinhar diversos alimentos demonstrando a viabilidade do compósito proposto para a fabricação de protótipos solares e outras estruturas que não requeiram resistência a grandes esforços.

Oliveira (2014) fez um estudo com o objetivo avaliar as propriedades mecânicas de compósitos cimentícios produzidos com fibras de carnaúba e adição de pozolana. O mesmo adicionou diferentes percentuais de pozolana, com a intenção de fazer o comparativo com as amostras de referência e observar o comportamento mecânico desses compósitos com a presença da pozolana, com isto constatou que a substituição do cimento nas porcentagens de 25% por pozolana é satisfatória, pois obteve uma resistência maior quando comparada aos compósitos de referência.

Batista (2014) fez uma avaliação da durabilidade das fibras de carnaúba em compósitos cimentícios com adição de resíduos cerâmicos e constatou que ao substituir o cimento em teores de 25 e 35% por resíduo cerâmico é satisfatória em relação a resistência a tração.

Costa *et al.* (2013) fizeram uma avaliação do desempenho de compósitos de matriz de poliéster reforçado com fibras de carnaúba em diferentes concentrações de massa, constatando através dos ensaios de tração, que

quanto menor quantidade de fibra, melhor era a interface com a matriz , sendo assim melhor era o desempenho mecânico.

Eduardo (2018) , fez um estudo sobre o comportamento da argamassa com a adição da fibra de carnaúba , com diferentes tamanhos de fibras incorporadas e diferentes teores , obtendo como resultado que a adição de fibras da palha de carnaúba resulta em argamassa com menor consistência e menores resistências mecânicas e que o tamanho adequado da fibra é 60mm.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para a realização desta pesquisa foram confeccionados 24 corpos de prova de argamassa para revestimento no traço 1:3. Sendo 6 (seis) amostras de referência ,onde 3 amostras foram utilizadas o cimento CP ARI e 3 amostras o cimento CP IV, em seguida foram confeccionados 9 corpos de provas utilizando o cimento CP ARI e 9 utilizando o CP IV, variando 3 corpos de provas para cada teor de fibra ,sendo esses teores 2%, 3% e 4%.

No preparo dos corpos de prova foram utilizados os seguintes materiais: dois tipos de aglomerantes (cimento Portland CP IV e CP ARI), areia natural, fibra de carnaúba em tamanho de 60 mm. Para obtenção da fibra utilizada no traço foi realizado a lavagem dessa fibra e o seu secamento natural ao sol. Foram realizados os ensaios para a caracterização do aglomerante e dos agregados, ensaio de consistência da argamassa, e os ensaios mecânicos de flexão na tração e compressão.

Todos os corpos de prova foram confeccionados no Laboratório de Engenharia Civil da UFERSA / Campus Angicos. Os ensaios de caracterização do aglomerante e do agregado, os ensaios de compressão e tração no laboratório do IFRN Campus Mossoró.

4.2 MATERIAIS UTILIZADOS

4.2.1 Cimento

Para confecção dos corpos de provas foram utilizados dois tipos distintos de aglomerante, o primeiro é o cimento Portland CP V ARI, por se tratar de um cimento muito comum na região de Angicos / RN e o outro cimento é o CP IV , que é um cimento bastante utilizado em obras no interior do Rio Grande Do Norte.

4.2.2 Agregado miúdo (areia natural)

O agregado miúdo (areia natural) utilizado para a realização da pesquisa foi obtido no comércio da cidade de Angicos/ RN e essa areia foi passada na peneira de 2 mm para padronizar o diâmetro máximo da areia. Em seguida essa areia foi posta na estufa por 24 horas, para retirar qualquer umidade presente na mesma.

4.2.3 Água de amassamento

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

4.2.4 Obtenção da Fibra de Carnaúba

As fibras de carnaúba foram adquiridas na cidade de Aracati/CE. Essas fibras são extraídas da carnaubeira ainda verdes e postas para secar, visto que para a utilização desta fibra trabalho é necessário que a mesma esteja seca.

Para a utilização das fibras na argamassa foi realizada o corte das fibras nos tamanhos estabelecidos para a realização da pesquisa de 60mm, como pode-se observar na Figura 3. Essa escolha de tamanho foi baseada no trabalho realizado por Eduardo (2018).

Figura 3 - Corte da fibra no tamanho de 60mm



Fonte: Autoria própria (2018).

Em seguida foi realizada a lavagem das mesmas com água da rede de distribuição da CAERN e secagem ao sol durante 5 horas, para possibilitar a retirada do pó da carnaubeira como pode se observar na Figura 4.

Figura 4 - Secagem da palha de carnaúba ao sol



Fonte: Autoria própria (2018).

