



CONCRETO TECNOLOGIA SikaFiber®



REFORÇO COM FIBRAS

As fibras são componentes ideais na fabricação de concreto e argamassas. Elas melhoram algumas propriedades desses materiais construtivos, que sem proteção adicional podem apresentar pontos fracos que diminuem a vida útil da estrutura. Utilizando principalmente as macrofibras, obtém-se ganhos de desempenho na absorção de energia e na resistência ao fogo ao mesmo tempo que se reduz a fissuração por retração e a largura das fissuras. O concreto reforçado com fibras precisa de muito menos aço do que um concreto armado tradicional, mas que ainda tem maior durabilidade. A ideia de usar as fibras como reforço em materiais de construção remete a centenas – senão milhares – de anos, e hoje em dia, com as tecnologias modernas, isso acontece mais do que nunca. O concreto desenvolveu-se consideravelmente nas últimas décadas, e a tecnologia de fibras tem evoluído rapidamente junto com ele. O uso de aplicações de concreto com fibras têm se expandido, assim como os novos compósitos para fabricação de fibras; por isso, elas são cada vez mais capazes de substituir as fibras tradicionais de aço e vidro. A tecnologia SikaFiber® está à frente desta evolução.

AS FIBRAS MELHORAM O CONCRETO E SUA ESTRUTURA

O CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS É um que recebeu fibras durante sua dosagem, para melhorar o comportamento à fissuração e a resistência residual. Depois de muitos anos de pesquisa e desenvolvimento o concreto reforçado com fibras está totalmente estabelecido no mercado devido às grandes vantagens que ele apresenta.

As fibras são incorporadas na matriz cimentícia e não têm nenhum efeito significativo até o processo de endurecimento, quando elas inibem o surgimento de fissuras através da sua resistência à tração e sua elasticidade.

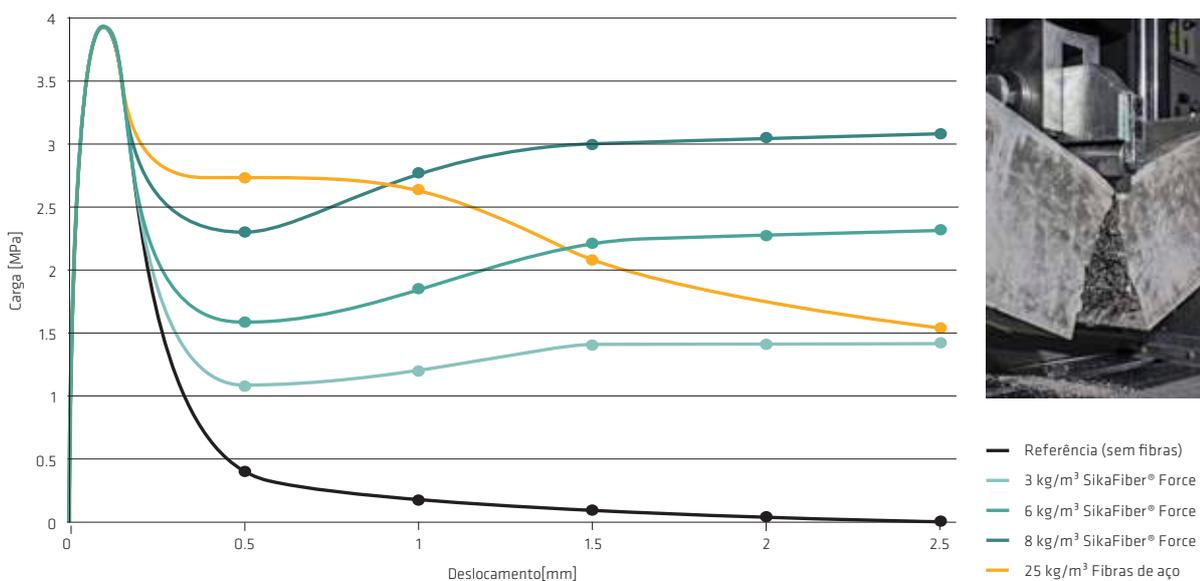
Nos locais onde existe maior esforço, elas impedem o surgimento de fissuras maiores, distribuindo melhor os esforços. As fissuras podem ocorrer em momentos diferentes no concreto: no início, durante o processo de endurecimento, são principalmente fissuras de retração por secagem; depois, com o aumento da idade e o endurecimento, as fissuras podem

