

## **Argamassa de reboco reforçada com resíduos da indústria têxtil do tipo fio**

A. Peixoto  
UTAD  
Portugal  
arturpeixoto@sapo.pt

J. Vieira  
UTAD  
Portugal  
jbvieira@utad.pt

A. Paiva  
UTAD/C-MADE  
Portugal  
apaiva@utad.pt

L. Fernandes  
UTAD  
Portugal  
ume@utad.pt

P. Tavares  
UTAD  
Portugal  
ptavares@utad.pt

J. Morais  
UTAD  
Portugal  
jmorais@utad.pt

D. Oliveira  
UM/ISISE  
Portugal  
danvco@civil.uminho.pt

F. Caldeira  
UFP  
Portugal  
fjorge@ufp.edu.pt

H. Varum  
UA  
Portugal  
hvarum@ua.pt

V. Cunha  
UM/ISISE  
Portugal  
vcunha@utad.pt

J. Pinto  
UTAD/I3N  
Portugal  
tiago@utad.pt

**Resumo:** Este trabalho de investigação pretende estudar o efeito da incorporação de fibras de resíduos da indústria têxtil nas argamassas de reboco e auscultar o potencial deste material compósito. Neste caso, os resíduos da indústria têxtil considerados são fios ou pedaços de tecido ou malhas, e poderão ter uma grande variabilidade material (e.g. composição, espessura, densidade, entre outras). Aspectos relacionados com o traço, o tamanho das fibras e a percentagem de fibras a incorporar são importantes contemplar neste estudo. Nesta fase deste trabalho de investigação, apenas se considerou a inclusão de fio com a composição de 30% de algodão e de 70% de acrílico. Amostras de argamassa de traço 1:1:6 (cimento:cal hidráulica:areia), reforçada com fibras deste fio, de tamanho de 20 mm e 40 mm, e com as percentagens de 0%, 1%, 2%, 3% e 4% foram fabricadas. Estas amostras foram depois ensaiadas à compressão e à flexão em três pontos. Os resultados experimentais permitiram verificar que existe uma melhoria notável das capacidades resistentes à compressão e à flexão do material à medida que a percentagem de fibras aumenta. Atendendo a que patologias de argamassa de reboco do tipo fissuração continua a ser um grave problema que as nossas construções apresentam, incluindo as recentemente concluídas, este estudo poderá dar um contributo técnico na solução desta problemática, num contexto sustentável e económico.

**Palavras-chave:** Reforço de argamassa, fibras têxteis, resíduos, sustentabilidade.

## **1. INTRODUÇÃO**

A fissuração de argamassa de reboco é uma patologia frequente. Irregularidades de fabrico e de aplicação, fraca qualidade dos materiais, condições termo-higrométricas adversas, incompatibilidades estruturais entre reboco e suporte, são algumas das causas desta patologia. Adotar uma prática construtiva mais adequada e cuidada será a principal forma de evitar este tipo de problema. Simultaneamente, reforçar a própria argamassa também poderá ser uma solução construtiva que contribua para atenuar esta problemática construtiva. Diversos trabalhos de investigação têm abordado esta temática do reforço de argamassas. A incorporação de fibras de vidro e de polipropileno fibrilado [1-2], de fibras PET resultantes da reciclagem de embalagens de polietileno tereftalato [3] e de fibras de sisal [4] têm sido algumas soluções propostas. Por sua vez, a inclusão de outros materiais em produtos cimentícios também têm sido âmbito de investigação. Neste caso, a adição de produtos resultantes da reciclagem do vidro e da cerâmica vermelha [5], de fibras de madeira [6] e de partículas de borracha [7], são três dos muitos exemplos de trabalhos já publicados neste contexto.

Este trabalho de investigação pretende dar continuidade ao estudo do reforço de argamassas de reboco através da proposta de incorporação de fibras de resíduos resultantes da indústria têxtil. O fio de composição 70% algodão e 30% acrílico é o tipo de resíduo estudado. O uso de produtos têxteis em aplicações de engenharia civil já não é pioneiro [8-9].

Portugal é um país em que a indústria têxtil tem sido um importante motor de desenvolvimento socioeconómico e de forma continuada. Uma percentagem relevante das exportações do país é relativa a esta indústria. Por sua vez, os desperdícios e resíduos desta indústria têm sido aplicados de forma inteligente em outras atividades nomeadamente no fabrico de alcatifas, no fabrico de colchões, na indústria automóvel, entre outras. Sendo a produção têxtil importante e substancial então a produção de resíduos desta natureza também será proporcionalmente relevante. Por isso, trata-se de um material abundante.

