

## Comparative physical, mechanical and chemical analysis of concrete produced with malva vegetable fiber

Antonio Ribeiro Maia Neto<sup>1</sup>, Murilo Ferreira dos Santos<sup>2</sup>, Darlei dos Anjos Lavor<sup>3</sup>, Evailton Arantes de Oliveira<sup>4</sup>, Daniel Damião Almeida de Almeida<sup>5</sup>, David Barbosa de Alencar<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Graduando – Centro Universitário do Norte (UNINORTE) - Manaus - AM.

<sup>2</sup>Pós-Graduando – Centro Universitário do Norte (UNINORTE) - Manaus - AM.

<sup>3</sup>Técnico de laboratório I – Centro Universitário do Norte (UNINORTE) - Manaus-AM.

<sup>4</sup>Doutorante, Program in Ecology and Environmental Health - Universidade Fernando Pessoa (UFP) - Porto-Portugal.

<sup>5</sup>Bacharel em Engenharia Civil – Centro Universitário do Norte (UNINORTE) - Manaus-AM.

<sup>6</sup>Dr em Engenharia Elétrica – Departamento de pesquisa - Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia (ITEGAM) - Manaus-AM.

Email: [engnetor@gmail.com](mailto:engnetor@gmail.com), [mullasantos@gmail.com](mailto:mullasantos@gmail.com), [darleilavor27@gmail.com](mailto:darleilavor27@gmail.com), [arantestop@hotmail.com](mailto:arantestop@hotmail.com), [ddaa.contato@gmail.com](mailto:ddaa.contato@gmail.com), [david002810@hotmail.com](mailto:david002810@hotmail.com)

### ABSTRACT

**Received:** July 29<sup>th</sup>, 2018.

**Accepted:** August 14<sup>th</sup>, 2018.

**Published:** September 30<sup>th</sup>, 2018.

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The search for new materials to aggregate or replace other concrete component materials has become a necessary race in terms of sustainability. The vegetable fibers is one of the options bringing more flexibility, durability and etc. to the product. The purpose of this paper is to compare the physical, mechanical and chemical properties of conventional concrete and the addition of mauve vegetable fibers to verify their viability as structural concrete. For this article traces of concrete with addition of 0.3 were determined; 0.5 and 11.0% of the mauve fibers. Material characterization analyzes were carried out, as well as concrete preparation, cure and rupture at 7, 28 and 63 days, as well as chemical analysis by observation of 7, 15, 31, 50 and 93 days after the application of the chemical indicator of phenolphthalein (1%) for the effects caused by the carbonation of the concrete.

**Keywords:** Concrete, Mauve Fibers, Carbonation.

### Análise comparativa do comportamento físico, mecânico e químico do concreto produzido com fibra vegetal de malva

#### RESUMO

A procura por novos materiais para agregar ou substituir outros materiais componentes do concreto, se tornou uma corrida necessária em questão de sustentabilidade. As fibras vegetais é uma das opções trazendo-se mais flexibilidade, durabilidade e etc., para o produto. O objetivo deste artigo é comparar as propriedades físicas, mecânicas e química do concreto convencional e do concreto com adição das fibras vegetais de malva para verificar a sua viabilidade como concreto estrutural. Para este artigo foram determinados traços de concreto com adição de 0,3; 0,5 e 1,0% das fibras de malva. Foram realizados análises de caracterização dos materiais, assim como confecção dos concretos, cura e ruptura aos 7, 28 e 63 dias, assim como a análise química através da observação de 7, 15, 31, 50 e 93 dias após a aplicação do indicador químico de fenolftaleína (1%) para os efeitos causados pela carbonatação do concreto.

**Palavras-chave:** Concreto, Fibras de malva, Carbonatação.

#### I INTRODUÇÃO

As fibras para concreto vêm aos poucos ocupando um espaço significativo como material componente. Assim como os aditivos líquidos, tudo indica que sua utilização será quase obrigatória em poucos anos [1].

