

## Influência da Adição de Diferentes Teores de Fibra de Coco no Comportamento de Argamassas de Revestimento

Janekelly Vilela Santos<sup>1</sup>, Tiago Ferreira Campos Neto<sup>2</sup>

### Resumo

A argamassa é um compósito frágil e propenso à fissuração, logo melhorar suas propriedades através de mecanismos viáveis e econômicos torna-se necessário frente à escassez de recursos naturais e materiais que demandam gastos energéticos para a sua produção. O aproveitamento de fibras de coco na matriz apresenta-se como uma alternativa rentável e promissora devido a diversos fatores, como por exemplo, baixo custo, fácil obtenção, bom desempenho mecânico e propriedades termoacústicas. Portanto, este trabalho tem o objetivo de analisar os efeitos da adição de diferentes teores de fibra de coco nas propriedades físicas e mecânicas de argamassas de revestimento através da realização de ensaios de consistência no estado fresco, massa específica e teor de ar incorporado. Além de resistência à compressão, resistência a tração na flexão, absorção por capilaridade, resistência superficial e arrancamento no estado endurecido. Os traços estudados foram: AR, AG1, AG2 e AG3, com 0,0%, 0,1%, 0,3% e 0,5% de adição, respectivamente. Por fim, conclui-se que a introdução de fibras de coco em até 0,3% resulta em melhorias em todos os aspectos analisados, principalmente na redução de absorção por capilaridade e índice de vazios, resultando em redução da permeabilidade e aumento de vida útil de revestimentos argamassados. Teores superiores a este, proporciona redução de resistência à compressão e à tração na flexão, ao passo que promove melhorias de resistência superficial e menor absorção por capilaridade.

**Palavras-chave:** Argamassas. Fibras naturais. Fibra de coco. Sustentabilidade.

### 1. Introdução

A utilização de materiais renováveis na construção civil é pouco explorada, muito embora resíduos como o bagaço de cana, casca de arroz, casca de coco, entre outros, tenham sua eficiência comprovada quando inseridos em matrizes cimentícias. Sua utilização em larga escala apresenta vantagem em relação a redução de descartes gerados pela indústria e agricultura que são lançados em lixões e aterros, tal como redução do custo de materiais (MADURWAR et al., 2013).

As fibras naturais existem em opulência e seu uso é motivado por ser um material renovável e biodegradável, além de ser encontrada com baixo custo (SILVA et al., 2014). O Brasil é um exímio produtor e consumidor de água de coco, e conseqüentemente possui vastos resíduos do mesmo (SOUZA et al., 2015).

A estrutura que constitui o coco é composta por partes bem definidas que envolvem o

---

<sup>1</sup> jane.kelly.vilela@hotmail.com, Graduanda em Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil.

<sup>2</sup> tiagocampos@unirv.edu.br, Professor Mestre, Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil.

fruto em si. As fibras são oriundas do mesocarpo, parte externa popularmente conhecida como casca, predominantemente constituída por filamentos interligados de elevada solidez e fragilidade. Tal material possui em sua composição elevada quantidade de lignina, elemento que confere maior resistência frente à degradação natural (HEJAZI et al., 2012). Segundo definições de Muensri et al. (2011), a lignina preenche os vazios que envolvem as fibras, protegendo e consolidando-as.

A utilização de fibras naturais embora apresente-se de maneira promissora devido à diversos fatores, necessita de atenção especial quanto a sua durabilidade à longo prazo. Pois, quando inseridas em meio altamente alcalino, como em matrizes a base de cimento, são afetadas por substâncias oriundas do seu processo de hidratação, como o hidróxido de cálcio, que causam a degradação acelerada de sua estrutura e conseqüentemente perda de suas propriedades (SAVASTANO et al., 2009).

Tôledo Filho et al. (2009), ao analisar o comportamento de fibras de sisal em meio alcalino, concluíram que a utilização de matrizes cimentícias com menores teores de hidróxidos de cálcio podem minimizar ou até mesmo inibir os efeitos de degradação de fibras naturais. De forma que compósitos com pH reduzido e alcalinidade controlada apresentam melhores parâmetros de durabilidade (MANSUR, A.; NASCIMENTO; MANSUR, H., 2008).

A adição de pozolanas pode auxiliar no controle da alcalinidade das matrizes cimentícias, além de melhorar o desempenho mecânico das argamassas, entretanto seu emprego impõe o uso de aditivos plastificantes que facilitam o manuseio da mistura, conferindo-lhe melhor trabalhabilidade (SILVA et al., 2018).

Asasutjarit et al. (2007) avaliaram o comportamento de argamassas com fibras de coco in natura, lavadas em água fria e imersão em água fervente. Os resultados mostraram que as misturas com fibra de coco tratadas com imersão em água quente apresentaram melhor desempenho, principalmente na redução da absorção de água, assim como melhor desempenho mecânico na flexão, conforme ilustrado na Figura 1.

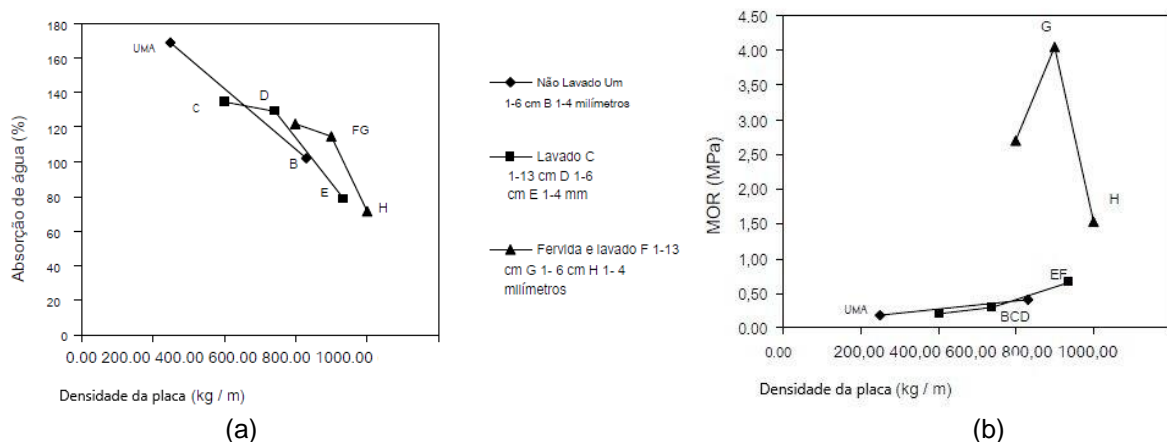


Figura 1 - Grau de absorção x densidade (a) e resistência à tração na flexão x densidade (b)  
Fonte: Asasutjarit et al. (2007).

Resultados semelhantes foram obtidos por Ferraz et al. (2011), através de ensaios que comprovam a eficiência da imersão em água quente à 80 °C. Os teores de impurezas orgânicas em fibras tratadas foram de 3,68%, enquanto as fibras in natura sem nenhum tipo de tratamento térmico ou químico obteve 4,68%. Desempenhando visíveis melhoras em suas propriedades.

De acordo com Senhoras (2003), dentre as propriedades técnicas das fibras de coco que possibilitam o seu emprego em caráter produtivo, pode-se destacar sua resistência à umidade e microrganismos, inodora, maleabilidade, porosidade, retenção de água, baixa densidade e condução térmica, resistência ao fogo classe B2, além de ser isolante termo acústico.