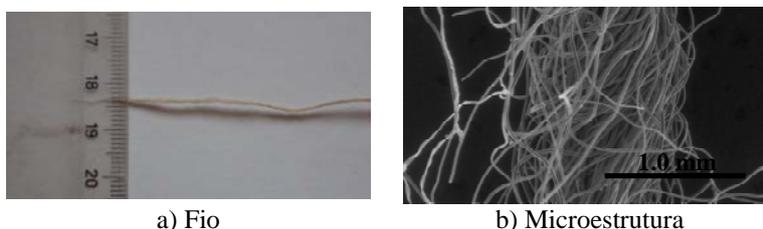
Na sequência de visitas efetuadas a fábricas de têxteis localizadas na zona norte de Portugal foi possível observar que os resíduos podem ser diversificados quer em termos de material quer em termos de composição. Malhas, tecido e fios são os tipos de materiais mais correntes. Paralelamente, em termos de composição, estes podem ser 100% algodão, 100% acrílico, 100% seda ou 100% linho, entre outros. Também podem apresentar uma composição mista, resultando conseqüentemente numa enorme possibilidade de combinações e, implicitamente, de materiais.

Este trabalho de investigação está estruturado da seguinte forma: Inicialmente, uma breve descrição e identificação do resíduo têxtil adotado serão processadas; Seguidamente, será dado um enfoque à preparação das amostras de argamassa reforçada; Depois, serão apresentados os resultados experimentais mais relevantes; Finalmente, as principais conclusões serão indicadas.

## **2. RESÍDUO DO TIPO FIO DE 70% ALGODÃO E 30% ACRÍLICO**

Tal como foi referido, o tipo de resíduo têxtil adotado como fibra de reforço de argamassas de reboco neste trabalho de investigação foi o fio de 70% de algodão e de 30% de acrílico. A Figura 1 mostra esta fibra. Esta opção foi aleatória. A consideração de outro tipo de fio ou de outro tipo de resíduo como fibra de reforço de argamassas de

reboco resultará certamente em desempenhos distintos em termos de reforço. Tal como se pode observar na Figura 1 este tipo de fibra específico apresenta um diâmetro de aproximadamente 1,0 mm e é constituído por um agrupamento de microfios.



a) Fio  
b) Microestrutura  
Figura 1: Fio de 70% algodão e de 30% acrílico

Atendendo a que a fibra irá funcionar como um reforço mecânico do reboco é importante avaliar a sua capacidade resistente à tração. Para o efeito, foi adotado um ensaio de tração uniaxial expedito para avaliar esta propriedade mecânica da fibra.

O procedimento experimental expedito consistiu em submeter uma amostra de fio a um peso crescente até esta atingir a rotura por tração. Deste modo, fixou-se um recipiente numa das extremidades da amostra de fio e a outra extremidade foi fixada a um suporte rígido. Cada amostra de fio tinha um comprimento inicial de 6 cm e já com as fixações em ambas as extremidades concretizadas. O peso do recipiente vazio e isento de impurezas foi registado inicialmente. Esse peso foi incrementado de forma gradual e progressiva em intervalos constantes, correspondente à adição de 50 g de água no recipiente. Em cada incremento de 50 g de água, registou-se o respetivo comprimento da amostra de fio. Este procedimento foi repetido até se atingir a rotura da amostra de fio. Foram ensaiadas 10 amostras e de forma a se dispor de uma amostragem minimamente representativa.

Deste modo, foi passível traçar um diagrama tensão/extensão, Figura 2. De forma simplificada, é então possível afirmar que a fibra em estudo apresenta em média uma tensão de rotura à tração de 0,67 MPa e um módulo de elasticidade de 13,50 MPa. Apresenta também um comportamento aproximadamente elástico.