acontecer devido à carga ou sobrecarga na estrutura. Se o fissuramento acontece no concreto, o módulo de elasticidade (*E-modulus*) das fibras é crucial, dado que isso define a resistência das fibras para equilibrar a deformação elástica. As macrofibras são fáceis de manusear e dosar no concreto e, além disso, têm uma boa aderência na matriz de cimento. São perfeitas para melhorar o desempenho do concreto e da argamassa em diversas aplicações.

A adição de fibras adequadas pode proporcionar melhorias significativas nas propriedades do concreto, incluindo:

- Menor fissuramento devido à retração por secagem;
- Melhor coesão no concreto em estado fresco;
- Maior resistência à flexão e ao cisalhamento;
- Melhoria na capacidade de carga e na ductilidade;
- Incremento na resistência à abrasão;
- Proteção contra ciclos de congelamento e descongelamento;
- Incremento na resistência ao fogo.

EN 14651 Ensaio de Resistência Residual



Nesse gráfico podemos observar que o concreto reforçado com fibras de aço apresenta o maior módulo de elasticidade e a maior capacidade de tensão após a primeira fissura. Devido ao comprimento mais curto das fibras de aço (35mm), este

nível de tensão diminui com o aumento da deflexão. As fibras de polipropileno, no entanto, mostram uma perda de carga após a primeira fissura, mas com o aumento da deflexão as fibras absorvem em seguida a carga, e a capacidade de tensão realmente aumenta de forma significativa.

APLICAÇÕES TÍPICAS PARA CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS

AS FIBRAS PODEM AUMENTAR E MELHORAR O CONCRETO E A ARGAMASSA para diferentes tipos de aplicação. Elas também podem melhorar a durabilidade dos revestimentos de concreto projetado e incrementar a resistência ao fogo dos revestimentos finais de concreto na construção de túneis; podem reduzir o fissuramento em estradas, rodovias e nos tabuleiros das pontes, além de aumentar a resistência ao impacto e reduzir os danos em elementos pré-moldados e pré-fabricados de concreto.



CONCRETO PROJETADO

A adição de fibras incrementa a durabilidade do concreto projetado. Por exemplo, se o revestimento primário de concreto projetado de um túnel está fissurado devido a esforços de flexão elevados, as fibras podem adaptar-se às forças de tração e agir como um excelente suporte. Essa interação entre o concreto e as fibras aumenta a capacidade mecânica do revestimento. A quantidade de armadura pode então ser reduzida ou completamente retirada. O resultado é um suporte de escavação mais barato e mais rápido de ser executado.



PROTEÇÃO CONTRA O FOGO

As microfibras sintéticas tornam o concreto muito mais resistente ao fogo. As fibras são adicionadas ao concreto durante o processo de dosagem ou mistura. Se um incêndio acontece em um túnel, por exemplo, as fibras sintéticas derretem dentro do concreto criando um sistema capilar através do qual a pressão do vapor de água pode ser dissipada.

A desagregação do concreto é impedida ou significativamente reduzida, assim como todos os reparos necessários, aumentando simultaneamente a durabilidade, estabilidade e segurança da estrutura.



LAJES, PISOS E PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

O uso de fibras em lajes de contrapiso, pisos de concreto e pavimentos rodoviários diminui significativamente as fissuras de retração por secagem e ajuda a estabilizar o traço do concreto. As fibras também proporcionam melhor comportamento à flexão e maior resistência ao impacto. Como consequência, o reforço pode ser reduzido e o espaçamento entre juntas pode ser aumentado. As fibras também ajudam a prevenir o cisalhamento nas juntas e em outras bordas perimetrais. A durabilidade de lajes, pisos de concreto e pavimentos rodoviários feitos com concreto reforçado com fibras é aumentada de forma significativa.