Onuaguluchi e Banthia (2016) destacam que a introdução de fibras vegetais em compósitos cimentícios apresentam ótimos índices de resistência ao impacto, resultando em valores semelhantes aos alcançados pelas fibras sintéticas. O excelente desempenho das fibras de coco se deve principalmente pela sua capacidade de alongamento durante a ruptura, que permite maior deformação antes do colapso do material (ONUAGULUCHI; BANTHIA, 2016). De maneira complementar, Munawar, Umemura e Kawai (2007) analisaram microscopicamente a estrutura, seção transversal e composição morfológica das fibras de coco, chegando à conclusão de que são as mais resistentes dentre as fibras vegetais, o que viabiliza sua utilização em matrizes cimentícias como reforço de prevenção de fissuras.

Frente aos fatos apresentados, torna-se cabível o estudo da incorporação de fibras de coco em compósitos de cimento, melhorando suas propriedades, tal como seu comportamento mecânico, ao passo que se apresenta como uma alternativa viável e sustentável.

### 1.1. Objetivos

- Objetivo geral

Analisar a viabilidade técnica de aplicação de argamassas reforçadas com fibras de coco em revestimentos verticais argamassados internos.

- Objetivos específicos
  - Avaliar o comportamento das argamassas nos estados fresco e endurecido;
  - Classificar as argamassas de acordo com suas propriedades físicas e mecânicas, detectando a influência da fibra na matriz cimentícia.

## 2. Material e Métodos

O programa experimental aplicado no presente estudo baseia-se na necessidade de melhorias nas propriedades de argamassas convencionais inerentemente frágeis e propensas à fissuração, através da introdução de fibras de coco. A premissa se justifica pela realização de ensaios realizados em laboratório, a fim de determinar o teor ideal de adição de acordo com as etapas descritas no fluxograma da Figura 2.

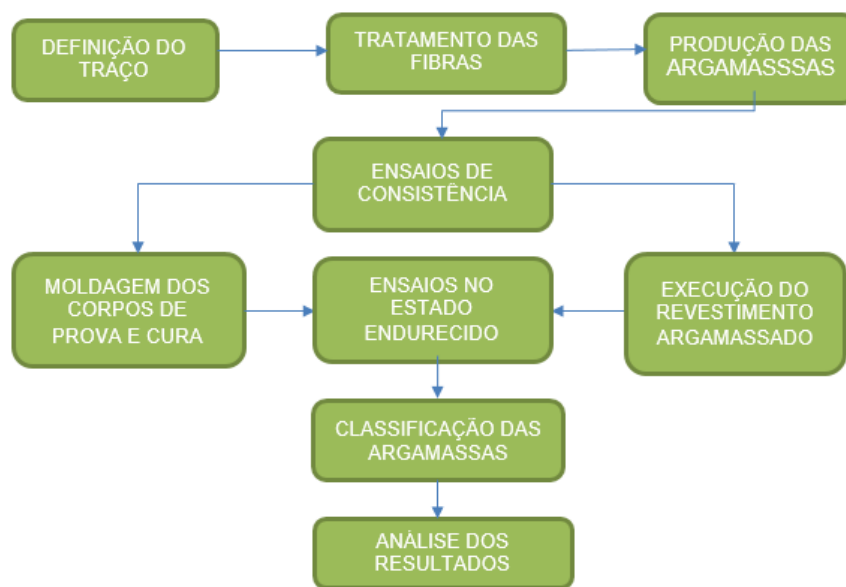


Figura 2 – Fluxograma da pesquisa  
Fonte: Própria autora (2019).

## 2.1. Materiais

- Cimento

Utilizou-se na composição dos traços de argamassa o cimento Portland CP III-40 RS da marca CSN, em virtude de ser o cimento com menor porcentagem de clínquer produzido no Brasil e por utilizar rejeito siderúrgico, para a sua produção, a escória. Suas propriedades são regulamentadas pela NBR 16697 (ABNT, 2018) para cimento Portland, os valores de finura encontrados são representados em Tabela 1. Por conter escória, optou-se por não utilizar sílica na produção das argamassas.

Tabela 1 – Valores da caracterização do cimento Portland

Característica Analisada	Índice de Finura (cm <sup>2</sup> /g) (ABNT NBR 16372:2015)	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> ) (ABNT NBR 16605:2017)
Limites normativo (ABNT NBR 16697:2018)	2.000 – 8.000	-
Limites do ensaio	2.377,69	2.844,00

Fonte: Própria autora (2019).

Onuaguluchi e Banthia (2016) recomendam o uso de materiais cimentícios

suplementares (SCMs) em substituição parcial do aglomerante. Sua presença na matriz reduz a alcalinidade da mistura através de reações pozolânicas desencadeadas. Além de apresentar-se como elemento redutor de cimento, contribui para a reutilização de resíduos sólidos. Sua reação com o hidróxido de cálcio ocorre na presença de água e suas ligações moleculares dão origem ao produto de hidratação do cimento, conferindo maior resistência em concretos e argamassas AITCIN (2000).

Silva et al. (2018), recomendam a utilização de sílica em função da quantidade de hidróxido de sódio presente na mistura, porém, a cargo da escolha de cimento, o qual apresenta em sua composição expressiva parcela de escória de alto forno, optou-se por não utilizar adições minerais, de forma que a prevenção de degradação das fibras será dada de acordo com os teores contidos no cimento CP III – 40 RS.

- Agregado miúdo

O tipo de agregado miúdo utilizado foi a areia fina, material comumente utilizado em revestimento argamassado, proveniente da extração mineral de jazidas da região. Suas características e especificações técnicas são respaldadas pela NBR 7211 (ABNT, 2009).

As definições de massa unitária e massa específica seguem prescrições das NBR NM 45 (ABNT, 2006) e NBR NM 52 (ABNT, 2009), respectivamente. Os resultados encontrados com os ensaios são expostos em Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de massa unitária e massa específica

Propriedade	Valores (kg/m <sup>3</sup> )
Massa unitária	1.564,61
Massa específica	2.624,69

Fonte: Própria autora (2019).

O ensaio de distribuição granulométrica do agregado deu-se segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003), caracterizando-se como agregado miúdo os grãos passantes na peneira de abertura de 4,75 mm, conforme descrito na NBR NM ISO 3310-1 (ABNT, 2010).

O resultado do ensaio permite a classificação do agregado como pertencente à zona ótima de utilização, com valores no intervalo de 2,20 a 2,90 com módulo de finura de 2,43 mm e dimensão máxima do agregado de 9,5 mm, demonstrado em Figura 3.

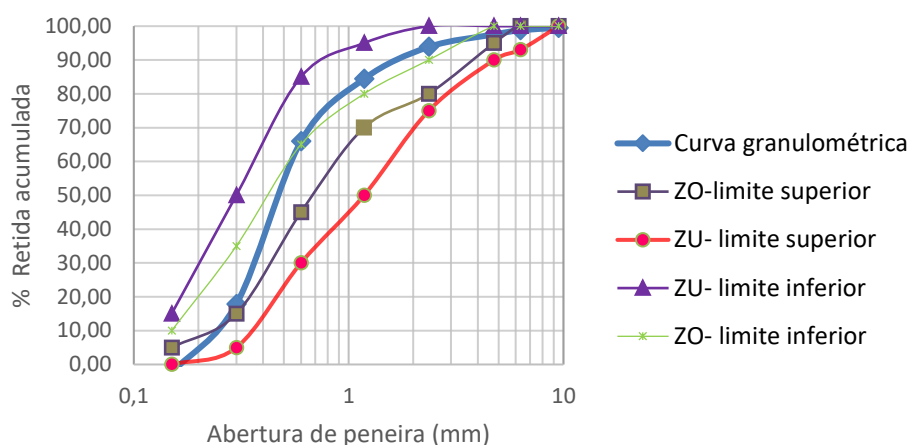


Figura 3 - Curva de distribuição granulométrica do agregado miúdo  
Fonte: Própria autora (2019).

