

ANÁLISE COMPARATIVA DO EFEITO DA CARBONATAÇÃO ENTRE O CONCRETO CONVENCIONAL E O CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRA VEGETAL DE JUTA

Rosimara Bentes de Oliveira¹

Murilo Ferreira dos Santos²

Resumo: As estruturas de concreto expostas na região norte do Brasil estão favoráveis à reação do efeito da carbonatação devido à alta umidade relativa do ar. Em dias muito quentes, essa umidade chega a 98%. Esse fenômeno se relaciona com as condições internas (controle tecnológico e de qualidade dos materiais, fator a/c e etc.) e as condições externas (temperatura, umidade relativa do ar, incidência de chuvas, concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, e etc.) nas estruturas de concreto. O objetivo deste artigo é realizar uma análise comparativa do efeito da carbonatação entre os concretos: convencional e com a adição das fibras vegetais de juta. O método de ensaio utilizado é de observação após a aplicação do indicador químico vinculada aos tempos de cura: 3, 7, 14, 28, 63, 91, 120 dias. A análise comparativa de observação é entre o concreto convencional doado por uma usina de concreto localizada na zona oeste da cidade de Manaus, assim como os materiais pertinentes ao concreto para a confecção da dosagem do traço com adição de 1,0% de fibras de juta. Os corpos de prova foram colocados para análise das resistências mecânicas dos concretos aos 28 dias de cura e, aplicado com o auxílio de um spray, a quantidade de 5ml do indicador químico de 1% de fenolftaleína na superfície expostas dos CP's de concreto. O processo de observação em 3 dias, mostra-se bastante acelerado nos dois tipos de concreto; em 7, 14 e 28 dias, o efeito da carbonatação é mais visível no concreto com as fibras de juta; em 63, 91 e 120 dias, a visibilidade do efeito é maior no concreto com as fibras de juta, não descartando a possibilidade do efeito no concreto convencional. Então, conclui-se que o efeito da carbonatação é mais acelerado no concreto com 1% das fibras naturais de juta.

Palavras-Chaves: Fibras de Juta, Concreto, Efeito da Carbonatação, Fenolftaleína.

¹ Graduando em Engenharia Civil – Centro Universitário do Norte – UNINORTE. Departamento de Ciências Exatas, Manaus – Amazonas. E-mail: rosimarabentes03@gmail.com

² Engenheiro Civil e Especialista Engenharia De Segurança do Trabalho - Instituto de Ensino Superior Blauro Cardoso de Mattos (FASERRA). Manaus-AM. E-mail: mulsantos@gmail.com

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECT OF CARBONATING BETWEEN THE CONVENTIONAL CONCRETE AND THE CONCRETE WITH THE ADDITION OF JUTA VEGETABLE FIBER

Abstract: The exposed concrete structures in the northern region of Brazil are favorable to the reaction of the carbonation effect due to the high relative humidity of the air. On very hot days, this humidity reaches 98%. This phenomenon is related to the internal conditions (technological and material quality control, a / c factor, etc.) and external conditions (temperature, relative air humidity, rainfall incidence, carbon dioxide (CO₂) concentration in the atmosphere, and etc.) in concrete structures. The objective of this article is to perform a comparative analysis of the effect of carbonation between concretes: conventional and with the addition of jute vegetable fibers. The test method used is observation after the application of the chemical indicator linked to cure times: 3, 7, 14, 28, 63, 91, 120 days. The comparative analysis of observation is between the conventional concrete donated by a concrete plant located in the western zone of the city of Manaus, as well as the materials pertinent to the concrete for the making of the dosage of the trace with addition of 1.0% of jute fibers. The specimens were placed for analysis of the mechanical strength of the concretes at 28 days of curing and, with the aid of a spray, the amount of 5 ml of the chemical indicator of 1% phenolphthalein on the exposed surface of the concrete CPs. The observation process in 3 days, is very fast in both types of concrete; at 7, 14 and 28 days, the effect of carbonation is more visible on concrete with jute fibers; at 63, 91 and 120 days, the visibility of the effect is greater in concrete with the jute fibers, not ruling out the possibility of the effect in the conventional concrete. Then, it is concluded that the effect of carbonation is more accelerated in concrete with 1% of natural jute fibers.

Key-words: Jute Fibers, Concrete, Carbonation Effect, Phenolphthalein.

1. INTRODUÇÃO.

A procura por novos materiais que agregam ao concreto e que dê um bom desempenho nas estruturas de concreto armado em relação à resistência mecânica, tempo de vida útil, sustentabilidade e etc., tornou-se uma busca incansável para que essas misturas com cimento Portland não causassem danos às estruturas.

Tendo em vista a grande variedade de fibras naturais com potencial para reforço de compósitos usados na produção de argamassas e concretos para construção civil, tornou-se imprescindível o crescimento das potencialidades desses materiais mediante sua caracterização para melhor aplicá-los. A importância da utilização da fibra vegetal para a construção civil passa por caminhos de pesquisa e desenvolvimento, aonde a durabilidade e as propriedades mecânicas conduzem a sua aplicação (SILVA, 2012).

