



O FATOR ENGENHARIA NA CONSTRUÇÃO DO

Prospecção, escavação, revestimento: a árdua tarefa de construir os três túneis com segurança; as obras de arte especiais e os desafios superados no projeto e na construção; o bom custo/benefício dos pavimentos rígidos de concreto de cimento Portland das pistas; a obtenção de soluções apropriadas para as interferências existentes ao longo do eixo da obra

Ao longo dos 36 quilômetros de extensão do Trecho Oeste do Rodoanel Mario Covas, a rodovia possui três túneis duplos paralelos. O Túnel 1 tem 470 m de extensão, 19,5 m de largura de escavação e 10,99 m de altura de escavação. O Túnel 2 é um pouco maior, tem 650 m de extensão, 19,63 m de largura e 14,1 m de altura. Já o Túnel 3 é o maior de todos: 1.730 m de extensão, 19,25 m de largura e 11,59 m de altura.

Além disso, as características do Trecho Oeste, integrando cinco importantes eixos rodoviários – vias Anhangüera, Bandeirantes, Castello Branco, Raposo Tavares e Régis Bittencourt – que convergem para a Região Metropolitana de São Paulo com sua densa ocupação urbana, geraram pontes e viadutos de funções diversas que podem ser subdivididas em: 1) obras para transposição de cursos d'água ou acidentes geográficos, 2) obras para preservar ligações existentes nas regiões (tanto para tráfego automotivo como também rodoviário) e 3) obras que integrem os trevos de acesso do novo anel viário aos eixos rodoviários interligados.

O pavimento das pistas da estrada, por sua vez, é do tipo rígido. Essa espécie de pavimento tem como critério fundamental para seu dimensionamento a resistência à tração do seu componente principal: o concreto de cimento Portland.

Cabe ressaltar, porém, que um dos mais importantes trabalhos preliminares de uma obra desse porte diz respeito à logística da remoção de interferências. É de conhecimento geral que a rodovia tem sido, historicamente, fator de indução do crescimento urbano. Sem os devidos

cuidados, no entanto, ela pode representar um indesejável elemento bloqueador desse mesmo crescimento – caso venha a se constituir em significativa barreira física à ocupação do solo. Projetos apropriados podem e devem minimizar todo e qualquer desconforto às populações já asentadas. Quando isto não for suficiente, é preciso ressarcir-las pelos danos causados. Assim sendo, entre os tantos projetos e estudos para implantação de uma rodovia é necessária a execução de levantamentos cadastrais das áreas de desapropriação e de todos os sistemas de serviços públicos e privados existentes ao longo do eixo da obra.

Túnel 1 – Quando se fala em construção de túneis, uma providência fundamental é o mapeamento geológico durante a escavação, visando o dimensionamento do revestimento final. No caso do Túnel 1, o mapeamento geomecânico do maciço rochoso serviu também de importante sub-



RODOANEL MARIO COVAS

sídio para o cálculo de revisão das espessuras do revestimento final. O detalhamento desse trabalho foi relatado à **REVISTA ENGENHARIA** por três especialistas da área: Gerson Rodrigues de Castro, engenheiro da Divisão de Projetos da Dersa; Pedro da Silva, engenheiro da Divisão de Fiscalização da mesma empresa; e Roberto Kochen, engenheiro consultor, diretor da GeoCompany - Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente e diretor do Departamento de Engenharia de Construções Civis do Instituto de Engenharia.

Os especialistas apresentam a metodologia utilizada para o cálculo das espessuras do revestimento final dos três túneis, mas abordam com mais minuciosidade o procedimento de cálculo aplicado ao Túnel 1. Eles destacam a importância do mapeamento geomecânico do maciço, efetuado passo a passo, durante a escavação do túnel. O mapeamento realizado simultânea e continuamente com a escavação serve não somente para orientar a execução do suporte provisório como também para a estimativa dos parâmetros geomecânicos utilizados na revisão do dimensionamento do revestimento final - permitindo a sua otimização.

O engº Castro, da Dersa, começa explicando que, em função da comparti-

mentação geomecânica do túnel, resultam espessuras variáveis do revestimento em concreto projetado com tela metálica, redundando em um revestimento com as referidas espessuras otimizadas. Segundo ele, o mapeamento geomecânico, tanto do Túnel 1 como dos demais, foi realizado por geólogo especializado em túneis, trabalhando na frente de escavação. "Neste mapeamento foram empregados o sistema Q de qualidade do maciço rochoso, desenvolvido pelo Norwegian Geotechnical Institute - NGI, e o sistema Rock Mass Rating - RMR", diz ele.

