

## **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE SISTEMAS DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSAS REFORÇADAS POR FIBRAS NATURAIS E SINTÉTICAS**

**Marcos ANJOS (1); Walney SILVA (2); Hoffmann ALVES (3); Paulo SOUZA JUNIOR (4)**

(1) CEFETR, Rua: Raimundo Firmino de Oliveira, nº 400 - Costa e Silva

Mossoró-RN - CEP:59.628-330, 3315.2752, 3315.2761, e-mail: [malysandro@cefetrn.br](mailto:malysandro@cefetrn.br)

(2) CEFETR, e-mail: [walneygs@terra.com.br](mailto:walneygs@terra.com.br)

(3) CEFETR, e-mail: [hoffmann\\_rodrigo@hotmail.com](mailto:hoffmann_rodrigo@hotmail.com)

(4) CEFETR, e-mail: [pauloleitesjunior@yahoo.com.br](mailto:pauloleitesjunior@yahoo.com.br)

### **RESUMO**

Um dos maiores problemas das argamassas de revestimento é a aderência ao substrato e retração das argamassas comuns. A adição de fibra em materiais cimentícios tem a finalidade de aumentar a resistência à tração e diminuir a retração plástica, o que justifica a análise de dosagens e procedimentos que proporcionem a adição de fibras em argamassas. Este trabalho avaliou a influência da adição de fibras curtas de sisal e polipropileno em frações volumétricas de 0,15% e 0,6% em compósitos cimentícios utilizados em sistemas de revestimento. As fibras foram adicionadas em argamassas com traço volumétrico 1:4 e 1:1:6, em seguida determinou-se a consistência, a massa específica, o teor de ar incorporado e foram executados painéis de revestimento sobre alvenaria cerâmica chapiscada, após 14 e 28 dias foram determinadas as resistências à tração por aderência, os resultados mostram um aumento na resistência à tração por aderência com a inclusão de fibras.

**Palavras-chave:** argamassas, revestimento, aderência, fibras.

## 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As argamassas de revestimento têm diversas funções nas habitações como a de regularização e proteção do elemento de vedação, proteção térmica e acústica, estanqueidade, seguranças estrutural e estética, para tanto ela deve atender a requisitos específicos que dependem do tipo de revestimento decorativo que irá receber, das condições de produção e aplicação, além do micro-clima e região onde esta argamassa será aplicada, para garantir assim a durabilidade do sistema de revestimento.

No Brasil a maior parte das argamassas de assentamento e revestimento são argamassas comuns produzidas em obra, normalmente sem uma dosagem adequada, sem um controle rígido de qualidade, o que vem acarretando diversas patologias nas argamassas como deslocamento dos revestimentos, esfarelamento e eflorescências.

As inúmeras patologias nos revestimentos externos das edificações decorrem, principalmente, das falhas de projeto e de execução. Como as construções estão, atualmente, cada vez mais altas e flexíveis, é indispensável que as práticas executivas adotadas até então se adaptem aos novos processos construtivos (Gomes *et al*, 2007). Um dos maiores problemas das argamassas de revestimento é a aderência ao substrato e a baixa resistência à tração das argamassas comuns.

A capacidade de aderência das argamassas aos substratos é dividida em duas etapas, a primeira é a capacidade de aderência inicial, no estado fresco, que está relacionada com a entrada da pasta nos poros, reentrâncias e saliências do substrato, seguido do endurecimento progressivo da pasta (Maciel *et al*, 1998). A segunda é a aderência mecânica, no estado endurecido, que é a propriedade da argamassa manter-se fixa ao substrato suportando as tensões normais e tangenciais que se desenvolvem na interface argamassa-substrato. Esta propriedade está relacionada com a dosagem da argamassa como teor e natureza dos aglomerantes, granulometria e teor de finos da argamassa e das características do substrato, como tipo e porosidade.