4.3 PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

4.3.1 Obtenção do traço

Para a produção da argamassa utilizou-se o traço de 1:3 (cimento: areia), por se tratar de um traço muito utilizado em obras da construção civil na região e também por ser uma proporção recomendadas por estudos anteriores.

Para obtenção do relação água cimento ideal para a produção de todas as argamassas, de modo a obter misturas trabalháveis. Foram feitos testes de consistência no Laboratório do IFRN – Campus Mossoró, após variar a relação a/c em 0,60, 0,65, 0,70 para o CP IV e 0,68, 0,75 e 0,80 para o CP V - ARI, chegou-se à conclusão que o teor ideal seria fixado em 0,70 para todas as argamassas com o CP IV e 0,68 para todas as argamassas com CP V - ARI. A avaliação da trabalhabilidade foi realizada por meio do ensaio de consistência, conforme procedimentos estabelecidos pela NBR 13276:2016. As fibras foram adicionadas em teores de 2, 3 e 4% em relação a massa de cimento.

Quadro 1 - Composição das Argamassas produzidas

ARGAMASSAS	CIMENTO (g)	AREIA (g)	FIBRA DE CARNAÚBA (g)	ÁGUA (g)
REF CP IV	500	1.500	-	350
CP IV 2%			10	350
CP IV 3%			15	350
CP IV 4%			20	350
REF CP V ARI			-	340
CP V ARI 2%			10	340
CP V ARI 3%			15	340
CP V ARI 4 %			20	340

Fonte: Autoria própria (2018).

4.3.2 Produção da argamassa

A homogeneização dos materiais foi realizada em uma argamassadeira de cuba inoxidável com capacidade para cinco litros, como mostra a Figura 5. A sequência adotada da mistura dos materiais e a sua confecção foram realizados de acordo com a NBR 16541:2016.

Figura 5 - Argamassadeira de cuba inoxidável



Fonte: Autoria Própria (2018).

4.3.3 Moldagem dos corpos de prova

Os corpos de provas utilizados são moldes prismáticos metálicos que consiste em amarrações abertas com paredes removíveis, formando três compartimentos que quando moldados equivalem a 3 corpos de provas com dimensões de 4cm x 4 cm x 16 cm, como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Molde prismático



Fonte: Autoria Própria (2018).

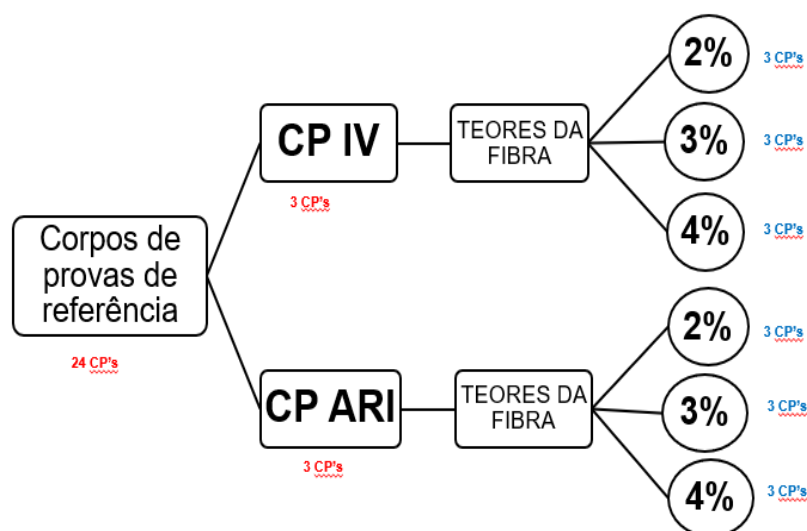
Os corpos de prova foram preenchidos em duas camadas com 30 golpes uniformemente distribuído em cada camada, como mostra a Figura 7. Para cada argamassa foram utilizados 3 corpos de prova como mostra na Figura 8 a seguir.

Figura 7 - Confeção dos corpos de provas



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 8 - Esquema de confecção dos corpos de prova