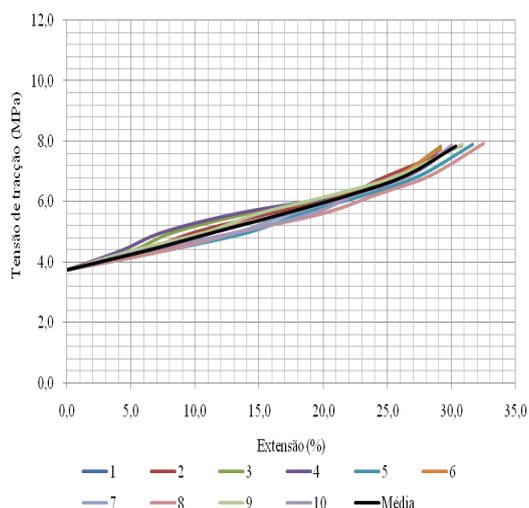


Figura 2: Diagrama tensão/extensão do fio

### 3. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Amostras de argamassa de reboco reforçada foram fabricadas com o traço de 1:1:6 (cimento:cal hidráulica:areia). Adotou-se o cimento Portland do tipo II da classe 32,5 da Cimpor, a cal hidráulica da Cimpor, uma areia artificial média (cuja máxima dimensão das partículas era 4,76 mm) e água da rede de abastecimento pública (na quantidade de 70 % do peso dos ligantes). Foram estudados dois tipos de comprimentos de fibras (i.e. 2 cm e 4 cm). Por sua vez, optou-se por se estudar cinco diferentes percentagens de fibras a incorporar e que corresponderam a 0%, 1%, 2%, 3% e 4%. Convém frisar que a percentagem de 0% é referente a uma argamassa de reboco corrente. Os tipos de comprimentos de fibras e os tipos de percentagens de fibra a incorporar foram definidos de forma a se dispor uma aceitável gama de valores.

Antes de se proceder ao fabrico das amostras de argamassa de reboco reforçada em laboratório para a realização dos ensaios à compressão e à flexão em três pontos, procedeu-se a um trabalho experimental preliminar de aferição da aplicabilidade dos diferentes tipos de argamassa reforçada propostos. Deste modo, amostras de reboco reforçado foram fabricadas de acordo com a informação anterior e aplicadas num suporte de alvenaria de tijolo cerâmico construído especificamente para este efeito na zona de Amarante e por razões logísticas. Estas amostras apresentavam as dimensões aproximadas de 0,005 m × 1,0 m × 1,0 m (i.e. espessura × largura × altura). Fabricaram-se então nove amostras de reboco reforçado com as seguintes particularidades em termos de comprimento de fibra (l) e de percentagem de fibra a incorporar (%): 0%; l=2 cm e 1%; l=2 cm e 2%; l=2 cm e 3%; l=2 cm e 4%; l=4 cm e 1%; l=4 cm e 2%; l=4 cm e 3%; l=4 cm e 4%. Depois da aplicação destes rebocos, estes foram monitorizados em termos de comportamento durante quatro meses (i.e. de 22 de Julho de 2011 a 22 de Novembro de 2011). De forma a exemplificar estes procedimentos, as amostras de reboco reforçado com 4% de fibras de 2 cm e de 4 cm de comprimento estão ilustradas na Figura 3 e após o período de monitorização.

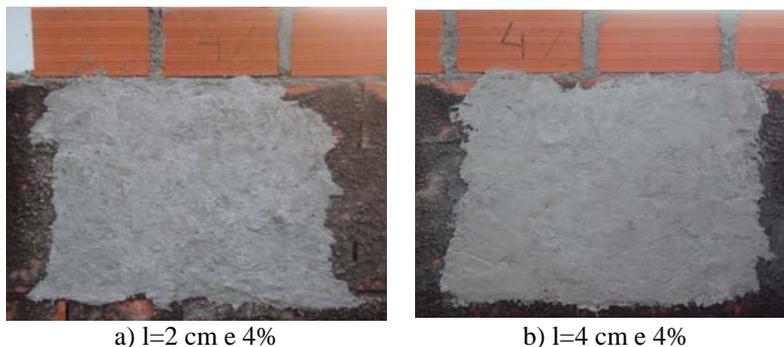


Figura 3: Amostras de reboco reforçado aplicadas *in situ* (22 de Novembro de 2011)