No cálculo das espessuras do revestimento do Túnel 1, foram utilizados, além dos sistemas Q e RMR, o sistema GSI (Ground Strength Index), para se estimar o módulo de deformabilidade do maciço rochoso como um todo. "Estimouse, portanto, em cada trecho da compartimentação do maciço rochoso, o módulo de deformabilidade

mais coerente com a classificação de campo do maciço". Estes módulos serviram de subsídio à modelagem numérica do revestimento de segunda fase, utilizando o programa Fast Lagrangian Analysis of Continua - FLAC 4.0.

Abordando aspectos da geologia regional, o engº Silva, da Dersa, diz que a região do Túnel 1 é formada por rochas pré-cambrianas, pertencentes ao complexo Embu. "Estas rochas são representadas por um conjunto de origem metassedimentar, que sofreram mig-

matização, e atualmente são constituídas pelos migmatitos estromatíticos e gnaisses". Segundo ele, dentro dos metassedimentos do complexo Embu, são encontrados núcleos de rocha do Proterozóico Inferior/Arqueano, e rochas granitoides mais jovens, com diferentes composições e dimensões.

"Estas rochas sofreram intensos processos de deformação e falhamento, sendo o mais representativo o Falhamento de Caucaia, ao norte, apresentando di-

No caso do Túnel 1, o mapeamento geomecânico do maciço rochoso serviu também de importante subsídio para o cálculo de revisão das espessuras do revestimento final



reção nordeste, e representado por uma zona de cisalhamento. Esta feição estrutural de grande porte está associada ao sistema de falhas do Sudeste Brasileiro”, diz Silva.

Do ponto de vista do projeto, entretanto, pode-se classificar as rochas no entorno do túnel como gnaisse granítico biotítico, cinza, leucocrático, granulção média, estrutura pouco orientada e com vários sistemas de fraturas. Já com relação à geologia local, as sondagens mistas e as investigações geofísicas (sísmica de reflexão e método elétrico) executadas durante o projeto – e posicionadas próximas aos emboques sul e norte –, identificaram espessuras de solo máxima de 35 e 40 m (emboque sul) para as pistas externa e interna, respectivamente, e 15 e 25m (emboque norte), para as pistas externas e internas, respectivamente.

Excetuando-se as regiões dos emboques e próximo a elas, todo o túnel foi aberto em gnaisse granítico biotítico, cinza, leucocrático, granulção média, estrutura pouco orientada e praticamente são, embora fraturado.

A partir dos resultados do mapeamento geológico-geomecânico de campo, durante a fase de escavação do túnel, procedeu-se a uma reanálise das condições do maciço. Esta reanálise teve por objetivo caracterizar melhor o maciço, para subsidiar o dimensionamento do revestimento de segunda fase do túnel.

O engº Kochen, da GeoCompany, explica que uma análise preliminar das estruturas do maciço, a partir dos dados do mapeamento geológico-geomecânico efetuado durante a escavação do túnel, permite identificar um sistema de fraturas predominante ao longo de toda a extensão da passagem subterrânea, caracterizado como N 40 W/subvertical. “Esse sistema, de maneira geral, apresenta continuidade superior a 10 metros, notando-se uma intensificação das fraturas em alguns trechos”, diz ele. Além desse sistema, outros menos proeminentes podem ser identificados: N 50-60 E/40 SE ; N 50-60 E/30-50 NW; N 80-90 E /35 NW .

Segundo Kochen, também foram observadas fraturas esparsas, disseminadas no maciço, as quais não caracte-



Para verificar se a espessura do revestimento calculado satisfaz a condição de estanqueidade foi realizado um estudo de percolação de água no revestimento do Túnel 1 – por meio de modelagem numérica via programa FLAC 4.0

rizam sistemas com importância e representatividade para a análise geológico-geomecânica do túnel. “De uma maneira geral, o mapeamento das escavações indicou uma predominância de três ou mais sistemas de fratura, desde o emboque Vista Alegre, ao sul – e até dois sistemas, até o emboque Gramado, ao norte, denotando para este segundo trecho uma sensível melhoria da condição do maciço”.

O pior trecho do Túnel 1, do ponto de vista geológico-geomecânico, pode ser considerado a pista interna do trecho do emboque sul – apresentando-se como uma rocha de muito a medianamente alterada, pouco a muito fraturada. “Utilizando-se o índice Q, o maciço foi classificado como classe E, com valores de 0,14 a 1,3”, informa Kochen.