No passado, as fibras para concreto eram utilizadas apenas para evitar a retração ou reforçar a resistência mecânica. Mas, atualmente diversas aplicações foram incorporadas. Podem ser usadas praticamente em qualquer tipo de concreto, inclusive combinadas, para atender simultaneamente as finalidades diferentes. Hoje no mercado encontramos diversos tipos de fibras:

polipropileno, aço, vidro, nylon, poliéster, carbono, sintética, celulose, amianto, sisal e fibras vegetais [1].

As fibras naturais vegetais são uma opção como reforço de matrizes cimentícias, principalmente após a proibição dos produtos de cimento reforçados com fibras de amianto, devido à comprovação de riscos à saúde [2].

As principais vantagens da utilização dos concretos reforçados com fibras vegetais, (CRFV), advêm do baixo custo de obtenção e de suas características adequadas ao emprego como reforço de materiais frágeis [3-4]. Outro fator importante da utilização dos CRFV se deve ao fato de serem recursos naturais renováveis, e, portanto, não degrada o meio ambiente [5].

[6] afirmam que os compósitos cimentícios reforçados com fibras naturais vegetais possuem diversas funcionalidades tais como placas planas e corrugadas para elemento de cobertura, painéis divisórios, revestimentos de pisos, paredes e forros entre outros. Porém, para cada nova tecnologia desenvolvida é necessária, a caracterização, tanto física como mecânica, destes novos materiais.

Devido a essa grande utilização das fibras naturais vegetais, este artigo dispõe das análises de caracterização dos materiais componentes do concreto, assim como análises de resistência física e mecânica, além de um contribuinte importante, que é a análise química através do indicador químico de 1% de fenoltaleína, também conhecido como carbonatação, evitando assim, posteriormente, determinadas patologias na edificação.

## II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### II.1 FIBRAS VEGETAIS E SUAS UTILIDADES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A utilização de fibras naturais em elementos construtivos pode contribuir para diminuir a extração de recursos naturais necessários para a produção dos compósitos cimentícios [7].

[8] A fibra de coco provou ser um eficiente reforço para concreto polimérico, aumentando sua tenacidade e resistência à flexão.

As fibras das espécies curauá e abacaxi podem substituir a fibra de vidro, pois apresentam resistência mecânica similar e ainda têm as vantagens de serem biodegradáveis, cerca de dez vezes mais baratas que a fibra de vidro e, também, menos abrasivas aos equipamentos de processamento [9].

Outro material de origem vegetal que pode ser adicionado às fibras vegetais para a formação de chapas é a resina de mamona [10].



Figura 1: Tijolo confeccionado com fibras vegetais e argila, usado na construção de casas.

Fonte: Alvim – UESC, (2012).

## II.2 FIBRAS DE MALVA EM MATRIZES CIMENTÍCIAS

Matriz cimentícia é o material formado pela mistura de cimento, agregado miúdo e água, a mistura desses materiais forma uma pasta de consistência plástica, que podem ser moldadas em fôrmas. O endurecimento desta pasta deve-se as reações químicas entre o cimento e a água, através da hidratação do cimento, aumentando a resistência à compressão com o passar do tempo [11].

Ao se adicionar fibras na matriz cimentícia, verifica-se, nas suas propriedades, mudanças consideráveis, como aumento da resistência. Os efeitos da adição das fibras são mais evidentes após a fissuração da matriz. Depois desse estágio, percebe-se que o compósito apresenta um comportamento mais rígido ao invés da ruptura brusca que ocorreria na ausência dessas fibras [12].

## III MATERIAIS E MÉTODOS

### III.1 COLETA E PREPARAÇÃO DAS FIBRAS DE MALVA

As fibras de malva usada para o desenvolvimento deste artigo foi coletada no município de Manacapuru, localizado a 84 km da cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas. O material foi coletado in loco as margens do Rio Solimões por um morador da cidade e doado para que esta pesquisa se desenvolvesse.

Após o recebimento das fibras, o material foi lavado e passado pelo processo de secagem ao sol para a retirada de 100% da umidade, o que perdurou por 3 dias exposto até chegar ao ponto ideal para a utilização. A figura 2, abaixo, mostra os processos realizados; as fibras de malva bruta retirada do sol, as fibras cortadas a 2,0 cm de comprimento e as fibras separadas a fio.