Este procedimento experimental preliminar permitiu verificar que é possível fabricar argamassa de reboco reforçada com fibras do tipo fio de 70% algodão e de 30% de acrílico, para os diferentes comprimentos adotados e para as diferentes percentagens propostas. Estes parâmetros também permitem que a respetiva argamassa seja aplicada num suporte de alvenaria de tijolo cerâmico. Não ocorreu uma concentração indesejada de fibras. As fibras ficaram incorporadas na matriz de argamassa e não ficaram expostas

superficialmente. Foi possível aplicar e espalhar o reboco no suporte. O reboco reforçado não se destacou do suporte. No entanto, observou-se que ocorreu uma ligeira tendência de redução da trabalhabilidade da argamassa à medida que a percentagem de fibra a incorporar aumentou e devido à redução do teor de humidade. Esta tendência também se verificou quando se aumentou o comprimento da fibra de 2 cm para 4 cm. Após quatro meses de exposição direta às condições climáticas (e.g. verão e inverno) as amostras continuaram a apresentar uma estabilidade e uma integridade material. Apenas foi exceção a amostra referente a l=2 cm e 3% que apresentou algumas fissuras localizadas e resultantes de uma concentração excessiva de fibras nessa zona.

## **4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS**

De forma a aferir o desempenho mecânico do reforço proposto neste trabalho de investigação ensaios à compressão e à flexão em três pontos foram realizados em amostras de argamassa de reboco reforçada com diferentes combinações de tamanho de fibra e de percentagem de fibra a incorporar. Foram realizados ensaios às idades de 14 dias e 28 dias. As condições de cura das amostras consistiram em secagem em condições termo-higrométricas controladas de laboratório durante os dois primeiros dias, seguida de uma secagem forçada em estufa a uma temperatura constante de 65°C durante os cinco dias seguintes e, finalmente, as condições de cura seguintes (até à data de ensaio de 14 dias ou 28 dias) foram análogas às existentes na fase inicial, [10]. De forma a se perceber melhor o processo de secagem da argamassa de reboco reforçada, a massa volúmica das amostras foi avaliada às idades de 2 dias, 14 dias e 28 dias.

### **4.1 Massa volúmica**

A Figura 4 apresenta as massas volúmicas quantificadas para as amostras fabricadas com fibras de 2 cm de comprimento, às idades de 2 dias (M2 – Caso 1), de 14 dias (M14 – Caso 2) e de 28 dias (M28 – Caso 3), e para as percentagens de fibras (em peso) incorporadas de 0%, 1%, 2%, 3% e 4%.

Estes resultados experimentais mostram que a massa volúmica das amostras de argamassa reforçada com fibras têxteis de comprimento de 2 cm tende a diminuir durante o processo de secagem para todas as percentagens de fibra a incorporar estudadas. Este facto não aconteceu rigorosamente devido ao processo de secagem adotado e tal como foi descrito anteriormente. Pensa-se que após o processo de secagem forçado, a humidade relativa existente no laboratório possa ter induzido um aumento progressivo e gradual da massa das amostras, que decorreu até à data da realização dos ensaios à flexão. Esta situação poderá justificar o facto de as amostras apresentarem geralmente uma massa volúmica ligeiramente superior aos 28 dias do que aos 14 dias. Esta situação verifica-se, em termos médios, nas amostras de todas as percentagens à exceção da percentagem de 1%. Por sua vez, também se verificou que a massa volúmica tendeu a crescer com o aumento da percentagem de fibras de 2 cm a incorporar. Apenas foi exceção a situação de 1% de fibras têxteis incorporadas. Esta situação talvez possa ser justificada pelo facto das fibras têxteis absorverem água com facilidade e, que depois, possa de algum modo retardar o processo de secagem atendendo a que a água absorvida pode ser libertada lentamente. Contudo, também é importante referir que este aumento de massa volúmica em função do aumento da percentagem de fibras incorporadas não foi expressivo.

De forma análoga, a Figura 5 apresenta as massas volúmicas quantificadas para as amostras fabricadas com fibras de 4 cm de comprimento, às idades de 2 dias (M2 – Caso

1), de 14 dias (M14 - Caso 2) e de 28 dias (M28 – Caso 3), e para as percentagens de fibras incorporadas de 0%, 1%, 2%, 3% e 4%, respetivamente.

