2º CONGRESSO BRASILEIRO DE TÚNEIS E ESTRUTURAS SUBTERRÂNEAS

SEMINÁRIO INTERNACIONAL "SOUTH AMERICAN TUNNELLING" - 2008

23 A 25 DE JUNHO DE 2008

CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS PARA TÚNEIS

Bruno Luiz Marson Franco – Maccaferri do Brasil Ltda.

Antonio Gallovich – Maccaferri Incorporation.

CENTRO FECOMÉRCIO DE EVENTOS
SÃO PAULO - SP

Introdução

O Concreto Reforçado com Fibras é uma das recentes tecnologias desenvolvidas para a execução de revestimentos de túneis, apresentando uma série de vantagens quando comparado ao reforço em armadura convencional.

Recentemente foram desenvolvidas normas e práticas recomendadas internacionais para a correta dosagem do CRF e controle de qualidade na obra.

Objetivo do Controle de Qualidade do CRF

- O objeto do controle de qualidade do CRF é garantir os requerimentos que o projetista estabelece para a concepção dos suportes.

- Para propor um controle de qualidade adequado, a definição da função do suporte é fundamental e é através desta definição que o projetista da obra define suas premissas conceituais, podendo existir a exigência de ensaios, tanto à flexão, como ensaios de placas, entre outros.

- Os atuais códigos normativos chegam a sugerir critérios de aceitação e/ou rejeição do material.

- Como referências mais completas sobre o controle de qualidade do CRF, encontramos a norma italiana UNI10834, como uma primeira incorporação do conceito, e logo o recente EN14487, o qual envolve pela primeira vez todos os conceitos para o devido controle de qualidade do material.

Aplicações em Concreto Reforçado com Fibras; Revestimento de Túneis

- Revestimento primário
Concreto projetado

- Revestimento definitivo
Concreto projetado

- Revestimento definitivo
Concreto Bombeado

- Anéis Pré-fabricados
(Aduelas)

Aplicações em Concreto Reforçado com Fibras; Revestimento de Túneis

- Revestimento primário
  Concreto projetado

- Revestimento definitivo
  Concreto projetado

- Revestimento definitivo
  Concreto Bombeado

- Anéis Pré-fabricados
  (Aduelas)

Aplicações em Concreto Reforçado com Fibras; Revestimento de Túneis

- Revestimento primário
  Concreto projetado

- Revestimento definitivo
  Concreto projetado

- Revestimento definitivo
  Concreto Bombeado

- Anéis Pré-fabricados
  (Aduelas)

Aplicações em Concreto Reforçado com Fibras; Revestimento de Túneis

- Revestimento primário
  Concreto projetado

- Revestimento definitivo
  Concreto projetado

- Revestimento definitivo
  Concreto Bombeado

- Anéis Pré-fabricados
  (Aduelas)

Quadro normativo para especificação do material:

ASTM A820 Standard Specification for Steel Fibers for Fiber Reinforced Concrete

ASTM C1116 Standard Specification for Fiber reinforced concrete and Shotcrete

UNI 11037 Steel Fibres for Concrete

EN 14889-1 Fibers for concrete: Steel Fibres

EN14889-2 Fibers for Concrete: Polymer Fibres

ABNT NBR 15530:07 – Fibras de aço para concreto

ABNT NBR 8890:07 - Tubo de concreto, de seção circular, para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaios

Quadro normativo para projeto, construção e controle do CRF:

- RILEM
- TR
- UNI
- EN
- ASTM
- ACI

Quadro normativo para ensaios do CRF:

Contexto Europeo:

UNI 11039 Steel Fiber Reinforced Concrete

EFNARC

Eurocodigo prn-14488 Testing Sprayed Concrete: Flerural Strenghs

RILEM

Contexto Americano:

ASTM C1609-06 (substituiu a antiga ASTM C1018) Standard Test Method for Flexural Toughness and First-Crack Strength of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam WithThird-Point Loading)

ASTM C1399 Test Method for Obtaining Average Residual-Strength of Fiber-Reinforced Concrete

ASTM C1550 Standard Test Method for Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete and Shotcrete (Using Centrally Loaded Round Determinate Panel)

Ensaio Japones:

JCI-SF-4 Method of Test for Flexural Strengh and Flexural Thougness of fiber reinforced concrete