- Fibras naturais

As fibras naturais utilizadas são as fibras de coco provenientes da extração de coqueiros da região litorânea do Rio Grande do Norte, como demonstrado em Figura 4. O tratamento prévio das fibras para remoção superficial de impurezas foi realizado de forma manual e de acordo com a pesquisa realizada por Ferraz et al. (2011), os quais indicam tratamento térmico com imersão em água quente á 80 °C durante 90 minutos e secagem ao ar livre durante 48 horas. Quanto ao seu comprimento ideal fixou-se o comprimento de 25 mm com base em estudo desenvolvido por Silva et al. (2015), sendo a massa específica de aproximadamente 0,093 g/cm<sup>3</sup>.

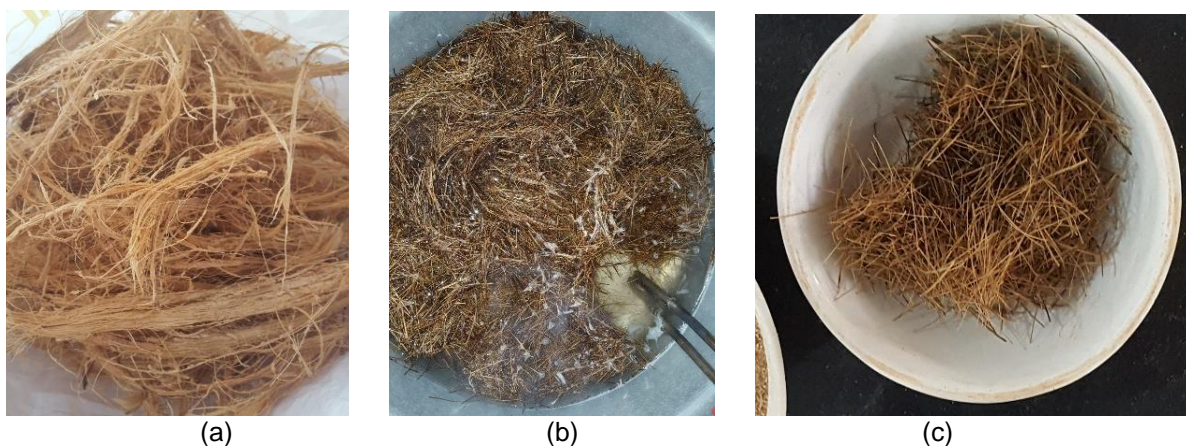


Figura 4 – Fibras de coco in natura (a), em tratamento (b) e pós tratamento (c)  
Fonte: Própria autora (2019).

- Aditivo plastificante

O aditivo plastificante empregado no presente estudo é o ADB-PLASTICIZER CW de caráter biodegradável, disponibilizado pela empresa Adiblock. Suas especificações fornecidas pelo fabricante estão em Tabela 3.

Tabela 3 – Características do aditivo

Caraterísticas	Valores
Aspecto	Líquido trasparente amarelado
pH	10,00
Densidade	1,0 kg/L

Fonte: Adiblock (2018).

## 2.2 Traços e proporções de materiais

A definição do traço expresso na Tabela 4, têm-se como base as proporções adotadas por Silva (2015). Quanto à relação água cimento (a/c) obtida através de ensaios laboratoriais em função de sua consistência, e definida pelo traço referência foi de 0,47. A maioria das argamassas adquiriram a consistência desejada com a mesma relação a/c, apenas a argamassa AG3 necessitou do uso de aditivo para obtenção desta propriedade.

Tabela 4 – Consumo de materiais das argamassas

Argamassa	Consumo (kg/m <sup>3</sup> )				
	Cimento	Areia	Água	Aditivo	Fibra de coco
AR	413,79	933,94	194,48	-	-
AG1	413,79	933,94	194,48	-	1
AG2	413,79	933,94	194,48	-	3
AG3	413,79	933,94	194,48	0,207	5

Fonte: Própria autora (2019).

Foram produzidas argamassas com teores de adição de fibras de coco de 0,1%, 0,3% e 0,5% em relação ao volume total da mistura, a fim de determinar o teor ideal de adição com enfoque em suas propriedades físicas e mecânicas, de forma a respeitar os parâmetros mínimos para argamassas de revestimento.

## 2.3 Ensaios no estado fresco

A trabalhabilidade deve possibilitar o manuseio e aplicação da argamassa por parte do aplicador. Portanto, refere-se à produtividade, aspectos ergonômicos e aderência ao substrato. Buscando atender tais necessidades, efetuou-se o ensaio de índice de consistência de argamassas com respaldo na NBR 13276 (ABNT, 2016), fixando o valor de  $250 \pm 10$  mm para todas argamassas de acordo com resultados satisfatórios obtidos por Silva et al. (2015).

A determinação da massa específica e do teor de ar incorporado das amostras

ensaiadas seguiu preceitos descritos na NBR 13278 (ABNT, 2005).

#### 2.4 Moldagem dos corpos de prova

O procedimento de preparo da argamassa foi realizado em uma argamassadeira. A sequência utilizada para dispor os materiais deu-se conforme a NBR 7215 (ABNT, 2019) misturando em uma velocidade baixa, tendo como foco evitar a aglomeração das fibras.

Após a realização dos ensaios no estado fresco, foram moldados 24 corpos de prova em formatos prismático com dimensões de 4,0x4,0x16,0 cm, como determinado em NBR 7215 (ABNT, 2019). Sendo 12 corpos de prova destinados aos ensaios de resistência à compressão e tração na flexão e os demais ao ensaio de absorção por capilaridade. Assim como sua cura úmida, realizada mediante prescrições da norma anteriormente mencionada.

#### 2.5 Execução do revestimento argamassado

Com o intuito de se realizar todos os ensaios necessários quanto a produção de argamassas, no presente estudo executou-se o revestimento de um uma alvenaria com dimensões de 1,40 m de largura e 1,5 m de altura, para a execução do ensaio de arrancamento por tração e resistência superficial. Composta por blocos cerâmicos furados de oito furos com dimensões de 11,5x19,0x29,0 cm assentados por argamassa convencional de traço 1:2:9 (cimento, cal hidratada e areia) respeitando-se o tempo necessário de 14 dias de cura. O substrato foi revestido inicialmente por chapisco de 5 mm de espessura e traço de 1:3 (cimento e areia) e 3 dias de cura úmida, para que fosse iniciada a camada de emboço com os diferentes teores analisados de 10 mm de espessura.

#### 2.6 Ensaio no estado endurecido

A resistência à compressão foi determinada pelo ensaio descrito na NBR 13279 (ABNT, 2005), em corpos de prova primáticos, visto que a NBR 13281 (ABNT, 2005) estabelece valores mínimos de resistência de acordo com a finalidade das argamassas.

