

# AVALIAÇÃO DO USO DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO PRODUZIDAS COM A UTILIZAÇÃO DE EMBALAGENS DESCARTADAS DE CIMENTO CONSIDERANDO O CLIMA EQUATORIAL DA AMAZÔNIA ORIENTAL

Rivaldo Pandilha Santos<sup>1</sup>  
Sabrine Gemelli<sup>2</sup>  
Leila Cristina Nunes Ribeiro<sup>3</sup>

## RESUMO

Em decorrência dos grandes impactos ocasionados pela construção civil, tem-se buscado meios para absorver o grande volume de resíduos gerados em sua prática. Um exemplo disso são os estudos sobre a possibilidade de reaproveitamento das fibras de papel kraft, oriundo de embalagens de cimento, por meio do seu incremento em argamassas. Nesse sentido, o presente estudo tem o objetivo de contribuir com os estudos já realizados, analisando a possibilidade de uso dessa argamassa sob forma de revestimento em regiões de clima equatorial, a exemplo da Amazônia Oriental. Para tanto, realizou-se um levantamento bibliográfico, além de um experimento em laboratório que avaliou o seu desempenho, onde foram produzidos corpos de prova com proporção de 1:2:9 (cimento, cal, agregado, em volume) cujos teores de fibras de papel kraft foram de 0,5% e 1,0% em relação ao volume de agregados. A análise dos resultados indicou que a adição das fibras interfere nas características mecânicas e no desempenho da argamassa, e que seu uso em regiões de clima equatorial pode interferir na sua durabilidade, considerando as condições climáticas da região, bem como as características desse novo material que podem contribuir para o seu mal desempenho higrotérmico.

Palavras-chave: Agregado. Embalagens de cimento. Papel kraft. Desempenho higrotérmico.

## ABSTRACT

As a result of the major impacts caused by civil construction, this sector has sought ways to absorb the large volume of waste generated in its practice. An example of this is the studies on the possibility of reusing kraft paper fibers from cement packaging, through its increase in mortars. In this sense, the present study aims to contribute to the studies already carried out, analyzing the possibility of using this mortar as a coating in regions with an equatorial climate, such as the Eastern Amazon. For that, a bibliographic survey was carried out, in addition to an experimental program in the laboratory that evaluated its performance, where specimens were produced with a proportion of 1:2:9 (cement, lime, aggregate, in volume) whose contents of kraft paper fibers were 0.5% and 1.0% in relation to the volume of aggregates. The analysis of the results indicated that the addition of fibers interferes with the mechanical characteristics and performance of the mortar, and that its use in regions with an equatorial climate can interfere with its durability, considering the climatic conditions of the region, as well as the characteristics of this new material that may contribute to its poor hygrothermal performance.

Keywords: Aggregate. Cement packaging. Kraft paper. Hygrothermal performance.

<sup>1</sup> Bacharel em Engenharia Civil pelo Centro de Ensino Superior do Amapá – CEAP. E-mail: rivaldopandilha@gmail.com

<sup>2</sup> Docente do curso de Engenharia Civil do Centro de Ensino Superior do Amapá - CEAP. E-mail: sabrine.gemelli@ceap.br

<sup>3</sup> Engenheira Civil pela Universidade Federal do Pará e Mestre em Minas, Metalurgia e Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Docente do Instituto Federal do Amapá. Professional Coach of Life Coaching pela SLAC. Orientadora Titular da Primeira Empresa Júnior do IFAP - SUPREMO Pré Moldados. Coordenadora da Região Norte do Programa EnergIF

## 1 INTRODUÇÃO

As embalagens de papel kraft utilizadas para ensacar o cimento fazem parte dos resíduos da construção civil que estão presentes em quase todos os tipos de obras e contribuem para os impactos ambientais, visto que geram um grande volume diário de resíduos que são descartados de maneira inadequada (ALVES, 2016).

A possibilidade de reaproveitamento desses resíduos por meio do seu incremento em argamassas, tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores, tais como: Carvalho e Santos (2011), Martins e Soares (2016), e Dias (2017), pois se justifica como uma alternativa atraente de destinação, trazendo benefícios ecológicos que podem ser obtidos pela minimização dos problemas ambientais e sociais gerados pela má disposição dos mesmos, ao mesmo tempo em que resulta numa possível economia de materiais.

Alguns fatores justificam a importância de estudos na temática dos compósitos, como a necessidade de inovação tecnológica ou maior consciência ambiental. Lima et al. (2018) afirmam que dentre tantos estudos no âmbito científico, é notória a ligação do surgimento de novos materiais ou compósitos com a problemática ambiental, sendo esta uma de suas principais justificativas.

Além disso, outro fator importante que contribui para o reaproveitamento desse material é devido às suas boas propriedades físicas e mecânicas. O papel kraft para uso de embalagens de cimento é fabricado seguindo padrões rígidos exigidos pelos fabricantes e consumidores. Para que apresentem alta resistência, as especificações técnicas de produção de tais embalagens exigem o uso de uma celulose produzida pelo processo de sulfato, de alta resistência, de fibras longas e, que é geralmente empregada pura (BUSON, 2009).

