



SIKA AT WORK

CONTORNOS DE CARAGUATATUBA
E SÃO SEBASTIÃO

BUILDING TRUST



CONTORNOS DE CARAGUATATUBA E SÃO SEBASTIÃO

DESCRIÇÃO DO PROJETO

Os Contornos de Caraguatatuba e São Sebastião formarão um moderno e seguro complexo viário na região do Vale do Paraíba e Litoral Norte de SP. Entre os principais benefícios estão viagens mais rápidas, seguras e confortáveis; acesso direto ao Porto de São Sebastião, estímulo ao turismo da região e benefícios diretos para os 249 mil habitantes de Caraguatatuba, São Sebastião e Ilhabela.

Todo o trecho será composto por 13,2 km de túneis e 57 Obras de Arte Especiais – entre pontes e viadutos. A nova via terá 33,9 km de extensão e até dois mil novos empregos serão gerados.

Os projetos e soluções de engenharia têm sido minuciosamente estudados, com o objetivo de que o empreendimento gere o mínimo de impactos ambientais e que esteja sempre pautado nas melhores práticas de sustentabilidade.

É importante destacar que os Contornos de Caraguatatuba e São Sebastião estão interligados ao trecho final da rodovia dos Tamoios, projeto que é um marco de orgulho para a engenharia Brasileira, o qual foi agraciado internacionalmente com o 2º lugar do Viaduto V3 na categoria Infraestrutura do ACI Excellence in Concrete Construction Awards 2021, além de deter vários recordes, como é o caso do maior túnel do país com uma extensão ininterrupta de 5,55 Km. Sem dúvidas, este é um dos principais projetos para a Sika a nível mundial, especialmente na aplicação de macrofibras PP como reforço de concreto para revestimentos de túneis, substituindo a solução clássica com telas metálicas.



BUILDING TRUST

REQUISITOS DO PROJETO



Dentre os diversos requisitos estabelecidos para um projeto desta magnitude, destaca-se nos quadros a seguir os principais ensaios, requisitos e frequência de execução para garantia de desempenho mecânico e de durabilidade dos revestimentos dos túneis:

ENSAIO	REFERÊNCIA RECOMENDADA	FREQUÊNCIA	VALORES MÍNIMOS A SEREM OBTIDOS
Aderência ao substrato	Item 10.6 da EFNARC 1996 ou EN 14488 Part 4	100 m lineares de túnel**	O valor médio deve apresentar valor não inferior a 0,5 Mpa e nenhum valor individual poderá ser inferior a 0,35 Mpa
Ensaio de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos e testemunhos extraídos (fck)	NBR 5739 e NBR 7680	250 m ² / 100 m lineares de túnel**	Fck ≥ 25 MPa
Testing sprayed concrete – Part 3: Flexural strengths (first peak, ultimate and residual) of fibre reinforced beam specimens	EFNARC/EN 14488-3	Mensais*	Atender ao concreto projetado Classe 1 da EFNARC
Resistência à tração por duplo punção	Prática recomendada IBRACON/ABECE	Semanais*	Min de 0,5 (Mpa) – fr,2,5
Absorção de água por imersão e fervura	NBR 9778	100 m lineares de túnel**	≤ 10% (V < 2500 cm ³) ≤ 8% (V ≥ 2500 cm ³)
Penetração de água sob pressão	NBR 10787	100 m lineares de túnel**	O valor médio deste deverá ser não superior a 50 mm e o maior valor individual deverá ser não superior a 70 mm
Controle da resistência do concreto projetado nas primeiras horas por meio da resistência à penetração do penetômetro de energia constante – PEC	NBR 14278 ou EN 14488 Part 2	100 m lineares de túnel	0,2 Mpa a 1,2 Mpa
Determinação dos tempos de pega em pasta de cimento Portland com ou sem utilização de aditivo acelerador de pega – Ensaio de compatibilidade cimento/aditivos	NBR 13069	-	-

Tabela 1: Quadro resumo dos ensaios utilizados para qualificação do revestimento primário.