A resistência à tração em argamassas é definida pela NBR 13279 (ABNT, 2005). O ensaio será executado de acordo com a mesma, através da resistência por tração na flexão, em corpos de prova prismáticos, com exemplificado em Figura 5 onde um corpo de prova é submetido à realização do ensaio anteriormente mencionado.





Figura 5 – Ensaio de resistência à tração  
Fonte: Própria autora (2019).

Quanto aos ensaios de absorção de água, foi concebido de acordo com a NBR 15259 (ABNT, 2005) para absorção por capilaridade. . A demonstração do ensaio por ser observada em Figura 6.



Figura 6 – Ensaio de absorção por capilaridade  
Fonte: Própria autora (2019).

A resistência superficial das argamassas foi obtida através de ensaios segundo a NBR 7584 (ABNT, 2012). Que consiste em um método não-destrutivo para determinação da resistência superficial das misturas.

A resistência de aderência é caracterizada pela tensão máxima alcançada por um corpo-de-prova de revestimento, quando sujeito a forças de tração aos 28 dias, conforme estabelecido na NBR 13528 (ABNT, 2010). Os cáculos baseiam-se no modelo de ruptura das amostras, como demonstrado em Figura 6, assim como na força necessária aplicada para sua remoção, como exposto em Figura 7.

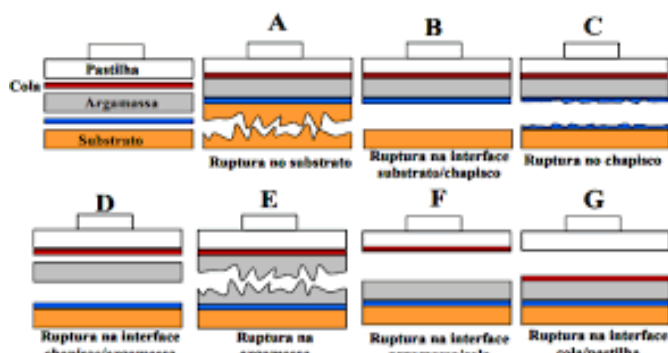


Figura 6 – Formas de ruptura de argamassas  
Fonte: Adaptada de NBR 13528 (ABNT, 2010).



Figura 7 – Execução dos ensaios no estado endurecido  
Fonte: Própria autora (2019).

## 2.7 Classificação das argamassas

As argamassas possuem diversas formas de classificação e aplicação. A argamassa de revestimento em alvenarias possui a finalidade de regularizar a base para posteriormente receber diferentes formas de acabamento final, protegê-la contra variações climáticas, garantir parcelas de isolamento térmico, acústico, estanqueidade à água e segurança ao fogo e desgaste (CARASEK, 2010). Ressalta-se ainda que a principal função das argamassas de revestimento é dissipar as tensões que recebem, deformando-se porém, permanecendo perfeitamente aderidas ao substrato. Quando a mesma não desempenha tal função, surgem fissuras e trincas em sua extensão que podem aumentar gradativamente.

As argamassas foram classificadas de acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005) segundo parâmetros necessários que devem ser cumpridos para que seja viabilizada sua aplicação em larga escala, como a sua densidade no estado fresco, resistência à compressão, resistência à tração na flexão, resistência de aderência e coeficiente de capilaridade, de acordo com valores expressos no Apêndice A.

## 3. Resultados e discursões

Perante toda análise bibliográfica realizada quanto ao comportamento de fibras de coco em argamassas, realizaram-se os ensaios propostos anteriormente, tanto no estado fresco,

quanto no estado endurecido e os resultados são apresentados e discutidos a seguir.

### 3.1. Análises no estado fresco

Os resultados obtidos mediante análises no estado fresco das argamassas estão descritos em Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados dos ensaios no estado fresco

Argamassa	Propriedades		
	Índice de consistência (mm)	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Ar incorporado (%)
AR	260	2.132,53	3,94
AG1	250	2.146,99	1,88
AG2	250	2.096,39	1,45
AG3	250	1.990,36	3,83

Fonte: Própria autora (2019).

Conforme Carasek (2010), as propriedades das argamassas no estado fresco, como consistência, massa específica e teor de ar incorporado influenciam diretamente na facilidade de manuseio e aplicação da mistura. Sendo assim, quanto menor sua densidade, mais trabalhável será a longo prazo.

Os resultados obtidos demonstram que, mesmo mantendo a relação a/c constante, as argamassas com adição de fibras de coco apresentaram menor índice de consistência quando comparadas a argamassa de referência, porém, ainda trabalháveis quanto a sua aplicação. De forma que, a argamassa AG3, em função do elevado teor de fibras, exigiu utilização de aditivo plastificante para que fosse atingida a consistência desejada, porém, mesmo com a adição apresentou menor trabalhabilidade com o passar do tempo, dificultando o manuseio da mistura por parte do operador, sendo este fato justificado pela absorção causada pelas fibras de parte da água presente na mistura quando comparada a menores teores de adição, conforme já constatado também por Savastano e Agopyan (1999).

Quanto á densidade das argamassas, percebe-se que a argamassa AR apresentou menor valor de massa específica comparada a argamassa AG1, porém, as argamassas com maiores teores de adição demonstram expressivas reduções de valores de massa específica, sendo assim classificadas conforme NBR 13281 (ABNT, 2005) como pertencentes a classe D6, ou seja, argamassas pesadas, com exceção da AG3, que configura-se como argamassa normal.

A adição de fibras de coco em argamassas apresentam valores satisfatórios referente a redução do teor de ar incorporado nas porcentagens de 0,1% e 0,3%, porém, a argamassa

AG3, que contém 0,5% de fibras, apresentou maior teor de ar incorporado, ainda assim menor do que a argamassa de referência.

Percebe-se portanto, que em adições superiores a 0,3%, há um aumento significativo no teor de ar incorporado, além da perda de fluidez da mistura, porém, em menor proporção em relação a argamassa AR, o que pode ser atribuído a formação de ouriços na mistura, onde ocorre a aglomeração de fibras seja pelo seu comprimento crítico ou pelo teor de adição que confere a argamassa maior porosidade e conseqüentemente resulta em maior teor de ar presente na mistura (FIGUEIREDO, 2005).

### 3.2. Análises no estado endurecido

No que se refere à análise de resistência à compressão, observa-se na Figura 8, acréscimo de 3,14% em teor de 0,3% de adição de fibra de coco aos 28 dias de idade em relação a argamassa AR. Porém, em teores superiores, há um decréscimo de resistência quando comparada a argamassa AR, como é o caso da AG3, que apresentava-se 14,13% menos resistência que a referência em 7 dias de idade e 26,38% aos 28 dias, comprovando que maiores teores de adição de fibra, resulta em argamassas menos resistentes quanto à compressão, como exposto por Silva et al. (2014).

