

ARGAMASSA COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE SISAL

BERALDO, Antonio Ludovico (1); VIEIRA, Flávia de Freitas (2)

- (1) Professor Doutor, Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP. Cx. Postal 6011. Campinas-SP. CEP 13083-970. beraldo@agr.unicamp.br.
- (2) Técnica em Edificações, Laboratório de Materiais e Estruturas, Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP. flavia@agr.unicamp.br.

Palavras chave: cimento Portland, fibras de sisal, ultra-som, tratamentos químicos

Keywords: Portland cement, sisal fibers, ultrasonic, treatments

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal analisar o efeito de três teores de adições de fibras de sisal (1,80%, 3,60% e 10,80%) em argamassa de cimento e areia. As fibras, de comprimento inferior a 1,5 cm, foram submetidas a diversos tratamentos visando melhorar sua compatibilidade química com o cimento Portland (CP II-E-32). Além do ensaio de compressão simples, avaliou-se o comportamento da velocidade de propagação de onda ultra-sônica através dos corpos-de-prova. Os resultados obtidos indicaram que a velocidade de propagação tendeu a se estabilizar em torno de 7 dias após a fabricação dos corpos-de-prova. As fibras de sisal mostraram-se inibitórias à pega do cimento apenas quando foram empregadas na dosagem mais elevada (10,80%). Para as demais dosagens (1,80% e 3,60%) não se observou modificações sensíveis nas características da argamassa.

ABSTRACT

The main goal of this work was to analyse the effect of three sisal fibbers contents (1.8%, 3.6% and 10.8%) on cement mortar. Fibbers smaller than 1.5 cm were submitted to several treatments aiming to enhance its chemical compatibility with cement (Brazilian type CP II-E-32). Besides compression test, the ultrasonic velocity behaviour across the samples was evaluated. Ultrasonic signal seemed to remain constant 7 days after samples manufacturing. Sisal fibbers were inhibitory to cement setting only for the

higher content (10.8%). In the other cases it was not observed sensible modification in mortar characteristics.

1. INTRODUÇÃO

Países em desenvolvimento vêm utilizando há muito tempo fibras vegetais para modificar o comportamento de matrizes cimentíceas, visando o seu aproveitamento na produção de chapas e placas, principalmente para uso como material de cobertura ou na construção de moradias de baixo custo (TEZUKA, 1989). O autor relatou trabalhos desenvolvidos na África nos quais se utilizavam fibras de sisal para a fabricação de tubos e tanques de armazenamento, dentre outros.

No Brasil existe uma grande oferta de suprimento de fibras naturais. O sisal e a fibra de coco apresentam os maiores potenciais de utilização, quer seja na obtenção direta dessas matérias-primas, ou no aproveitamento de resíduos gerados durante um processamento industrial.

Sob o ponto de vista anatômico as fibras de sisal se inserem na categoria “estruturais” pois conseguem fornecer sustentação e rigidez à planta. Constituem-se de um agrupamento de numerosas e pequenas células individualizadas (fibrilas), conectadas entre si devido à ação da pectina. As fibras distribuem-se ao longo da direção longitudinal ao comprimento da folha. Seu comprimento é função da posição ocupada na folha ou do método utilizado para a sua extração (MEDINA, 1959). O autor apresentou a composição química do sisal: celulose (65,8%), hemicelulose (12,0%), pectina (0,8%), lignina (9,9%), substâncias solúveis em água (1,2%) e substâncias graxas e ceras (0,3%).

O conhecimento da constituição química de uma determinada matéria-prima é de grande importância para que se possa avaliar adequadamente seu comportamento quando se efetua sua mistura com aglomerantes minerais. Na maior parte dos casos, as matérias-primas de origem vegetal são inibitórias à pega e à hidratação do aglomerante e, geralmente, pode-se atribuir esse comportamento indesejável à presença das substâncias solúveis em água.

BERALDO (1997) relatou diferentes formas de avaliar a compatibilidade química entre a biomassa vegetal e o cimento Portland. Dentre elas pode-se citar: o teste da curva de hidratação e o comportamento do compósito quando submetido a ensaios destrutivos ou não destrutivos (END). Nesse último caso pode-se avaliar a evolução da velocidade de propagação de onda ultra-sônica através do material; em determinadas situações, por não haver o surgimento de uma estrutura mínima de ligação entre os constituintes, simplesmente não se observa o sinal acústico (BERALDO, 1999).