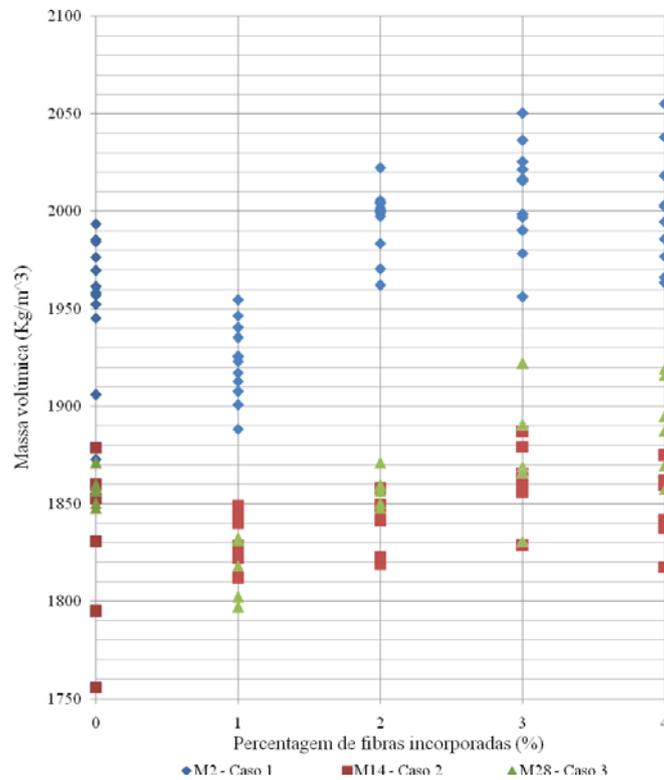


Figura 4: Massas volúmicas às idades de 2 dias, de 14 dias e de 28 dias, com fibras de 2 cm de comprimento (exceto série sem fibras)

No contexto de argamassas de reboco reforçadas com fibras têxteis de 4 cm de comprimento, verificou-se um cenário de evolução da massa volúmica em função da idade e da percentagem de fibras incorporadas, de certo modo análogo ao ocorrido no contexto das fibras de 2 cm de comprimento e descrito anteriormente. A massa volúmica tendeu a diminuir com o tempo de secagem em todas as percentagens de fibras incorporadas e devido, em grande parte, à evaporação da água remanescente da amassadura. Contudo, também foi evidente que após a secagem acelerada em estufa, as amostras apresentaram uma massa volúmica quase constante ao longo do tempo que antecedeu a realização dos ensaios à flexão em três pontos. Em termos médios, a massa volúmica média aparenta aumentar com o aumento da percentagem de fibras de 4 cm a incorporar. Embora os resultados obtidos não sejam totalmente claros. Por exemplo, à idade de 2 dias, as amostras com 4% de fibras apresentam uma massa volúmica ligeiramente inferior à das amostras com 3% de fibras. Este facto pode estar relacionado com o próprio processo de mistura e de enchimento dos moldes, e com a quantidade de água adicionada em cada traço de diferentes percentagens de fibras. A quantidade de água adicionada teve em conta o alcance de uma trabalhabilidade adequada para a argamassa. Por exemplo, usando-se fibras de 4 cm (isto é, 1/4 do comprimento das amostras) e 4%

destas fibras, aumentou certamente esta incerteza. Também neste caso, as amostras para as diferentes percentagens de fibras têxteis incorporadas apresentaram uma homogeneidade material considerável. É de salientar, que neste caso, as amostras fabricadas com 1% de fibras à idade de 2 dias, foram aquelas que apresentaram uma maior variabilidade de valores de massa volúmica mas que, contudo, tendeu a dissipar-se com o processo de secagem.