Os sistemas de argamassas para revestimento estão sujeitos a diversas ações como as cargas mecânicas estáticas e dinâmicas, os efeitos das intempéries, além da poluição do meio ambiente (Guimarães, 2002). As argamassas podem ser divididas em argamassas de regularização de pisos, argamassas de assentamento de blocos para alvenaria, argamassas de revestimento de paredes e tetos, argamassas colantes para revestimentos cerâmicos, e argamassas especiais para recuperação de estruturas. Cada tipo de argamassa deve apresentar propriedades específicas compatíveis aos seus usos, não sendo aconselhado o uso de uma mesma argamassa para diversas aplicações.

A adição de fibra em materiais cimentícios tem a finalidade de aumentar a resistência à tração, diminuir a retração plástica e aumentar a tenacidade à fratura, o que justifica a análise de dosagens e procedimentos que levem a adição de fibras em sistemas de argamassas utilizados na Construção Civil. Para Hannant (1978) os principais fatores que controlam o desempenho dos compósitos cimentícios reforçados por fibras são as propriedades físicas e mecânicas das matrizes e das fibras, além da ligação entre os dois materiais, ou seja, a interface fibra-matriz.

Vários fatores estão envolvidos na interação fibra-matriz entre eles estão a geometria da fibra (fator de forma); a condição da matriz, se esta apresenta-se fissurada ou não, o que interfere no mecanismo de transferência de tensões; o tipo de fibra; as características superficiais da fibra; a rigidez axial da fibra; o tipo de material da matriz; a orientação das fibras (fibras alinhadas ou aleatoriamente distribuídas); a velocidade de carregamento; e a durabilidade das fibras no compósito (Bentur & Mindess, 1990).

Um fator crítico para as argamassas reforçadas por fibras é a trabalhabilidade, pois com o aumento nos teores de fibras os compósitos perdem esta propriedade tornando difícil sua aplicação, assim as fibras são usadas em percentual relativamente baixo devido principalmente a dificuldade de mistura pelos métodos convencionais. Para SILVA & BARROS (2007) um fator preponderante em argamassas com fibras é o efeito da condição de mistura das fibras, se estas são adicionadas às misturas secas ou molhadas, além do tipo de misturador.

Percebe-se a importância de estudos que busquem uma correta dosagem de argamassas, levando em consideração fatores práticos, que atendam as novas metodologias construtivas, e que possam encontrar o tipo e teor ideal de fibras compatíveis com a aplicação em sistemas de revestimento flexíveis.

## 2. METODOLOGIA

Este trabalho procurou verificar a influência da adição de fibras nas propriedades de argamassas de revestimento no estado fresco e endurecido, para tanto foram utilizados dois traços como referência, 1:4 e 1:1:6 (traços em volume), traços estes bastante utilizados na região nordeste do Brasil, seja para argamassa de assentamento ou revestimento. A partir dos traços de referência foram adicionadas fibras de sisal e polipropileno em frações volumétricas ( $V_f$ ) de 0,15% e 0,6%, ou seja, porcentagem de fibras em relação ao volume de argamassa. Para facilitar as discussões os traços serão denominados de acordo com a tabela 1.

**Tabela 1 - Traços utilizados e suas respectivas siglas**

Traços	Sigla
1:4 (cimento:areia)	T14
1:1:6 (cimento:cal:areia)	T116
1:4: fração 1 FP (cimento:areia: $V_f=0,15\%$ fibras de polipropileno - FP)	T14FP1
1:4: fração 4 FP (cimento:areia: $V_f=0,6\%$ fibras de polipropileno)	T14FP4
1:4: fração 1 FS (cimento:areia: $V_f=0,15\%$ fibras de sisal - FS)	T14FS1
1:4: fração 4 FS (cimento:areia: $V_f=0,6\%$ fibras de sisal)	T14FS4
1:1:6: fração 1 FP (cimento:cal:areia: $V_f=0,15\%$ fibras de polipropileno)	T116FP1
1:1:6: fração 4 FP (cimento:cal:areia: $V_f=0,6\%$ fibras de polipropileno)	T116FP4
1:1:6: fração 1 FS (cimento:cal:areia: $V_f=0,15\%$ fibras de sisal)	T116FS1
1:1:6: fração 4 FS (cimento:cal:areia: $V_f=0,6\%$ de fibras de sisal)	T116FS4

### 2.1. Materiais

Para a produção das argamassas foram utilizados os materiais listados abaixo, cujas propriedades estão assinaladas na tabela 2, e a granulometria da areia é apresentada na figura 1.