Sabendo da necessidade de confiabilidade nas características tecnológicas de um novo material em desenvolvimento e, ainda, pressupondo que o clima do ambiente é o principal fator que influencia a deterioração das estruturas, é de fundamental importância o conhecimento de suas condições de uso em situações adversas. Este estudo objetivou explorar o comportamento desse novo material quanto às suas características no estado fresco e endurecido, por meio da produção de corpos de prova com e sem o uso de fibras de papel kraft, os quais serão submetidos a ensaios em laboratório avaliando assim a viabilidade de uso desse material sob forma de revestimento na região da Amazônia Oriental.

## 2 ESTUDOS SOBRE FIBRAS DE PAPEL KRAFT EM COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS

Os primeiros estudos relacionados à utilização de fibras como reforço de matrizes cimentícias, segundo Savastano (2000) teve início na Inglaterra em 1970, e no Brasil em 1980, com a pesquisa iniciada pelo Centro de Pesquisa de Desenvolvimento (CEPED), em Camaçari, Bahia. A partir daí, houve um crescente número de estudos sobre compósitos cimentícios com a incorporação de fibras naturais e artificiais. No que tange a estudos estritamente relacionados à produção de compósitos com adição de fibras de papel kraft oriundos

de embalagens de cimento, observa-se que há uma certa carência de desenvolvimento nos estudos, porém, identificou-se alguns a nível nacional.

Seguindo essa linha de pesquisa, Carvalho e Santos (2011) propuseram a avaliação do comportamento de argamassas de assentamento produzidas com a adição de fibras de papel kraft, objetivando igualar ou superar o desempenho da argamassa comum (sem fibras). Tal avaliação se deu com a obtenção de quatro traços, sendo um de referência (argamassa sem fibras) e três com diferentes proporções de quantidade de polpa de fibras, e mesmas proporções de volume. No estudo em questão, os autores realizaram duas etapas de testes, sendo a primeira em laboratório, onde as argamassas foram estudadas em seu estado fresco e endurecido. Já a segunda etapa foi realizada no canteiro de obras, com a execução de ensaios empíricos para a determinação da trabalhabilidade e exsudação do compósito em estudo.

Os resultados obtidos no estudo de Carvalho e Santos (2011) foram considerados aceitáveis, visto que para alguns traços houve uma semelhança nos valores quanto à aderência e aproximação dos valores quanto à resistência mecânica, mas que não prejudica o desempenho da argamassa quando aplicada na alvenaria. Além disso, observou-se um aspecto positivo quanto à ruptura das argamassas com fibras, as quais não se rompiam de forma abrupta como é o caso da argamassa comum.

Ainda seguindo o mesmo enquadramento, Silva (2013) também abordou em seu estudo o incremento de fibras de papel kraft provenientes de embalagens de cimento em compósito de matriz cimentícia, no entanto, com a adição de emulsão à base de poli (acetato de vinila), a fim de aumentar a compatibilidade entre a matriz de cimento e agregados. No estudo avaliou-se as características térmicas e mecânicas do compósito, por meio da moldagem de corpos de provas com a argamassa misturada a diferentes tipos de fibras e, com teores variados (0%, 4% e 12% de polpa) para cada um desses corpos de prova. Para a caracterização dos corpos de prova foram executados alguns ensaios, tais como: espectroscopia por transformada de Fourier, difração de raios-x, microscopia óptica e eletrônica de varredura, difusividade térmica, condutividade térmica, calor específico (Método Flash Laser) e de flexão simples.

Os ensaios executados no estudo de Silva (2013) apresentaram resultados que denotaram que a utilização das fibras de papel kraft advindos de embalagens de cimento podem melhorar características térmicas e mecânicas de matrizes cimentícias para uso não estrutural, podendo ser uma alternativa viável na produção de placas internas e forros para edificações, com o valor agregado de ser um produto sustentável.

Trazendo uma análise ainda mais próxima ao objeto deste estudo, no que diz respeito à utilidade do compósito, temos a investigação de Martins e Soares (2016) na qual também apresentaram um estudo sobre o incremento das fibras de papel kraft em argamassa, porém, avaliando o seu desempenho como revestimento interno, por meio de uma análise de suas propriedades tanto nos estados fresco e endurecido, como também sob a forma de revestimento em obra.

Para a análise, Martins e Soares (2016) aplicaram três

painéis de revestimento, sendo um de referência, com argamassa comum, e os demais com argamassa contendo fibra e argamassa contendo fibra e aditivo. A caracterização das argamassas no seu estado fresco foi realizada imediatamente após a mistura, mediante ensaios normalizados, avaliação empírica e análise tátil-visual. Além dos painéis de revestimento, foram moldados cinco corpos de prova para cada tipo de argamassa, para a sua caracterização no estado endurecido. Os resultados obtidos com os ensaios indicaram uma redução no que tange à resistência de aderência à tração dos dois painéis com as argamassas contendo as fibras, bem como da resistência à tração e à compressão dos corpos de prova com fibras, quando comparados aos valores de resistência do painel e corpos de prova de referência.