Segundo (AGOPYAN, 2007) adição de fibras nas matrizes pode melhorar as suas propriedades mecânicas, como a resistência à tração, à flexão e ao impacto. Além disso, altera seu comportamento após fissuração diminuindo os efeitos de uma ruptura brusca da matriz cimentícia.

Esse comportamento após fissuração em concretos convencionais nas estruturas de concreto armado causam diversos efeitos químicos na pasta de cimento Portland endurecida em contato com os gases poluentes emitidos na atmosfera. Esses mesmos gases penetram nas estruturas de concreto armado causando a deterioração delas. Um dos efeitos químicos causados por esses gases, proveniente deste artigo, é o efeito da carbonatação.

A carbonatação é um dos mecanismos mais correntes de deterioração do betão armado. Sua reação acontece através do dióxido de carbono presente no ar que penetra nos poros do betão e reage com o hidróxido de cálcio formando carbonato de cálcio e água. Essa reação é acompanhada pela redução da alcalinidade do betão (LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, acesso 2018). O processo, felizmente é lento e pode ser esclarecido por causa da hidratação crescente da pasta de cimento (BLOG ALDO WERLE, 2012). Segundo o (LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, acesso 2018) num betão homogêneo, a carbonatação progride com a frente paralela à superfície. Quando a frente de carbonatação

Diante dos expostos, este artigo apresenta a caracterização dos materiais pertinentes ao concreto juntamente com a adição das fibras de juta. Além do efeito da carbonatação, tema deste artigo, nos corpos de prova expostos ao ar livre para observação da pós-aplicação do indicador químico de 1% de fenolftaleína, sendo aos 3, 7, 14, 28, 63, 91, 120 dias de exposição.

O local utilizado para execução das atividades apresentadas nesta pesquisa se deu no Laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário do Norte localizado na Avenida Igarapé de Manaus número 211, nas coordenadas geográficas -3.132828, -60.018066.

An aerial satellite map of a neighborhood in Rio de Janeiro, Brazil. A red rectangle highlights a specific building complex labeled "Uninorte - Unidade 11". Other visible landmarks include "Palácio Rio Negro", "Lojas Americanas", and several streets such as "R. Maj. Gabriel", "Av. Getúlio Vargas", and "Av. João Nabuco". A red pin marks "Uninorte Unidade 6" in the lower-left area. The map shows dense urban development with many small buildings and some green spaces.

REVISTA CIENTÍFICA SEMANA ACADÊMICA. FORTALEZA-CE. EDIÇÃO 161. V.1. ANO 2019.

3. OBJETIVO

Verificar o comportamento do concreto com adição parcial de fibras naturais de Juta em comparação com o concreto convencional sem adição após a aplicação do composto químico de Fenolftaleína.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

4.1 O Emprego de Fibras Vegetais em Compósitos e Matrizes Cimentícias.

A utilização de fibras vegetais em compósitos reforçados para a construção civil pode ser de grande interesse para os países em desenvolvimento e seria capaz de contribuir para o crescimento de suas infraestruturas (SAVASTANO JR, 2000).

Nas últimas décadas, um número grande de materiais cimentícios reforçados com fibras foram desenvolvidos, tendo como objetivo aumentar a tenacidade, elevar a resistência ao impacto, retardando e controlando o processo de fissuras, fazendo com que a estrutura possua aberturas menores, aumentando assim sua durabilidade ao longo do tempo (MAGALHÃES, 2010). O estudo do CEPED (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento) contemplou o desenvolvimento de argamassas reforçadas com fibras de coco, piaçava e sisal, de volumes e comprimentos variáveis. Os melhores resultados foram obtidos com fibras longas ($> 270\text{mm}$) de sisal e piaçava, que apresentaram valores das propriedades mecânicas acima dos obtidos com a matriz sem reforço (SILVA, 2002).

A avaliação das principais características físicas, custos, durabilidade e possibilidade de cultivo no Brasil, definiram as fibras mais adequadas ao uso como reforço de matrizes cimentícias, em comparação as outras fibras já utilizadas, como as de amianto e as de polipropileno (AGOPYAN, 1988). As fibras selecionadas foram provenientes de rejeitos das indústrias de amarras, estofados e tecelagem e eram descartadas em função de seu comprimento diminuto para essas aplicações, apresentando custos reduzidos.

Abaixo, as figuras 2 e 3 mostram alguns materiais de construção confeccionados com fibras vegetais.

Figura 2: Telha ecológica confeccionada com fibras de coco, papel reciclado e embalagem tetra pak.



Fonte: Camargo, 2018. Blog Conexão Planeta.

Figura 3: Tijolo confeccionado com fibras vegetais de coco utilizados como paredes, revestimento de pavimentos e etc.



Fonte: Site Cuauhtemock, 2014.