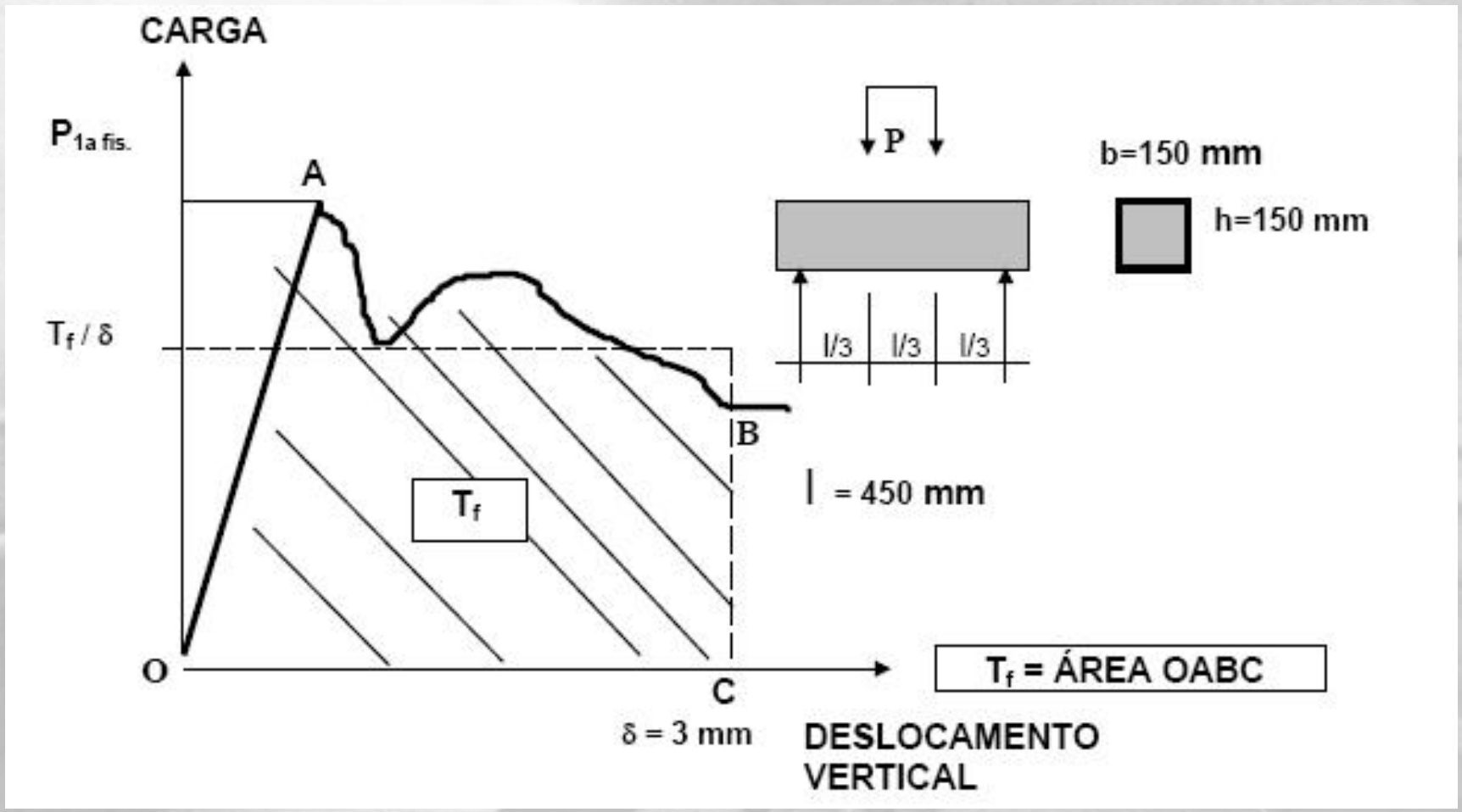
Suportes sem deformação

Sendo que estes revestimentos são definitivos, a maioria é concebida para não gerar deformações, já que as mesmas devem ser controladas durante a escavação por um revestimento primário. Este conceito de suportes vem diretamente ligado ao projeto do CRF com relação ao critério de resistência residual equivalente, o qual obedece a critérios de limitação de abertura das fissuras na fase de pós-fissuração da matriz de concreto, dentro dos limites de segurança estrutural, sendo fundamental para este critério a execução de ensaios à flexão para controle da tenacidade do tipo ASTMC1609, ASTM C1399, UNI 11039, JSCE-SF4 e EN 14487, os quais permitem obter uma caracterização mecânica do material para ser utilizado para fins de projeto estrutural.