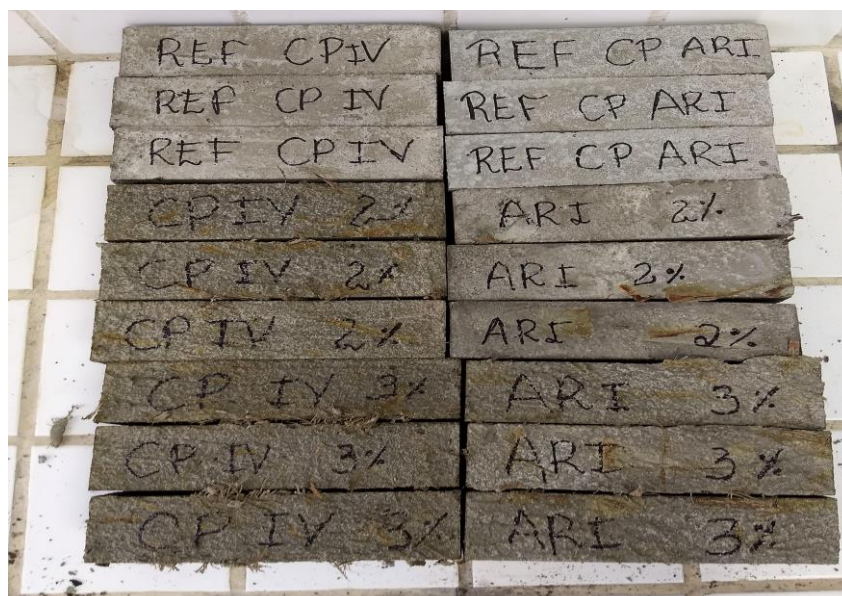


Fonte: Autoria própria (2018) .

4.3.4 Cura dos corpos de prova

Após as primeiras 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e identificados como mostra a Figura 9 e em seguida foram mantidos imersos em reservatório com água saturada de cal durante 28 dias.

Figura 9 - Desmoldagem e identificação dos corpos de prova



Fonte: Autoria própria (2019).

4.4 ENSAIOS REALIZADOS

4.4.1 Ensaio da argamassa no estado fresco

O índice de consistência foi determinado através dos procedimentos descritos na NBR 13276/2016. Para a realização do ensaio foi necessária uma mesa de consistência e um molde metálico tronco-cônico, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Mesa de Consistência e molde metálico tronco - cônico



Fonte: Autoria própria (2019).

4.4.2 Ensaio da argamassa no estado endurecido

4.4.2.1 Ensaio de resistência à tração na flexão

De acordo com NBR 13279 (2005), m prensa universal EMIC com velocidade de carregamento de 500 N/s e 50N/s, respectivamente. Este ensaio consiste em posicionar o corpo de prova nos dispositivos de apoio do equipamento de ensaio, como mostra a Figura 11, de modo que a face rasada não fique em contato com os dispositivos de apoio nem com o dispositivo de carga. Deve-se então aplicar uma carga de (50 ± 10) N/s até a ruptura do corpo

de prova.

Figura 11 - Corpo de prova sendo durante realização do ensaio a flexo tração



Fonte: Autoria Própria (2019).

Segundo a NBR 13279 (2005), a resistência à tração na flexão é calculada pela equação:

$$R_f = \frac{1,5F_f L}{40^3}$$

Onde:

R_f é a resistência a tração na flexão em MPa;

F_f é a carga aplicada verticalmente no centro do prisma em N;

L é a distância entre os suportes em mm;

4.4.2.2 Ensaio de resistência à compressão axial

Segundo a NBR 13279 (2005), o ensaio de consiste em utilizar as metades dos três corpos de provas do ensaio a flexão, posicionando-as no dispositivo de apoio do equipamento, como mostra a figura 12, de modo que a face rasada não fique em contato com o dispositivo de carga nem o de apoio. Deve-se então aplicar uma carga de (500 ± 50) N/s até a ruptura do corpo de prova.

Figura 12 - Corpo de prova sendo ensaiado à compressão



Fonte: Autoria Própria (2019).

Segundo a NBR 13279 (2005), a resistência à compressão é calculada pela equação:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

Onde:

R_c é a resistência a compressão em MPa;

F_c é a força máxima aplicada em N;

1600 é a área da seção quadrada do dispositivo de carga 40mm x 40mm, em mm²;

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RESULTADOS DO ENSAIO DE CONSISTÊNCIA

No Quadro 2 são apresentados os resultados obtidos para as argamassas no estado fresco. No quadro são apresentados as médias de 3 diâmetros tomados em pares de maneira uniforme distribuídos ao longo do perímetro.

Quadro 2 - Resultados do ensaio de Consistência

CP I V		CP ARI	
IDENTIFICAÇÃO	ESPALHAMENTO	IDENTIFICAÇÃO	ESPALHAMENTO
REF	29 cm	REF	27 cm
2%	27 cm	2%	27 cm
3%	26 cm	3%	26 cm
4%	24 cm	4%	24 cm

Fonte: Autoria própria (2019).