MICROCONCRETO OU “OVER LAYER” PARA PISOS

As fibras são utilizadas em diferentes tipos de acabamento para pisos com o intuito de melhorar a trabalhabilidade da argamassa ou do microconcreto no estado fresco; adicionalmente, elas melhoram a qualidade e durabilidade desta camada pela distribuição controlada de fissuras e redução na retração. Na fase de endurecimento, não são formadas grandes fissuras, em vez disso, elas são divididas em fissuras menores, as quais têm menor potencial de dano. O reforço com fibras também melhora a resistência ao impacto e à quebra da argamassa.



CONCRETO PRÉ-MOLDADO

O uso de fibras em concreto pré-moldado e pré-fabricado resulta em elementos mais leves e econômicos devido à possibilidade de redução de armadura, gerando economia e reduzindo o tempo de produção. A distribuição homogênea das fibras por toda a seção transversal do concreto também proporciona alta resistência ao impacto, especialmente em bordas e cantos de peças. Isso permite uma instalação segura e sem danos. Com o uso de fibras sintéticas, não existe nenhum risco oculto de lesão aos trabalhadores durante o processo de produção ou instalação.



REPARO

Argamassas de reparo formuladas e produzidas com fibras possuem maior durabilidade e proporcionam melhor distribuição de carga, além do aumento em capacidade de trabalho devido a sua habilidade de criar uma ponte entre as fissuras. Sua coesão interna melhorada também permite a aplicação por projeção com espessuras maiores, aumentando o volume de aplicação e reduzindo o custo global.



CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA (CAR) E CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO (CAD)

Alta estabilidade estrutural – capacidade de carga e operacionalidade – sob condições extremas (por exemplo, sismos) em elementos finos requer o uso de concretos CAR ou CAD. Com o uso de fibras finas e curtas com um alto módulo de elasticidade, o concreto protendido pode ser reduzido, de forma alternativa, pois é aumentada a capacidade de absorção de energia em estruturas ou elementos construídos por meio da combinação de fibras e cabos de proteção em concreto.

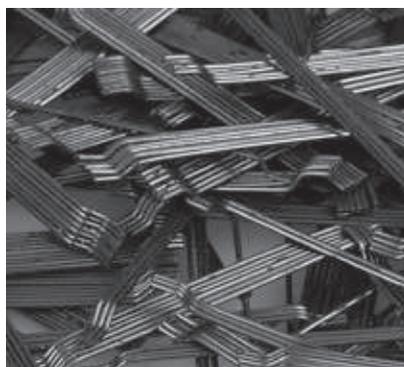
TIPOS DE FIBRA

DEPENDENDO DO DESEMPENHO EXIGIDO, diferentes fibras são adicionadas ao concreto ou à argamassa. Fibras sintéticas curtas e finas são usadas para proteção contra incêndios e redução de fissuração, enquanto fibras sintéticas longas ou fibras de aço geralmente são utilizadas para aumentar a absorção de energia. Requisitos especiais exigem materiais e formas especiais de fibras. Por exemplo, um Concreto de Alto Desempenho (CAD) requer fibras curtas com um elevado módulo de elasticidade. A Sika fornece todas essas fibras e outros tipos especiais.



MACROFIBRAS SINTÉTICAS

As macrofibras sintéticas possuem menor módulo de elasticidade comparadas às fibras de aço (5-15 GPa). Ao contrário das fibras de aço, as macrofibras sintéticas não podem suportar cargas muito elevadas, mas são extremamente efetivas nas fases iniciais do endurecimento para evitar ou reduzir o tamanho das fissuras que estão em desenvolvimento no concreto. Elas são resistentes à corrosão e dão ao concreto uma maior ductilidade.



FIBRAS DE AÇO

As fibras de aço são caracterizadas por ter um alto módulo de elasticidade (200 GPa) e uma alta resistência à tração (2.500 MPa). Elas impedem a fadiga do concreto, mas não combatem a retração inicial. A corrosão não causa a desagregação do concreto, apenas uma mudança de cor na superfície do material. Fibras expostas podem representar um risco de dano às membranas de impermeabilização.