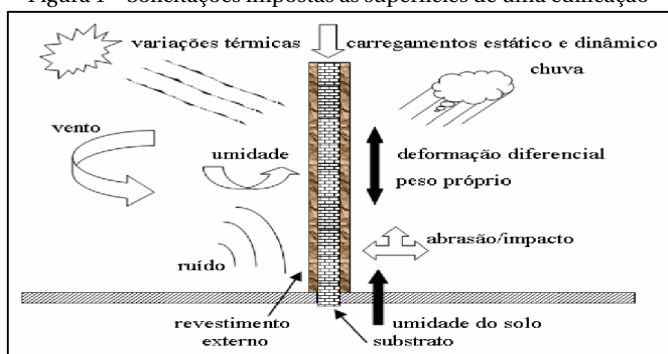
Apesar dos resultados não satisfatórios, Martins e Soares (2016) explicam que tal efeito não se sustenta de acordo com a literatura, de modo a serem levantadas algumas hipóteses que possam justificar o ocorrido. O processo de execução foi uma das hipóteses levantadas, visto que a concentração de fibras dificultou a aplicação e o aperto da argamassa, além do sarrafeamento e o desempenho do painel, que atrapalharam a obtenção de uma superfície homogênea, demandando, conseqüentemente, o acréscimo de massa e água em alguns locais e, ocasionando, além do prejuízo na aderência, o mal desempenho em relação à resistência mecânica e na absorção de água.

### 3 REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

Os revestimentos de argamassa segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013) são cobrimentos de uma superfície, compostos por uma ou mais camadas superpostas de argamassa, aptos a receber acabamento decorativo ou constituir-se no próprio acabamento final. Em geral, desempenham função de regularização, acabamento e principalmente de proteção dos substratos onde são aplicados contra a ação do intemperismo. Além disso, podem integrar tanto vedações verticais de edifícios, quanto horizontais em tetos, além de paredes internas e fachadas.

De acordo com Cincotto et al. (1995 apud LEAL, 2003) o desempenho dos revestimentos de argamassa está diretamente ligado aos fatores relacionados às condições de produção e exposição, bem como às ações dos usuários. Na Figura 1, por exemplo, é possível observar alguns desses fatores de solicitação sobre o sistema de revestimento.

Figura 1 – Solicitações impostas às superfícies de uma edificação



Fonte: Cincotto et al. (1995 apud LEAL, 2003).

Analisando a demonstração acima, percebe-se quatro grandes fatores que fazem parte do conjunto de solicitações dos sistemas de revestimento e que são pertinentes ao objeto deste estudo no que diz respeito à região da Amazônia Oriental, os quais cita-se: as variações térmicas, a umidade, o vento e a chuva.

### 3.1 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

A transferência de calor e umidade está relacionada às propriedades higrotérmicas dos materiais de construção, as quais são extremamente importantes para a caracterização do seu comportamento quanto aos fatores de durabilidade, estanqueidade, degradação e desempenho térmico. No que se refere aos revestimentos de argamassa, por possuírem estrutura porosa, quando expostos às condições climáticas tornam-se susceptíveis à ação de agentes agressivos, tendendo a fixar e transferir umidade tanto na fase líquida, onde a água é transferida para o interior do material predominantemente pelo processo denominado de capilaridade, quanto na fase de vapor, onde a umidade é fixada nos poros da argamassa através dos processos de adsorção física e condensação capilar (SANTOS, 2006).

Segundo Straube (2002 apud FREITAS, 2012) o efeito da chuva nas edificações tende a diminuir a sua durabilidade uma vez que a água em excesso é o agente principal da degradação de elementos da edificação. Além disso, prolongados períodos de chuva contribuem para o processo de ascensão capilar, no qual a água é transferida do solo para o interior das edificações.

A ação das forças do vento segundo Freitas (2012) é um dos mecanismos que contribuem para o fluxo de umidade nos materiais. Na fase de vapor, por exemplo, pelo método da convecção o vapor de água é transportado junto ao fluxo de ar, que ocorre pela ação das forças do vento e que causa diferença de pressão entre o ambiente interno e externo da edificação. Já no âmbito das infiltrações, Grimm (1982 apud FREITAS, 2012) explica que a pressão do vento é um aspecto indutor para as ocorrências desta patologia, uma vez que a presença de água e a existência de fissuras, quando em conjunto com a ação de uma força de indução, nesse caso o vento, provocam a penetração da água na edificação.

Quanto às variações térmicas nas edificações, são consideradas um dos principais fatores de degradação que atuam nos revestimentos, visto que ocasionam comportamentos diversos nos materiais provocando alterações físicas e químicas, como por exemplo, a variação dimensional do material e, por conseqüência, o aparecimento de tensões que podem levar à deformação e até mesmo a ruptura (RESENDE et al. 2001).

### 4 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA AMAZÔNIA ORIENTAL

A Amazônia compreende um conjunto de ecossistemas que envolve a bacia hidrográfica do Rio Amazonas, bem como a Floresta Amazônica, que é a maior floresta tropical do mundo, porém, ainda não

existe consenso científico a respeito de seus limites físicos. Segundo a OTCA (Organização para o Tratado de Cooperação Amazônica) a Amazônia possui aproximadamente 7,5 milhões de km<sup>2</sup>, segundo o critério político-administrativo utilizado pelos países amazônicos, sendo que aproximadamente 68% do território total da floresta amazônica fazem parte do Brasil (BOLETIM, 2004 apud MOREIRA, 2009).