Figura 2: Preparação das fibras de malva para confecção dos concretos.

Fonte: Autores, (2018).

O processo se dividiu em três etapas: a primeira etapa foi à seleção do material para eliminar os resíduos que pudessem interferir no resultado das amostras. A segunda etapa foi realizada com o auxílio de uma tesoura e de uma régua de 30 cm, onde a fibra foi cortada em pedaços com intervalo de 20 mm e separados do fardo bruto. A etapa final, etapa três, é o mais demorado da fabricação da fibra; o processo de desmanche, onde minuciosamente os fios das fibras são desprendidos, para obter um aspecto parecido com as fibras sintéticas já produzidas no mercado.



Figura 3: Fibras de malva, medidas e separadas minuciosamente para caracterização do material.

Fonte: Autores, (2018).

### III.2 CARACTERÍSTICAS DO CIMENTO

Na utilização do cimento, optou-se pelo modelo CP I-S-40 da marca CEMEX (figura 4). A opção por esse tipo de cimento é que segundo a norma da ABNT NBR 5732 (1991), os cimentos CP I-S titulados como comum possuem de 95% a 99% de clínquer com adição de gesso e apenas 1% a 5% de uma das adições estabelecidas em norma que no caso desta marca é o material pozzolânico tornando-se assim o cimento mais puro e adequado para esta pesquisa e encontrado na cidade de Manaus.



Figura 4: Cimento selecionado conforme as especificações da norma técnica NBR 5732.

Fonte: Autores, (2018).

Para analisar a qualidade do cimento, foram utilizados os seguintes procedimentos:

- Determinação da massa específica; NBR 16605 – Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica, de 2017;

- Determinação da Finura; NBR 11579 - Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75  $\mu\text{m}$  (nº 200), de 2012;
- Determinação da pasta de consistência normal; NBR 16606 - Determinação da pasta de consistência normal, de 2017;
- Determinação dos tempos de pega; NBR 16607 - Cimento Portland - Determinação do tempo de pega, de 2017.

### III.3 AGREGADOS: MIÚDO E GRAÚDO

Todos os procedimentos usados para os testes de caracterização e qualidade dos agregados miúdos e graúdos destinados à produção dos concretos de cimento Portland foram fundamentados conforme as normas NBR 7211/ 2005 e 7211/ 2009 - Agregados para concreto – Especificação. A areia usada foi doada pela empresa Polimix Concreto Ltda. A brita foi comprada em uma loja de materiais de construção no centro da cidade de Manaus, abaixo segue a relação dos ensaios realizados.

- NBR NM 248: 2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica;
- NBR NM 45: 2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios;
- NBR NM 46: 2003 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 $\mu\text{m}$ , por lavagem;
- NBR NM 52: 2009 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.
- NBR NM 53: 2009 - Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.



Figura 5: Agregados: à direita agregado miúdo (areia fina) e a esquerda agregado graúdo (brita 1 contínua), dispostos para comparação de tamanho entre si.

Fonte: Autores, (2018).

### III.4 MOLDAGEM, CURA E RUPTURA DOS CORPOS DE PROVA

O processo de moldagem e cura dos corpos-de-prova atende às premissas técnicas estabelecidas na NBR 5738: 2015 - Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. A precaução para o preparo dos moldes; controle geométrico e dimensão; adensamento; moldagem; manuseio; transporte e cura inicial são essenciais.





Figura 6: Materiais disposto para a confecção dos corpos de prova de concreto tanto convencional quanto com adição das porcentagens de 0,3%, 0,5%, 1,0% das fibras de malva.

Fonte: Autores, (2018).

Nota: Optou-se por não usar aditivos para obter uma melhor segurança, já que o uso poderia ter reações no contato com as fibras que pudessem ludibriar os resultados.

A ruptura dos corpos-de-prova foi realizada com o auxílio da prensa elétrica digital I3025-B da marca Contenco, obedecendo à norma NBR 5739:2007 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.



Figura 7: Corpo de prova no processo de ruptura através da prensa hidráulica elétrica.

Fonte: Autores, (2018).