MICROFIBRAS SINTÉTICAS

As microfibras sintéticas possuem um módulo ainda mais baixo (3-5 GPa) do que as macrofibras sintéticas. Elas são utilizadas principalmente para reduzir fissuras de retração por secagem e também para melhorar a resistência ao fogo devido ao seu baixo ponto de fusão (160 °C). Desta maneira, essas microfibras sintéticas não são corrosivas.

USO IDEAL DOS DIFERENTES TIPOS DE FIBRA

Est. do concreto ou argamassa	Efeito / propriedade melhorada	Tipo de fibra recomendada
Fresco	Melhora na homogeneidade	Microfibras PP
Aprox. 12 horas	Redução na fissuração por retração de secagem	Microfibras PP
1-2 dias	Redução nas fissuras causadas por retração térmica	Micro e Macrofibras PP
28 dias de endurecimento ou mais	Transferência de forças externas	Macrofibras PP e Fibras de aço
28 dias de endurecimento ou mais	Melhora na resistência ao fogo	Microfibras PP



AUMENTO DO DESEMPENHO DO CONCRETO USANDO FIBRAS

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DO CONCRETO são obtidas por meio do uso de distintas fibras ou da mistura de diferentes fibras de acordo com as características e o desempenho requerido. Por exemplo, fibras longas com um alto módulo de elasticidade e boas propriedades de aderência são usadas para aumentar a absorção de energia e fibras pequenas com baixo módulo são acrescentadas para reduzir o fissuramento. Adicionalmente as fibras longas com um baixo módulo são usadas para incrementar a durabilidade e diminuir a fissuração, assim como as fibras pequenas com um ponto baixo de fusão proporcionam maior resistência ao fogo. Há situações em que as fibras podem ser combinadas e utilizadas de forma simultânea para atender requisitos diversos do mesmo projeto.



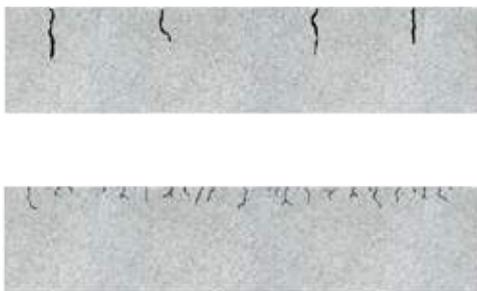
COMPORTAMENTO ESTRUTURAL

O concreto geralmente tem boa resistência à compressão, mas baixa resistência à flexão.

Se ele chega ao estado de ruptura devido a altos esforços de flexão quando não há reforço de sua matriz, o sistema todo entra em colapso sem aviso prévio.

Tal como acontece com o reforço de aço convencional, cargas elevadas também podem ser transferidas e distribuídas no interior do concreto usando as fibras adequadas.

As fibras funcionam como uma ponte entre as fissuras não só melhorando o desempenho pós-fissuração, mas também reduzindo a propagação de microfissuras. As fibras que cruzam as fissuras estão ancoradas na matriz em ambos os lados, costurando de forma eficaz os dois lados e evitando que a fissura se expanda. O concreto reforçado com fibras tem, portanto, um aumento da ductilidade e é capaz de absorver energia mesmo após a fissuração da peça.



DISTRIBUIÇÃO DE FISSURAS

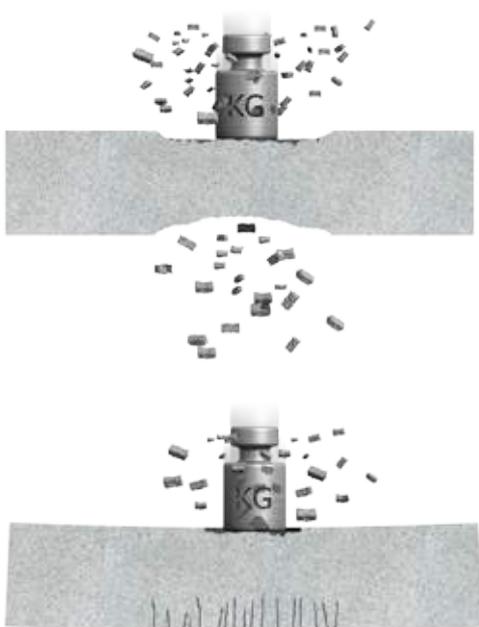
Os esforços de retração na fase de endurecimento dos aglomerantes cimentícios frequentemente levam ao fissuramento do concreto – as fissuras são muito visíveis e são consideradas como danos. Com a incorporação de fibras, os esforços são distribuídos de melhor maneira impedindo a formação de microfissuras, já que o volume de retração é equilibrado pela formação de microfissuras.