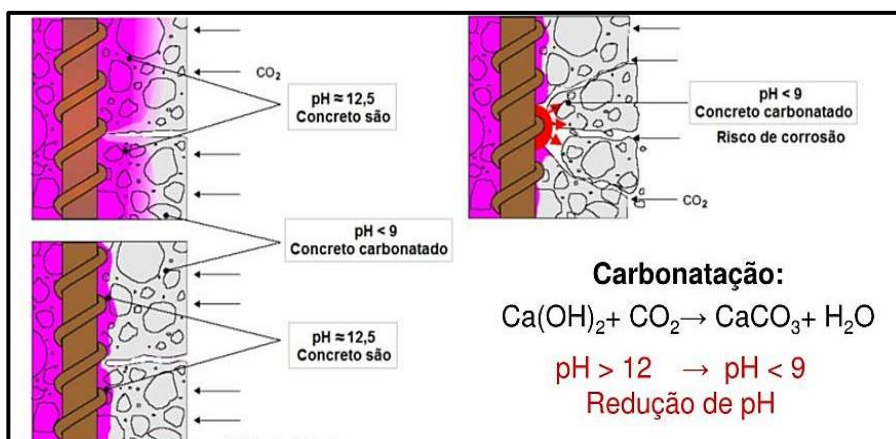
4.2 O Efeito da Carbonatação em Estruturas de Concreto.

A carbonatação é um dos mecanismos mais ocorrentes de deterioração do concreto armado. O dióxido de carbono que atua no ar adentra nos poros úmidos do concreto e reage com o hidróxido de cálcio e forma o carbonato de cálcio, daí o nome de carbonatação (BLOG ALDO WERLE, 2012). Para (CASCUDO, 1997) este processo é seguido pela redução da alcalinidade do concreto juntamente com várias etapas envolvendo diversas reações secundárias.

Segundo (KAZMIERCZAK, 1995) a carbonatação, que ocorre naturalmente em estruturas de concreto, é um fenômeno físico-químico que resulta em mudanças na microestrutura e na diminuição do pH do concreto. Esse fenômeno pode despassar o aço utilizado nas estruturas de concreto armado, permitindo a corrosão das armaduras, e por esse e outros motivos que são realizados diversos estudos sobre o tema (PAPADAKIS, 1991). Os danos causados são vários, como fissuração do concreto, destacamento do cobrimento do aço, redução da seção da armadura e perda de aderência desta com o concreto (TOKUDOME, 2009).

Abaixo, na figura 4, demonstra o processo do efeito da carbonatação do concreto desde a penetração do CO₂ nos poros do concreto armado, a perda do pH causando a fissuração da estrutura e o risco de corrosão do processo de despasse da armadura.

Figura 4: Processo do efeito da carbonatação e a despasse da estrutura do concreto armado.



Fonte: Freitas, 2005.

5. MATERIAIS E MÉTODOS.

Este artigo foi elaborado conforme a caracterização dos materiais pertinentes ao concreto de acordo com as premissas técnica no item 3.1, abaixo, do qual estão representadas no fluxograma. Os métodos de ensaio para caracterização foram seguidos conforme as especificações das normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), listadas no próximo item.

É importante ressaltar que os corpos de prova utilizados para esta pesquisa passaram por etapas exigidas por normas desde a dosagem de concreto segundo o método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) até o rompimento dos corpos de prova aos 7 e 28 dias. Etapas como moldagem, cura e ruptura também seguiam parâmetros técnicos.

Os materiais utilizados para compor a mistura do concreto foram:

a) Traço 1 sem adição de fibra natural.

- ✓ Cimento Portland
- ✓ Areia
- ✓ Brita 0
- ✓ Água

b) Traço 2 com adição de fibra natural.

- ✓ Cimento Portland
- ✓ Areia
- ✓ Brita 0
- ✓ Água
- ✓ Fibra de Juta

5.1 Premissas Técnicas.

As premissas técnicas são fundamentais para estruturar um evento, uma ocasião ou planejar um projeto.

Diante disso, para que esse artigo tivesse êxito, foi realizado o planejamento estratégico das análises dos materiais através de métodos de ensaios, atendendo as diretrizes das normas técnicas da ABNT, caracterizando, assim, os materiais pertinentes à confecção do concreto com adição das fibras vegetais de juta.

a) Caracterização do Agregado Graúdo;

A brita usada para compor o concreto estudado neste trabalho foi doada por uma concreteira da cidade de Manaus, optou-se por este material por se tratar de uma opção mais resistente entre os materiais caracterizados como agregados graúdos utilizados na cidade.

O material foi exposto ao ar livre para que pudesse ser retirado toda a umidade antes de ser levado às análises.

Os testes executados para compor as características necessárias do agregado graúdo foram:

- ✓ ABNT NBR NM 53: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água, 2003.
- ✓ ABNT NBR NM 45: Determinação da massa unitária, 2006.
- ✓ ABNT NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica, 2003

Tabela 1: Característica da Brita utilizada

Dimensão Máxima característica	9,5 mm
Massa específica	2770,0 Kg/m
Massa Unitária	1432,0 Km/m

Fonte: Autores, (2018).

b) Caracterização do Agregado Miúdo;

A areia utilizada também foi doada pela concreteira, passou pelo processo de secagem ao ar livre para a retirada total de umidade e pelos principais testes exigidos pelo método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland.