Quanto à pista interna do trecho central do túnel – compreendido entre os emboques norte e sul –, trata-se de um maciço composto de rocha sã, de pouco a muito pouco fraturada, tendo sido classificado, utilizando-se o parâmetro Q, como classe A, B ou C, com valores para o índice Q entre 4 e 98.

Já a pista interna do trecho do emboque norte apresenta-se como rocha

sã, medianamente a muito pouco fraturada. O maciço foi classificado – pelo índice Q – como classe D, com valores de 1,6 a 4,2. Neste trecho, foram verificadas fraturas de grande continuidade, com direção entre 145° e 155°, e mergulhos subverticais para SW.

A pista externa do trecho do emboque sul, por sua vez, apresenta-se com rocha de medianamente a muito alterada, medianamente a extremamente fraturada. O maciço foi classificado como classe E, com índice Q de 0,1 e 0,2.

A pista externa do trecho central do túnel pode ser classificada, de modo geral, de um maciço constituído de rocha sã medianamente a pouco fraturada. Alguns trechos, como o próximo ao emboque sul, apresentam-se como rocha sã a medianamente alterada. De modo geral, pode ser caracterizado como maciço classe C, e localmente classe B, com índice Q entre 3,1 e 32. A pista externa do trecho do emboque norte, por seu lado, apresenta-se com rocha sã, associada a rocha medianamente a extremamente alterada.

Por meio dos esforços solicitantes obtidos na análise numérica, foi dimensionado o revestimento de segunda fase com os critérios de dimensionamento de concreto armado no estágio III, de acordo com a NB-1 / 1978, para resistência do concreto projetado igual a 20 MPa. Como fruto desses estudos, às espessuras resultantes foram associadas a armadura dupla de malha tipo Telcon Q 246, para o trecho central, e de malha tipo Telcon Q 325, localizada para o emboque norte.

Para verificar se a espessura do revestimento calculado satisfaz a condição de estanqueidade foi realizado um estudo de percolação de água no revestimento dos túneis. Isso foi feito por meio de uma modelagem numérica com a utilização do programa FLAC 4.0. Foi criado um modelo representativo da seção do túnel, com geometria e cobertura próximas da situação real. Além disso, foi considerado revestimento de concreto para o túnel e maciço saturado ao redor.

Para o concreto projetado foi adotado coeficiente de permeabilidade igual a $1,0 \times 10^{-7}$ cm/s, valor esse considerado médio segundo estudos de retroanálise

de infiltrações em vários túneis, que também mostrou valores de permeabilidade para o maciço igual a $1,0 \times 10^{-6}$ cm/s.

A vazão máxima no revestimento do túnel é igual a $4,6 \times 10^{-7}$ m³/s/m, ou seja, 0,81 litros/dia/m². Essa vazão é aceitável para o revestimento do túnel, uma vez que não acarretaria infiltrações excessivas ou ocorrência de pingos de água na pista.

Túnel 2 - A metodologia utilizada para a adoção do método construtivo e do revestimento do Túnel 2 do Trecho Oeste do Rodoanel, procura destacar a influência do maciço rochoso constituído de filitos e filonitos alterados, de ocorrência prevista nas sondagens e detectada no mapeamento geológico realizado durante a escavação. Esta metodologia é detalhada pelos especialistas Gerson Rodrigues de Castro, engenheiro da Divisão de Projetos da Dersa; Samyr Cury Nassour, engenheiro fiscal da mesma empresa; e os engenheiros da Vetec Engenharia, Jorge Takahashi, Victor Samara, Luís A. do Marco.

Segundo o eng^o Castro, da Dersa, o mapeamento geológico foi realizado de forma a caracterizar os seguintes parâmetros geológico-geotécnicos: litologia, grau de alteração, grau de coerência, grau de fraturamento, feições estruturais relevantes como foliação, famílias de fraturas e falhas, além de uma estimativa de resistência à compressão simples. "Sobre o mapeamento geológico-geotécnico foi elaborada a classificação geomecânica do maciço de acordo com a metodologia de Barton, baseada no índice Q", diz ele.

Sobre os aspectos geológicos principais, Castro explica que o Túnel 2 está inserido numa grande unidade geológica conhecida como Grupo São Roque, o qual é constituído basicamente por metassedimentos pelíticos e arcoseanos, bem como rochas metavulcanoclásticas, formadas a partir do metamorfismo regional de baixo grau (fácies xisto-verde). "As rochas mais representativas dessa unidade são filitos, filonitos, metarcózeos, mataconglomerados, metassiltitos, metarenitos, metarritmitos e xistos".