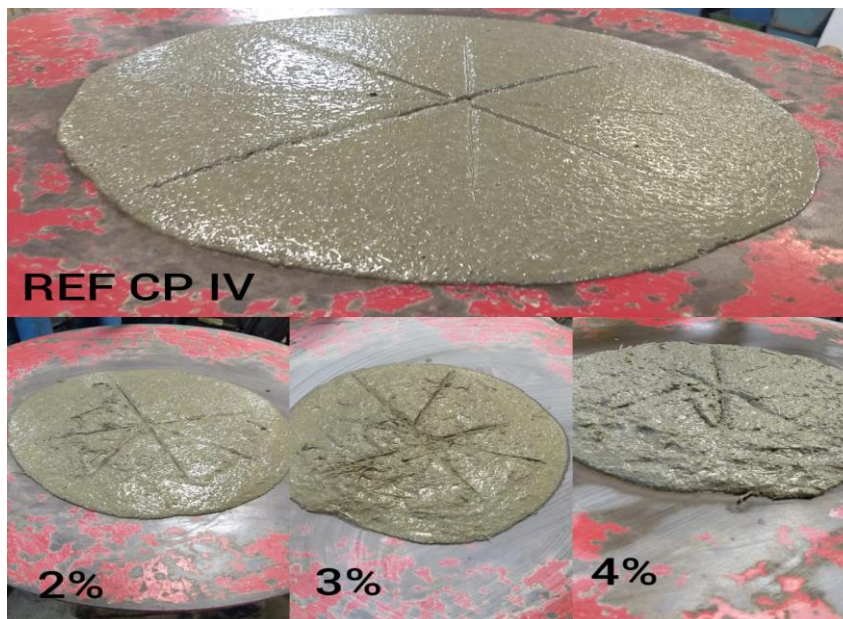
A partir dos resultados que foram obtidos, pode-se observar que a adição da fibra de carnaúba, torna a argamassa menos consistente e a medida que se aumenta o teor dessa fibra, diminui-se a consistência da mesma, o que remete a uma argamassa com menor trabalhabilidade.

Pode-se relacionar que ocorreu um menor espalhamento na argamassa com adição de 4% de fibra pelo fato da aglomeração das partículas, devido a adição da fibra, impedir o fluxo da mistura, logo pode-se concluir que a fibra absorve mais água e para se ter uma argamassa mais trabalhável precisa-se de uma maior quantidade de água se comparadas as argamassas sem adição de fibras.

No que diz respeito a influência do aglomerante na consistência, percebeu-se que o cimento CP IV obteve um melhor espalhamento e que houve uma melhor aderência com a fibra como pode se observar na Figura 13, isto pode ser explicado pelo fato do cimento CP V ARI exigir mais água para obtenção da consistência desejada e como a fibra ela absorve parte da água ,

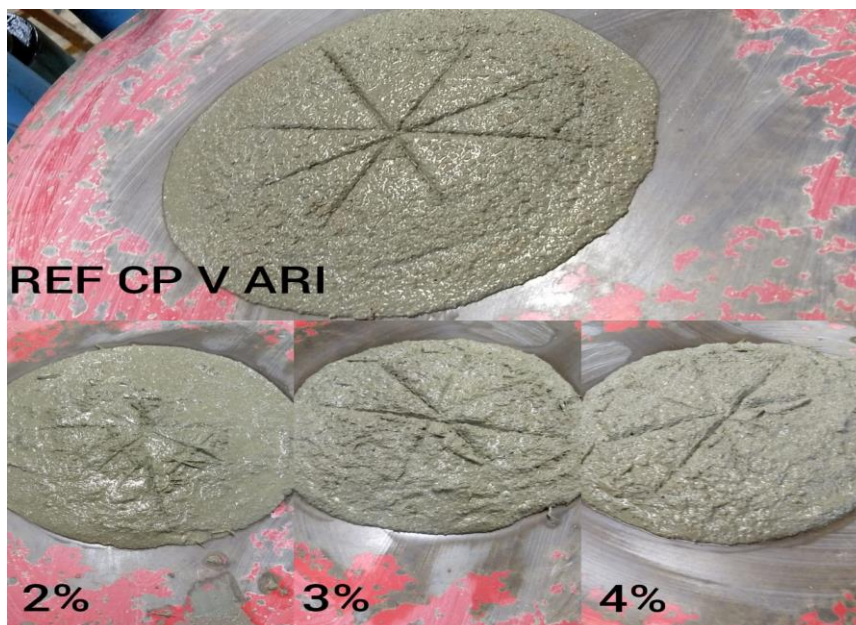
as argamassas produzidas com este tipo de cimento precisa de uma relação água/cimento , maior quando comparado aos demais cimentos.

Figura 13 - Resultado de consistência do Cimento CP IV



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 14 - Resultado de consistência do Cimento CP V ARI



Fonte: Autoria própria (2019).