ENSAIO	REFERÊNCIA RECOMENDADA	FREQUÊNCIA	VALORES MÍNIMOS A SEREM OBTIDOS
Aderência ao substrato	Item 10.6 da EFNARC 1996 ou EN 14488 Part 4	100 m lineares de túnel**	O valor médio deve apresentar valor não inferior a 1,0 Mpa e nenhum valor individual poderá ser inferior a 0,75 Mpa
Ensaio de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos e testemunhos extraídos (fck)	NBR 5739 e NBR 7680	250 m ² /100 m lineares de túnel**	Fck ≥ 25 MPa
Controle de espessura e controle visual	-	100 m lineares de túnel**	Atender o mínimo especificado em projeto por classe de tratamento
Residual Strength Class	EFNARC/EN 14488-3	Mensais*	Atender ao concreto projetado Classe 1 da EFNARC
Resistência à tração por duplo punção	Prática recomendada IBRACON/ABECE	Semanais*	Min de 0,5 (Mpa) – fr,2,5
Determinação dos tempos de pega em pasta de cimento Portland com ou sem utilização de aditivo acelerador de pega – Ensaio de compatibilidade cimento/aditivos	NBR 13069	-	-

Tabela 2: Quadro resumo dos ensaios utilizados para qualificação do revestimento secundário.

*Frequência de ensaios de testemunhos extraídos das placas de projeção.

** Frequência de ensaios de testemunhos extraídos da estrutura. Flexibilização de rotina após homologação e manutenção de variações de produção sob controle.



LOP E RESISTÊNCIAS RESIDUAIS - EN14488-3

As resistências à tração na flexão (primeiro pico, última e residual) foram determinadas segundo o ensaio proposto pelo EN14488-3. Esse ensaio é realizado mediante leitura da carga conforme a abertura pré-determinada de fissura do testemunho, onde, para cada abertura de fissura gera uma resistência.

Este ensaio foi utilizado para homologar o traço do concreto projetado, liberando-o para o processo operacional e também utilizado como controle durante a execução. Devido a sua maior facilidade operacional, o ensaio Barcelona - Resistência à tração por duplo puncionamento também foi utilizado para controle rotineiro durante a execução dos revestimentos dos túneis. Os requisitos e características desta metodologia inédita serão detalhados mais adiante. Método de ensaio: **fr4 ≥ 1,0 MPa**

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR DUPLO PUNCIONAMENTO - PRÁTICA IBRACON/ ABECE

A resistência à tração por duplo puncionamento, também conhecida por ensaio Barcelona, foi definida como o ensaio de controle de qualidade rotineiro do compósito, vide sua facilidade operacional e

viabilidade de realização no próprio laboratório da obra. O ensaio é descrito na Prática Ibracon / ABECE: Controle da qualidade do concreto reforçado com fibras, a qual serviu como base para a ABNT NBR 16939:2021 - Concreto reforçado com fibras - Determinação das resistências à fissuração e residuais à tração por duplo puncionamento - Método de ensaio. **fr,2,5 ≥ 0,5 MPa**

PREMISSAS CONSIDERADAS NA AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

Curva de fogo ISO 834

Duração do incêndio de 150 minutos

Temperatura máxima de 1200° C

Verificação das condições de suporte sob a ação do fogo, cujas características se enquadrem dentro da curva ISO 834 (1975), que é recomendada pelas NBR 14432: 2000 e NBR 5628:1980.

Para garantir a proteção passiva ao fogo, foi definido o uso de microfibras sintéticas cuja dosagem foi definida e certificada por meio de ensaios inéditos realizados no Instituto de Pesquisas Tecnológicas da USP - Universidade de São Paulo.