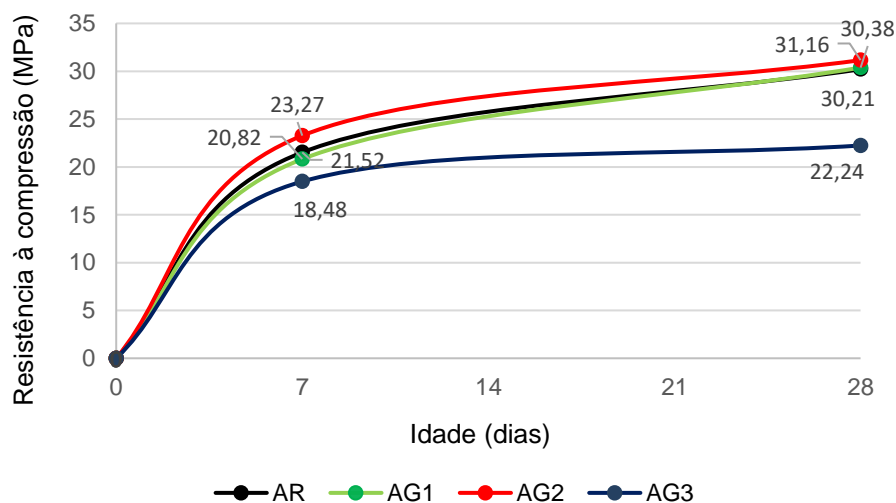


Figura 8 – Resultados de resistência à compressão  
Fonte: Própria autora (2019).

Percebe-se portanto, que quanto maior o volume de fibras presentes na mistura, maior a quantidade de imperfeições provenientes da má compactação e acomodação do compósito ainda em estado fresco, afetada pela diminuição de sua trabalhabilidade. De forma que, a zona de transição da matriz torna-se mais porosa e menos coesa, diminuindo assim os valores de resistência à compressão (TOLÊDO FILHO, 1997).

De qualquer maneira, todas argamassas são pertencentes à classe P6 de classificação, medinte exposto em NBR 13281 (ABNT, 2005).

Conforme Figura 9, observa-se crescente melhora de resistência à tração na flexão das argamassas com adição de fibras de coco aos 28 dias de idade. Os valores mais significativos de resistência foram obtidos em AG1, que apresentou-se 99,41% mais resistente quando comparada aos 7 dias de idade, com excessão da AG3, que mesmo apresentando bom comportamento à flexão, encontra-se inferior a AR. Portanto, pode-se estabelecer conforme NBR 13281 (ABNT, 2005), que todas as argamassas pertencem à classe R6 de resistência à tração na flexão.

Resultados semelhantes foram obtidos por Hwang et al. (2016), onde placas cimentícias de argamassa contendo de 1% á 4% de fibras de coco, demonstraram elevados valores de resistência à tração e ao impacto. Tal característica se justifica pela boa interconexão entre a fibra e a matriz, proveniente do tratamento prévio realizado nas fibras, que propiciou melhoras na rugosidade superficial das fibras e consequentemente reduziu os esforços internos de fadiga da matriz, melhorando sua capacidade portante (ASASUTJARIT et al., 2009).

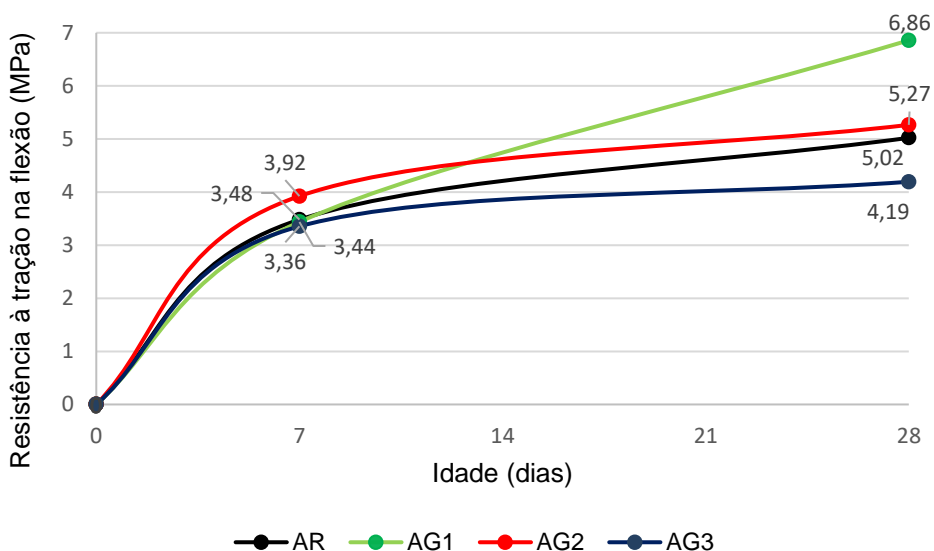


Figura 9 – Resistência à tração na flexão  
Fonte: Própria autora (2019).

Outro fator relevante que pode ser observado, é a capacidade que as argamassas com adição de fibras apresentam de não sofrerem colapso brusco imediatamente após sua ruptura, desenvolvendo bons parâmetros de deformação mediante aplicação de tensão, sustentadas pela coesão das fibras dentro do compósito, dando origem a pontes de transferência de tensões (SILVA et al., 2018).

A absorção por capilaridade em argamassas é definida como a capacidade que o substrato apresenta de promover a atração ou a repulsão de líquidos (água e agentes nocivos)

no interior dos seus poros, sendo esta propriedade de suma importância para garantir sua durabilidade durante a vida útil da edificação (KIRCHHEIM; MOLIN; SOMMER, 2004).

Conforme resultados obtidos através do ensaio de absorção por capilaridade e demonstrados em Figura 10, as argamassas com fibras de coco mostraram-se menos suscetíveis quanto a absorção de água. De forma que, quanto maior a quantidade de fibras, menor é a absorção do compósito. Aspecto similar ao encontrado no presente estudo, se confirma na pesquisa desenvolvida por Asasutjarit et al. (2007) que também comprovam a eficácia do tratamento térmico realizado nas fibras de coco, no que tange a capacidade de absorção das fibras tratadas.

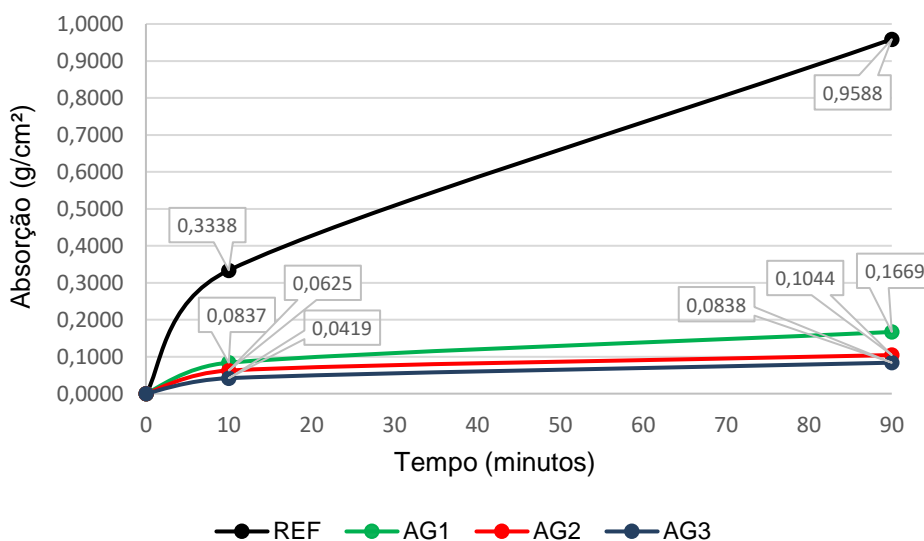


Figura 10 – Evolução da absorção por capilaridade  
Fonte: Própria autora (2019).