Outro fator que se pode observar é que as argamassas com 4% de adição de fibra de carnaúba tanto do cimento CP V–ARI como do CP IV tiveram

espalhamento menor que 26 cm que é o espalhamento mínimo determinado pela NBR 16541 (2016), com isto podemos dizer que estas argamassas, não são adequadas para uso em revestimento de paredes e tetos.

5.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO

5.2.1 Ensaio de resistência à tração na flexão

No Quadro 3 são apresentados os resultados obtidos, a partir do ensaio de resistência à tração na flexão. O valor da resistência a tração (Rf) foi calculado de acordo com a NBR 13279 (2005), para os dois tipos de cimentos estudados.

Quadro 3 - Resultado do ensaio de resistência à tração na flexão

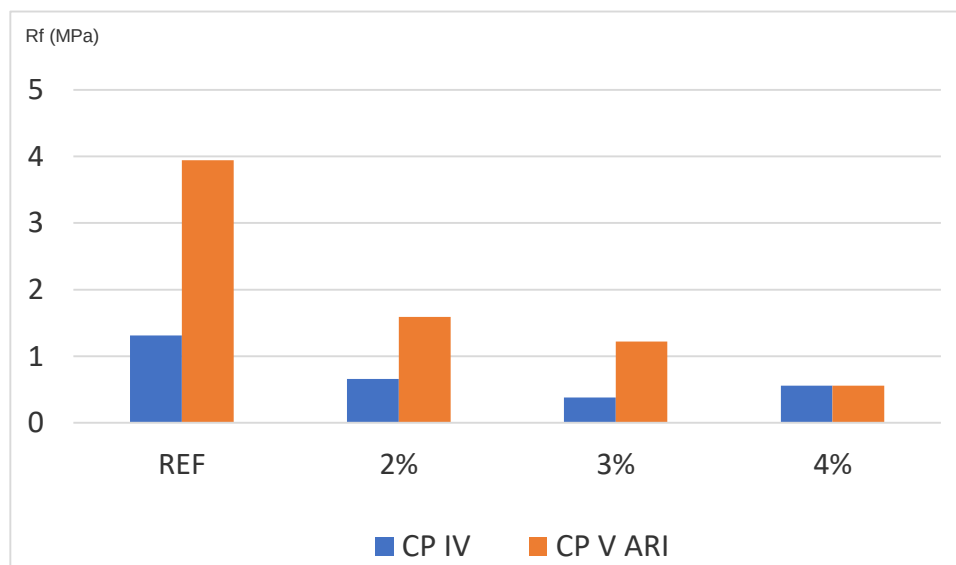
RESULTADO DO ENSAIO A TRAÇÃO NA FLEXÃO							
CP IV				CP V ARI			
	Ff (N)	L (mm)	Rf (MPa)		Ff (N)	L (mm)	Rf (MPa)
REF	800	120	2,25	REF	1900	120	5,34
	400		1,13		1100		3,09
	200		0,56		1200		3,38
MÉDIA	466,67		1,31	MÉDIA	1400		3,94
2 % DE FIBRA	300		0,84	2 % DE FIBRA	300		0,84
	300		0,84		800		2,25
	100		0,28		600		1,69
MÉDIA	233,33		0,66	MÉDIA	566,67		1,59
3% DE FIBRA	100		0,28	3% DE FIBRA	600		1,69
	100		0,28		400		1,13
	200		0,56		300		0,84
MÉDIA	133,33		0,38	MÉDIA	433,33		1,22
4% DE FIBRA	200		0,56	4% DE FIBRA	300		0,84
			0,00		100		0,28
			0,00		200		0,56
MÉDIA	200		0,56	MÉDIA	200		0,56

Fonte: Autoria própria (2019).

A partir de valores médios foi plotado o Gráfico 1 para melhor visualização dos resultados. Nota-se que para o cimento CP IV com adição de 4% de fibra só

há um valor, é a média igual a este valor, isso ocorreu por que os outros dois corpos de provas ensaiados tiveram uma tensão de ruptura 0, então optou-se por descartar esses corpos de provas e não utilizar os mesmos para efeito de cálculo.

Gráfico 1 - Resultados de resistência à tração na flexão do cimento CP IV e CP V ARI



Fonte: Autoria própria (2019).

A partir dos resultados obtidos no ensaio de ruptura à tração na flexão, foi possível observar que o valor da resistência à tração foi reduzindo com a adição da fibra de carnaúba tanto para argamassa com cimento CP V, como para o cimento CP V ARI. Os melhores valores de resistência com a adição da fibra tanto para o cimento CP IV, quanto o CP V ARI, foram as argamassas com 2 % de fibra.