SOLUÇÕES SIKA

O grande desafio dos Contornos de Caraguatatuba e São Sebastião foi o de entender as necessidades técnicas do projeto e desenvolver a melhor formulação em aditivos para concreto. Além do aditivo superplastificante, havia a necessidade de substituição das telas metálicas utilizadas na aplicação do concreto projetado por utilização de macro e microfibras, o que permitiu grandes ganhos de produtividade para a construtora. Além disso, é sabido que a partir de uma avaliação genérica de ciclo de vida (LCA), o concreto reforçado com SikaFiber® trouxe diversos benefícios e vantagens sustentáveis para o projeto se comparado à solução inicial de concreto armado convencionalmente com telas de aço.

RESULTADOS ALCANÇADOS PELO CLIENTE

Em termos de logística, com fibras sintéticas **SikaFiber® Force PP-48**, utilizou-se aproximadamente 1/5 do volume das fibras metálicas, o que resultou em menos transporte, armazenagem e manuseio.

O uso de fibras sintéticas reduziu o risco inerente da instalação de telas metálicas, bem como o risco para operadores e equipamentos diante de zonas instáveis, com perigo de deslocamento de rochas. Fibras sintéticas são também a melhor opção para ambientes agressivos, visto que tanto as telas metálicas como as fibras metálicas sofrem oxidação.

Além disto, as fibras sintéticas proporcionaram menor desgaste de equipamentos (bomba hidráulica, mangotes, rotores) e ganhos na produtividade com aplicação de concreto projetado.



Como a Engetec Construções e Montagens produz parte dos materiais utilizados no concreto, o aditivo **Sika® Viscocrete®-6090 SK** possibilitou a utilização de apenas um único agregado miúdo no traço, a saber, a areia artificial. Isso permitiu uma solução sustentável do ponto de vista técnico, econômico e ambiental, já que todo o agregado utilizado era proveniente da britagem de rochas extraídas durante a escavação dos túneis, eliminando portanto o uso de areias naturais, recurso cada vez mais escasso nos dias atuais.

O aditivo **Sika® Viscocrete®-6090 SK** também proporcionou uma manutenção de até 3 horas sem perda na trabalhabilidade e sem alterações de resistências à compressão, o que facilitou o transporte e o ganho de produtividade na aplicação do concreto, sejam estruturais ou projetados.

Para o revestimento secundário, o uso do aditivo **Sigunit® L-650 AF** foi essencial para atingir um melhor desempenho, traduzido pela maior incorporação de fibras ao concreto projetado devido a menor reflexão, além dos ganhos significativos de 25% nas resistências residuais à tração na flexão (EN14488-3) em relação aos outros aceleradores convencionais.

PRODUTOS UTILIZADOS

Sigunit®-L-500 (APP - Acelerador de Pega para Concreto Projetado)

Sigunit®-L-650 (APP - Acelerador de Pega para Concreto Projetado)

Sika®Viscocrete®-6090-SK (RA-2: Redutor de água Tipo 2/Superplastificante)

SikaFiber®-12 Micro PP e Sika®

Fibermesh®-150 PP (Microfibra sintética)

SikaFiber® Force PP-48 (Macrofibra sintética)

RESUMO DO PROJETO

Localização: Caraguatatuba/ São Sebastião, Litoral Norte de São Paulo

Bi-Túneis (extensão):

101 - 272 m

102 - 395 m

301 - 2.262 m

302/401 - 3.438 m

402 - 235 m

Total: 6.602 m

Método de escavação de túneis: NATM

EMPRESAS ENVOLVIDAS

Cliente: Concessionária Tamoios

Construtora: Engetec Construções e Montagens

Projeto: CJC Engenharia





SOLUÇÕES E PRODUTOS PARA CONCRETO
VERSATILIDADE ALÉM DAS EXPECTATIVAS

@ Marketing Sika Brasil 2023

Saiba mais em bra.sika.com

BUILDING TRUST