Ensaio para Controle de Tenacidade em Vigas

A caracterização do material e o controle de qualidade do CRF é realizada através da medida de sua tenacidade, principal propriedade incrementada pela adição das fibras ao concreto.

Ensaio para Controle de Tenacidade em Vigas



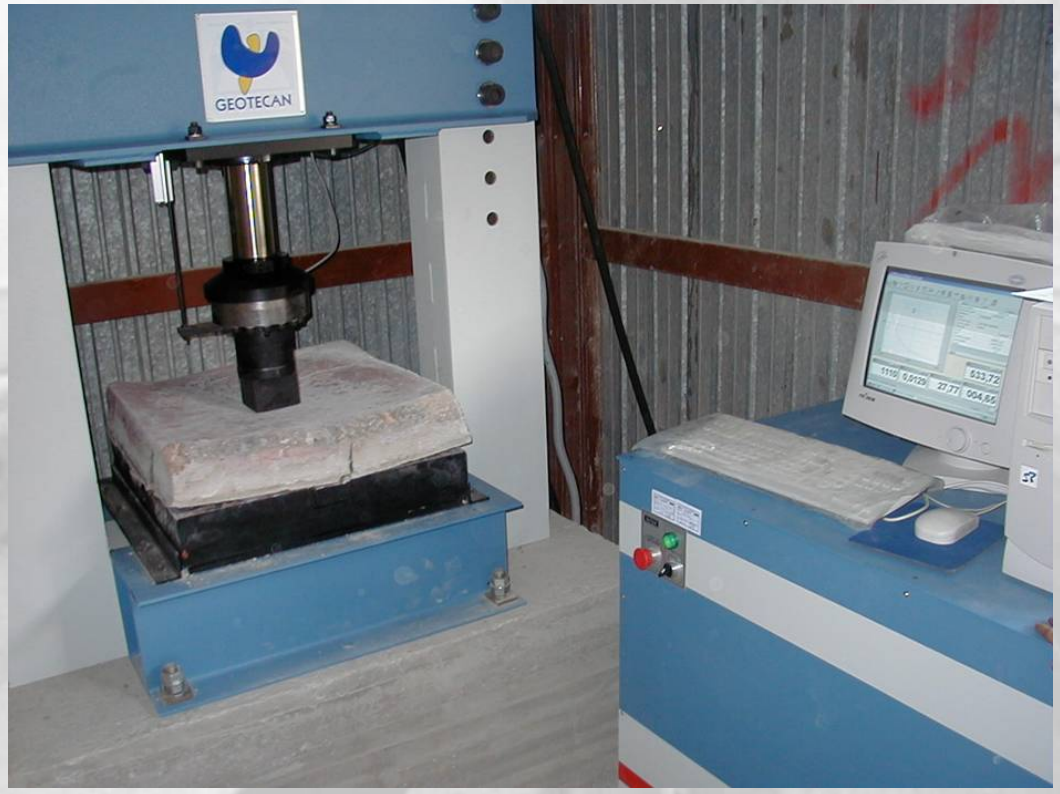
Suportes com deformação admissível até alcançar a estabilização da escavação

São classificados como “Temporários – Não Estruturais” ou “Temporários Estruturais”, onde o critério de deformação do suporte é permitido com amplas tolerâncias. Neste tipo de suporte, o controle de qualidade é diretamente orientado através dos ensaios de energia absorvida em placas tipo EFNARC ou ASTM C1550.

O que se busca com este conceito é garantir que a ductilidade do CRF seja compatível com as deformações previstas para o tipo de suporte especificado, por este motivo, estes ensaios avaliam o comportamento do material para amplas deformações da ordem de 25 a 40mm.