Cimento: Portland CP II Z 32, gentilmente cedido pela Nassau – Mossoró.

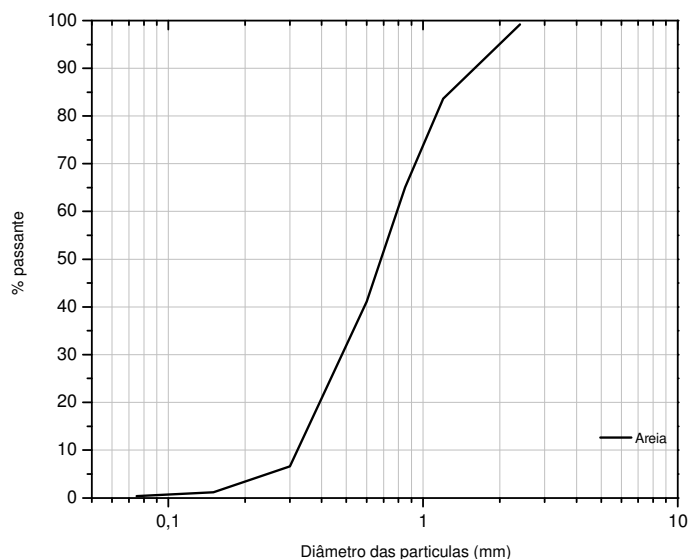
Agregado miúdo: Areia fina

Fibras de polipropileno com 6 mm de comprimento, gentilmente cedidas pela FITESA.

Fibras de Sisal com comprimento aproximado de 10 mm obtidas com produtores do estado da Paraíba.

**Tabela 2 - Caracterização dos materiais.**

	Areia	Cimento	Cal
Massa unitária	1,55 g/cm <sup>3</sup>	1,07 g/cm <sup>3</sup>	0,62 g/cm <sup>3</sup>
Massa específica	2,63 g/cm <sup>3</sup>	3,0 g/cm <sup>3</sup>	2,3 g/cm <sup>3</sup>
Diâmetro máximo	2,4 mm	-	-
Módulo de finura	3,0	-	-



**Figura 1 - Granulometria da areia**

## 2.2. Métodos

Foram elaborados 20 painéis de argamassa de revestimento sobre alvenaria cerâmica chapiscada, conforme a figura 2, os painéis foram confeccionados de forma a proporcionar 15 pontos de arrancamento no meio dos blocos cerâmicos, em cada painel, evitando assim a influência das argamassas de assentamento na resistência ao arrancamento. Foram ensaiados dez painéis aos 14 dias e dez aos 28 dias.



**Figura 2 - Painéis de argamassa colocados em blocos de cerâmicos chapiscados**

A preparação dos painéis para realização dos ensaios adotou a seguinte metodologia:

1. Preparação do substrato: chapisco da alvenaria com três dias de antecedência
2. Pesagem e mistura das argamassas em betoneira de 320 litros, as fibras foram introduzidas nas misturas juntamente com o cimento
3. Retirada de uma amostra para determinação dos ensaios de densidade de massa, teor de ar incorporado e espalhamento
4. Lançamento dos traços de argamassas nas paredes
5. Após 27 dias a execução dos revestimentos os painéis foram cortados com serra copo
6. Avaliação dos pontos para ensaio
7. Fixação das pastilhas com 5 cm de diâmetro nos furos, coladas com cola epóxi

8. Após 24 horas foram realizados os ensaios de resistência a tração por aderência



Figura 3 - Etapas de preparação e ensaios dos painéis

### 3. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A figura 4 apresenta as médias das resistências à tração por aderência com suas respectivas barras de desvio padrão, sendo estas calculadas para no mínimo nove pontos de arrancamento, pois foram eliminados os resultados mais divergentes, além daqueles onde houve falha na ruptura, para que em todos os ensaios o coeficiente de variação (CV) das resistências fossem inferiores a 15%, tomando o coeficiente de variação como sendo a relação entre o desvio padrão (DP) e média dos resultados ( $\bar{X}$ ).