Essa redução de resistência pode ser explicada pelo fato de a fibra não ter passado por nenhum tipo de tratamento superficial visto que segundo Carvalho (2011), os tratamentos aplicados na fibra melhoram a transferência de carga entre matriz, melhorando assim a sua resistência mecânica, quando comparadas as fibras que não passam por tratamento.

Um outro fator que pode ter prejudicado a resistência á tração é a quantidade de cimento presente na mistura, visto que segundo Batista (2014) o alto teor de cimento agride a fibra, podendo provocar esta redução de

resistência.

Ao compararmos os dois tipos de cimento estudados nota-se que o cimento CP V ARI tem uma resistência em média 35% maior que o cimento CP IV, como vê-se no gráfico. Este fato pode ter se dado pelo fato do cimento CP V ARI, ser um cimento de alta resistência inicial, que como foi visto anteriormente pode chegar a 34 Mpa em apenas 7 dias, enquanto o CP IV atinge de 24 a 32 MPa aos 28 dias.

5.2.2 Ensaio de resistência à compressão

Os resultados do ensaio de compressão, estão apresentados no Quadro 4. O cálculo da resistência a compressão (Rc) foi obtido através da média dos maiores valores da força aplicada.

Quadro 4 - Resultado do ensaio de resistência à compressão

RESULTADO DO ENSAIO A COMPRESSÃO							
CP IV				CP V ARI			
	Fc (tf)	Fc (N)	Rc (MPa)		Fc (tf)	Fc (N)	Rc (MPa)
REF	2,88	28800	18,00	REF	4,82	48200	30,13
	3,05	30500	19,06		4,72	47200	29,50
	3,13	31300	19,56		4,75	47500	29,69
MÉDIA			18,88	MÉDIA			29,77
2 %	1,88	18800	11,75	2%	2,47	24700	15,44
	1,88	18800	11,75		2,03	20300	12,69
	1,8	18000	11,25		3,25	32500	20,31
MÉDIA			11,58	MÉDIA			16,15
3%	1,45	14500	9,06	3%	2,28	22800	14,25
	1,5	15000	9,38		3,79	37900	23,69
	1,56	15600	9,75		3,52	35200	22,00
			9,40	MÉDIA			19,98
4%	1,57	15700	9,81	4%	2,82	28200	17,63
	1,08	10800	6,75		1,59	15900	9,94
	1,72	17200	10,75		2,73	27300	17,06
MÉDIA			9,10	MÉDIA			14,88

Fonte: Autoria própria (2019).

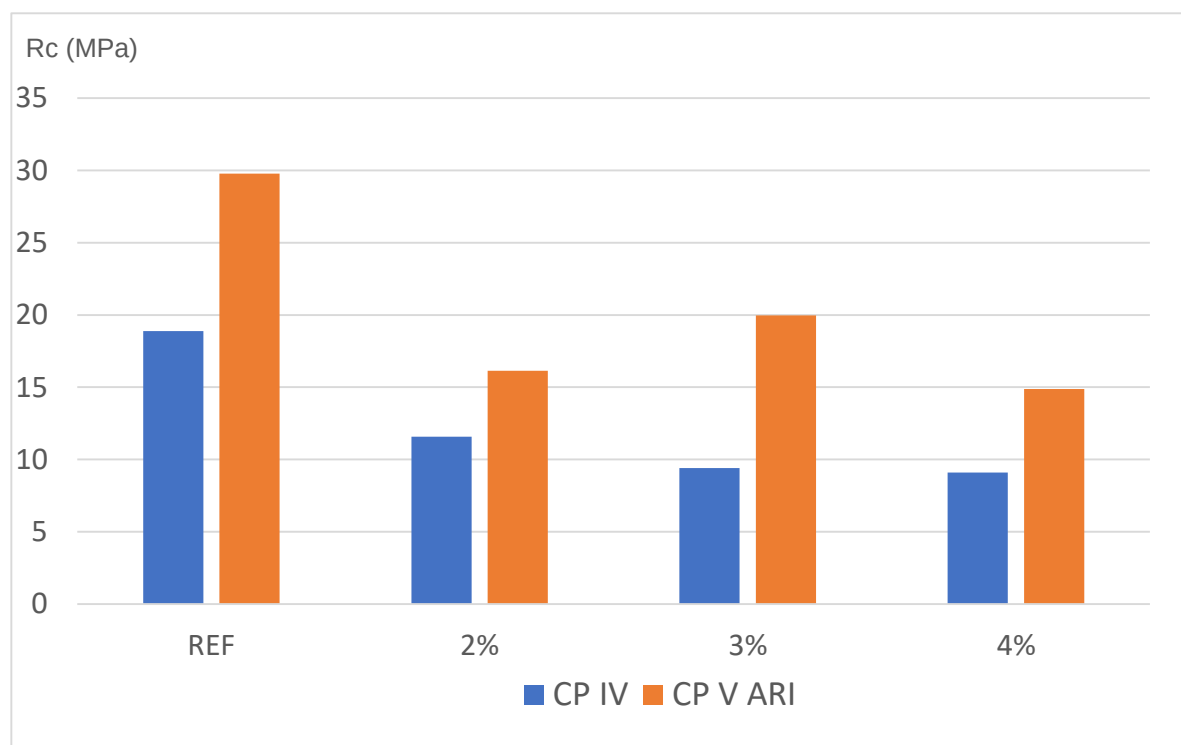
A partir dos resultados obtidos, nota-se no quadro 4, que a adição dos teores de fibras de carnaúba provocou uma redução na resistência à compressão da argamassa se comparados aos traços de referência e que os