Para o melhor planejamento e manutenção desse vasto território, o Estado brasileiro estabeleceu uma série de iniciativas no sentido de instalar grandes projetos objetivando a promoção do desenvolvimento social e econômico da região. Essas iniciativas contribuíram para a caracterização de duas grandes regiões: Amazônia Oriental e Amazônia Ocidental, criada pelo Decreto nº 356/68 (CARVALHO, 2015).

A Amazônia Oriental, objeto deste estudo, é constituída segundo a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) pela área abrangida pelos estados do Amapá, Pará, Tocantins e nas áreas amazônicas dos estados do Mato Grosso e do Maranhão.

O clima da região Amazônica Oriental segundo a classificação de Köppen é do tipo megatérmico Af, caracterizando-a como clima quente tropical úmido, o qual apresenta chuvas bem distribuídas ao longo do ano (NIMER, 1989; FISCH et al. 1998 apud AMANAJÁS e BRAGA, 2012).

As condições climáticas da Amazônia Oriental são conhecidas por apresentarem temperaturas sempre altas, forte convecção, ar instável e alta umidade do ar. A temperatura média, em termos anuais, apresenta valores na faixa dos 27 °C, sendo os mais elevados no litoral do estado do Amapá e em trecho da ilha de Marajó, enquanto que os menos elevados se concentram na porção sul do estado do Pará. No que tange à umidade relativa do ar, a região apresenta elevados valores médios durante a maioria dos meses do ano, visto que são encontrados valores de 80% e 90%, embora predominem valores médios em torno de 85%. Quanto ao regime pluviométrico encontrado na região é caracterizado por totais anuais de chuva entre 2.000 mm e 3.000 mm (SUDAM, 1984 apud EMBRAPA, 1986).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo classifica-se quanto a sua finalidade como aplicado uma vez que pretende gerar conhecimentos com aplicação prática da construção civil (SILVA e MENEZES, 2005). Por isso optou-se como forma de abordagem uma análise quantitativa uma vez que os resultados serão interpretados a partir de informações numéricas (ANTÔNIO, 2011). Quanto aos objetivos o estudo enquadra-se como exploratório-descritivo visto que será necessário explorar as características do objeto de estudo bem como efetuar uma análise descritiva sobre os modos para alcançar os objetivos, avaliando os possíveis efeitos desejados ou não (MARCONI e LAKATOS, 2003).

Com base na obra de Antônio (2011) no que tange aos procedimentos metodológicos o estudo foi enquadrado nos métodos de pesquisa bibliográfica e experimental,

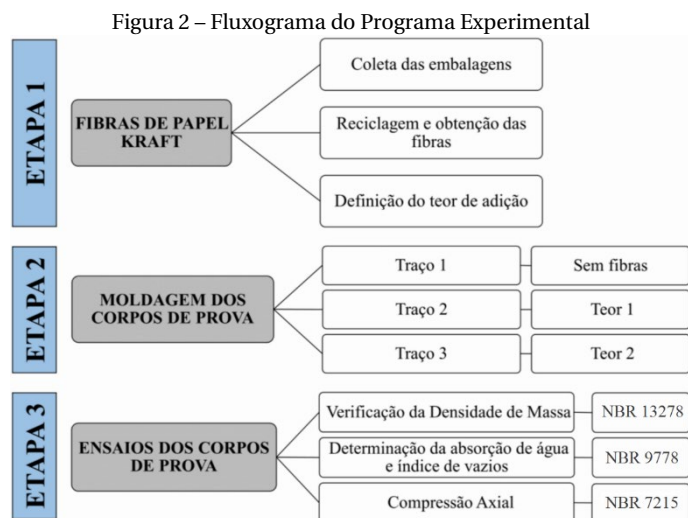
visto que foi feita revisão de algumas obras já publicadas sobre a temática, e realização de um programa experimental onde a argamassa no estado fresco e endurecido, na forma de corpos de prova com e sem uso de papel kraft, foram submetidos a ensaios normativos a fim de avaliar a sua viabilidade de uso na região da Amazônia Oriental.

Salienta-se que a metodologia experimental deste estudo foi desenvolvida no material elaborado por Carvalho e Santos (2011), os quais foram uns dos pioneiros na avaliação do uso de fibras de papel kraft advindos de embalagens de cimento descartadas em compósitos cimentícios. Contudo, foram propostos alguns ajustes na linha metodológica em relação aos trabalhos anteriores, que visam contribuir para o desenvolvimento de uma metodologia consolidada sobre o assunto.

### 5.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O local de realização dos procedimentos experimentais foi no interior do Laboratório de Materiais do Instituto Federal do Amapá (IFAP), localizado em Macapá/AP.

A metodologia do programa experimental de ensaios foi dividida em etapas, conforme apresentadas na Figura 2.



Fonte: Autoral (2021).