$$CV = \frac{DP}{\bar{X}} \cdot 100 \quad [\text{eq. 1}]$$

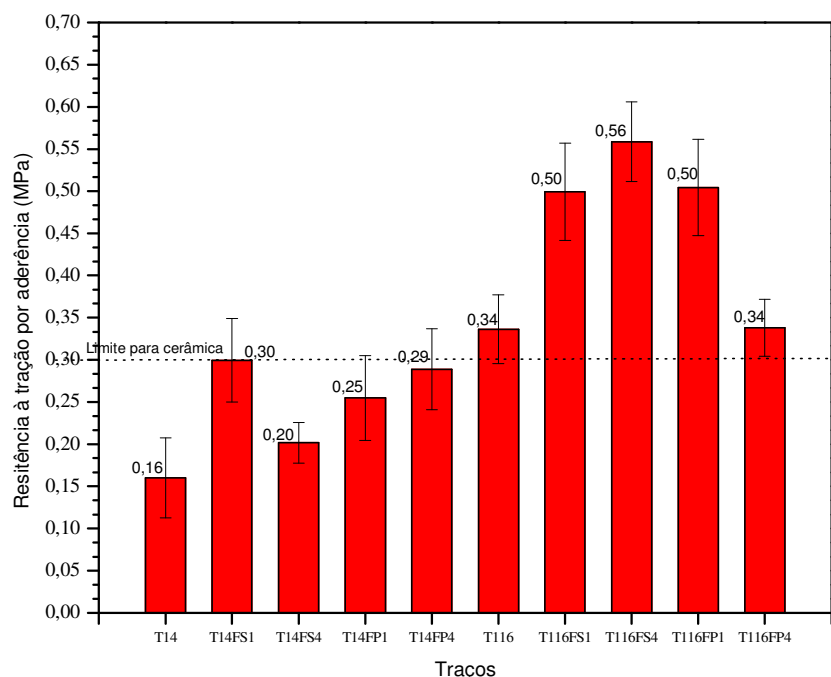


Figura 4 - Resistência à tração por aderência aos 14 dias

Verifica-se que tanto para o traço 1:4 (T14) como para o traço 1:1:6 (T116) todas as formulações com fibras apresentam resistências superiores aos traços sem reforço. A NBR 13749 (1996) estabelece o valor de 0,3 MPa como limite de resistência de aderência à tração de argamassas para revestimento externo com acabamento de pintura e para revestimentos com acabamento em cerâmica, seja interno ou externo, constata-se que apenas os traços com cal (T116) com ou sem reforço atendem a este limite aos 14 dias, com exceção do traço 1:4 com adição de fibras de sisal na fração 1 (T14FS1), ou seja, fração volumétrica de 0,15%.

As análises dos resultados das resistências e dos consumos de cimento dos traços (figura 5) confirmam a expectativa inicial de que os traços comumente utilizados para produção de argamassas de assentamento e revestimento não atendem a necessidade exigida para este material, que é o de suportarem as solicitações mecânicas, verifica-se que o traço 1:4 mais utilizado na região de Mossoró não atende ao requisito de resistência, apesar de seu elevado consumo de cimento.

O que se verifica na prática das obras é uma repetição de traços de “*manuais*” muitas vezes ultrapassados, que criam a falsa idéia de quanto mais cimento melhor, quando na verdade para argamassas essa não é a realidade, pois este material tem a função de aderir aos blocos de alvenaria e absorver deformações das estruturas e das variações de temperatura, logo devem apresentar capacidade de deformação antes da ruptura, ou seja, ductilidade, propriedade esta que diminui para traços com quantidades elevadas de cimento.