Embora seja inegável o potencial apresentado pelas fibras vegetais no reforço de matrizes frágeis, cabe ressaltar que uma das maiores limitações à disseminação de uso em componentes construtivos, principalmente para materiais de cobertura, refere-se à sua limitada vida útil (CARVALHO FILHO e AGOPYAN, 1985). O ataque em meio alcalino sofrido pelas fibras vegetais torna-se o maior inconveniente para que suas propriedades originais e a de seus compósitos sejam mantidas. JOHN e AGOPYAN (1993) relataram as possibilidades de se efetuar um tratamento preliminar nas fibras vegetais e/ou na matriz, de forma que se possa aumentar a durabilidade do compósito.

2. OBJETIVOS

Neste trabalho buscou-se avaliar o comportamento da argamassa de areia e cimento, modificada pela adição de fibras de sisal. Ensaio de compressão simples e o uso do método da velocidade de propagação da onda ultra-sônica foram adotados para caracterizar o comportamento desse compósito. Nesta etapa preliminar do trabalho não foram avaliados o efeito da adição das fibras de sisal na tenacidade do compósito e nem a sua durabilidade.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Granulometria

A curva granulométrica da areia (Figura 8 – Anexo) foi determinada de acordo com a NBR 7217 (1987), obtendo-se módulo de finura igual a 3,0 (NBR 7211-1983).

3.2 Tamanho das fibras de sisal

O sisal foi fornecido pela empresa Lwarcel, situada em Lençóis Paulista - SP. O material original foi fornecido em feixes com cerca de 1 m de comprimento. A seguir, procedeu-se ao corte desse material com o auxílio de uma lâmina metálica. Selecionaram-se fibras de comprimento da ordem de 1,5 cm, devido às limitações no tamanho das fôrmas a serem utilizadas na fabricação dos corpos-de-prova.

3.3 Tratamentos aplicados às fibras de sisal

Testes preliminares indicaram que o sisal natural é inibitório à pega do cimento. Dentre os possíveis tratamentos prescritos por BERALDO (1997) foram adotados: lavagem em água fria (imersão por 24 h); lavagem em água quente (2 h a 80 °C); imersão em solução a 5% de cal (imersão por 24 h); imersão em solução a 5% de soda cáustica (imersão por 24 h). Em seguida, as fibras foram colocadas para secar ao sol.

3.4 Proporção utilizada

Adotou-se para a argamassa a proporção em massa de 1:1,5, (cimento: areia). A adição das fibras na argamassa foi feita em três porcentagens: 1,80%, 3,60% e 10,80%, em relação à massa de cimento. A relação a/c correspondente à cada adição de fibras foi de 0,4 para os teores de 1,80% e 3,60% e de 0,48, para o teor de 10,80% de fibras.

3.5 Confeção dos corpos-de-prova

Foram moldados três corpos-de-prova cilíndricos (5 cm de diâmetro e 10 cm, de altura) de acordo com a NBR 7215) para cada tipo de tratamento efetuado e cada percentagem de fibra. Também foram confeccionados corpos-de-prova utilizando a fibra de sisal em sua condição natural e corpos-de-prova sem a adição de fibra (testemunha).

3.6 Cura

Os corpos-de-prova foram desmoldados 24 h após a fabricação. A seguir permaneceram durante 7 dias em câmara úmida, seguido de 21 dias de colocação ao ar livre.

3.7 Ensaio não destrutivo – END

Buscando-se obter uma correlação entre a resistência mecânica e a velocidade de propagação da onda ultra-sônica, os corpos-de-prova foram submetidos a medições do tempo de propagação da onda durante 28 dias. Para isso, foi utilizado o aparelho Ultrasonic Tester, modelo BP7 da STEINKAMP, com transdutores de seção exponencial de 45 kHz de frequência de ressonância. O aparelho apresenta sensibilidade de 0,1 µs na medição do tempo. Para cada tratamento avaliou-se a velocidade média de propagação da onda ultra-sônica para três corpos-de-prova.

Foram obtidos dois gráficos para cada tipo de tratamento efetuado, sendo um deles o gráfico auxiliar (necessário para a obtenção da curva do comportamento teórico da propagação do sinal) e o outro comparando as curvas obtidas experimentalmente com o modelo teórico (BERALDO, 1999). O gráfico auxiliar foi obtido através de:

$$v = v_{\max}(1 - \exp(A - Bt)) \quad (1)$$

sendo: v = velocidade teórica de propagação da onda através do corpo-de-prova;

v_{\max} = velocidade máxima de propagação obtida experimentalmente. Adotou-se a idade de 7 dias como limite.