### III.5 ANÁLISE QUÍMICA ATRAVÉS DO INDICADOR QUÍMICO DE FENOLFTALEÍNA

A carbonatação em concretos de cimento Portland é um fenômeno químico que ocorre no interior das armaduras de concreto armado através da penetração do  $\text{CO}_2$  por entre os poros. O efeito que altera a proteção da película passivadora do metal no decorrer da ação de íons cloretos diminui o pH e a alcalinidade do concreto, reduzindo a solidez da película protetora e consequentemente removendo-a, causando a corrosão da estrutura de concreto armado.

A análise da carbonatação foi realizada através da observação do indicador químico de fenolftaleína (1%) aplicado com o auxílio de um spray no corpo de prova de concreto

rompido aos 28 dias com as determinadas porcentagens de adição das fibras de malva (0,0; 0,3; 0,5 e 1,0%). Os dias de observação e medição da coloração carmim nos corpos de provas foram contados em 7, 15, 31, 50 e 93 dias após a aplicação do indicador químico de fenolftaleína.

As figuras 8, 9 e 10 mostram alguns dos processos realizados: antes da aplicação, durante a aplicação e após a aplicação do indicador químico de fenolftaleína nos corpos de prova.



Figura 8: Limpeza dos corpos de prova de concreto com o auxílio de um pincel de cerdas macias com intuito de eliminar os resíduos deixados através da ruptura.

Fonte: Autores, (2018).



Figura 9: Aplicação do indicador químico de fenolftaleína nos corpos de prova de concreto com o auxílio do spray.

Fonte: Autores, (2018).



Figura 10: Corpos de prova de concreto exposto após aplicação do indicador químico de fenolftaleína, com ênfase das porcentagens das fibras de malva.

Fonte: Autores, (2018).

## IV RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Os resultados apresentados nesse item correspondem as análises dos concretos endurecidos confeccionados com as porcentagens já citadas nos itens anteriores com a adição das fibras de malva.

## IV.1 TRAÇO UNITÁRIO CONFORME AS ANÁLISES REALIZADAS

O traço unitário confeccionado através das caracterizações dos materiais é especificamente sem adições de aditivos ou outro material. A partir desse traço unitário foram determinadas as porcentagens de adição das fibras de malva. O alto consumo de cimento foi proposital para que se obtivesse uma maior segurança na substituição da parte do material pelas fibras de malva.

A Tabela 1, abaixo, mostra a determinação do traço completa.

Tabela 1: As informações do traço unitário confeccionado através da caracterização dos materiais.

CONCRETO	
FcK (MPa)	25
Sd (MPa) - Classe C10 a C80	4
Cimento	
Resistência normal aos 28 dias (MPa)	40
Massa específica (Kg/m <sup>3</sup> )	3101
Agregado miúdo	
Módulo de finura	2,42
Massa específica Areia (Kg/m <sup>3</sup> )	2620,0
Massa unitária Areia (Kg/m <sup>3</sup> )	1555,0
Agregado graúdo	
Dimensão Máxima característica (mm)	9,5
Massa específica Brita (Kg/m <sup>3</sup> )	2770,0
Massa unitária Brita (Kg/m <sup>3</sup> )	1432,0
Dados complementares	
Fator A/C para 31 Mpa	0,50
Abatimento do concreto - 60 a 80 (TABELA)	225

Fonte: Autores, (2018).

## IV.2 CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES DE MOLDAGEM E RUPTURA DOS CORPOS DE PROVA

A Tabela 2 mostra as datas de moldagem que cada traço foi moldado e as idades de ruptura após a cura dos corpos de prova.

Tabela 2: Cronograma de moldagem e ruptura dos corpos de prova para cada traço determinado.

CRONOGRAMA DE DATAS DA MOLDAGEM AO ROMPIMENTO					
TRAÇOS	DATA DE MOLDAGEM	DESMOLDAGEM E SUBMERSÃO	ROMPIMENTO AOS 07 DIAS	ROMPIMENTO AOS 28 DIAS	ROMPIMENTO AOS 63 DIAS
T1.CP0-0,0%	06/03/2018	07/03/2018	14/03/2018	04/04/2018	09/05/2018
T2.CP1-0,3%	07/03/2018	08/03/2018	15/03/2018	05/04/2018	10/05/2018
T3.CP2-0,5%	12/03/2018	13/03/2018	20/03/2018	10/04/2018	15/05/2018
T4.CP3-1,0%	13/03/2018	14/03/2018	21/03/2018	11/04/2018	16/05/2018

Fonte: Autores, (2018).