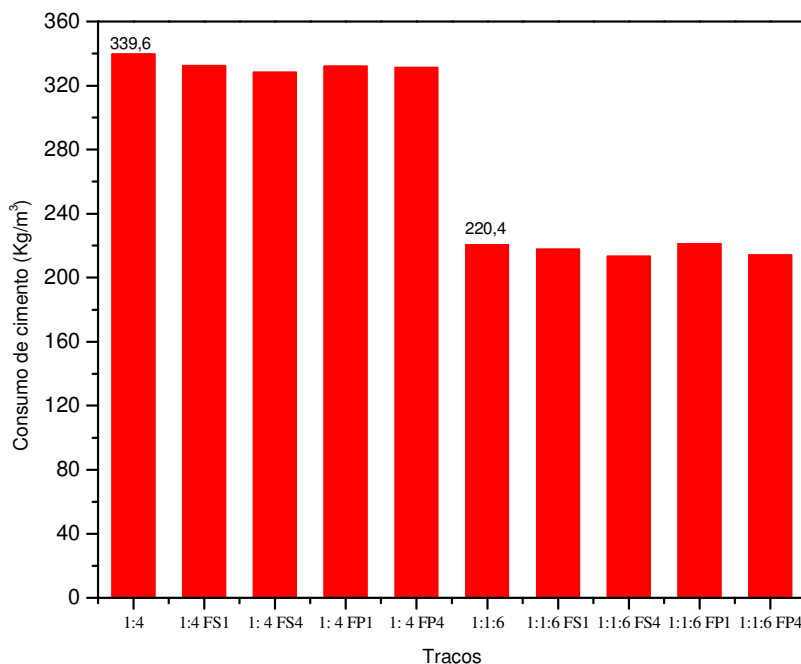
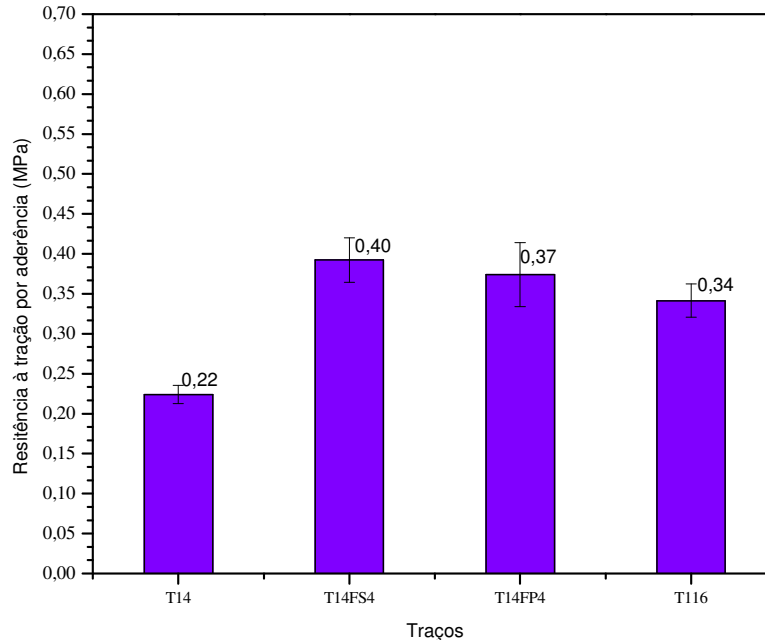


Figura 5 – Consumo de cimento dos traços

Vale aqui uma observação, a principal característica a ser determinada para as argamassas em suas diversas aplicações é a capacidade de aderência, pois mesmo em argamassas de assentamento onde a principal solicitação mecânica é a compressão, esta só será efetiva se a argamassa estiver aderida ao bloco de alvenaria, caso contrário a argamassa pode deslizar o bloco por tensões tangenciais, assim a resistência à compressão das argamassas torna-se secundária, apesar de ser sempre necessária sua determinação, principalmente em argamassas de assentamento.