As NBRs utilizadas para compor a caracterização do agregado miúdo foram:

- ✓ ABNT NBR 9776: Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman, 1987.
- ✓ ABNT NBR NM 45: Determinação da massa unitária, 2006.
- ✓ ABNT NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica, 2003.
- ✓ ABNT NBR NM 49: Determinação de impurezas orgânicas, 2001.

Tabela 2: Característica da Areia utilizada

Massa específica	2620,0 Kg/m ³
Classificação	Areia Média
Módulo de finura	2,42

Fonte: Autores, (2018).

c) Caracterização do Cimento Portland;

O cimento utilizado foi o cimento CP I-S 40 da marca CEMEX muito utilizado na cidade por se tratar de um cimento com pouca adição de material pozolânico, tornando um cimento mais puro, tipo ideal para esta pesquisa.

- ✓ ABNT NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica, 2001.
- ✓ ABNT NBR 7215: Determinação da resistência à compressão, 1996.
- ✓ ABNT NBR NM 43: Determinação da pasta de consistência normal, 2003.
- ✓ ABNT NBR NM 65: Determinação do tempo de pega.

d) Caracterização das Fibras de Juta;

As fibras utilizadas foram coletadas na cidade de Manacapuru localizada a 84 Km de Manas. Após a coleta, o material foi lavado e passou por um processo de secagem que durou 48 horas. A figura 5 mostra a fibra de juta após a lavagem e a Figura 6 mostra a fibra já cortadas no tamanho 20 mm prontas para serem adicionadas ao traço de concreto.

Figura 5: Fibra de Juta no estado bruto.



Fonte: Autores, (2018).

Figura 6: Fibras de Juta cortadas no tamanho 20 mm preparadas para a adição no concreto.



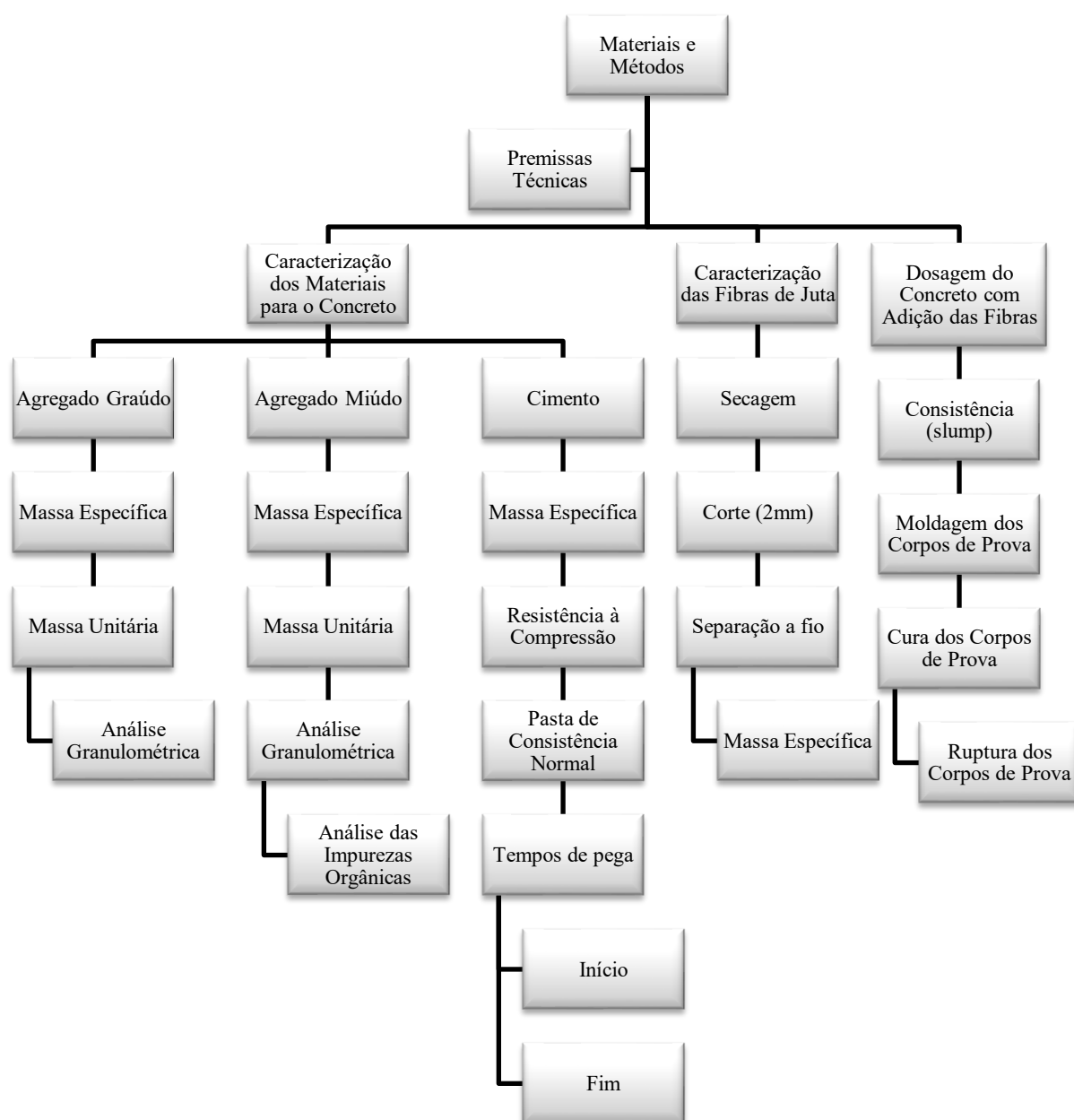
Fonte: Autores, (2018).