As microfissuras não reduzem significativamente a resistência do concreto; pelo contrário, elas podem permitir a autosselaagem, melhorando também a aparência superficial do concreto.



PROTEÇÃO CONTRA FOGO

O problema do concreto tradicional em um incêndio é que a água ligada a ele física e quimicamente evapora muito rápido devido ao aumento repentino da temperatura. Essa transição para o estado gasoso provoca um aumento de mil vezes no volume da água: quanto mais densa a matriz de concreto e quanto maior o teor de umidade do material, maior vai ser a pressão do vapor. Caso a pressão de vapor não possa ser reduzida (ou não de forma suficientemente rápida), um deslocamento pode acontecer no concreto. Isto ocorre depois de alguns minutos e imediatamente causa um dano profundo na estrutura. Se a armadura é exposta, ela não vai estar protegida contra a ação do fogo e sua função estrutural é rapidamente perdida. No entanto, a adição de fibras de polipropileno proporciona total ou considerável redução no deslocamento do concreto, devido ao seu ponto de fusão ser relativamente baixo, de 160 °C. Isso significa que as fibras vão começar a derreter quase imediatamente após o incêndio ter início para assim criar um sistema capilar através do qual a água que está evaporando possa escapar sem a criação de pressão interna significativa.



RESISTÊNCIA MECÂNICA

A resistência ao impacto, ao choque e a resistência nas bordas perimetrais podem ser significativamente incrementadas com a adição de fibras ao concreto. As fibras sintéticas e a maioria de fibras de aço são apropriadas. A combinação de fibras com alto e baixo módulos e alta elasticidade na ruptura tem proporcionado grandes benefícios: a melhora na resistência ao impacto foi observada pela adição de fibras de aço e fibras de polipropileno em quantidades só de 0,1% em volume. A resistência ao impacto também melhora consideravelmente à medida que a quantidade de fibras é aumentada.

MANUSEIO – COMO USAR AS FIBRAS

PARA CONSEGUIR O EFEITO IDEAL e as características desejadas de desempenho no concreto, além das boas práticas do concreto devem ser considerados todos os fatores que influenciam potencialmente o uso de fibras. Os fatores mais críticos são geralmente a seleção do tipo de fibra ou a combinação (material e tamanho); como se adapta ao traço do concreto, incluindo o sistema de dosagem da fibra e o tempo de mistura junto com o procedimento global de mistura. A dosagem apropriada e o método de acabamento devem ser indicados para concreto dosado em central ou nas plantas de concreto pré-fabricado e pré-moldado.



DESENHO DO TRAÇO

Um traço de concreto adequado é um fator-chave para o ótimo desempenho das fibras. As fibras adicionam uma grande área superficial e, portanto, o traço deve ser ajustado para assegurar a trabalhabilidade e a ótima ligação com a matriz cimentícia. Isto envolve a escolha adequada da quantidade de aglomerante e água, da curva apropriada de granulometria dos agregados, da quantidade de fibra ideal e de quaisquer outros aditivos e adições. Um traço bem desenhado influencia positivamente todas as etapas de produção, aplicação e desempenho de um concreto reforçado com fibras:

Produção

- Sem efeito de enrolamento nas fibras
- Boa distribuição das fibras
- Baixa resistência do misturador
- Menor tempo de mistura

Aplicação-Concretagem

- Passagem facilitada em caçambas
- Excelente bombeamento
- Alto grau de compactação em cilindros
- Baixa pressão de bombeamento
- Boa capacidade de projeção