Os vários eventos tectônicos ocorridos modificaram o cenário geológico original, tendo sido responsáveis

por inversões de camadas, dobramentos e falhas regionais de caráter transcorrente e de empurrão. "Tais falhas, exibem direções que se enquadram principalmente nos quadrantes noroeste e nordeste - e associadas a elas ocorrem vários sistemas de fraturas regionais secundários", diz Castro.

O eng^o Nassour, da Dersa, por sua vez, ao referir-se à geologia local, menciona que, entre as litologias que compõem o maciço do Túnel 2, os filitos e filonitos são correlacionáveis à Unidade dos Metapelitos da Formação Pirajibu, os metarenitos pertencem à Unidade dos Metarenitos Feldspáticos da Formação Boturuna e os xistos estão relacionados à Unidade Basal da Formação Pirajibu, denominada Unidade das Rochas Metavulcanoclásticas.

"Posteriormente, essas rochas foram afetadas por forte milonitização e recristalização, em zona de cisalhamento, com intensidade variável, resultando em rochas desde protomiloníticas até filoníticas", detalha Nassour. Assim, formaram-se os filitos miloníticos e filitos com textura brechóide encontrados no emboque sul, os filonitos de filito, os filonitos de metaconglomerado e os xistos proto-

miloníticos e miloníticos encontrados no emboque norte.

Nassour explica que, no mesmo processo de deformação, os metarenitos originais sofreram intensa recristalização e fraturação. A deformação também produziu estrias de atrito ao longo dos planos da foliação original, enquanto os minerais planares (muscovita e biotita) - componentes dessa estrutura primária - sofreram recristalização, originando assim a atual foliação milonítica, ou seja, a principal estrutura que é exibida pelo maciço atravessado pelo túnel. "A direção da foliação varia de noroeste a nordeste e o mergulho atinge 65 graus a 80 graus para norte ou para sul, resultando numa descondição da foliação em relação ao eixo do túnel entre 0° a 30°".

Outros dois sistemas de fraturas estão associados à foliação: um deles apresenta direção geral norte-sul e mergulho vertical (subparalelo ao eixo do túnel); o outro é sub-horizontal, mas com leve flutuação (entre 5° a 10°) para sul no emboque sul ou para norte (emboque norte). Além dessas famílias ocorrem fraturas esparsas de baixa persistência e atitudes variadas.

Uma falha importante foi interceptada pelo túnel do domínio geológico do filito, a qual possuía direção N70W e mergulho de 70° a 80° SW, com preenchimento de 3 m de milonito sob a forma de solo de alteração. A disposição espacial dela é concordante com a foliação, tendo sido provavelmente formada na fase final (rúptil) do ciclo de deformação dúctil-rúptil que afetou a região. Outras pequenas falhas (falhetas), concordantes ou pouco discordantes com a foliação, contendo argila mole, cinza e vermelha, em espessuras de 2 cm a 10 cm também foram encontradas nos domínios do filito e do xisto, assim como nos contatos litológicos.

Sobre os cálculos do revestimento para a fase construtiva, os engenheiros da Vetec Engenharia explicam que para os trechos de túnel em solo e rocha alterada de filito, o método construtivo previu, entre as várias fases construtivas, a execução de galerias laterais (side-drifts), com diversas finalidades. Entre as principais estão a de permitir o rebaixamento do lençol freático, o conhecimento prévio do

No caso do Túnel 2, uma falha importante foi interceptada pelo túnel do domínio geológico do filito, a qual possuía direção N70W e mergulho de 70° a 80° SW, com preenchimento de 3 m de milonito sob a forma de solo de alteração



maciço antes da escavação da abóbada mediante o mapeamento do maciço escavado, e também a de possibilitar a execução do arco reverso do túnel, por ser parcial e enrijecido.

Após a concepção do método construtivo, foram realizadas diversas análises, primeiramente utilizando o método das ações espontâneas – com o programa FLAC –, considerando o meio contínuo. Em seguida foram feitas análises de escavação incremental utilizando o programa UDEC, considerando a anisotropia e as famílias de descontinuidades – e verificando-se as tensões e deslocamentos em cada fase, tanto no revestimento como no maciço.

Segundo os profissionais da Vetec, os resultados obtidos com estes proces-

te do túnel, que inclui o revestimento de primeira fase mais o revestimento final, foi executada em concreto projetado com tela metálica. Do ponto de vista estrutural, o revestimento foi verificado para as condições típicas, para equilibrar o carregamento potencial adotado, tendo em vista atender o fator de segurança normatizado. Os elementos de suporte, tais como as cambotas, as enfilagens e as ancoragens que tiveram função estrutural na fase de construção, foram desprezados no cálculo como elemento permanente.