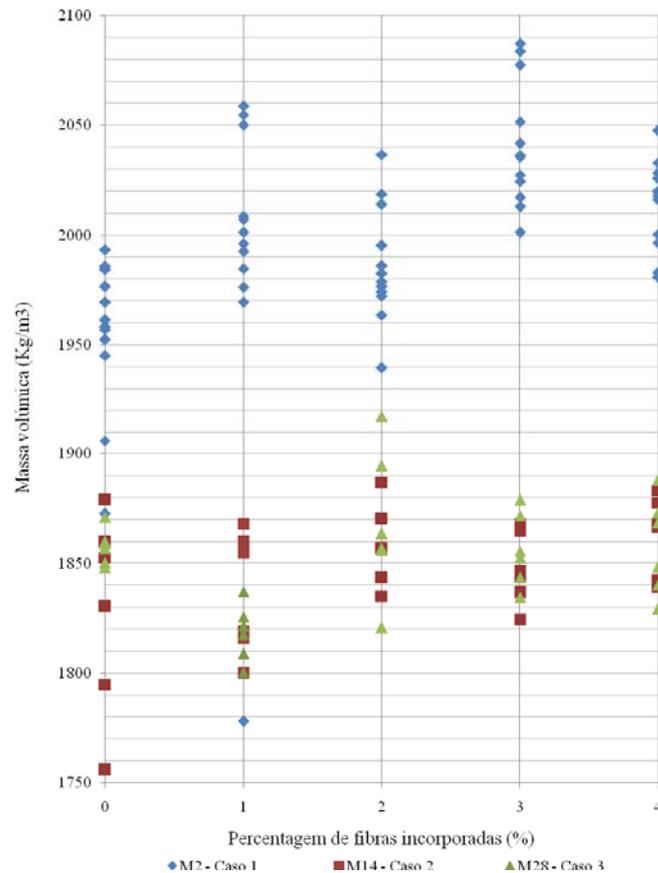


Figura 5: Massas volúmicas à idade de 2 dias, 14 dias e 28 dias, com fibras de 4 cm de comprimento

#### 4.2 Capacidade resistente à flexão

Doze amostras de argamassa corrente (designada por argamassa de referência e correspondente a 0% de fibras incorporadas), quarenta e oito amostras de argamassa reforçada com fibras de 2 cm de comprimento e quarenta e oito amostras de argamassas reforçada com fibras de 4 cm de comprimento, para diferentes percentagens de fibra a incorporar, foram fabricadas especificamente para a análise da capacidade resistente à flexão da argamassa reforçada. Estas amostras prismáticas tinham as dimensões de 40 mm × 40 mm × 160 mm. Uma prensa Seydner Mega 10/250/15D foi utilizada na realização deste ensaio. Face à expressiva quantidade de resultados obtidos e por

simplificação apenas se apresentam os valores médios da tensão de rotura à flexão dos diferentes tipos de amostras e para as idades de 14 dias e 28 dias, Figura 6.

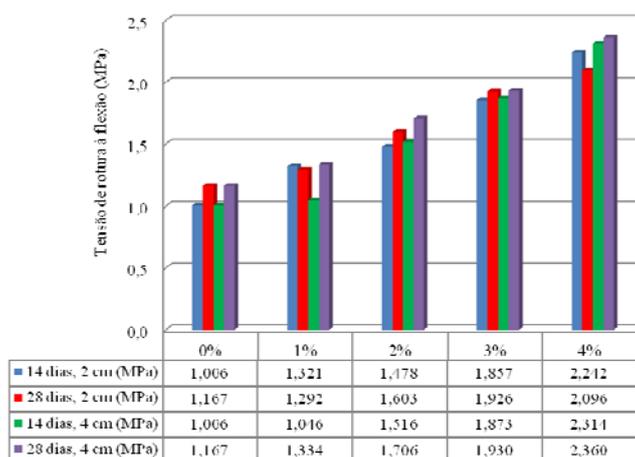


Figura 6: Valores médios da tensão de rotura à flexão

Estes resultados experimentais mostram que existe um benefício do desempenho mecânico em termos de flexão da argamassa reforçada à medida que o teor de fibra têxtil a incorporar aumenta. De facto, verifica-se que uma argamassa reforçada com 4% de fibras têxtil, aos 14 dias de idade, apresenta uma capacidade resistente à flexão duas vezes superior em relação a uma argamassa simples (isto é: sem adição de fibra têxtil). Duas das argamassas reforçadas estudadas (1% e 4% de fibras de 2 cm) obtiveram valores médios de capacidade resistente à flexão, aos 28 dias de idade, inferiores em relação aos respetivos valores obtidos à idade de 14 dias. Em contraste, as argamassas reforçadas com 2% e 3% de fibras apresentaram uma melhoria desta propriedade mecânica com o decorrer do tempo. Verificou-se também que o aumento do comprimento da fibra não se traduziu num aumento proporcional da capacidade resistente à flexão.