Helene (1993) afirma que o diâmetro dos poros influencia diretamente na absorção desenvolvida pelo compósito, de forma que em maiores dimensões de poros capilares, menores serão as pressões exercidas no interior do mesmo, resultando em maiores profundidades atingidas pela ascensão capilar em concretos, contudo, outro fator primordial a ser considerado é a intercomunicabilidade entre os poros. A adição das fibras em maiores teores aumentou a quantidade de poros presentes na mistura e consequentemente o teor de ar incorporado, como se confirma em AG3, ao passo que reduziu a conexão existente entre eles configurando-se como mecanismo de obstrução à passagem de água entre os poros existentes, resultando em menores valores de absorção capilar.

Mediante ao exposto em Figura 11, quanto ao coeficiente de capilaridade, pode-se afirmar que a adição de fibras de coco contribuiu significativamente para redução da absorção do compósito. De forma que a argamassa AR, apresentou-se aproximadamente dez vezes

mais capilar que as demais. Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005), a argamassa AR pertence à classe C5, ao passo que AG1, AG2 e AG3 classificam-se como C1, evidenciando seu potencial de aplicação para diversas finalidades.

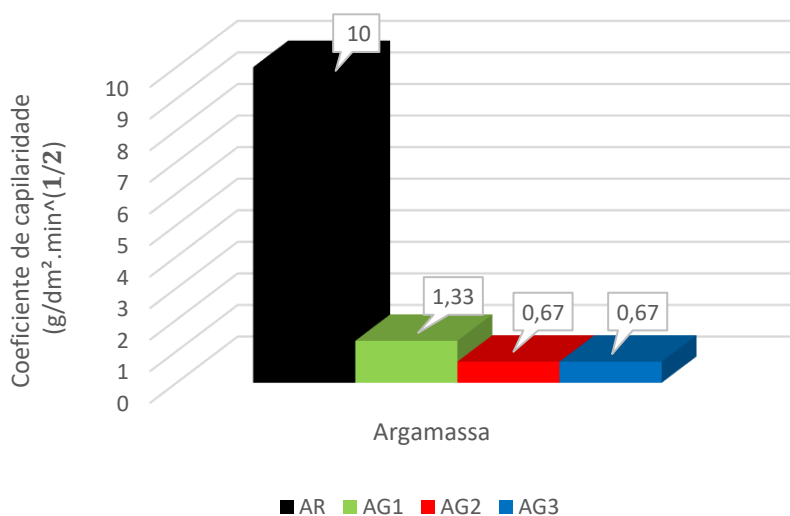


Figura 11 – Coeficiente de capilaridade  
Fonte: Própria autora (2019).

Tal característica é bastante vantajosa quando se trata de argamassas de revestimento externo ou aplicadas em áreas molhadas, devido sua menor permeabilidade, tornando a superfície menos propícia ao aparecimento de manifestações patológicas causadas por ações da água ou agentes agressivos

No que tange a resistência superficial de compósitos argamassados, a mesma pode ser definida como a capacidade de resistir a diferentes níveis de tensões aplicadas em sua face exposta, provenientes de sua utilização, sem apresentar deterioração visível. A Figura 12 expressa os resultados obtidos mediante realização de ensaio de esclerometria, onde percebe-se aumento gradativo da resistência superficial das argamassas analisadas, evidenciando assim melhorias neste aspecto mediante utilização de maiores teores de fibras de coco.

Seu bom desempenho pode ser associado á eficiente interação fibra/matriz, graças á composição morfológica das fibras de coco, providas de pequenos nódulos em sua estrutura, criando assim uma interface de ancoragem, que permitem a rápida dissipação de tensões internas, sem que apresentem danos em sua superfície (MONTEIRO et al., 2006).

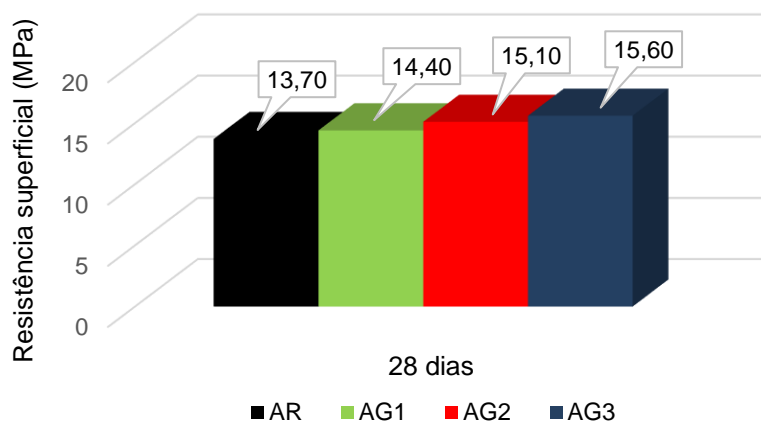


Figura 12 – Ensaio de resistência superficial  
Fonte: Própria autora (2019).

De acordo com definições da NBR 13528 (ABNT, 2010), a resistência de aderência em revestimentos argamassados, deve ser entendida como a capacidade que o elemento apresenta de resistir aos esforços solicitantes, garantindo sua adesão na interface de contato revestimento/substrato. Conforme Carasek (2010), o potencial de aderência de argamassas depende de diversos fatores como a trabalhabilidade, força de aplicação por parte do trabalhador, fatores climáticos, propriedades dos materiais, dentre outros.

Mediante análise de potencial de aderência à tração nos diferentes traços, pode-se afirmar que todas as argamassas produzidas não apresentaram boa aderência ao substrato, visto que a NBR 15258 (ABNT, 2005), estabelece valores mínimos de aderência igual ou maiores à 0,20 Mpa para argamassas de revestimento interno. Além de estabelecer que em pelo menos oito de cada 12 amostras extraídas a forma de ruptura deve ser concebida a partir da camada de chapisco. Podendo ser classificadas conforme NBR 13281 (ABNT, 2005), como A1.

O desempenho não satisfatório nesse aspecto, como exposto nas Tabelas de 6 a 9, pode ser atribuído à elevada temperatura climática durante a execução do revestimento, à limitação do volume em massa produzido em parcelas mediante o uso de argamassadeira e à pouca energia aplicada por parte do operador no momento da execução. Vale resaltar que, a não conformidade do ensaio realizado com os parâmetros normativos não pode ser associado ao uso de fibras de coco na matriz, e sim aos fatores já relatados anteriormente, de forma que a argamassa de referência também demonstrou pouca capacidade de aderência ao substrato.

Embora não tenham atingido os parâmetros normativos necessários, observa-se ligeiro aumento de tensão e melhorias no modelo de ruptura nas argamassas com adição de fibras de coco. De forma que a argamassa AG1, AG2 e AG3 apresentaram maiores quantidades de corpos de prova com valores de tensão superiores ao exigido pela norma vigente, se



comparados a AR, comprovando as melhorias da adição de fibras de coco quanto a resistência de aderência.

Tabela 6 – Resistência potencial de aderência à tração

Ensaio de Resistência de Aderência - AR											
Corpo de Prova		Carga de Ruptura (N)	Tensão (Mpa)	Tensão $\geq 0,20$ (Mpa)	Forma de Ruptura (%)						
Nº	Área média (mm <sup>2</sup> )				Sub	Sub/Chap	Chap	Arg/Chap	Arg	Arg/Cola	Cola/Past
1	0	0	0	Inadequado			100				
2	2038	137,29	0,070	Inadequado			100				
3	2017	166,71	0,083	Inadequado					100		
4	1988	88,26	0,044	Inadequado		100					
5	1990	333,43	0,168	Inadequado					100		
6	1997	156,91	0,079	Inadequado					100		
7	1911	107,87	0,056	Inadequado				100			
8	2007	0	0	Inadequado			100				
9	2005	0	0	Inadequado			100				
10	1960	58,84	0,030	Inadequado		100					
11	2038	29,42	0,014	Inadequado		100					
12	2038	0	0	Inadequado			100				

Fonte: Própria autora (2019).