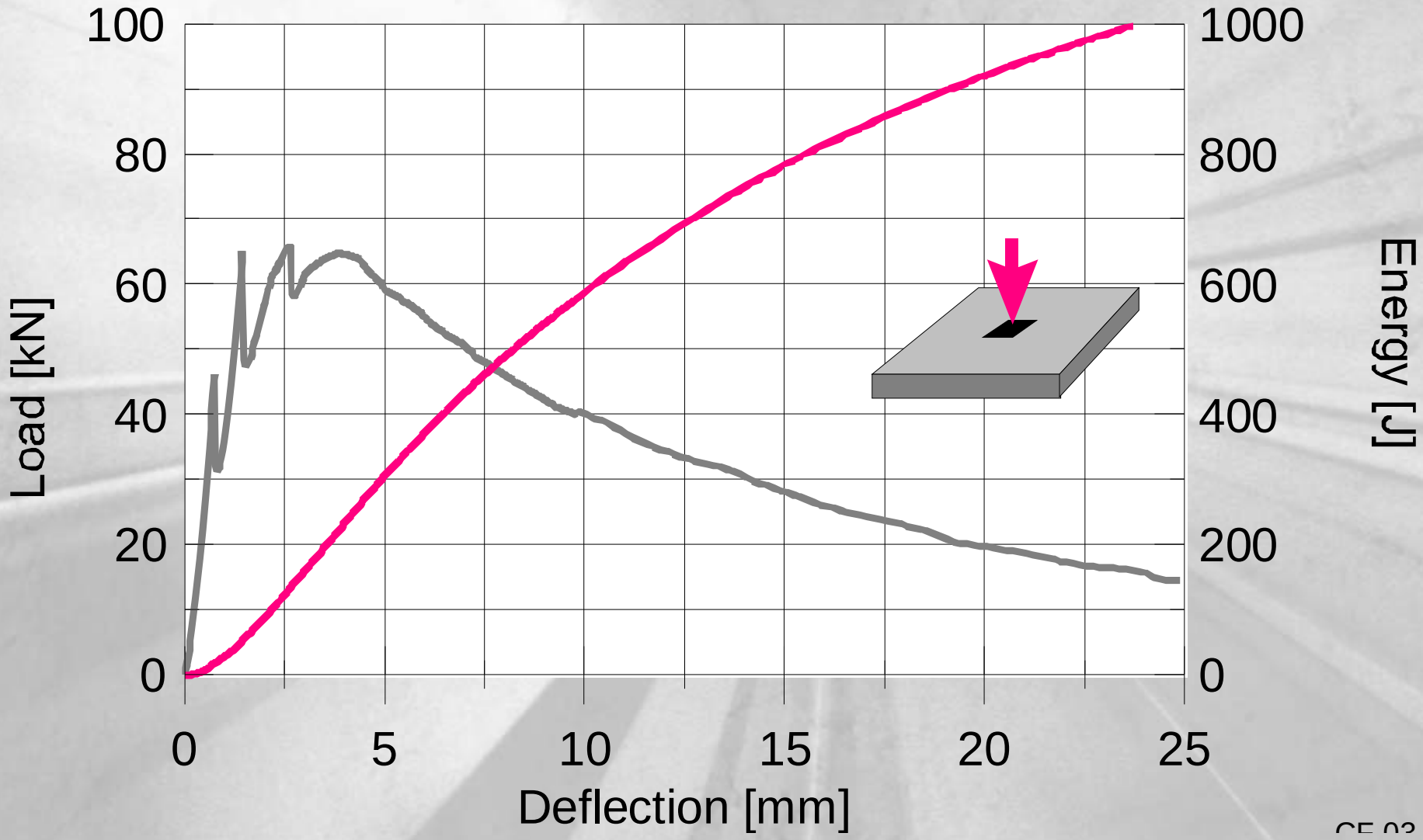
Ensaios de puncionamento em placas para determinar a absorção de energia

O ensaio consiste em uma placa quadrada de 600 mm de largura e altura de 100 mm, apoiada sobre todos os lados, com uma punção central de 100x100 mm até uma deformação de 25 mm.



EFNARC - European Federation of Producers and Applicators of Specialist Products for Structures
UNI 10834 - Calcestruzzo proiettato

Ensaios de puncionamento em placas para determinar a absorção de energia



Ensaios de puncionamento em placas para determinar a absorção de energia

Uso e classe de abosorção de energia

Classe	Energia absorvida até 25 mm (Joules)	Classificação
a	< 500	TN - PN
b	≥ 500	TS - PS
c	≥ 700	TS - PS
d	≥ 1000	TS - PS

Ensaios de puncionamento em placas para determinar a absorção de energia

Classificação em função da aplicação

	Destinação de uso	Sigla	Exemplos de utilização
Temporário	Não estrutural	TN	- sub-bases - aterros - proteção taludes provisórios - proteção superficial - proteção de superfícies de escavação em túnel
	Estrutural	TS	- túneis de bypass - pés direitos - proteção superficial - proteção de superfícies de escavação em túnel
Permanente	Não estrutural	PN	- aterros - proteção taludes - impermeabilizações
	Estrutural	PS	- reparações, reestruturações e revestimentos de túneis