Parece importante frisar que face às dimensões das amostras, os comprimentos de fibras de 2 cm e de 4 cm poderá parecer desproporcional por excesso. Estes comprimentos de fibras poderão estar mais contextualizados, em termos de escala, com as dimensões de um reboco de parede (por exemplo: 0,02 m × 3 m × 3 m). Este efeito de escala, poderá, limitar parcialmente a extrapolação direta das ilações processadas anteriormente para o caso real. Contudo, pensa-se que a inclusão de fibras de comprimentos inferiores a 2 cm neste estudo permitiria chegar a factos mais conclusivos relativamente ao efeito do comprimento da fibra na capacidade resistente à flexão de uma argamassa reforçada. Havendo um incremento da capacidade resistente à flexão através do reforço, é possível afirmar que indiretamente também existe um incremento da capacidade resistente à tração pelo facto de se aplicar uma argamassa de reboco reforçada com fibras em detrimento de se aplicar uma argamassa de reboco simples.

### 4.3 Capacidade resistente à compressão

As amostras ensaiadas à flexão (i.e. pós-rotura) foram seguidamente utilizadas na realização do ensaio à compressão. Deste modo, cento e noventa e duas amostras de argamassa de reboco reforçada com fibras do tipo fio de resíduo da indústria têxtil, de

composição 70% algodão e de 30% acrílico, e vinte e quatro amostras da argamassa de referência (0%) foram ensaiadas à compressão. Com este exaustivo trabalho experimental pretendeu-se averiguar o desempenho mecânico em termos de compressão de diferentes tipos de argamassa de reboco reforçada com fibras de fio. Os parâmetros do comprimento da fibra a incorporar, a percentagem de fibra a incorporar e a idade da argamassa foram contemplados neste estudo. A prensa identificada anteriormente foi novamente utilizada neste ensaio. Pelas mesmas razões anteriores, apenas se apresentam os valores médios da tensão de rotura à compressão dos diferentes tipos de amostras e para as idades de 14 dias e 28 dias, Figura 7.

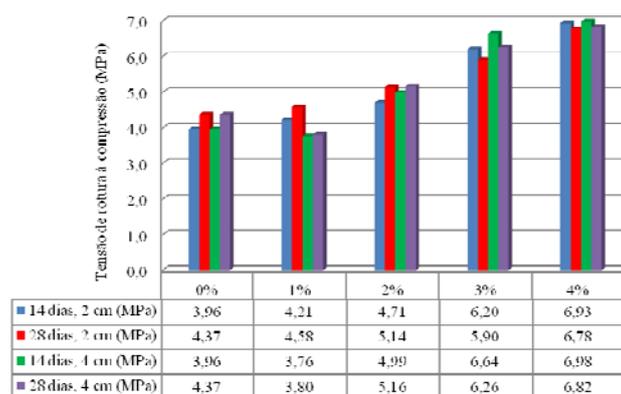


Figura 7: Valores médios da tensão de rotura à compressão

Tal como sucedeu no ensaio à flexão, também neste ensaio a tensão de rotura à compressão tendeu a aumentar com o aumento de teor de fibras a incorporar na argamassa de reboco, e tanto para a idade de 14 dias como para a idade de 28 dias. Também se observou que não houve uma variabilidade expressiva nos resultados obtidos para a tensão de rotura à compressão nos diferentes cenários de argamassa reforçada. O tempo de secagem (após a secagem forçada em estufa) e o aumento do comprimento da fibra são parâmetros que não parecem influenciar de forma relevante a capacidade resistente à compressão da argamassa reforçada.

#### 4.4 Modo de rotura

A Figura 8 mostra a superfície de rotura da fibra aquando do ensaio à tração (Secção 2), Figura 8.a, e aquando do ensaio à flexão de uma amostra de argamassa reforçada, Figura 8.b. Estas imagens ampliadas permitem visualizar que as superfícies de rotura da fibra são similares nos dois contextos. Este facto possibilita concluir que as fibras localizadas na parte inferior das amostras de argamassa reforçada também atingiram a rotura por tração aquando do ensaio à flexão. Deste modo, essas fibras desempenharam o seu papel de reforço da argamassa. Paralelamente, a Figura 8.b, também permite observar pequenas porções de argamassa que permaneceram ligadas aos microfios na fase pós-rotura. Este dado pode indiciar que existe uma adequada compatibilidade material entre a argamassa e a fibra de fio de 70% algodão e de 30% acrílico.