Desempenho

- Excelente aderência concreto-fibras
- Baixa relação A/C

DOSAGEM DAS FIBRAS

Objetivo	Tipo de fibra	Quantidade
Capacidade de carga	Macrofibra sintética	4 - 8 kg
	Macrofibra de aço	20 - 40 kg
Alta capacidade de carga	Macrofibra de aço	50 - 100 kg
Redução das fissuras por retração plástica	Microfibra de aço	0,5 - 1 kg
Incremento na resistência ao fogo	Microfibra sintética	2 - 3 kg
Incremento na resistência ao impacto	Microfibra sintética	0,5 - 1 kg



MÉTODO DE DOSAGEM

A dosagem da fibra e o método de mistura têm uma grande influência na ótima distribuição no concreto. As macrofibras normalmente vêm embaladas em pequenos conjuntos, os quais só podem se dispersar durante o processo de mistura úmida para assegurar que elas sejam distribuídas de forma homogênea. Sacos solúveis em água são utilizados para a dosagem de menores quantidades de fibra para prevenir a formação de “ouriços” ou efeito de enrolamento.



ENTREGA E COLOCAÇÃO

O sistema de colocação pode influenciar a distribuição e o conteúdo de fibras, além de seu alinhamento na matriz. Alguns tipos de fibra também causam maior desgaste no equipamento de mistura, enquanto outros podem gerar problemas de bombeamento quando se tem uma alta dosagem. Por conseguinte, a entrega e o processo de colocação também devem ser levados em consideração durante a avaliação e seleção do tipo de fibra.



TIPO DE FIBRA

A necessidade geralmente determina o tipo de fibra; micro ou macrofibras são especificadas de acordo com o tipo de material, geometria e forma. O desempenho é afetado, ainda, pelo processo de produção do concreto, pelo seu tratamento superficial, acabamento etc., que também devem ser especificados.



PROCESSO DE MISTURA

O processo de mistura não adequado pode resultar em uma distribuição não homogênea das fibras no concreto ou danos a elas. A quantidade a ser adicionada e o tempo de mistura devem ser, portanto, especificados e seguidos.



PRODUÇÃO SIMPLIFICADA DE CONCRETO USANDO FIBRAS

AS FIBRAS PODEM SIMPLIFICAR O PROCESSO DE PRODUÇÃO de concreto tanto no canteiro de obra como em plantas de pré-moldados e pré-fabricados. Isso acontece porque a armadura de aço pode ser reduzida em muitos pontos ou até eliminada completamente. O tempo poupado na fixação da armadura pode também diminuir custos. Com relação ao aumento da resistência ao fogo, as fibras fazem novamente o processo de construção ficar ainda muito mais simples, pois não há necessidade de superdimensionar as seções transversais de concreto ou posteriormente aplicar sistemas de proteção contra incêndio quando as fibras sintéticas são usadas.



CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS E MINERAÇÃO

Usando concreto projetado reforçado com fibras, a armadura convencional pode ser dispensada. O tempo que é dedicado para fixação da armadura e que geralmente interrompe o bom avanço da obra é eliminado com o uso de fibras. Ao eliminar a armadura tradicional, o concreto projetado torna-se mais eficaz, pois se reduz a possibilidade de vazios diminuindo o rebote de partículas. O resultado é a otimização do processo de aplicação e a melhoria da qualidade da estrutura.



CONSTRUÇÃO DE LAJES

Além de reduzir a armadura, o uso de fibras pode aumentar o espaçamento entre juntas e pode diminuir a espessura das lajes, pois não se tem os recobrimentos mínimos de concreto para a proteção da armadura. Uma ótima distribuição das fibras nos cantos também proporciona uma maior proteção nas bordas da laje. Todos esses fatores têm um impacto positivo sobre a instalação e aumentam a eficiência da construção.



PISOS DE CONCRETO

A adição de micro e macrofibras sintéticas ao concreto impede ou reduz significativamente sua desagregação e seu deslocamento no caso de um incêndio. Elementos estruturais de concreto não precisam ser superdimensionados e um tratamento adicional é desnecessário. O uso de uma proteção interna contra a ação do fogo gera uma economia de tempo significativa e maximiza o espaço disponível.