- ✓ Secagem.
- ✓ Corte.
- ✓ Separação a fio.
- ✓ ISSO 8962: Plastic – Polymer dispersions – Determination of density. 1987.

e) Dosagem do Concreto com Adição das Fibras de Juta.

- ✓ ABNT NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, 1998.
- ✓ ABNT NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova, 2016.
- ✓ ABNT NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, 1994.

Figura 7: Fluxograma das atividades realizadas para caracterização e confecção do concreto com adição das fibras de juta.



Fonte: Autores, (2018).

5.2 Mistura dos Materiais

A mistura dos materiais para a fabricação do concreto utilizado neste trabalho seguiu duas etapas distintas.

5.2.1 Concreto sem adição de fibra: Traço 0,0%

O primeiro traço executado foi misturado em uma betoneira colocando 50% do total da água pré-determinada pelo método de dosagem, seguindo da brita zero utilizada e da areia deixando homogeneizar por um minuto, em seguida foi adicionado o Cimento Portland deixando mais um minuto em processo de mistura da máquina e por último foi adicionado o restante da água verificando a consistência adquirida pelo material.

5.2.2 Concreto com adição de fibra: Traço 0,1%

O segundo traço foi feito basicamente seguindo as mesmas premissas do primeiro tendo em vista o cuidado com a adição das fibras para que não fossem criados bolos de fibra na hora da mistura.

Para que fosse evitado esse erro no método de mistura as fibras foram adicionadas por último e em pequenas quantidades tornando um traço mais homogêneo livre de bolões. O resultado pode ser observado após o processo de abertura das amostras.

5.3 Moldagem, cura e ruptura dos corpos de prova

5.3.1 Moldagem

No processo de moldagem e cura úmida dos corpos de prova, às premissas técnicas estabelecidas seguiram a NBR 5738:2015 - Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Atentando atenciosamente para o preparo dos moldes, controle geométrico de cada forma obtendo 20 centímetros de altura e 10 de diâmetro, adensamento, moldagem, manuseio.

5.3.2 Cura úmida

A cura úmida das amostras se iniciou após 24 horas onde as amostras foram retiradas das formas com cuidado, pesadas em uma balança de precisão explicadas na próxima etapa do item 5.3.3 e imersas em um tanque de água, permanecendo até a data estipulada de 28 dias.

5.3.3 Ensaio de absorção de água

O ensaio de absorção de água se dá com o aproveitamento da etapa de cura úmida onde os corpos de prova são pesados em uma balança de precisão 24 horas após a moldagem e depois é feito o mesmo processo minuto antes de serem levados à prensa hidráulica após os 28 dias para a verificação do resultado dos testes de ruptura.

5.3.4 Ruptura dos corpos de prova

As rupturas dos corpos-de-prova foram realizadas aos 28 dias com o auxílio da prensa elétrica (I3025-B) da marca CONTENCO, obedecendo a norma NBR 5739:2007 disponibilizada pelo laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário do Norte.

5.4 Preparação dos corpos de prova para a aplicação do Indicador Químico de Fenolftaleína.

Após o rompimento dos corpos de prova, os moldes foram preparados para receber o indicador químico, seguindo s seguintes etapas.

5.4.1 Abertura dos corpos de prova.

Cada molde de concreto foi aberto de maneira vertical para que a aplicação alcançasse o máximo possível do interior dos corpos de prova, tendo em vista que a própria prensa hidráulica já causa rachaduras nos moldes, cada CP possui uma característica diferente, como podemos observas nas figuras abaixo.

5.4.2 Processo de secagem

Devido ao teste de rompimento das amostras serem feitos logo em seguida da retirada do tanque proveniente a cura úmida, os corpos de prova após serem abertos ficam bastante encharcados e água, por isso é necessário que as amostras fiquem de três a quatro dias em repouso para que se tenha certeza da ausência de água no interior dos moldes. Esse processo pode ser mais acelerado se as amostras forem colocadas ao ar livre. Devido ao tempo chuvoso em nossa região para este trabalho as amostras foram secas em temperatura ambiente.

5.4.3 Limpeza no interior das amostras.

As amostras foram limpas com a ajuda de um pincel de cerdas macias para retirar todos os resíduos de pó soltos pelo concreto da superfície. Essa etapa é fundamental pois resquícios de pó impedem que o indicador penetre com eficácia na superfície do concreto. A falta de atenção na execução somados com a falta de experiência podem obstruir o resultado das análises neste processo.