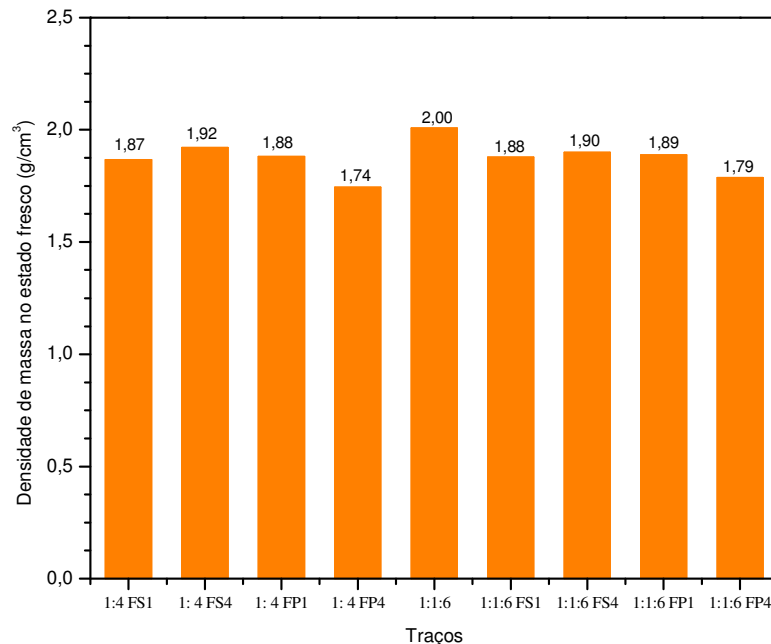
A NBR 7200 (1998) estabelece no item cronograma de execução de revestimentos argamassados que, as argamassas com cal devem ter pelo menos 21 dias de idade para receber serviços posteriores, este procedimento é de suma importância, pois a cal necessita de  $\text{CO}_2$  para adquirir resistência, sabendo disto determinou-se a resistência das formulações aos 28 dias, mesmo o traço 1:1:6 superando a resistência mínima exigida por norma.

A figura 6 apresenta alguns resultados aos 28 dias, salienta-se que os resultados das outras formulações não foram possíveis de se obter devido ao cronograma de ensaios estabelecidos na pesquisa. Nota-se um aumento nas resistências dos traços 1:4 de cimento e areia, com e sem reforço, esse aumento é justificado pela hidratação do cimento, quando este aglomerante é o único presente na formulação, já o traço que contém cal não se verifica aumento na resistência.



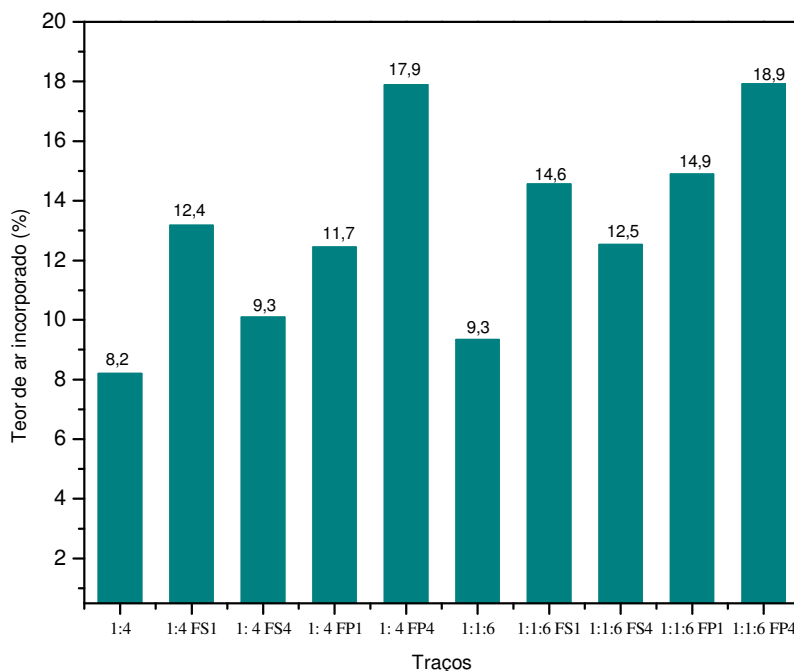
**Figura 6 - Resistência à tração por aderência aos 28 dias**

As figuras 7 e 8 apresentam, respectivamente, as densidades de massa no estado fresco e o teor de ar incorporado, observa-se que a inclusão de fibras acarreta numa diminuição da densidade, com conseqüente aumento no teor de ar incorporado, uma vez que estas são propriedades inversamente proporcionais, no traço 1:1:6 verifica-se que a densidade cai 6% enquanto o teor de ar incorporado teve acréscimo de 57% ao se adicionar uma fração volumétrica de apenas 0,15% de fibras de sisal.