Tabela 7 – Resistência potencial de aderência à tração

Ensaio de Resistência de Aderência - AG1											
Corpo de Prova		Carga de Ruptura (N)	Tensão (Mpa)	Tensão $\geq 0,20$ (Mpa)	Forma de Ruptura (%)						
Nº	Área média (mm <sup>2</sup> )				Sub	Sub/Chap	Chap	Arg/Chap	Arg	Arg/Cola	Cola/Past
1	2001	205,94	0,103	Inadequado				100			
2	1988	304,01	0,153	Inadequado			100				
3	1630	166,71	0,102	Inadequado		100					
4	2012	205,94	0,102	Inadequado		100					
5	1999	529,56	0,265	Adequado		100					
6	2003	58,84	0,029	Inadequado				100			
7	2024	0	0	Inadequado				100			
8	2014	196,13	0,097	Inadequado			100				
9	1779	107,87	0,061	Inadequado			100				
10	1957	68,65	0,035	Inadequado				100			
11	1957	313,81	0,160	Inadequado			100				
12	0	0	0	Inadequado			100				

Fonte: Própria autora (2019).

Tabela 8 – Resistência potencial de aderência à tração

Ensaio de Resistência de Aderência - AG2											
Corpo de Prova		Carga de Ruptura (N)	Tensão (Mpa)	Tensão $\geq 0,20$ (Mpa)	Forma de Ruptura (%)						
Nº	Área média (mm <sup>2</sup> )				Sub	Sub/Chap	Chap	Arg/Chap	Arg	Arg/Cola	Cola/Past
1	2013	647,24	0,321	Adequado			100				
2	2001	0	0	Inadequado			100				
3	1974	107,87	0,055	Inadequado			100				
4	1978	215,75	0,109	Inadequado			100				
5	1991	117,68	0,059	Inadequado					100		
6	1984	402,07	0,203	Adequado					100		
7	1984	156,91	0,079	Inadequado						100	
8	1996	166,71	0,084	Inadequado						100	
9	1903	196,13	0,103	Inadequado			100				
10	2018	0	0	Inadequado			100				
11	1787	88,26	0,049	Inadequado					100		
12	1993	274,59	0	Inadequado			100				

Fonte: Própria autora (2019).

Tabela 9 – Resistência potencial de aderência à tração

Ensaio de Resistência de Aderência - AG3											
Corpo de Prova		Carga de Ruptura (N)	Tensão (Mpa)	Tensão $\geq 0,20$ (Mpa)	Forma de Ruptura (%)						
Nº	Área média (mm <sup>2</sup> )				Sub	Sub/Chap	Chap	Arg/Chap	Arg	Arg/Cola	Cola/Past
1	1921	323,62	0,168	Adequado				100			
2	1935	0	0	Inadequado			100				
3	1995	264,78	0,133	Inadequado			100				
4	1927	264,78	0,133	Inadequado			100				
5	1953	166,71	0,085	Inadequado				100			
6	1967	0	0	Adequado				100			
7	1951	254,97	0,131	Inadequado				100			
8	2001	166,71	0,083	Inadequado				100			
9	2028	166,71	0,082	Inadequado					100		
10	2028	147,1	0,073	Inadequado				100			
11	1997	264,78	0,133	Inadequado						100	
12	2013	205,94	0,102	Inadequado					100		

Fonte: Própria autora (2019).

Por fim, pode-se constatar que a argamassa que apresentou melhor desempenho nos aspectos analisados, foi a argamassa AG2, com 0,3% de fibras de coco em sua composição em relação ao volume total da mistura. Sendo o teor mais indicado a ser utilizado em revestimentos argamassados. Embora os demais teores de adição também tenham atingido valores satisfatórios em sua totalidade.

O bom desempenho observado quanto as melhorias de resistência à compressão e à tração na flexão, viabilizam sua utilização em ambientes internos e externos, por apresentar melhor comportamento mecânico se comparado à argamassa de referência, contribuindo para redução da incidência de fissuras nas idades iniciais provenientes da dilatação térmica dos materiais devido as variações climáticas.

Todavia a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) não recomenda a utilização de cimento CP III em argamassas de assentamento de azulejos e pisos em função dos teores de sulfetos presentes na escória. Que podem resultar em manchas no revestimento. Porém, esse efeito pode ser minimizado com a adição de fibras na mistura, por resultar em argamassas menos permeáveis e com menor índice de vazios, como já exposto. Agindo como uma barreira a passagem de substâncias nocivas e danosas.

#### **4. Conclusões**

Em virtude dos aspectos analisados, constata-se que o emprego de fibras de coco em argamassas de revestimento interno mostra-se como uma alternativa promissora no que tange os parâmetros mínimos exigidos para tal finalidade, atendendo a praticamente todos aspectos físicos e mecânicos analisados, sendo compatíveis com as melhores classes de desempenho. Contudo, devida atenção deve ser dada à execução correta de revestimentos, visando a garantia de aderência em todas as camadas executadas para que as demais propriedades sejam atendidas.

Dado o exposto, confirma-se a viabilidade técnica do uso de fibras de coco em revestimentos argamassados internos, sendo o presente estudo, um viés para disseminação de técnicas eficientes e acessíveis para a prevenção de manifestações patológicas. Além de difundir a viabilidade do uso de materiais alternativos, renováveis e ecológicos em matrizes cimentícias, priorizando a sustentabilidade no processo de concepção de novos produtos para a indústria da construção civil.

#### **Agradecimentos**

À Deus, que me deu todo amor, força de vontade e coragem necessária para superar a cada dia os meus próprios desafios, me mostrando que posso ser maior que meus medos.

À minha família, meu porto seguro, por todo incentivo, paciência e apoio emocional.

Aos meu orientador, por todo conhecimento compartilhado ao logo da realização desta pesquisa e por ser um exemplo de profissional a ser seguido, o qual tenho imensa admiração.

Aos meus amigos, professores e técnicos de laboratórios, por todo incentivo e que de alguma forma permitiram que esta pesquisa fosse realizada.

As empresas CSN e Adiblock, pela confiança depositada à minha pesquisa.

## Referências

ADIBLOCK. Produto ADB-POLYPLAST 146. Adiblock: Aditivos para concretos, **Ficha Técnica**, 2018. Disponível em: <<http://www.adiblock.com.br/produto/plastificantes>>. Acesso em: 01 de mai. de 2019.

AITCIN, P. C. **Concreto de alto desempenho**. São Paulo: Editora Pini, 2000.

ASASUTJARIT, C.; HIRUNLABH, J.; KHEDARI, J.; CHAROENVAI, S.; ZEGHMATI, B.; CHEUL, U. S. Development of coconut coir-based lightweight cement board. **Construction and Building Materials**, v. 21, p. 277-288, 2007.