5.4.4 Aplicação do Indicador Químico

A aplicação do produto foi feita com o auxílio de um spray aplicando 5ml do indicador químico de 1% de fenolftaleína nas superfícies dos CP's. As figuras 8 e 9 mostram alguns dos processos realizados.

Figura 8: Aplicação do indicador químico de 1% de fenolftaleína com o auxílio de um spray



com capacidade de 5ml.

Fonte: Autores, 2018.

Nesta etapa o cuidado é para que a quantidade despejada pelo spray seja o mais uniforme possível tendo em vista que o método será repetido em outras amostras, cada corpo de prova possui dois lados, então cada lado provavelmente terá comportamentos parecidos. É preciso se certificar também se toda a superfície do corpo de prova foi coberta pelo líquido expelido.

Nas amostras onde contém a adição da fibra como mostra a Figura 9 é necessária atenção para que o material não impeça que o líquido chegue a superfície das amostras com precisão, é possível se certificar que ambos os lados foram preenchidos com o líquido de forma parecidos minutos após a aplicação do produto, comparando a coloração das partes.

Figura 9: CP's após aplicação do indicador químico de 1% de fenolftaleína. Notam-se as fibras de juta no concreto endurecido.



Fonte: Autores, 2018.

Na figura a cima é possível verificar as fibras adicionadas ao concreto e como se comportaram graças ao processo de adensamento. Isto só foi possível devido ao cuidado na hora da mistura dos materiais na betoneira.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

6.1 Resultado do teste de absorção de água nos corpos de prova

Ambas as amostras passaram pelo teste de absorção de água dos corpos de prova, foram utilizados quatro corpos de prova sendo dois para a amostra 0,0% e dois para a amostra 0,1%.

A amostra 0,0% tiveram o CP10,0% com peso inicial de 3698,3 g e após os 28 dias o peso final foi de 3738,6 com a diferença de 40,3 g, obtendo uma taxa de porcentagem de 1,09% de absorção de água. O segundo corpo de prova CP20,0% teve um peso inicial de 3718,6 g e após os 28 dias teve o peso final em 3757,7 g obtendo a diferença de 39,1 g e obtendo a taxa de absorção de água em 1,05%. A média obtida pela amostra 0,0% foram de 1,07% de absorção de água.

Já na amostra 0,1% com a adição de fibra o primeiro corpo de prova CP10,1% teve o peso inicial de 3599,9 g e após os 28 dias de cura úmida o seu peso final foi de 3651,7 g chegando a diferença de 51,8 g obtendo a taxa de 1,44% de absorção, a segunda amostra CP20,1% teve o peso inicial de 3588,9 g e o peso final em 3638,8 g após os 28 dias, possuindo a diferença de 49,9 g, obtendo a taxa final de 1,39 % de absorção de água. A média final obtida por essa amostra foi de 1,41%.

Seguindo esses resultados apresentados pelas amostras 0,0% e 0,1% é possível observar que a diferença entre as amostras foi de 0,34% de absorção.

6.2 Resistência a compressão axial dos corpos e prova utilizados para aplicação do Indicador Químico

A seguir temos a Tabela 3 mostrando os resultados obtidos pelo teste de rompimento dos corpos de prova aos 28 dias em Kgf e também a média em MPa nos dois traços de concreto estudados nesta pesquisa denominados de 0,0% e 0,1% de adição da fibra natural.

Ambos os traços foram dosados para a resistência mínima de 25 MPa aos 28 dias de cura úmida, a diferença de 8 MPa se dá devido o coeficiente de variação adotado no traço 1 - 0,0%.

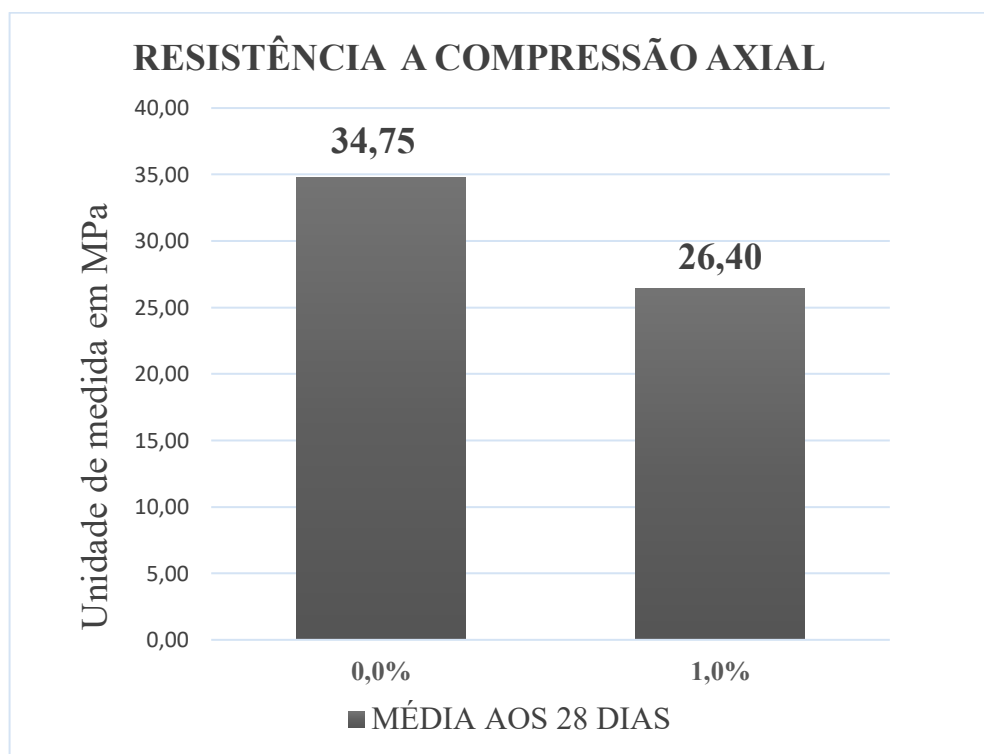
Tabela 3: Resultado em Kgf e MPa da resistência dos corpos de prova aos 28 dias.