**Figura 7 – Densidade de massa no estado fresco**

Verifica-se uma tendência das fibras de polipropileno (FP) de incorporarem mais ar na mistura que as fibras de sisal (FS). De uma forma geral o aumento no teor de fibras proporciona um maior teor de ar incorporado nos traços, a incorporação de uma fração volumétrica de 0,6% de fibras de polipropileno acarretou num aumento de mais de 110% no teor de ar incorporado do traço 1:4, no entanto esse aumento não acarretou diminuição na resistência de aderência e facilitou a aplicação, pois a argamassa fica mais leve, necessitando de uma menor energia de aplicação por parte do pedreiro.



**Figura 8 – Teor de ar incorporado nas argamassas no estado fresco**

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As principais considerações a serem feitas sobre o comportamento de sistemas de argamassas de revestimentos a partir do traço 1:4, é que o emprego de traços consagrados em manuais e na prática de obra pode levar ao uso de argamassas com consumos elevados de cimento, sem a qualidade requerida para aplicação. Portanto deve-se realizar uma dosagem de argamassa baseada nas condições de aplicação, materiais disponíveis e durabilidade requerida com a melhor relação de custo para o desempenho exigido.

As adições das fibras de sisal e polipropileno em todos os percentuais, estudados neste trabalho, proporcionaram acréscimos de resistências à tração por aderência, sendo de fundamental importância no traço 1:4, uma vez que sem as fibras esse traço não atende aos requisitos mínimos de resistência.

O traço 1:1:6 apresenta melhor desempenho que o traço 1:4, tanto na argamassa sem reforço quanto nas argamassas com adição de fibras, sendo importante ressaltar que o traço 1:1:6 promove uma economia de 35% de cimento por metro cúbico de argamassa produzida.

As argamassas com inclusão de fibras apresentam maiores teores de ar incorporado que as argamassas de referência, o que proporcionou em uma análise qualitativa uma melhor trabalhabilidade das argamassas, devido ao menor peso e menor energia necessária para aplicação, segundo impressões feitas durante a aplicação das mesmas.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278**: Argamassa para Assentamento de paredes e Revestimento de Paredes e Tetos – Determinação da Densidade de Massa e do Teor de Ar Incorporado: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 7200**: Execução de revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. **NBR 13749**: Revestimento de Paredes e Tetos em Argamassas Inorgânicas: Especificação. Rio de Janeiro, 1996.

BENTUR, A., & MINDESS, S. Fibre Reinforced Cementitious Composites. Elsevier Applied Science, 1990.

GOMES, A. O., NEVES, C., & SOUZA, S. L. Utilização de telas em sistemas de revestimentos com argamassa. VII simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas (pp. 1-8). Recife: ANTAC, 2007.

GUIMARÃES, J. E. A cal: Fundamentos e aplicações na engenharia civil (2º Edição ed.). São Paulo: Pini, 2002.

HANNANT, D. J. Fiber Cement and Fiber Concrete. John Wiley & Sons, 1978.

MACIEL, L. L., BARROS, M. M., & SABBATINI, F. H. Recomendações para Execução de Revestimentos de Argamassas Para Paredes de Vedação Internas, Exteriores e Teto. São Paulo: EPUSP, 1998.

SILVA, R. P., & BARROS, M. M. Revestimentos de argamassa com fibras de polipropileno. *Revista téchene*, 60-64, 2007.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FITESA, a fábrica de cimento Nassau – Mossoró por cederem os materiais utilizados neste trabalho e ao programa de bolsas de iniciação científica do CEFETRN pela concessão de bolsas aos alunos Hoffmann Alves e Paulo Souza Junior.