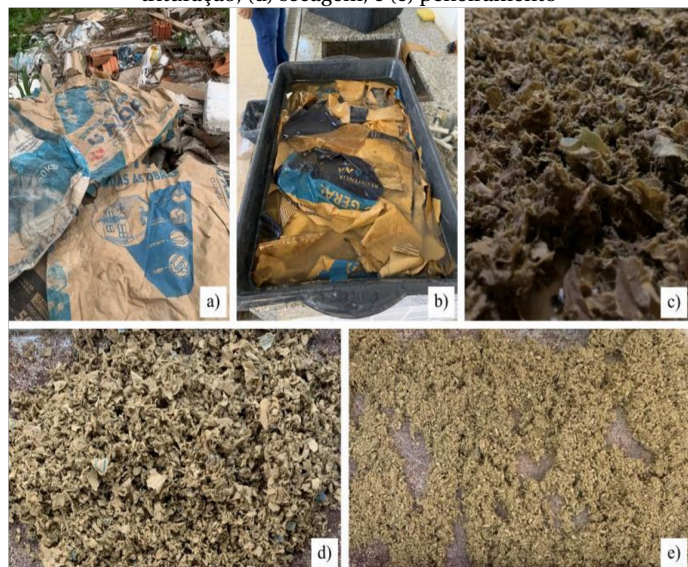
### 5.2 PREPARAÇÃO DAS FIBRAS DE PAPEL KRAFT

A etapa de preparação das fibras de papel kraft oriundas de embalagens de cimento seguiu os procedimentos descritos por Carvalho e Santos (2011). A Figura 3 ilustra o processo de preparação da fibra de papel kraft, onde primeiramente foram obtidas as embalagens de cimento recolhidas de um canteiro de obras de Macapá (Figura 3a), depois foi realizada a limpeza para retirar as impurezas e deixadas em banho com água em temperatura ambiente por 24 horas (Figura 3b), posteriormente as embalagens foram separadas em tiras e com o uso de um liquidificador industrial as mesmas foram trituradas e transformadas em fibras (Figura 3c). Obtidas as fibras, as mesmas passaram pelo processo de secagem em estufa a uma temperatura de 30



°C por 40 minutos (Figura 3d). Após o processo de secagem as fibras foram peneiradas em peneira de pequena abertura, a fim de separar as macrofibras ainda presentes (Figura 3e).

Figura 3 – Preparação das fibras de papel kraft oriundos de embalagens de cimento: (a) obtenção das embalagens; (b) limpeza; (c) trituração; (d) secagem; e (e) peneiramento



Fonte: Autoral (2021).

### 5.3 DOSAGEM DA ARGAMASSA

O processo de dosagem das argamassas teve como base a formulação proposta por Carasek (2010) apresentada no Quadro 1, que tem como finalidade servir como um ponto de partida para a dosagem de argamassa, visto que no contexto nacional ainda não se dispõe de métodos racionais consagrados e difundidos com essa finalidade.

Quadro 1 – Traços recomendados para argamassas

Tipo de argamassa		Traço em volume			Referências
		cimento	cal	areia	
Revestimento de paredes interno e de fachada		1	2	9 a 11	NBR 7200 (ABNT, 1982)
Assentamento de alvenaria estrutural	Alvenaria em contato com o solo	1	0-1/4	2,25 a 3x (volumes de cimento + cal)	ASTM C 270
	Alv. Sujeita a esforços de flexão	1	1/2		
	Uso geral, sem contato com o solo	1	1		
	Uso restrito, interno/baixa resist.	1	2		

Fonte: Carasek (2010).

Destaca-se, portanto, que se adotou uma formulação padrão 1:2:9 (cimento, cal, areia, em volume) para efeitos comparativos e, a partir desta, foram adicionadas porcentagens de fibras de papel kraft oriundos de embalagens de cimento, cujo teor adotado foi de 0,5% (teor 1) e 1,0% (teor 2) do volume de agregados.

### 5.4 PROCEDIMENTO DE MISTURA E MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

O procedimento de mistura das argamassas e

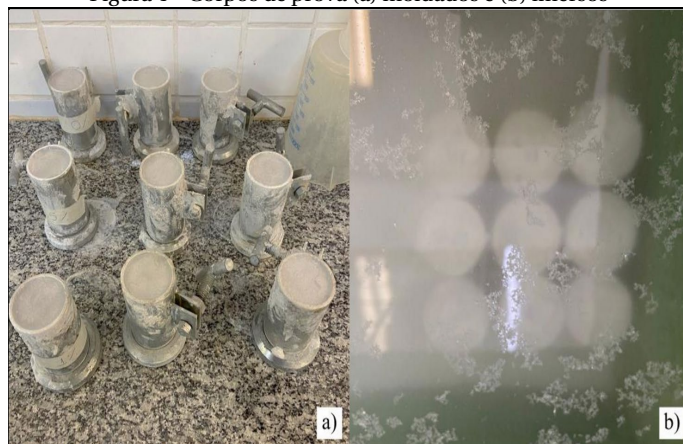
moldagem dos corpos de prova teve como base a NBR 7215/2019, que estabelece critérios, as dimensões dos corpos de prova, aparelhagem e acessórios utilizados no processo de mistura dos materiais e moldagem, além de determinar o processo de cura, informando o tempo, armazenamento e desmolde.

O cimento utilizado nas moldagens dos compósitos foi o CII-E 32 (cimento Portland composto com escória – classe 32), visto que é um produto bastante empregado na construção civil. Além disso, a cal hidratada utilizada foi a do tipo CH-III. Quanto ao agregado miúdo, utilizou-se a areia natural obtida no comércio local de Macapá/AP, onde se encontrava no armazenamento externo do laboratório de materiais do IFAP e que passou pelo processo de peneiramento em peneira de abertura de 2mm, a fim de padronizar o diâmetro máximo do agregado.