Resistência à compressão AXIAL				
	0,0%		0,1%	
	(Kgf)	(MPa)	(Kgf)	(MPa)
CP 01	25110,0	31,98	19430,0	24,74
CP 02	29460,0	37,52	22030,0	28,05
	Média	34,75	Média	26,40

Fonte: Autores, 2018.

A figura 10 mostra um gráfico para melhor entendimento do resultado final da resistência média dos corpos de prova aos 28 dias, vale lembrar que a porcentagem de fibra de juta adicionada ao traço 2 é exclusivamente em função do cimento utilizado no traço 1 (0,0%).

Figura 10: Gráfico da média obtida pelos corpos de prova aos 28 dias do concreto endurecido.



Fonte: Autores, 2018.

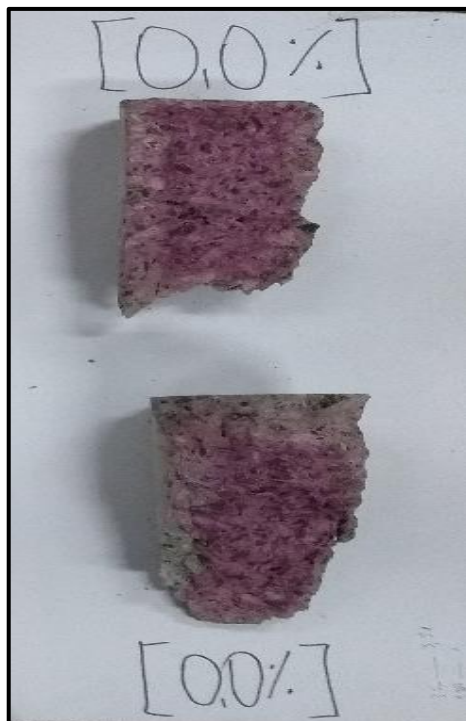
6.2 Medição do Indicador Químico de Fenolftaleína através da observação.

Segundo (HOLANDAA, 2016) profundidade da carbonatação foi acometida com fenolftaleína, um indicador químico de pH. Uma vez que a carbonatação reduz o pH da pasta de cimento. De acordo com a coloração da amostra atacada com fenolftaleína é possível determinar até onde a carbonatação ocorreu.

Os primeiros 28 dias de observação, tanto do concreto convencional quanto do concreto com a adição de 1% das fibras de Juta, não é notável a profundidade e/ ou dispersão da cor carmim nos corpos de prova. Aos 63, 91 e 120 dias de observação após a aplicação do indicador químico de 1% de fenolftaleína, nota-se que no corpo de prova de 1% de adição das fibras de juta é mais visível o efeito da carbonatação, ou seja, a cor carmim fica quase que imperceptível.

As figuras 11 e 12 mostram a comparação dos corpos de prova (concreto convencional e concreto com as fibras de juta) aos 120 dias.

Figura 11: Corpo de prova do concreto convencional (0,0% de fibras) exposto ao ar livre, observado aos 120 dias.



Fonte: Autores, 2018.

A figura 11 que mostra o concreto sem adição de fibra exposto aos 120 dias é notável a característica mais escura no centro do concreto, essa coloração distante da borda dos corpos de prova chegou há 20 mm de distância nos últimos dias de observação, durante toda a pesquisa só foi possível notar após três meses de observação.

Figura 12: Corpos de prova com 1% de adição das fibras de juta expostos ao ar livre, observados aos 120 dias.



Fonte: Autores, 2018.

Já na figura 12 acima o comportamento da amostra com adição de fibra ao final do período estudado de 120 dias se mostrou bastante diferente da primeira amostra, com uma coloração mais clara, mostrando assim as altas chances de ocorrer fissuras no decorrer da vida útil desse concreto, o que já era esperado pela pesquisa.

Nos últimos tempos se falou bastante em fibras naturais utilizadas como futuras opções de escolhas nos métodos construtivos e na substituição parcial dos agregados do concreto, mas a vida útil dele é longa e o processo de carbonatação é um estudo simples que pode dar uma melhor noção com relação a durabilidade do material.