Ensaios de puncionamento em placas para determinar a absorção de energia

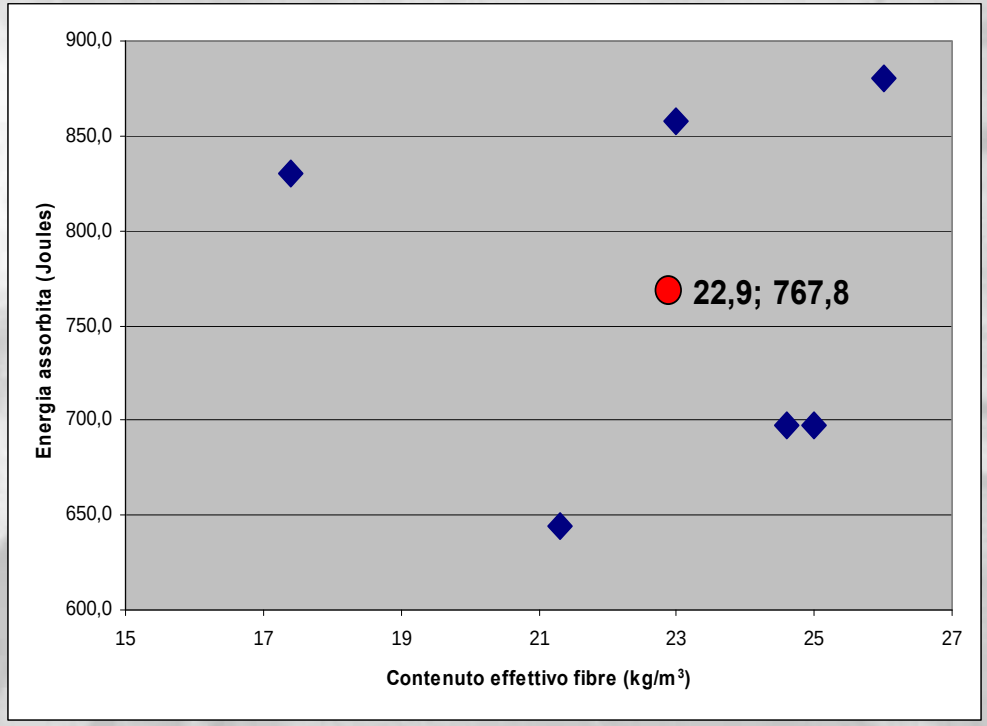
Ensaio fibra Wirand FS1 – PORTUGAL

UNIVERSIDADE DE BRAGA

Dosagem 35 kg/m³

Fibra FS1 vía úmida

	Cont.fibre kg/m³	Resistenza a compr. (Mpa)	Energia (J)
Placa 2	17,4	32,4	829,9
Placa 1	21,3	31,8	644,3
Placa 3	23	32,9	857,6
Placa 5	24,6	32,1	697,2
Placa 6	25	33,5	697,2
Placa 4	26	31,1	880,2
Média	**22,9**	32,3	**767,8**



EFNARC – SNCF '89 – UNI 10834

Ensaios de puncionamento em placas para determinar a absorção de energia

Placa circular apoiada em três pontos

ASTM C 1550-02: Standard Test Method for Flexural Toughness of FRC And Shotcrete (Using Centrally Loaded Round Determinate Panel)

Conclusões

- Não existe nenhum respaldo técnico quando se especifica um concreto reforçado com fibras somente com uma simples dosagem de fibra por metro cúbico de concreto, pois sempre devemos avaliar a solução através dos requisitos mínimos de desempenho para o concreto que será aplicado na obra.

- Basicamente existem dois métodos de ensaios para a determinação do nível de desempenho do CRF que são através de vigas ou placas, sendo que o ensaio de tração na flexão em vigas é de fundamental importância para avaliar as características do material em menores níveis de fissuração.

Conclusões

- O concreto com fibras para aplicações em túneis pode ser dosado e controlado corretamente de acordo com normas e métodos precisos, sem o uso de traços empíricos.

- É importe que exista uma clareza no que se busca como prestação de serviço com a utilização do concreto reforçado com fibras de aço, para que se possa obter uma adequada orientação sobre a dosagem, tipo de fibra e concretos adequados para cada aplicação, de acordo com a boa técnica e atendendo às boas práticas de engenharia.

- Pretende-se em breve junto ao CBT criar um comitê para discutir sobre um futuro trabalho de normalização nacional para ensaios e controle de qualidade do CRF.

Muito Obrigado pela Atenção!