## IV.3 ANÁLISE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DOS CORPOS DE PROVA

A análise de absorção de água foi um complemento das análises de caracterização medidas a cada traço de concreto conforme as porcentagens das fibras de malva e das idades de ruptura dos corpos de prova.

Tabela 3: Análise da absorção de água nos corpos de prova detalhando a média do teor de absorção para cada traço confeccionado.

ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA					
Traços	Massa Seca (g)	Massa Úmida (g)	Absorção (g)	Teor de Absorção	MÉDIA
CP 01 - 0,0 %	3733,0	3771,8	38,8	1,04	1,10
CP 02 - 0,0 %	3731,4	3774,9	43,5	1,17	
CP 03 - 0,0 %	3717,8	3761,2	43,4	1,17	
CP 04 - 0,0 %	3720,4	3762,6	42,2	1,13	1,15
CP 05 - 0,0 %	3701,2	3749,7	48,5	1,31	
CP 06 - 0,0 %	3738,7	3782,9	44,2	1,18	1,25
CP 11 - 0,3 %	3751,3	3792,5	41,2	1,10	
CP 12 - 0,3 %	3678,3	3717,9	39,6	1,08	
CP 13 - 0,3 %	3718,6	3766,5	47,9	1,29	1,26
CP 14 - 0,3 %	3722,0	3767,8	45,8	1,23	
CP 15 - 0,3 %	3717,7	3774,1	56,4	1,52	1,55
CP 16 - 0,3 %	3746,3	3805,8	59,5	1,59	
CP 21 - 0,5 %	3723,4	3764,2	40,8	1,10	
CP 22 - 0,5 %	3704,2	3745,0	40,8	1,10	
CP 23 - 0,5 %	3669,1	3724,4	55,3	1,51	1,39
CP 24 - 0,5 %	3712,3	3759,3	47,0	1,27	
CP 25 - 0,5 %	3743,1	3808,5	65,4	1,75	1,75
CP 26 - 0,5 %	3723,7	3789,2	65,5	1,76	
CP 31 - 1,0 %	3671,8	3716,8	45,0	1,23	1,23
CP 32 - 1,0 %	3660,7	3706,1	45,4	1,24	
CP 33 - 1,0 %	3662,2	3708,4	46,2	1,26	1,28
CP 34 - 1,0 %	3599,9	3646,5	46,6	1,29	
CP 35 - 1,0 %	3662,6	3709,8	47,2	1,29	
CP 36 - 1,0 %	3658,9	3710,4	51,5	1,41	1,35

Fonte: Autores, (2018).

Figura 11: Gráfico da análise da média de absorção de água nos corpos de prova de concreto conforme o período de cura.



Fonte: Autores, (2018).



#### IV.4 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS CORPOS DE PROVA

A resistência à compressão é dada através da ruptura dos corpos de prova conforme as idades estabelecidas. O resultado final da resistência mecânica é determinada em MPa.

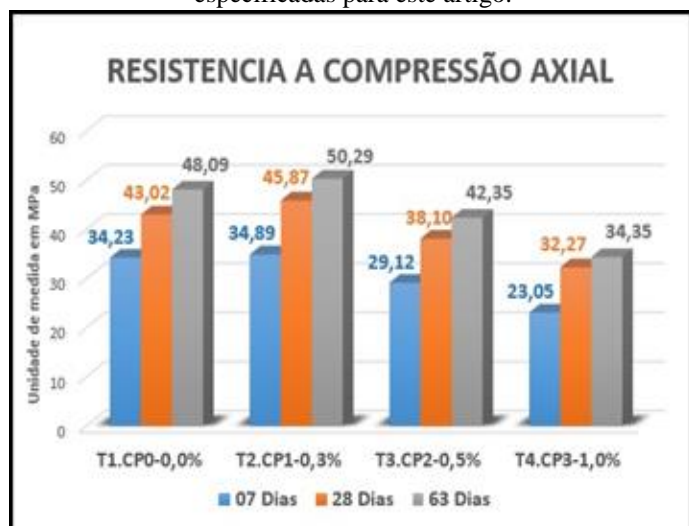
A Tabela 4 demonstra a ruptura de cada traço de concreto confeccionado, a carga aplicada em (kgf) e a resistência mecânica em MPa de acordo com cada idade de cura dos corpos de prova; e a figura 16, a demonstração em blocos da resistência à compressão para cada traço de concreto.