piores valores são aqueles com 4% de fibra, tanto para o cimento CP IV, como para o cimento CP V ARI.

Nota-se também que no cimento CP IV houve uma redução contínua da resistência a compressão à medida que se aumentava o teor da fibra de carnaúba, enquanto no cimento CP V ARI, a adição de 3% de fibra obteve o maior valor se comparado as argamassas de 2 e 4% de fibra.

No Gráfico 2, são apresentados os resultados das resistências à compressão dos valores médios de resistência a compressão, dos cimentos CP IV e o CP V ARI.

Gráfico 2 - Resultados de resistência à compressão do cimento CP IV e CP V ARI.



Fonte: **Autoria própria (2019).**

Ao comparar os dois cimentos nota-se que o cimento CP V ARI possui maiores valores de resistências a compressão, sendo que o melhor resultado com a incorporação da fibra para o cimento CP IV foi o de 2% e para o cimento CP V ARI foi a argamassa com 3 % de adição de fibra.

Com esses resultados, pode-se considerar, para as condições de realização deste trabalho, que a adição da fibra de carnaúba aumentou a

capacidade da argamassa em absorver deformações, fazendo com que a mesma tenha uma ruptura menos brusca, pois de acordo com Recena (2011), os materiais que possui baixo modulo de elasticidade, ou seja, materiais de grande deformabilidade, possuem baixa resistência a compressão.

Como já foi dito anteriormente por Ventura *et al.*(2006), a adição das fibras melhora a ductilidade da argamassa, tornando assim o material mais resistente a fissuração, que é um dos problemas frequentes nas argamassas. Assim sendo, deve-se observar que a adição de fibras em argamassas, embora tenha ocorrido uma redução nas propriedades de resistência à compressão e à tração, que a capacidade de deformação é melhorada, o que é benéfico para a durabilidade dos revestimentos, uma vez que há uma menor possibilidade que ocorra o surgimento de fissuras.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aparecimento de fissuras na argamassa é um problema frequente na construção civil. A adição de fibras durante o preparo da argamassa é uma alternativa que vem sendo muito utilizada para diminuir a fissuração das argamassas de revestimento, decorrente da retração da mesma. Dessa maneira este trabalho buscou estudar o comportamento mecânico da argamassa para revestimento com adição da fibra de carnaúba com utilização de dois tipos de aglomerantes, o cimento Portland CP ARI e o CPIV, buscando com isto um melhoramento das propriedades mecânicas da argamassa. Diante do levantamento teórico realizado neste trabalho e também das condições de realização do mesmo, pode-se considerar que:

- A incorporação da fibra de carnaúba diminui a consistência da argamassa e conseqüentemente a trabalhabilidade da mesma.
- A adição de fibra absorve parte da água de amassamento da argamassa, necessitando assim de relação água/cimento maiores.
- Em relação a resistência à tração na flexão, a adição da fibra diminuiu esta resistência.
- Com relação à comparação dos dois tipos de cimento, considera-se que o cimento CP V ARI apresentou resistência à tração na flexão, em média 35% maior do que o cimento CP IV.
- A resistência à tração com o cimento CP IV diminuiu, a medida que se aumentou o teor de fibra.
- A resistência à tração com o cimento CP V ARI, diminuiu, a medida que se aumentou o teor de fibra.
- Em relação à resistência à compressão, a adição da fibra diminuiu resistência da argamassa nos dois tipos de cimento
- A melhor resistência à compressão para o cimento CP IV foi com 2% de fibra
- A melhor resistência à compressão para o cimento CP V ARI foi com 3% de fibra.