Destaca-se que a argamassa produzida nesta pesquisa possui uma particularidade, que é a adição de fibras de papel kraft, ocasionando a necessidade de ajustes no método padrão de produção de argamassas com intuito de abranger essa peculiaridade. Tais ajustes ocorreram no tempo reservado para a adição dos agregados, onde primeiro foram incorporadas as fibras de modo a dispersá-las, a fim de evitar sua aglomeração na argamassa. Feito isso, o procedimento prosseguiu conforme previsto na Norma.

Os corpos de prova foram moldados em formato cilíndrico e com as dimensões de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura. A fim de analisar o comportamento da argamassa com adição das fibras de papel kraft, foram moldados 3 tipos de corpos de prova em triplicata. O CPR que é o corpo de prova referência, moldado de forma convencional sem a adição de fibras, para que seus desempenhos pudessem ser confrontados com os demais. O CP1 que foi produzido com 0,5% de fibra e o CP2 com 1% de fibra, ambos em relação ao volume de agregado. A Figura 4 ilustra alguns CP's moldados (Figura 4a) e imersos para cura (Figura 4b).

Figura 4 – Corpos de prova (a) moldados e (b) imersos



Fonte: Autoral (2021).

Como demonstrado na imagem acima, após a desmoldagem e seu período inicial de cura, os corpos de prova foram identificados e imersos em tanque de cura com água não corrente e saturada em cal, até o prazo para a realização dos ensaios.

### 5.5 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE MASSA

As argamassas foram dosadas conforme procedimento citado anteriormente e após seu preparo foi submetida ao ensaio de determinação da densidade de massa no estado fresco, com base na NBR 13278 (ABNT, 2005). O procedimento resumidamente consistiu em logo após a dosagem colocar a argamassa com uso de uma espátula em um recipiente onde se sabe o volume e a tara, disposta em três camadas de alturas aproximadamente iguais, onde foram aplicados em cada camada 20 golpes por toda a superfície da argamassa. Em seguida, foi rasado o sobressalente do recipiente e pesada a amostra toda em uma balança com resolução de 0,1g. Foram efetuadas três medições, onde utilizou-se a média dos valores obtidos para a determinação da densidade de cada traço. A densidade de massa no estado fresco foi calculada por meio da Equação 1.

$$D = \frac{m_c - m_v}{m_r} \cdot 1000 \quad (1)$$

Em que:  $d$  = densidade de massa da argamassa em estado fresco ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );  $m_c$  = massa do recipiente cilíndrico contendo a argamassa de ensaio (g);  $m_v$  = massa do recipiente cilíndrico vazio (g);  $v_r$  = volume do recipiente cilíndrico ( $\text{cm}^3$ ).

### 5.6 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO E ÍNDICE DE VAZIOS

Este ensaio foi realizado com base na NBR 9778 (ABNT, 2009), a qual delibera os parâmetros pelo qual deve ser executado o ensaio para determinação da absorção de água e do índice de vazios de argamassa no estado endurecido. O procedimento de absorção de água por imersão consiste na imersão do corpo de prova em água, para que a mesma tenda a se conduzir para os poros permeáveis a fim de preenchê-los. Quanto ao índice de vazios, é a relação entre o volume de poros permeáveis e o volume total da amostra.

O ensaio foi realizado após os 14 dias de cura, utilizando os materiais disponíveis no Laboratório de Materiais do Instituto Federal do Amapá (IFAP) e seguindo os procedimentos prescritos na Norma. Os resultados foram obtidos por meio das equações a seguir:

Para a obtenção dos valores de absorção de água, utilizou-se a Equação 2.

$$A = \frac{m_{sat} - m_s}{m_s} \times 100 \quad (2)$$

Em que:  $m_{sat}$  = massa do CP, quando saturado; e  $m_s$  = massa do CP seco.

O índice de vazios foi obtido por meio da Equação 3.

$$I_v = \frac{m_{sat} - m_i}{m_{sat} - m_i} \quad (3)$$

Em que:  $m_i$  = massa saturada do corpo de prova imerso.

### 5.7 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

O ensaio foi realizado em conformidade com a NBR 7215/2019, com objetivo de analisar o comportamento mecânico das argamassas quanto à resistência à compressão. Para a realização do mesmo, foram utilizados os corpos de prova descritos anteriormente, e as rupturas ocorreram na idade adotada de 7 e 14 dias, obedecendo a tolerância indicada na Norma.

O equipamento utilizado no ensaio foi a prensa hidráulica EMIC DL30000N do Laboratório de Materiais do Instituto Federal do Amapá (IFAP) e, para a obtenção dos resultados utilizou-se o programa Tesc Versão 3.04. Na Figura 5 vê-se o resultado de um dos ensaios de compressão axial de um corpo de prova no momento inteiro (Figura 5a), sob a força máxima (Figura 5b) e rompido (Figura 5c), e um CP de cada traço rompido (Figura 5d).

Figura 5 – Ensaio de compressão axial dos corpos de prova (a) no momento inteiro, (b) sob a força máxima, (c) rompido e (d) demonstrando um CP de cada traço rompido



Fonte: Autoral (2021).