ASASUTJARIT, C.; CHAROENVAI, S.; HIRUNLABH, J.; KHEDARI, J. Materials and mechanical properties of pretreated coir-based green composites. **Composites: Part B**, p. 633-637, 2009.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

\_\_\_\_\_. **NBR 7584**: Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **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 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 15258**: Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da

resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 16372**: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine). Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

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

\_\_\_\_\_. **NBR NM 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR NM ISO 3310-1**: Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação. Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico (ISO 3310-1, IDT). Rio de Janeiro, 2010.

CIMENTO portland de alto forno CP III. **Associação Brasileira de Cimento Portland**, c2019. Disponível em: < <https://abcp.org.br/perguntas-frequentes/>>. Acesso em: 26 de out. de 2019.

CARASEK, H. Argamassas. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. pp. 893-941.

FERRAZ, J. M; MENEZZI, C. H. S. D.; TEIXEIRA, D. E.; MARTINS, S. A. Effects of treatment of coir fiber and cement/fiber ratio on properties of cement-bonded composites. **BioResources**, v. 6, n. 3, pp. 3481-3492, 2011.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto com fibras**. Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2005. pp. 1194-1225.

HEJAZI, S. M.; SHEIKHZADEH, M.; ABTAHI, S. M.; ZADHOUSH, A. A simple review of soil reinforcement by using natural and synthetic fibers. **Construction and Building Materials**, v. 30, pp. 100-116, 2012.

HELENE, P. R. do L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado.** Tese (Livre-Docência, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo), 1993.

HWANG, C. L.; TRAN, V. A.; HONG, J. W.; HSIEH, Y. C. Effects of short coconut fiber on the mechanical properties, plastic cracking behavior, and impact resistance of cementitious composites. **Construction and Building Materials**, v. 127, p. 984-992, 2016.

KIRCHHEIM, A. P.; MOLIN, D. C. C. D.; SOMMER, L. **Avaliação da Absorção Capilar em Argamassas de Cimento Portland Branco Estrutural com Adições Pozolânicas.** I Conferência Latino Americana de Construção Sustentável. São Paulo, 2004.

MADURWAR, M. V.; RALEGAONKAR, R. V.; MANDAVGANE, S. A. Application of agro-waste for sustainable construction materials: A review. **Construction and Building Materials**, v. 38, p. 872-878, 2013.

MANSUR, A.; NASCIMENTO, O.; MANSUR, H. **Controlling alkalinity of cement matrix: A key approach to improve fiber-cement durability.** In 11th International Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference, 2008, Madrid, Spain. Proceedings: p. 236-243, 2008.

MONTEIRO, S. N., TERRONES, L. A. H., CARVALHO, E. A., ALMEIDA, J. R. M. Efeito da interface fibra/matriz sobre a resistência de compósitos poliméricos reforçados com fibras de coco. **Revista Matéria**, v. 11, p. 395-402, 2006.

MUENSRI, P.; KUNANOPPARAT, T.; MENUT, P.; SIRIWATTANAYOTIN, S. Effect of lignin removal on the properties of coconut coir fiber/wheat gluten biocomposite. **Composites: Part A**, v. 42, p. 173-179, 2011.

MUNAWAR, S. S.; UMEMURA, S.; KAWAI, S. Characterization of the morphological, physical, and mechanical properties of seven non-wood plant fibre bundles. **Journal of Wood Science**, v. 53, n. 2, p. 108-113, 2007.

ONUAGULUCHI, O.; BANTHIA, N. Plant-based natural fibre reinforced cement composites: A review. **Cement and Concrete Composites**, v. 68, p. 96-108, 2016.

SAVASTANO, H.; SANTOS, S. F.; RADONJIC, M.; SOBOYEJO, W. O. Fracture and fatigue of natural fiber-reinforced cementitious composites. **Cement and Concrete Composites**, v. 31, p. 232-243, 2009.

SAVASTANO, H.; AGOPYAN, V. Transition zone studies of vegetable fibre-cement paste composites. **Cement and Concrete Composites**, v. 21, p.49-57, 1999.

SENHORAS, E. **Estratégia de uma Agenda para a Cadeia Agroindustrial do Coco.** Campinas: Ed. ESC, 2003.

SILVA, E. J.; MARQUES, M. L.; FORNARI JUNIOR, C. C. M.; VELASCO, F. G. Technical analysis for the reuse of coconut fiber in construction industry. **Ambiência**, v. 11, p. 1, 2015.

SILVA, E. J.; SILVA, P. D.; MARQUES, M. L.; FORNARI JUNIOR, C. C. M.; VELASCO, F. G.; LUZARDO, F. M. Resistência à compressão da argamassa em função da adição de fibra de coco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1268-1273, 2014.

SILVA, E. J.; VELASCO, F. G.; LUZARDO, F. M.; MARQUES, M. L.; MILIAN, F. M.; RODRIGUES, L. B. **Compósito cimentício com elevado teor de fibra de coco tratada: propriedades físicas e durabilidade**. *Matéria*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, out. 2018. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620180003.0499>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

SOUZA, E. S.; BRITO, R. B.; CAMPOS, N. L. F.; RAMOS, D. P. Aplicação da fibra de coco no processo de isolamento termo acústico. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, p. 233-245, 2015.

TOLÊDO FILHO, R.D. **Materiais Compósitos Reforçados com Fibras Naturais: Caracterização Experimental**. 1997. 472p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), DEC-PUC-Rio/DEC-Imperial College-Londres, U.K, 1997.

TOLÊDO FILHO, R. D.; SILVA, F. A.; FAIRBAIM, E. M. R.; MELO FILHO, J. A. Durability of compression molded sisal fiber reinforced mortar laminates. **Construction and Building Materials**, v. 23, p. 2409-420, 2009.

## APÊNDICE A

As Tabelas A.1 a A.5 apresentam os dados para classificação de argamassas de revestimento conforme os limites estabelecidos para cada procedimento.

Tabela A.1 – Densidade da massa no estado fresco

Classe	Densidade da massa no estado fresco (kg/m <sup>3</sup> )	Método de ensaio
D1	≤ 1 400	ABNT NBR 13278
D2	1 200 à 1 400	
D3	1 400 à 1 800	
D4	1 600 à 2 000	
D5	1 800 à 2 200	
D6	> 2 000	

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005).

Tabela A.2 – Classificação quanto à resistência à compressão

Classe	Resistência à compressão (MPa)	Método de ensaio
P1	≤ 2,0	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	> 8,0	

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005).

Tabela A.3 – Classificação quanto à resistência de tração na flexão

Classe	Resistência à tração na flexão (Mpa)	Método de ensaio
R1	≤ 1,5	ABNT NBR 13279
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,5	
R5	2,7 a 4,5	
R6	> 3,5	

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005).





UNIVERSIDADE  
DE RIO VERDE



Tabela A.4 – Classificação quanto a resistência potencial de aderência à tração

Classe	Resistência potencial de aderência à tração (Mpa)	Método de ensaio
A1	< 0,20	ABNT NBR 15258
A2	≥ 0,20	
A3	≥ 0,30	

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005).

Tabela A.5 – Coeficiente de capilaridade

Classe	Coeficiente de capilaridade (g/dm <sup>3</sup> .min <sup>1/2</sup> )	Método de ensaio
C1	≤ 1,5	ABNT NBR 15259
C2	1,0 à 1,5	
C3	2,0 à 4,0	
C4	3,0 à 7,0	
C5	5,0 à 12,0	
C6	> 10,0	

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005).