



NOTA JUSTIFICATIVA DA SUBSTITUIÇÃO DA MALHA-SOL 'TRADICIONAL' POR FIBRAS DE POLIPROPILENO **FIBRIL®**

Em dosagens normais (500 gr/m³) as fibras de PP (E_{mod} = aprox. 4 a 5 GPa) adicionadas ao betão ou às argamassas cimentícias não conferem aos mesmos **nenhum aumento significativo das características mecânicas** (resistência à flexão-tracção, à compressão menos ainda, por definição).

para controlar a fissuração o betão tem que ser armado com aço ou qualquer outra matéria com um módulo de Young superior ao betão e com uma ancoragem suficiente para mobilizar uma capacidade de absorção de energia por deformação

um pavimento apoiado no solo é uma estrutura hiperstática

tanto a utilização de fibras de aço como armaduras duplas têm que ser calculadas para resistir às tensões que possam advir das cargas de utilização, retracção ou cedência de base



Uma malha única, seja qual for, nunca está ‘no lugar certo’ num pavimento:

1. se estiver ‘em cima’ será cortada ao executar as juntas de esquartelamento e por conseguinte fica anulada a continuidade da malha
+ possível fissuração em baixo por ausência de armadura
2. se estiver ‘no meio’ pode contribuir algo na absorção das tensões da retracção do betão; no entanto teria que se cumprir ‘mínimos’ !! (bem acima das malhas correntemente utilizadas); à flexão só poderá contribuir algo após a fissuração do betão, permitindo a deslocação da linha neutra à procura de um ‘parceiro’. A malhasol ‘corrente’ com diâmetros de 3.8 ou 5 mm não afige uma resistência ao corte suficiente para ‘ferrolhar’ os panos de betão esquartelados.
3. se estiver ‘em baixo’ não poderá controlar fissuração no pavimento onde este sofrer tensões à tracção
+ possível fissuração em cima por ausência de armadura

A utilização de uma malha só não contribui para o comportamento estrutural de um pavimento.

A fim de poder contribuir para um efeito estrutural tem que haver por definição uma **malha dupla**, uma vez que pelo pavimento fora ocorrem momentos positivos e negativos conforme as condições de carga e da sub-base.



a utilização 'tradicional' de UMA malha é basicamente **inútil !!**

Além disso, na prática, em 90 % dos casos a malha fica rente ao chão e está sujeita a sofrer corrosão e desaparecer em pouco tempo.

As fibras sintéticas entraram, e bem, na vida dos betões por vários motivos:

1. Micro-fibras:

A fibra de polipropileno FIBRIL® F é acrescentada para distribuir as tensões inerentes ao betão na sua fase plástica ou 'verde' em **TODO o volume** do betão.

A adição da fibra contribui para a diminuição da exsudação do betão, já por si a evitar, e ajuda na cura do betão (por retenção capilar de água).

Não existe desempenho mecânico (tal como não existe no caso de uma malha não estrutural).

O efeito de retenção de água é conferido pela elevadíssima introdução de **capilares** (> 115 milhões de fibras com 12 mm de comprimento por kg).

É importante reconhecer o efeito benéfico do controle de fissuração do betão uma vez que qualquer fissura no betão 'nasce' nas primeiras horas da vida do betão, nem que seja invisível ao olho.



Histórico:

A nossa empresa introduziu e divulgou a utilização de fibras de PP em 1992 em Portugal.

Começamos com a fibra ‘fibrilada’ numa dosagem de 900 gr/m³ – sugerido pelo fabricante:



A aceitação foi muito grande uma vez que o clima em Portugal ‘pede’ essa ajuda das fibras para controlar a micro-fissuração.

Por motivos de elevadas dificuldades no acabamento dos pavimentos, mudamos rapidamente para fibras de ‘monofilamento’:



O fabricante (belga) sugeriu uma dosagem de 600 gr/m³ que se tornou rapidamente ‘standard’ no mercado.



No entanto já naquela época havia claras indicações que 500 gr/m³ conferem rigorosamente o mesmo efeito.