O valor da resistência à compressão individual foi obtido através do uso da Equação 4.

$$R_c = \frac{Q_c}{A_c} \quad (4)$$

Em que:  $R_c$  = resistência à compressão (Mpa);  $Q_c$  = carga aplicada (kgf);  $A_c$  = área da seção do corpo de prova ( $\text{cm}^2$ ).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 VERIFICAÇÃO DA DENSIDADE DE MASSA

Os valores de densidade de massa obtidos para as argamassas em seus diferentes traços, são apresentados na Tabela 1.



Tabela 1 – Densidade de massa das argamassas

Traço	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Referência (CPR)	1,88
0,5% de fibra (CP1)	1,86
1,0% de fibra (CP2)	1,83

Fonte: Autoral (2021).

Analisando os resultados obtidos observa-se que a adição das fibras de papel kraft nas argamassas apresenta uma diminuição no valor de densidade de massa. Tais resultados assemelham-se aos obtidos por Martins e Soares (2016) onde alcançaram valores entre 1,39 g/cm<sup>3</sup> e 1,87 g/cm<sup>3</sup>. Portanto, esse efeito na densidade de massa já era esperado, considerando a característica porosa das fibras, além da capacidade de incorporar ar no momento da mistura e do armazenamento de água em seus poros, os quais esvaziam e secam após a fase de hidratação. Tais resultados se justificam também devido ao fato das fibras terem menor densidade quando comparadas aos outros materiais usados na mistura, ou seja, quando incorporadas à argamassa substituindo uma porcentagem de areia, ocasiona-se uma densidade menor à massa.

## 6.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO E ÍNDICE DE VAZIOS

Os resultados do ensaio de absorção de água por imersão e índice de vazios estão expressos na Tabela 2, a qual indica a média obtida para esses parâmetros no período de cura de 14 dias.

Tabela 2 – Absorção de água por imersão e índice de vazios

Traço	Absorção de Água (%)	Índice de Vazios (%)
Referência (CPR)	9,35	15,09
0,5% de fibra (CP1)	10,05	16,65
1,0% de fibra (CP2)	11,62	19,86

Fonte: Autoral (2021).

Observando os resultados obtidos é possível identificar que as argamassas com incorporação de fibras de papel kraft apresentam níveis mais altos de absorção de água e índice de vazios quando comparadas à argamassa comum. Destaca-se que valores semelhantes foram alcançados por Pereira (2018), evidenciando que quanto maior o teor de fibras incorporadas, mais elevado é o índice de vazios, justificando, portanto, maior absorção de água.

Nas argamassas com teor de fibra de 1,0%, por exemplo, nota-se que houve um aumento de 24,27% de absorção de água e 31,61% de índice de vazios, quando comparadas à argamassa de referência (sem fibras). Os resultados se justificam devido ao baixo valor de massa específica que as fibras de papel kraft apresentam, o que ocasiona maior incorporação de ar na mistura fresca e gerando maior índice de vazios no material, os quais podem se interligar e formar caminhos tornando a argamassa mais susceptível à absorção de água.

## 6.3 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Os resultados das resistências médias à compressão axial para os diferentes traços ensaiados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resistência média à compressão axial nas idades de 7 e 14 dias.

Traço	7 dias		14 dias	
	Resistência Média (MPa)	Amplitude (MPa)	Resistência Média (MPa)	Amplitude (MPa)
Referência (CPR)	1,41	0,54	2,15	1,74
0,5% de fibra (CP1)	1,05		1,73	
1,0% de fibra (CP2)	0,87		1,45	

Fonte: Autoral (2021).

Analisando os resultados de resistência à compressão obtidos nas idades de 7 e 14 dias, verifica-se que há uma redução neste parâmetro, em ambas as idades, à medida que o teor de fibras aumenta. O comportamento das argamassas produzidas apresentou tendência de pesquisas semelhantes, como a de Martins e Soares (2016), e são justificados devido à porosidade das argamassas ocasionada pelo maior teor de ar incorporado no estado fresco, o que refletiu no seu comportamento no estado endurecido, visto que os espaços vazios são livres de tensão.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi abordada a possibilidade de uso de argamassas produzidas com a utilização de fibras de papel kraft oriundas de embalagens de cimento descartadas, sob forma de revestimento na Amazônia Oriental, onde a caracterização climática é conhecida por apresentarem temperaturas muito elevadas, além do alto índice de umidade do ar e precipitação pluviométrica.

Com base nas análises dos resultados efetuadas junto a revisão bibliográfica e, considerando a motivação da pesquisa, conclui-se que a adição das fibras de papel kraft nas argamassas de revestimento acaba por influenciar nas características mecânicas e no seu desempenho. Portanto, é possível considerar que as características climáticas da Amazônia Oriental podem interferir na sua durabilidade, visto que as condições climáticas da região bem como as características desse novo material podem contribuir para o mal desempenho higrotérmico dos revestimentos, confirmando a hipótese levantada.