NORMAS E ENSAIOS

AS DIFERENTES APLICAÇÕES E USOS do concreto reforçado com fibras requerem métodos de ensaio adequados para cada aplicação, de modo que o desempenho específico e a funcionalidade requerida possam ser testados e confirmados, para que elas possam ser utilizadas com segurança em futuras especificações. Geralmente, esses métodos de ensaio são padronizados internacionalmente pelas normas europeias (EN) e pela Sociedade Americana de Testes e Materiais (ASTM).

NORMAS E ENSAIOS PARA CONCRETO OU ARGAMASSA REFORÇADA COM FIBRAS

Método de ensaio	Norma	Descrição
Absorção de energia	ASTM C1550	Ensaio de painel circular
	EN 14488-5	Ensaio de painel quadrado
Resistência residual	EN 14651	Ensaio de prisma
Resistência ao fogo	RWS	Máx. 1.350 °C, 2 horas
	ISO 834	Inicia a temperatura baixa, mas aumenta continuamente
	HC modificado	Máx. 1.200 °C, 4 horas
Fissuramento por retração	ASTM C 1581-04	Método de ensaio para determinar a retração



Ensaio de painel circular: ASTM C 1550



Ensaio de painel quadrado: EN 14488-5



Ensaio de viga: EN 14651

ESTUDOS DE CASO

O CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS TEM MÚLTIPLAS VANTAGENS e hoje em dia é amplamente utilizado em vários tipos de aplicações e necessidades diferentes ao redor do mundo. Este é o caso particular em construção de túneis, mineração, construção de pré-moldados e pré-fabricados, construção de pisos e lajes e todo tipo de projeto que requer uma excelente resistência ao fogo. A experiência técnica e prática da Sika no desenho, seleção e aplicação de todos os tipos de concreto e argamassa reforçada com fibras é evidente e rende já em muitos projetos bem-sucedidos em todos os continentes.

MINA DE COBRE ELOISE, AUSTRÁLIA



Neste projeto de mineração as macrofibras sintéticas SikaFiber® Force foram utilizadas no concreto projetado, principalmente como suporte da escavação. Sua seleção e seu uso garantiram um concreto com trabalhabilidade eficiente e um excelente custo-benefício à medida que as obras foram avançando.

TERMINAL DE PETRÓLEO, ALEMANHA



As macrofibras sintéticas SikaFiber® Force foram usadas em combinação com o método alemão chamado White-Topping para reparar lajes em um terminal de petróleo em Stuttgart. As fibras foram usadas para melhorar o comportamento à fadiga do novo recobrimento de concreto.