Tabela 4: Resistência à compressão dos traços de concreto confeccionados, em detalhe as datas de ruptura conforme a cura especificada para este artigo.

Resistência à compressão AXIAL									
Traço	Carga de ruptura (Kgf)			Resistência à compressão (Mpa)			MED. 07	MED. 28	MED. 63
	07 dias	28 dias	63 dias	07 dias	28 dias	63 dias	dias	dias	dias
							(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)
T1.CPs - 0,0%	25930,0	31110,0	38550,0	33,02	39,61	49,08	34,23	43,02	48,09
	27840,0	36470,0	36990,0	35,45	46,44	47,10			
T2.CPs - 0,3%	28850,0	36280,0	36470,0	36,73	46,19	46,44	34,89	45,87	50,29
	25960,0	35770,0	40170,0	33,05	45,54	54,15			
T3.CPs - 0,5%	23490,0	26810,0	35370,0	29,91	34,14	45,03	29,12	38,10	42,35
	22250,0	33030,0	31150,0	28,33	42,06	39,66			
T4.CPs - 1,0%	18290,0	23440,0	25570,0	23,29	28,85	32,56	23,05	32,27	34,35
	17920,0	28030,0	28380,0	22,82	35,69	36,13			

Fonte: Autores, (2018).

Figura 12: Gráfico da resistência à compressão com a média em Mpa para cada traço confeccionado e rompido nas idades especificadas para este artigo.



Fonte: Autores, 2018.

#### IV.5 ANÁLISE DA CARBONATAÇÃO DOS CONCRETOS

A análise da carbonatação foi realizada através da observação entre os dias 7, 15, 31, 50 e 93. Com o auxílio de uma régua metálica foi medido, hipoteticamente, a profundidade do indicador químico de fenolftaleína (1%). Os corpos de prova foram expostos após a aplicação do indicador químico dentro do próprio laboratório de materiais de construção e sem o processo

de aceleração da carbonatação, como visto em muitos outros artigos.

A análise de observação é dada através da intensidade da cor carmim nos corpos de prova de concreto. Quanto menos intenso for à coloração mais carbonatado o concreto se encontra.

As figuras 13, 14 e 15 mostram alguns corpos de prova com o processo da carbonatação e a medição da profundidade especificando o traço.

Figura 13: Corpo de prova com 0,0 % das fibras de malva, observado aos 50 dias após aplicação do indicador químico de fenolftaleína. Nota-se que a coloração centraliza-se no corpo de prova tornando-a mais intensa; área não carbonatada.



Fonte: Autores, 2018.

Figura 14: Corpo de prova com 0,3 % de adição das fibras de malva, observado aos 50 dias após aplicação do indicador químico de fenolftaleína. Observa-se, a área em destaque, que o processo de carbonatação está mais acelerado, devido à cor carmim está menos intensa que na figura 17, acima.



Fonte: Autores, 2018.

Figura 15: Corpos de prova expostos e analisados aos 93 dias de observação após aplicação do indicador químico de fenolftaleína.



Fonte: Autores, 2018.