Apesar dos esforços desempenhados na realização deste estudo, entende-se que esta pesquisa possui suas limitações, o que evidencia a necessidade de análises por outros parâmetros a fim de complementar e contribuir para uma investigação mais consolidada. Sugere-se para trabalhos futuros, a repetição do estudo realizando frações menores de fibras e com idades de cura mais avançadas, bem como a verificação quanto ao uso de aditivos para ajudar na melhor dispersão das fibras no estado fresco, a fim de evitar o alto índice de vazios na argamassa.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, L. D. S. **Influência da adição de fibras de celulose (papel kraft) nas características dos blocos de concreto não estrutural.** Faculdade de Tecnologia Universidade de Brasília. Brasília, p. 150. 2016.
- AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 27, n. 4, 423-434, 2012.
- ANTÔNIO, T. D. **Pesquisa de marketing.** 2 ed. Palhoça: UnisulVirtual, 2011. 134 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia.** NBR 13529. Rio de Janeiro, 2013. 13 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos.** NBR 7215. Rio de Janeiro, 2019. 12 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.** NBR 13278. Rio de Janeiro, 2005. 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.** NBR 9778. Rio de Janeiro, 2009. 4 p.
- BOLETIM OTCA. Brasília: OTCA, n° 1, jun./ago. 2004.
- BRASIL. SUDAM, Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. **Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia, Belém-Pará.** Atlas climatológico da Amazônia brasileira. Belém, 1984. 125p. (SUDAM. Publicação, 37).
- BRASIL. SUDAM, Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. **Legislação da Amazônia.** Disponível em: <https://www.gov.br/sudam/pt-br/acao-ainformacoes/institucional/legislacao-da-amazonia>. Acesso em 24 de mai. 2021.
- BUSON, M. A. **Desenvolvimento e análise preliminar do desempenho técnico de componentes de terra com a incorporação de fibras de papel kraft provenientes da reciclagem de sacos de cimento para vedação vertical.** 2009. 153 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- CARVALHO, A. L. Amazônia: modelos de desenvolvimento e a questão zona franca de Manaus. **Revista Geografia em Questão**, Marechal Cândido Rondon, v. 08, n. 02, 109-128, 2015.
- CARVALHO, P. E. F.; SANTOS, L. R. **Avaliação de argamassas com fibras de papel kraft provenientes de embalagens de cimento.** 2011. 72 f. Monografia (Escola de Engenharia Civil) - Universidade Federal do Goiás, Goiânia, 2011.
- CARASEK, H. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais: Argamassas.** 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2010. 892-944.
- CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: propriedades, características e métodos de ensaios.** 1995. 118 f. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 1995.
- DIAS, R. A. **Avaliação da interferência da adição de fibras de papel kraft em argamassas.** 2017. 94 f. Monografia (Departamento de Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pesquisas sobre utilização e conservação do solo na Amazônia Oriental.** Relatório Final do Convênio. Belém, 1986. 14p.
- FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma Revisão Geral Sobre O Clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 28, n. 2, 101-126, 1998.
- FREITAS, J. G. **A influência das condições climáticas na durabilidade dos revestimentos de fachada: estudo de caso na cidade de Goiânia-GO.** 2012. 197 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.
- GRIMM, C. T. **A driving rain index for masonry walls.** In: *Masonry: materials, properties and performance.* ASTM STP 778, J. G. Borchelt, Ed., American Society for Testing and Materials, 1982, p. 171-177. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784404836>. Acesso em: 11 de out. 2021.
- LEAL, F. E. C. B. **Estudo do desempenho do chapisco como procedimento de preparação de base em sistemas de revestimento.** 2013. 109 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2003.
- LIMA, J; NORONHA, R; SANTOS, D. **Materiais que geram novos materiais: uma percepção simbólica sobre os compósitos.** In: Congresso Brasileiro de Pesquisa & Desenvolvimento em Design, 13, 2018, Joinville.
- MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamento de metodologia científica.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003. 310p.
- MARTINS, D. V. A; SOARES, L. M. **Avaliação do desempenho de revestimentos de argamassa com fibras de papel kraft provenientes de embalagens de**



cal. 2016. 46 f. Monografia (Escola de Engenharia Civil) - Universidade Federal do Goiás, Goiânia, 2016.

MOREIRA, H. M. **A importância da Amazônia na definição da posição brasileira no regime internacional de mudanças climáticas.** 2009. 21 f. Monografia (Programa de Pós-Graduação em Relações Internacionais “San Tiago Dantas”) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2009.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422p.

PEREIRA, F. T. M. **Avaliação da influência da adição de fibras kraft em argamassas.** 2018. 81 f. Monografia (Departamento de Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

RESENDE, M. M.; BARROS, M. M. S. B.; MEDEIROS, J. S. **A influência da manutenção na durabilidade dos revestimentos de fachada de edifícios.** In: 2º Wordur – Workshop sobre durabilidade das construções, São José dos Campos, 2001. Disponível em: <http://www.mxme.com.br/wp-content/uploads/2014/12/2001-WordDur-ManutencaoRevestimento.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.

SANTOS, F. I. G. **Avaliação de propriedades higrotérmicas das argamassas: estudo de caso com as cinzas pesadas.** 2006. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SAVASTANO, H. **Materiais à base de cimento reforçados com fibra de vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo.** Tese (Curso de Livre Docência) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SILVA, M. A. **Obtenção e caracterização de compósitos cimentícios reforçados com fibras de papel de embalagens de cimento.** 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** Florianópolis: LED/UFSC, 2005.

STRAUBE, J. F. **Moisture in Buildings.** In: ASHRAE Journal, 2002, p. 15-19. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/271706272\\_Moisture\\_in\\_buildings](https://www.researchgate.net/publication/271706272_Moisture_in_buildings). Acesso em: 10 out. 2021.