Fazendo

$$\left(\frac{v - v_{\max}}{v_{\max}}\right) = -\exp(A - Bt) \quad (2)$$

Tem-se

$$\ln\left(\frac{v_{\max} - v}{v_{\max}}\right) = A - Bt \quad (3)$$

Os coeficientes A e B, determinados por regressão, permitem obter a equação que rege o comportamento da velocidade de propagação da onda ultra-sônica através dos corpos-de-prova originários dos diferentes tratamentos realizados.

3.8 Ensaio de compressão

Aos 28 dias, os corpos-de-prova foram capeados e ensaiados à compressão simples, segundo as recomendações da norma NBR 7215. A média dos tratamentos foi comparada pelo teste de Tukey utilizando o software ESTAT.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio não destrutivo

Na tabela 1 apresenta-se os coeficientes A e B obtidos para os diferentes tratamentos realizados e para as três dosagens utilizadas das fibras de sisal.

Tabela 1- Coeficientes obtidos para os diferentes tratamentos

Dosagem	1,8%		3,6%		10,8%	
Tratamento	Equação Auxiliar	R ²	Equação Auxiliar	R ²	Equação Auxiliar	R ²
Natural	y= -0,41x-0,84	0,89	y= -0,62x-0,10	0,93	y= -0,97x+0,86	0,95
Água Fria	y= -0,50x-0,98	0,94	y= -0,55x-0,44	0,81	y= -0,68x-0,76	0,89
Água Quente	y= -0,61x-0,72	0,93	y= -0,37x-1,01	0,96	y= -0,76x-0,55	0,92
Cal	y= -0,35x-1,44	0,79	y= -0,38x-1,06	0,97	y= -0,59x-0,70	0,97
Soda	y= -0,63x-1,03	0,94	y= -0,43x-1,04	0,97	y= -0,86x-1,04	0,92
	Equação Auxiliar			R ²		
Testemunha	Y= -0,46x-0,98			0,97		

Na figura 1 apresenta-se a evolução da velocidade de propagação da onda ultra-sônica para corpos-de-prova fabricados com as fibras de sisal em sua forma natural (sem tratamento). Para as dosagens de 1,80% e 3,60% ocorreu uma ligeira modificação na magnitude da velocidade de propagação da onda ultra-sônica. Por outro lado pode-se observar o efeito desfavorável da dosagem 10,80%, pois a velocidade diminuiu drasticamente; inclusive nos dois primeiros dias não foi possível detectar nenhum sinal acústico, denotando a inexistência de uma estrutura mínima que permitisse a propagação da onda ultra-sônica.

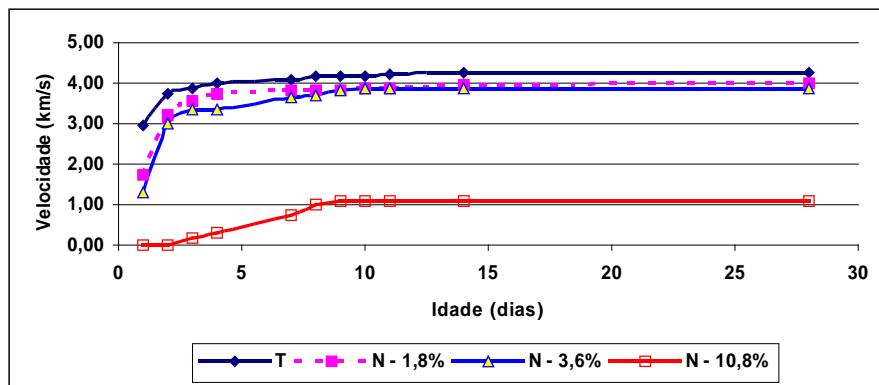


Figura 1- Efeito da adição (%) de fibras naturais de sisal na velocidade de propagação da onda ultra-sônica.

Legenda: T = testemunha; N = sisal natural

Na figura 2 apresenta-se as curvas referentes aos compósitos fabricados com fibras tratadas em água fria. Observou-se uma pequena diminuição nas velocidades de propagação relativas aos compósitos fabricados com as menores dosagens (1,80% e 3,60%). Para a dosagem de 10,80% pode-se notar que substâncias inibitórias à pega do cimento foram parcialmente extraídas, pois a velocidade de propagação da onda ultra-sônica triplicou quando comparada com aquela apresentada na figura 1.