Apartir dos resultados obtidos no decorrer deste trabalho, foi constatado

que a adição da fibra de carnaúba melhora capacidade de deformação da argamassa, o que contribui para uma diminuição do aparecimento de fissuras.

Para trabalhos futuros sugiro que:

1. Realizar o tratamento adequado das fibras de carnaúba e replicar o estudo com as fibras tratadas;
2. Reduzir a lamelaridade das fibras de carnaúba para aplicar o método experimental;
3. Procurar fazer a correção da relação água/cimento já que se sabe que a fibra absorveu parte da água de amassamento. Isso pode garantir que haverá água para se completar as reações de hidratação do cimento e o consequente ganho de resistência mecânica;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP, 2002, **Manual de revestimentos de argamassa**. 1. ed. São Paulo, SP, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

ANTUNES, M. C. **Transesterificação do poli(3-hidróxibutirato) com etilenoglicol via catalise ácida – influência nas propriedades finais e morfologia**. 2003, 90f. Tese (Mestrado em Físico Química) – Instituto de Química. Campinas – SP, 2003

ALVES, J. D. **Materiais de construção**. 8. ed. Goiânia: Editora da UFG, 2006.
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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16541 – **argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - preparo da mistura para a realização de ensaios**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5733 – **Cimento Portland de alta resistência inicial**. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5736 – **Cimento Portland pozolânico**. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211 – **Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto de execução de revestimentos de argamassas**. 4. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000. 89 p.

BATISTA, S.M.M. **Avaliação da durabilidade de fibras de carnaúba em matiz cimentícia com adição de resíduo cerâmico**. Mossoró, 2014. 47p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

BAUER, L. A. Falcão. **MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2016. 471 p. Ed. PINI, 2002

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substrates porosos** – avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação. Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CARVALHO, M. F. L., **Tratamentos de fibras de carnaúba [*Copernicia prunifera* (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.

CASCUDO, O.; CARASEK, H.; CARVALHO, A. **Controle de argamassas industrializadas em obra por meio do método de penetração do cone**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, VI., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2005. p. 83-94.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. Boletim Técnico n. 68.

COSTA, D. S *et al.* **Compósito poliméricos reforçado por fibras de carnaúba (*Copernicia prunifera*)**. In: 68º Congresso Anual da ABM, 2013, Belo Horizonte , MG, Brasil.

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

EDUARDO, ANTUNES FRANÇA. **Estudo do comportamento de argamassa com adição de fibra de carnaúba**. Angicos, 2018. 46 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

FIORITO, Antonio J. S. I.. **Manual De Argamassa E Revestimento: Estudos E Procedimento De Execução**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2009. 232 p.

LAVOR, C. T. B *et al.* **Efeito de materiais isolantes térmicos em aviários no desempenho de frango de corte**. Revista de Ciências Agrônômas , Fortaleza,

V.39, N.02,P 308-316, 2018.

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

LORENZINE, H.; SOUSA, H.; COELHO, L. S.; MEDEIROS, J.; NIKOLAUS, B. **Palmeiras no Brasil**. São Paulo, Plantarum, Nova Odessa, 1996. p. 70

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: 19 fevereiro, 2019.

OLIVEIRA, ANGELINA DO NASCIMENTO. **Propriedades mecânicas de matriz cimentícia com adição pozolânica reforçada com fibra de carnaúba**. Mossoró, 2014. 49p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

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

SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico calcária**. São Paulo. 1984. 298 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

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.

SIQUEIRA, José Eduardo Lobato de. **UTILIZAÇÃO DE FIBRAS NATURAIS E SINTÉTICAS EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO DE ALVENARIA:**

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO. 2006. 217 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SOARES, Silvia Maria Baptista. **Alvenaria Estrutural.** Pucrs: Propria Autora, 2015. Color.

SOUZA, Ricardo Fernandes de .**VIABILIDADE DO USO DE UM FOGÃO SOLAR PARA COCÇÃO DE ALIMENTOS COM PARÁBOLA REFLETORA FABRICADA EM COMPÓSITOS QUE UTILIZA FIBRA DE CARNAÚBA E RESINA ORTOFTÁLICA.**2014. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte,2014, Natal.

SYMINGTON, M. C.; BANKS, W. M.; WEST, O. D.; PETHRICK, R. A. **Applications Tensile Testing of Cellulose Based Natural Fibers for Structural Composite.** J. of Composite Materials, v. 43, nº. 9, 2009.

VENTURA, O. S. P.; PASSOS, O. S.; LOBO, J. B. A.; FUJIYAMA, R. T.. **Caracterização mecânica em flexão de compósitos de argamassas de cimento reforçadas por fibras naturais.** In: 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2006, Foz do Iguaçu.