Como exemplo no Brasil a DUPONT (líder de mercado em nylon) naquela época afirmava dosagens de 350 gr/m³.

Como não existe nenhum laboratório melhor do que ter vendido fibras para mais do que 2 milhões de metros cúbicos de betão, e como por enquanto não há propriamente ensaios ‘fáceis’ nem standardizados, apenas ‘empíricos’, para comprovar, **HOJE afirmo**, com uma experiência de mais do que 30 anos, que a dosagem de **500 gr/m³** é mais do que **SUFICIENTE** ! Mais do que 500 gr/m³ é até prejudicial porque já provoca uma diminuição ligeira do slump, o que leva, em muitos casos, à adição contraproductiva de mais água ao betão!

Infelizmente a fibra sintética não confere características mecânicas ao betão, porque confunde-se com a conferência de uma suposta tenacidade ao betão, principalmente verificada em situações de ruptura (basta por exemplo fazer uma demolição tradicional por impacto para verificar este aspecto ‘engraçado’ mas tecnicamente irrelevante do betão com fibras sintéticas).

No entanto a ausência de micro-fissuração dificulta a iniciação e propagação de fissuração inicial e pode ser muito eficiente também nas betonilhas e rebocos.

As microfibras de PP não têm capacidade de ancoragem e por conseguinte também não contribuem para o ‘inter-lock’ dos inertes.



A adição de microfibras de PP **garante apenas a eliminação de todas as micro-fissuras** provenientes da retração natural do betão na sua fase de cura mais crítica (primeiras horas) e contribui de forma muito significativa para a prevenção das fissuras provenientes do calor de hidratação em betonagens volumosas (conforme dosagem de cimento, etc..).

A partir do momento em que o E_{mod} do betão ultrapassa o E_{mod} da fibra, esta torna-se inerte.

2. Fibras ‘Macro-sintéticas’:

Aqui algo muda de figura: a fibra FIBRIL MACRO T, sempre com um E_{mod} baixo, mas com ‘ancoragem melhorada’, contribuem para o melhor distribuição de todas as tensões, principalmente por retracção, que ocorrem nas primeiras horas no betão.

Em dosagens $> 2 \text{ kg/m}^3$ a introdução desta ‘rede’ de fibras já contribui de forma MUITO SIGNIFICATIVA a ainda melhor distribuição das tensões presentes no betão nas primeiras horas, momento CRUCIAL para a futura ‘vida’ do betão.

As fibras macro-sintéticas ganharam o seu lugar, com razão, numa capacidade de garantir uma tal distribuição de possíveis micro-fissuras para que não haja fissuração ‘visível’ a contribuir para a ‘integridade’ do betão até



este chegar à idade (E_{mod}) para poder ser parceiro do aço para controlar a fissuração por flexão-tracção.

É falso que fibras sintéticas pretendem contribuir num aumento da ductilidade dos betões e argamassas, nomeadamente o baixo E_{mod} , a **fluência** (!!) e inapropriada caracterização do betão com fibras não permite calcular um momento resistente (!), por conseguinte não se pode, tal como no caso das micro-fibras, atribuir às fibras macro-sintéticas um carácter estrutural.

Os valores obtidos de $f_{r,i}$ (EN 14651) são desprezíveis e os cálculos correntemente apresentados no mercado referem sistematicamente a valores não fiáveis, duvidosos e incongruentes.

No entanto voltamos a referir o efeito benéfico reológico significativo das fibras macro-sintéticas para o betão !

Lembram como se ‘rasga’ um pano ? Faz-se um ‘corte’ para depois facilitar a tarefa !

O betão é rigorosamente igual: ENQUANTO NÃO ESTIVER FISSURADO não irá facilmente fissurar uma vez que um pano de betão, correctamente esquartelado, permite manter a sua integridade articulando pelas juntas de corte !

Pela mesma razão a distância entre juntas de esquartelamento aconselha-se ser no máx. 4 m para pavimentos ‘não armados’.

Há quem ‘garante’ ainda mais este tipo de solução por diminuir ainda mais a dimensão dos panos.



É de assinalar que a maior parte dos ‘cálculos’ presentes no mercado não respeitam valores básicos impostos por normas ou recomendações.