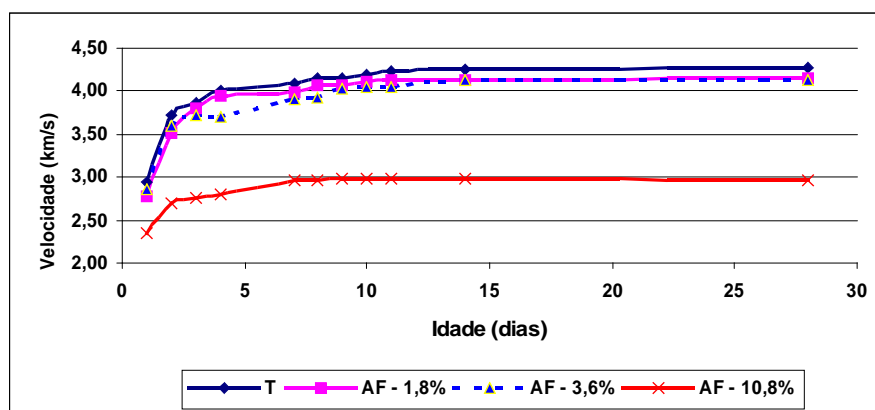


Figura 2- Efeito da adição de fibras de sisal tratadas em água fria na velocidade de propagação da onda ultra-sônica.

Legenda: T = testemunha; AF = fibra de sisal tratada em água fria – imersão por 24 h.

Na figura 3 pode-se notar que o tratamento das fibras de sisal em água quente também melhorou o comportamento do compósito. Para a dosagem de 1,80% a curva da velocidade de propagação praticamente coincidiu com a curva da testemunha. Mesmo para a dosagem de 10,80% a diminuição na velocidade foi de apenas 25%, valor este significativamente diferente daquele apresentado na figura 2.

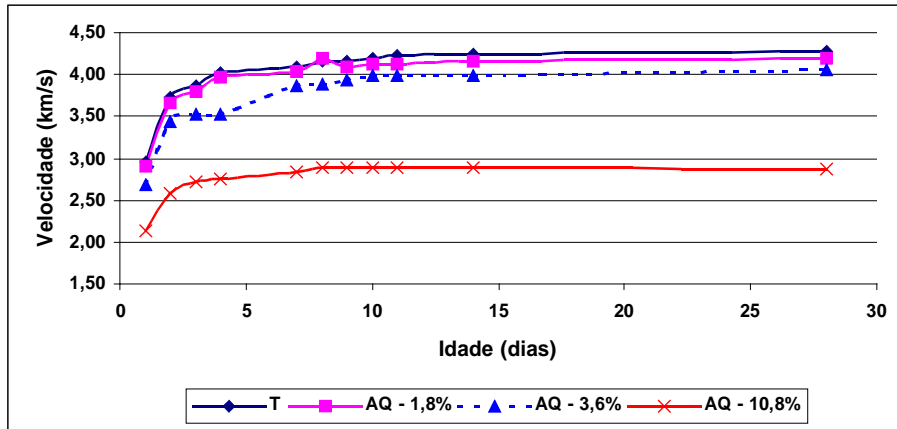


Figura 3- Efeito da adição de fibras de sisal tratadas em água quente na velocidade de propagação da onda ultra-sônica.

Legenda: T = testemunha; AQ = fibra de sisal tratada em água quente (2h a 80°C).

Soluções alcalinas foram mais eficientes para extrair substâncias solúveis presentes na biomassa vegetal. Na figura 4 pode-se observar que para as dosagens de 1,80% e 3,60% as velocidades de propagação não diferiram significativamente daquela correspondente à testemunha. Por outro lado, para a dosagem de 10,80% a velocidade de propagação, quando comparada com os tratamentos precedentes diminuiu cerca de 15%.