## V CONCLUSÃO

Diante das análises realizadas para que se obtivessem os resultados, conclui-se que:

Análise do traço unitário de concreto: todos os materiais selecionados minuciosamente foram adequados e utilizados para a confecção desse traço, tendo apenas dois empecilhos; o agregado miúdo (areia) por ser um material fino (típico da região) teve que ser adequado para que não consumisse muita água e consequentemente mantivesse a resistência mecânica determinada e, as fibras de malva poderiam ter uma caracterização mais técnica, mas para essa primeira etapa desta pesquisa, foi o suficiente para agregar ao traço unitário de concreto;

Cronograma das atividades de moldagem e ruptura: todo o cronograma foi cumprindo conforme o esperado, sem imprevistos e sem atrasos;

Análise da absorção de água dos corpos de prova: Em comparação com o traço convencional, afirma-se que os traços de concreto com a substituição das fibras de malva de 0,3% e 0,5% têm o teor de absorção maior que os traços de 0,0% e 1,0% com uma diferença de mais ou menos 0,8%;

Análise da resistência à compressão: Para o  $F_{ck}$  determinado de 25 MPa, aos 28 dias, todos os traços confeccionados foram aprovados e, o traço de 0,3% teve um desempenho mais do que esperado com a média de 45,8 MPa, assim como a análise aos 63 dias de 50,2 MPa. Pode-se afirmar que a porcentagem mais adequada para utilização é o traço de 0,3%;

Análise da carbonatação: Assim como a resistência à compressão, tirando o traço de 0,0% de substituição das fibras de malva, o traço de 0,3% foi o que menos sofreu o processo da carbonatação, mesmo o consumo de cimento ter sido alto e proposital.

Logo, a utilização das fibras de malva, principalmente a do traço de 0,3%, é viável para o concreto de 25 MPa.

## VI AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores Evailton Arantes, Daniel de Almeida, David de Alencar e em especial Murilo dos Santos e ao técnico de laboratório Darlei Lavor, e agradeço também ao Centro Universitário do Norte (UNINORTE).

## VII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Aoki, José. **Fibras para concreto**. Fibras de diversos tipos e composições ajudam a reforçar características importantes para o concreto. 2010. [Acessado em: 01 de abril de 2018]. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/fibras-para-concreto/>

[2] TORGAL, F. P.; JALALI, S. **Cementitious building materials reinforced with vegetable fibres**: A review. *Construction and Building Materials*, www.elsevier.com/locate/conbuildmat, Agosto 2010.

[3] BOUASKER, Marwen et al. **Physical Characterization of Natural Straw Fibers as Aggregates for Construction Materials Applications**. *Materials*, v. 7, n.4, p.3034-3048, 2014.

[4] DE CARVALHO, Mariana; CUNHA, Jesiel. **Análise numérica do comportamento estrutural de lajes de concreto reforçadas com compostos epóxi/ fibras vegetais**. *Horizonte Científico*, v.6, n.2, 2012.

[5] DE LIMA, Bárbara Silveira et al. **Influência da fibra de curauá em compósitos cimentícios: verificação da resistência à flexão e da resistência à compressão**. *Revista de Iniciação Científica da ULBRA*, v.1, n.9, 2013.

[6] OLIVEIRA, M. S., 2017. **Desenvolvimento e Caracterização de Telhas Cimentícias Reforçadas com Tecido de Fibras Vegetais da Amazônia**. Dissertação de Mestrado. PPGE/UFAM, Amazonas.

[7] SILVA, E.; MARQUES, M. L.; JUNIOR, C. F.; VELASCO, F. **Análise técnica para o reaproveitamento da fibra de coco na construção civil**. *Ambiência Guarapuava (PR)*. v.11 n.3 p.669-683. 2015.

[8] ROCHA, J. S.; PONTES, C. L. F.; CÂMARA, V. M. O.; RAMOS, K. B. L.; BESSA, T. M. F. **Aproveitamento de fibras vegetais para a construção sustentável**. 2011. Brasília, DF. v.6 n.2 p.42-47. 2013.

[9] SOARES, J.M.; COLZATO, M. A. **Contribuição da química para a sociedade: tipos de próteses e suas aplicações**. *Revista Eletrônica de Ciências*, n. 32, abr. 2006.

[10] REIS, J. M. L. **Fracture and flexural characterization of natural fiber-reinforced polymer concrete**. *Construction and Building Materials*, v.20, p. 6733-678, 2006.

[11] MELO FILHO, J. A., 2005, **Desenvolvimento e Caracterização de Laminados Cimentícios Reforçados com Fibras Longas de Sisal**, Dissertação de Mestrado, PEC/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.