a) Ensaio à tração

b) Ensaio à flexão

Figura 8: Superfície de rotura da fibra

## 5. CONCLUSÕES

Uma solução construtiva alternativa de reforço de argamassas de reboco foi proposta e estudada neste trabalho de investigação. Esta solução consiste em aplicar fibras de fio de 70% algodão e de 30% acrílico como reforço. Sendo este fio um resíduo da indústria têxtil então a solução proposta poderá ser interessante do ponto de vista económico e de sustentabilidade. Através da realização de um ensaio à tração expedito estimou-se que este fio apresenta em termos médios uma tensão de rotura à tração de 0,67 MPa e um módulo de elasticidade de 13,50 MPa. Um estudo paramétrico foi processado e que consistiu em avaliar o impacto dos comprimentos da fibra, da percentagem de fibras a incorporar e da idade, no desempenho material da argamassa reforçada. Previamente, verificou-se experimentalmente a aplicabilidade dos diferentes cenários de reforço e concluiu-se que todos são viáveis. A massa volúmica é bastante sensível ao teor de fibras a incorporar e à secagem. Esta aumenta quando se aumenta o respetivo teor e reduz à medida que a secagem decorre. Em termos mecânicos, verificou-se que existe um benefício substancial em termos de resistência à flexão (e indiretamente, à tração) da argamassa reforçada quando se aumenta o comprimento da fibra e o seu teor de incorporação. Simultaneamente, este ganho também ocorre em termos de capacidade resistente à compressão de igual modo, embora o efeito do comprimento da fibra seja mais ténue neste contexto. Imagens ampliadas da superfície de rotura de uma amostra de fibra resultante do ensaio à tração e de uma amostra de argamassa reforçada ensaiada à flexão reforçam a ideia de que a fibra proposta tem potencial de reforço de argamassas de reboco.

## AGRADECIMENTOS

Um especial e sincero agradecimento às empresas Textâmega, Supercorte e Profato pela gentileza em ceder resíduos têxteis e que serviram de base à realização deste trabalho de investigação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Veiga, Maria Rosário (1998). Comportamento de argamassas de revestimento de paredes. Contribuição para o estudo da sua resistência à fendilhação. Tese de Doutoramento e programa de investigação do LNEC, Lisboa.

- [2] Luiz Oliveira, Paula Alves, Sérgio Dias (2007). Desempenho de argamassas reforçadas com fibras acrílicas. Actas do 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção. APFAC. Lisboa. Portugal.
- [3] Luiz Oliveira, Paula Alves, Sérgio Dias (2010). Desempenho de argamassas de revestimento com incorporação de fibras de plásticos reciclados. Actas do 3º Congresso Português de Argamassas de Construção. APFAC. Lisboa. Portugal.
- [4] Luís A. Dias. Introdução de fibras de sisal em rebocos exteriores. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da UTAD. UTAD. Vila Real. Maio de 2009.
- [5] Luiz Oliveira, Pedro Santos (2007). Resíduos reciclados como componentes de argamassa. Actas do 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção. APFAC. Lisboa. Portugal.
- [6] André Andrade, Fernando Caldeira (2010). Assessment of the compatibility of wood and plastic with cement for their recycling in cement composites. Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia, nº7, pp.58-66. Edições Universidade Fernando Pessoa. ISSN: 1646-0499.
- [7] Mara Rodrigues, Osny Ferreira (2010). Argamassa com partículas de borracha derivada da reciclagem de pneus inservíveis. Actas do 3º Congresso Português de Argamassas de Construção. APFAC. Lisboa. Portugal.
- [8] Raúl Fanguero, P. Marques, C. Gonilho Pereira (2010). Directionally oriented fibrous structures for lightweight concrete elements reinforcement. DET/2C2T - Comunicações em Congressos Internacionais com Arbitragem Científica.
- [9] Paiva, A.; Varum, H.; Caldeira, F.; Sá, A.; Nascimento, D.; Teixeira, N. (2011) - Textile subwaste as a thermal insulation building material - 2011 International Conference on Petroleum and Sustainable Development (ICPSD 2011) - International Proceedings of Chemical, Biological & Environmental Engineering (IPCCEE), ISSN 2010-4618, ISBN 978-981-07-1054-5, Edited by Yang Dan, IACSIT Press, Singapore, Vol. 26, pp. 78-82 - Dubai, UAE, 28 a 30 de Dezembro de 2011.
- [10] Norma Portuguesa EN 1015-11 (1999) – Métodos de ensaio para argamassas de alvenaria, Parte 11: Determinação da resistência à flexão e à compressão de betão.