TÚNEL RODOVIÁRIO CALDEARENAS, ESPANHA



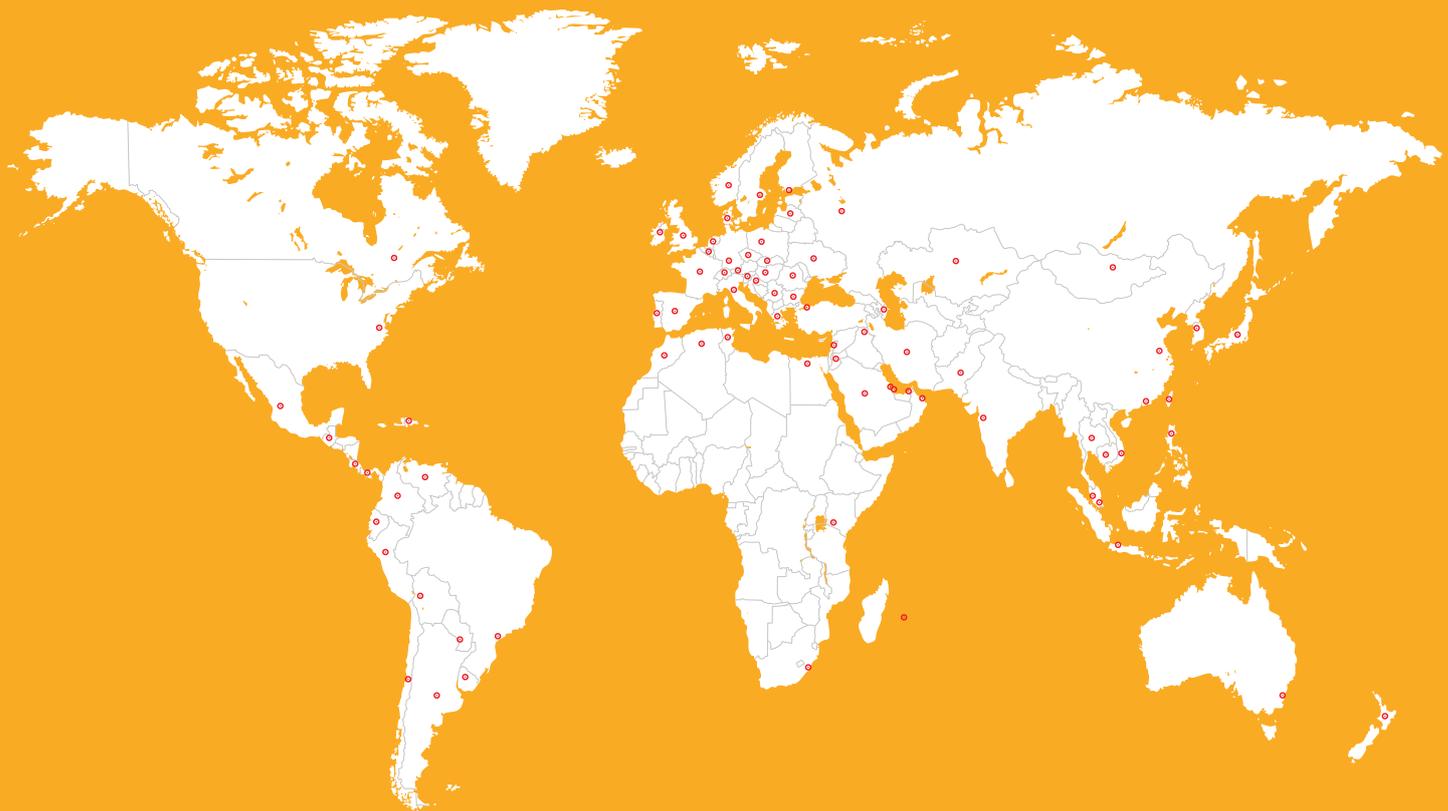
As macrofibras sintéticas SikaFiber® Force foram adicionadas ao concreto projetado para aumentar a durabilidade do revestimento de concreto. O concreto reforçado com essas fibras produziu um suporte mais eficiente da escavação e com melhor custo-benefício.

ADUELAS PARA OS TÚNEIS DO METRÔ, EUA



No projeto do metrô de San Francisco, na Califórnia, foram usadas as microfibras SikaFiber® numa dosagem de 1,2kg/m³ de concreto para prevenir seu deslocamento em caso de um incêndio no túnel.

PRESENÇA GLOBAL, PARCERIA LOCAL



©marketing Sika Brasil 2015

QUEM SOMOS

A Sika é uma empresa suíça com atuação mundial no setor de produtos químicos especializados. Está presente em sete mercados diferentes – concreto, impermeabilização, coberturas, pisos, vedação e colagem, reforço estrutural e indústria, setores de construção e veículos automotores – e fornece produtos e soluções de alta qualidade em qualquer parte do mundo. As linhas de produtos da Sika apresentam aditivos de alta qualidade para concreto, argamassas especiais, selantes e adesivos, materiais de amortecimento e reforço, sistemas de reforço estrutural, pisos industriais, bem como sistemas de coberturas e impermeabilização. Atende amplamente a indústria da construção civil e a automotiva, além de oferecer soluções para usinas eólicas e de produção de energia solar.



SIKA S.A.

Av. Dr. Alberto Jackson Byington, 1.525
Vila Menck, Osasco/SP
CEP 06276-000

CONTATO

11 3687-4600
www.sika.com.br
facebook.com/SikaBrasil

BUILDING TRUST