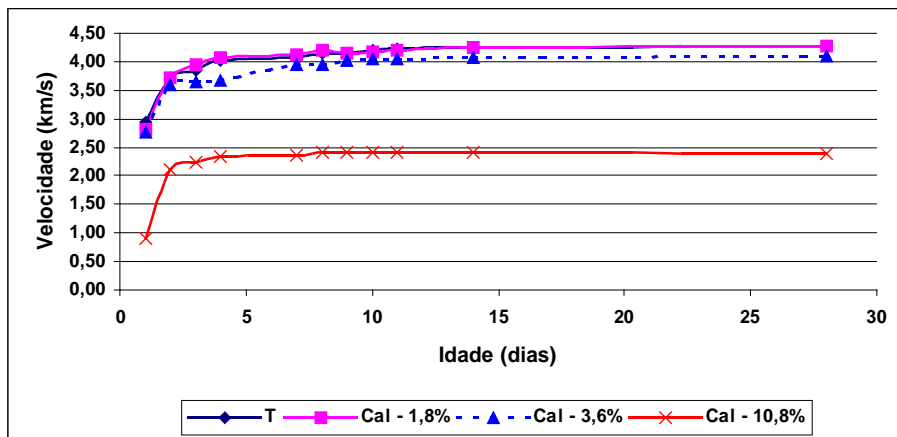


Figura 4- Efeito da adição de fibras de sisal tratadas em solução de cal na velocidade de propagação da onda ultra-sônica.

Legenda: T = testemunha; Cal = fibra de sisal tratada em solução a 5% de cal - 24 h.

Na figura 5 pode-se verificar que tratamentos muito agressivos à biomassa vegetal podem produzir efeitos adversos, pois, provavelmente, ocorra maior degradação da matéria-prima de origem vegetal. Para as dosagens de 1,80% e 3,60% não foram observados efeitos favoráveis; apenas para a dosagem de 10,80% ocorreu um leve aumento na velocidade quando comparada com aquela referente ao tratamento cal.

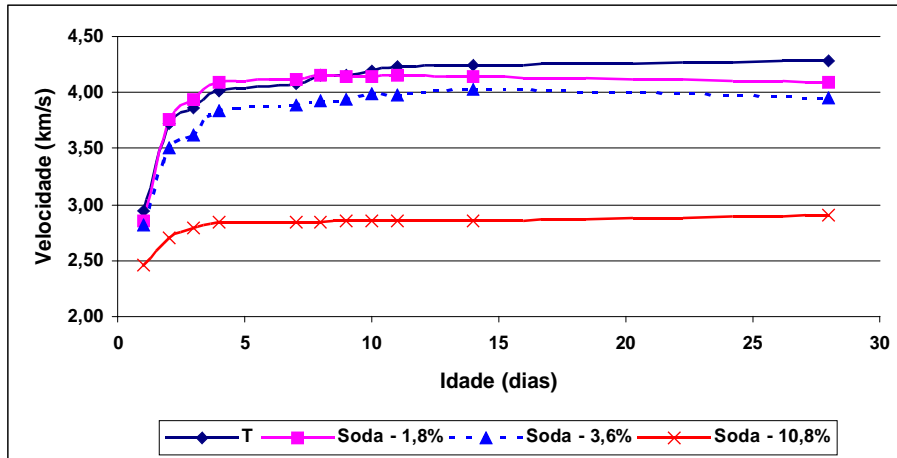


Figura 5- Efeito da adição de fibras de sisal tratadas em solução de soda cáustica na velocidade de propagação da onda ultra-sônica

Legenda: T = testemunha; Soda = fibra de sisal tratada em solução a 5% de soda cáustica - 24 h.

4.2 Ensaio de compressão simples

Na Tabela 2 (Anexo) apresentam-se os valores médios da resistência à compressão simples, desvio padrão e coeficiente de variação para os corpos-de-prova dos diferentes tratamentos e teores de fibra utilizadas. Na figura 6 observa-se o resultado do ensaio de compressão simples para os corpos-de-prova originários dos diferentes tratamentos aos quais as fibras foram submetidas, e com os três teores de fibra empregados.