Um exemplo típico ‘por esquecimento’ é de utilizar o valor f_{ctm} em vez de f_{ctk} :

6.1 Concrete

The strength properties of concrete are listed in Table 6.1, based on Eurocode 2^[27], Table 3.1.

6.1.1 Flexural tensile strength

The flexural tensile strength of a plain concrete section is a function of the axial tensile strength and the section depth.

For slabs thinner than 600mm the flexural tensile strength $f_{ctk,fl}$ is obtained by multiplying the mean axial tensile strength by $(1.6 - h/1000)$, as Eurocode 2^[27] expression 3.23.

$$f_{ctk,fl} = f_{ctm} \times (1.6 - h/1000) / \gamma_m \quad \text{Equation (1)}$$

exemplo:

um pavimento com 16 cm:

$$\rightarrow f_{ctk,fl} = f_{ctk} * (1.6 - h/1000) = 1.8 * (1.6 - 160/1000) = 2,592 \text{ N/mm}^2$$

encontramos num ‘cálculo’ (para um C25/30) a seguinte tabela:

$f_{ck} =$	N/mm ²	25
$f_{ctk, fl} =$	N/mm ²	3,8
$f_{ctk} =$	N/mm ²	1,8
$f_{ctm} =$	N/mm ²	2,6
$E_{cm} =$	kN/mm ²	31,5
$n =$	N/mm ²	0,61
$d =$	mm	120,0



No cálculo estático foi considerado o valor f_{ctm} (2.6 N/mm²) em vez do valor característico f_{ctk} (1.8 N/mm²) $\rightarrow 2.6 * (1.6 - 160/1000) = 3.744$ N/mm² por conseguinte introduziu-se aqui uma majoração de $3.744 / 2.592 = 1.44$ ou **44 %** !!! ('a favor' !!)

o correcto seria:

Hormigón	C25/30	
E_c	30500	N/mm ²
f_{ck}	25	N/mm ²
γ_{ct}^f	1,20	-
γ_c	1,35	-
f_{ctm}	2,6	N/mm ²
$f_{ctk;0,05}$	1,8	N/mm ²
$f_{ctk,fl}$	2,6	N/mm ²

!!!!

Observa-se também nos 'cálculos' a utilização de valores de qualidade da base irreais ($k > 0.13$ N/mm³) e muitas vezes não seguem os coeficientes consensuais de segurança das cargas ou dos materiais.

Basicamente todos os cálculos que circulam no mercado são apenas e exclusivamente baseados na resistência, muito vezes erroneamente majorada, do betão pleno não armado.

Em outras palavras: são 'arapucas' como dizem, e bem, os nossos colegas brasileiros, apenas para 'enganar quem quer ser enganado'.



RESUMO:

Pelos conhecimentos actuais da química não é possível 'imitar' as características únicas de ductilidade do aço.

Por definição as fibras sintéticas têm um comportamento linear até ruptura (sem aviso) e sofrem de um fenómeno incontornável chamado 'fluência' (deformação sob tensão) que leva à proibição de conceber qualquer elemento em betão com pretensões 'estruturais' a serem contempladas por um período superior a 1 ano.

O aço 'avisa' por ter um comportamento dúctil (re-arranjo molecular 'pós-pico').

Confunde-se ainda um comportamento de um elemento 'estrutural' (por exemplo ensaios de placa → Energia (Joules) - EN 14487-1), dos quais não resulta nenhum elemento que permite calcular, com a caracterização do betão com fibras (por ensaios prismáticos com deformação servo-controlada), que permite obter valores para o cálculo ($f_{r,i}$) (EN 14651).

Para efeitos estruturais o uso de fibras de aço continua mais eficaz, durável e económico do que qualquer fibra sintética e o conhecimento actual da química e da física indica que esta realidade irá se manter.

Steel for Boys – **Plastic** for Toys !



Erik Ulrix

[Engº Civil – Arquitecto](#)

[O.E.](#), membro efectivo nº 62470

[Linkedin](#)

Mob (+351) **919 837 525**

www.biu.pt