7 CONCLUSÕES.

Conforme os resultados apresentados através dos inúmeros testes envolvendo esta pesquisa diante de meses de estudo e observação foram obtidas as seguintes conclusões:

O efeito da carbonatação no concreto convencional observado aos 120 dias também é notável em comparação com o dia da aplicação do indicador químico de 1% de fenolftaleína;

O efeito da carbonatação no concreto com adição de 1% das fibras de malva é bastante acelerado podendo ser prejudicial em uma estrutura de concreto armado.

A utilização do concreto com adição de 1% das fibras de juta é aplicável desde que a estrutura não seja exposta em condições externas.

Pode-se afirmar que o efeito da carbonatação foi maior e mais acelerado no concreto com adição da fibra de juta.

De acordo com o estudo a utilização de 1% da fibra natural na substituição pelo consumo total de cimento, não é viável para grandes estruturas.

Para futuras pesquisas é necessário refazer o estudo testando a mesma fibra em diferentes porcentagens de substituição para verificar se com a menor adição do material estudado também haverá um menor efeito no teste de carbonatação.

A etapa de limpeza dos corpos de prova com ajuda de um pincel é indispensável para que se tenha um bom resultado da análise, a não retirada do pó que fica na superfície após a ruptura do corpo de prova se transforma em uma espécie de camada impedindo a ação imediata do indicador químico. Uma de nossas amostras foi perdida devido a falta de cuidado nesse quesito.

Buscar novos métodos construtivos é fundamental para o progresso da construção civil principalmente quando se trata de métodos economicamente viável e ecologicamente correto, com isso o estudo da carbonização é fundamental para verificar o futuro da vida útil do concreto antes que seja lançado causando riscos tanto para a população quanto para o meio ambiente.

Levando em consideração que o processo de carbonatação é um fenômeno lento, para futuras pesquisas seria interessante que os testes perdurassem por um tempo maior de observação.

Para futuras pesquisas também seria interessante que seja moldado o dobro de corpos de prova, assim ficariam dois para romper e verificar a resistência a compressão dos traços em estudo e dois para partir ao meio com a ajuda de uma serra makita para obter uma superfície mais limpa e também 100% de aproveitamento da superfície interna dos moldes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

SILVA, E.; MARQUES, M.; JUNIOR, F. C. **Aplicação de fibra de coco em matrizes cimentícias**. Silva et. al., v.8, p. 155-1561, 2012. REGET/ UFSM.

AGOPYAN, V.; SAVASTANO JUNIOR, H. **Fibras vegetais como materiais de construção**. In: ISAIA, G. C. (editor) Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: Ibracon, 2007. v.2. p. 1721.

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. F029: **Determinação da profundidade de carbonatação de betões, argamassas e outros materiais cimentícios**. Disponível em: <<http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F029.pdf>> Acessado em Abril de 2018.

BLOG ALDO WERLE: **Carbonatação do concreto – Fenolftaleína**. 2012. Disponível em: <<http://www.aldowerle.blogspot.com.br/2012/09/carbonatacao-do-concreto-fenolftaleina.html>> Acessado em Abril de 2018.

CLIFTON, J. R. **Predicting the service life of concrete**. ACI Journal, v.90, N.6, 1993.

RODRIGUEZ, R. M. H. P. **Formação de óxidos nos revestimentos de alumínio depositados por aspersão térmica**. Curitiba-PR: UFP, 2003. Tese (doutorado) - Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Engenharia, na área de Materiais, setor Tecnologia. Universidade Federal do Paraná, 2003. 134p.

SAVASTANO JR., H. **Materiais a base de cimento reforçado com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. Tese (Livre docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

MAGALHÃES, M. S. **Caracterização Experimental de Compósitos Cimentícios Reforçados com Fibras de PVA: processo de fratura, propriedades térmicas,**

deformações diferidas e estabilidade térmica. 2010.219 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SILVA, A. C. **Estudo da durabilidade de compósitos reforçados com fibras de celulose.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2002. 128p.

AGOPYAN, V. **Vegetable fibre reinforced building materials – developments in Brazil and other Latin American countries.** In: Swamy, R. N., ed. Natural fibre reinforced cement and concrete. Glasgow, 1988.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas.** 1ª ed. Goiânia, GO: Editora UFG, 1997. 237p.

KAZMIERCZAK, C. S. **Contribuição para análise da eficiência de películas aplicadas sobre estruturas de concreto armado com o objetivo de proteção contra a carbonatação.** 1995. 168f. São Paulo. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

PAPADAKIS, V. G.; VAYENAS, C. G.; FARDIS, M. N. **Fundamental Modeling and Experimental Investigation of Concrete Carbonation.** ACI Materials Journal, v.88, n.4, p.363-373, 1991.

TOKUDOME, N. **Carbonatação do concreto.** 2009. Revista eletrônica. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/carbonataçãodoconcreto>> Acessado em Abril de 2018.

HOLANDA, J. O.; ABREU, J. R.; LAVOR, D. A. **Estudo de caso dos efeitos da carbonatação do concreto convencional produzido em três usinas distintas.** Itagam-journal, v.2, n.8, 2016.