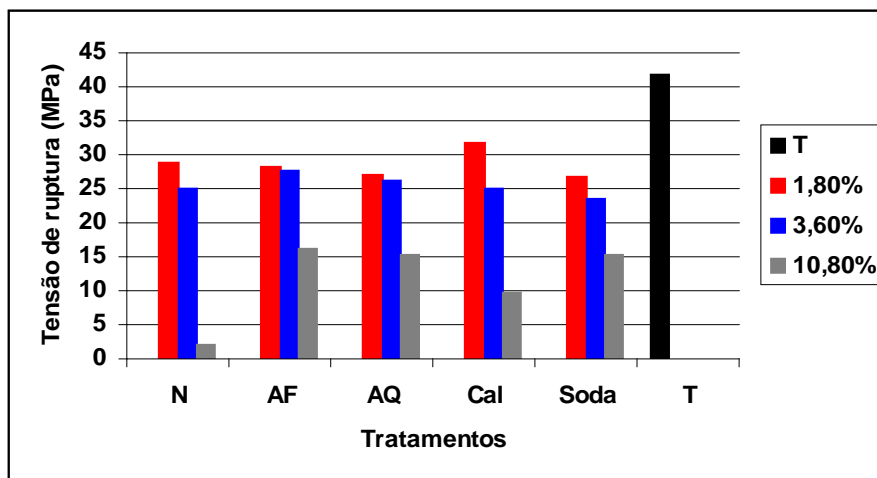


Figura 6- Efeito dos tratamentos e dos teores de fibras de sisal (%) na resistência à compressão da argamassa de areia e cimento.

Legenda: N = natural; AF= água fria; AQ = água quente; Cal = solução de cal (5%); Soda = solução de soda cáustica (5%); T = Testemunha

4.2.1 Efeito do teor de fibra adicionado

Não se observou diferença estatística entre os teores de 1,80% e 3,60%. O teor de 10,80% de fibras provocou diminuição acentuada na resistência do material, confirmando os resultados anteriores obtidos no ensaio não destrutivo.

4.2.2 Efeito do tratamento

O sisal natural diminuiu acentuadamente a resistência à compressão da argamassa quando foi usado em dosagens mais elevadas (10,80%). Houve diferença

estatisticamente significativa entre o tratamento em água fria e a fibra na condição natural, mostrando que o uso deste tratamento é o mais adequado para esta fibra vegetal.

4.3 Resistência à compressão versus velocidade de propagação da onda ultra-sônica

Na figura 7 apresenta-se o gráfico do comportamento da resistência à compressão em função da velocidade final de propagação da onda ultra-sônica (aos 28 dias) através de corpos-de-prova à base de argamassa de cimento, areia e fibras, para os diferentes tratamentos e teores de adição de fibras aplicados. Nota-se a ocorrência de duas nuvens de pontos, correspondendo à dosagem de 10,80% e às dosagens de 1,80% e 3,60%, para as quais não se observou diferenças estatisticamente significativas.

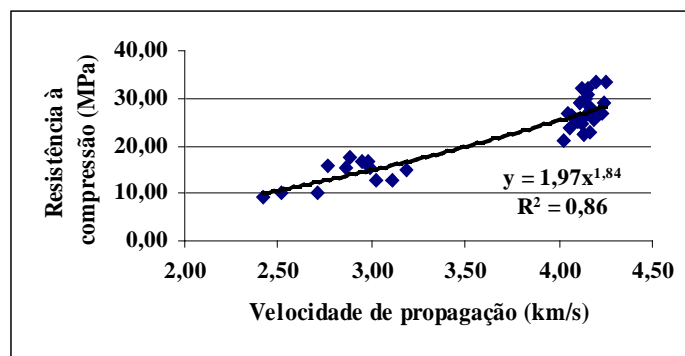


Figura 7- Resistência à compressão versus velocidade final de propagação da onda ultra-sônica.

5. CONCLUSÕES

Fibras naturais de sisal mostraram-se inibitórias à pega do cimento quando foram empregadas na dosagem de 10,80%, com a qual a resistência à compressão do compósito reduziu-se acentuadamente. O uso da fibra tratada em água fria mostrou-se mais adequado pois não necessita de consumo de energia (caso do uso da água quente) e nem gera resíduos que mereceriam o uso de tratamentos para a sua neutralização (caso das soluções de cal e soda cáustica).

A velocidade de propagação da onda ultra-sônica através dos corpos-de-prova estabilizou-se após 7 dias da fabricação dos mesmos. Para os teores de fibra empregados a magnitude da velocidade de propagação pôde confirmar a inadequação do uso da dosagem de 10,80% das fibras de sisal na confecção da argamassa, fato este confirmado com o ensaio de compressão simples.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. Rio de Janeiro.

NBR 7215 Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão, método de ensaio. 8p., 1996.

NBR 7211 Agregados para Concreto, especificação. 5p., 1983

NBR 7217 Agregados: Determinação da composição granulométrica, método de ensaio. 3p., 1987.

BERALDO A. L. Ultrasonic speed wave: cure type influence on wood-cement composite compression strength: In: Proceedings of the NDTISS'99 – International

Symposium on Nondestructive Testing Contribution to the Infrastructure Safety Systems in the 21st Century, UFSM, Torres, RS. p. 86-90, 1999.

BERALDO, A. L. “Compósitos Biomassa vegetal–Cimento”. In: Simpósio sobre Materiais Não Convencionais para Construções Rurais, Campina Grande, UFPB, Editores Romildo Dias Toledo Filho, José Wallace Barbosa do Nascimento, Khosrow Ghavami. p. 01-48, 1997.

CARVALHO FILHO A. C.; AGOPYAN V. Argamassas reforçadas com fibras de sisal – Comportamento mecânico à flexão. Bol. Técnico BT/PCC/85, EPUSP, 21pp, 1985.

JOHN V. M.; AGOPYAN V. Materiais reforçados com fibras vegetais. In: Simpósio Internacional sobre materiais reforçados com fibras para construção civil, EPUSP, São Paulo, p. 29-38, 1993.

MEDINA J. C. Plantas fibrosas da flora mundial. Seção de plantas fibrosas, IAC – Campinas. p. 289-314, 1959.

TEZUKA Y. Concreto armado com fibras. ABCP, São Paulo. 20p., 1989.

7. ANEXOS

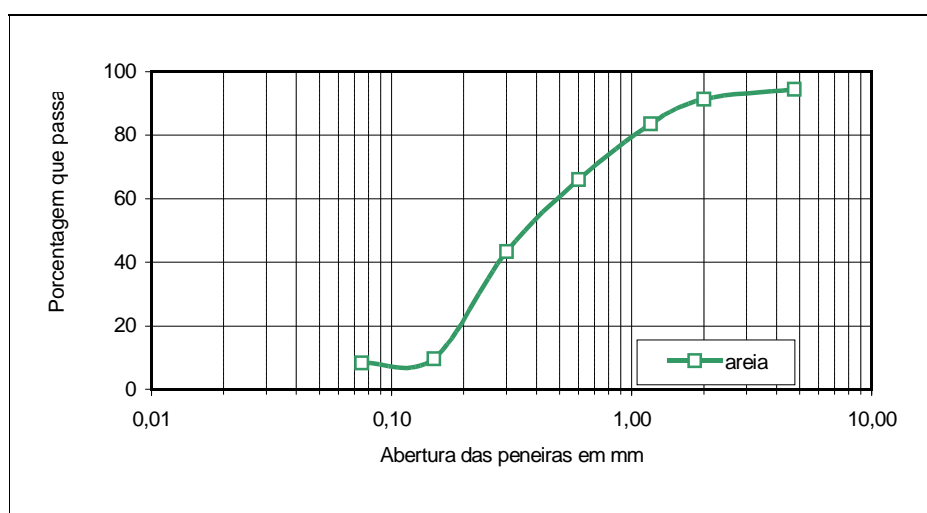


Figura 8 – Curva da distribuição granulométrica da areia.

Tabela 2. Desvio padrão e coeficiente de variação para as médias dos corpos-de-prova para os diferentes tratamentos e teores de adição das fibras de sisal.

	Test.	Natural			Água fria			Água quente			Cal			Soda		
		1,80%	3,60%	10,80%	1,80%	3,60%	10,80%	1,80%	3,60%	10,80%	1,80%	3,60%	10,80%	1,80%	3,60%	10,80%
CP1	39,2	33,5	24,7	2,0	23,7	33,6	16,5	28,8	26,2	12,7	33,4	25,7	10,2	26,2	20,9	15,3
CP2	41,7	34,9	24,7	2,0	32,3	27,3	16,6	22,2	27,0	17,8	32,1	24,5	9,9	29,0	22,9	14,8
CP3	44,1	32,1	25,5	2,0	28,3	22,4	15,3	30,6	25,5	15,8	29,8	24,5	9,4	25,2	27,0	15,8
Méd.	41,7	28,7	24,9	2,0	28,1	27,8	16,1	27,2	26,2	15,4	31,8	24,9	9,8	26,8	23,6	15,3
DP	2,5	1,4	0,5	0,0	4,3	5,6	0,7	4,4	0,8	2,6	1,8	0,7	0,4	2,0	3,1	0,5
CV	5,9	4,9	1,9	0,0	15,3	20,2	4,5	16,3	2,9	16,7	5,7	3,0	4,0	7,4	13,2	3,3