Tecendo considerações sobre o carregamento potencial, os engenheiros da Dersa definem que o carregamento potencial adotado significa o máximo carregamento que poderá atuar sobre o re-

a relação entre a pressão horizontal e pressão vertical, foi admitida igual a 0,5, para a condição de longo prazo.

Quanto ao carregamento hidrostático para o túnel em solo e rocha alterada, o revestimento foi considerado de baixa permeabilidade. Ou seja, relativamente ao terreno, foi considerado praticamente impermeável. Nessas condições, o carregamento hidrostático de projeto foi o resultante do equivalente ao nível do lençol freático 10 m acima da abóbada, resultando uma subpressão de 220 kPa no arco reverso. Manteve-se este carregamento, apesar de a superfície do arco reverso ter sido executada com dispositivos drenantes que reduziriam a subpressão a 80 kPa. Este valor de subpressão, embora pequeno, foi obtido mesmo considerando o lençol freático natural a 25 m de altura acima da abóbada. Estes valores foram o resultado de um cálculo empregando-se o MEF, onde foram feitas análises paramétricas variando-se a posição dos vários dispositivos de drenagem, assim como o do coeficiente de permeabilidade do maciço.

Para a determinação do carregamento potencial a ser aplicado no revestimento, aplicou-se o conceito de volume envolvente. Por esse conceito, admite-se que os volumes de maciço que possam carregar o revestimento estão contidos nesta envoltória e que pode assumir formas genéricas.

Com relação ao cálculo das solicitações no revestimento – tanto para o túnel em solo como em rocha – adotou-se o modelo de cálculo de ações impostas, idealizado por Maffei (1993), e a representação do maciço por meio contínuo equivalente. O cálculo foi processado utilizando programa computacional especialmente desenvolvido por Vita Prado em 1998, para o dimensionamento do revestimento do túnel. O programa considera a não linearidade física dos materiais e a não linearidade geométrica do revestimento de concreto, além de considerar também a interação solo-estrutura.

Como resultado dos processamentos para o túnel em solo, o revestimento foi concebido como peça de concreto ligeiramente armada, ou seja, como peça em que a resistência depende ex-



Para a determinação, no Túnel 2, do carregamento potencial a ser aplicado no revestimento, aplicou-se o conceito de volume envolvente, pelo qual admite-se que os volumes de maciço que possam carregar o revestimento estão contidos nesta envoltória e que pode assumir formas genéricas

samentos mostraram que o método construtivo proposto apresentou, em qualquer fase, coeficientes de segurança adequados para a variabilidade dos parâmetros geotécnicos esperados para o maciço. Com isso possibilitou-se verificar o desempenho do método executivo com o acompanhamento de cada fase do túnel, confrontando com os resultados da instrumentação.

Os elementos de instrumentação instalados – tais como medidores de convergência, marcos de recalque, tassômetros e medidores de nível d'água – forneceram resultados sistematicamente inferiores aos esperados nas simulações, tendo também permitido conhecer a influência da foliação nos avanços das galerias laterais e no rebaixamento do lençol freático.

Segundo Castro e Nassour, engenheiros da Dersa, a estrutura permanen-

te do túnel, que inclui o revestimento de primeira fase mais o revestimento final, foi executada em concreto projetado com tela metálica. Do ponto de vista estrutural, o revestimento foi verificado para as condições típicas, para equilibrar o carregamento potencial adotado, tendo em vista atender o fator de segurança normatizado. Os elementos de suporte, tais como as cambotas, as enfilagens e as ancoragens que tiveram função estrutural na fase de construção, foram desprezados no cálculo como elemento permanente.

Os engenheiros Castro e Nassour explicam que a cobertura do túnel no trecho em solo e rocha alterada, fora da região dos emboques, variou de 25 a 45 m, ou seja, em sua maior parte o túnel foi considerado como túnel raso, isto é, com cobertura inferior a 1,5 vezes o vão do túnel. Para este trecho o critério adotado foi o de considerar como pressão vertical (pv), a pressão equivalente a todo o peso de solo sobre a abóbada, ou seja, igual a 600 kPa, assumindo este mesmo valor como o carregamento máximo para o trecho mais profundo, onde se consideraria o efeito de arqueamento do solo. O coeficiente de empuxo, isto é,

clusivamente da resistência do concreto, tendo sido utilizada armadura de tela tipo Q 246 com a finalidade de controlar a fissuração superficial provocada por estados de coação.

Como resultado dos processamentos para os trechos do túnel em rocha, os cálculos da espessura do revestimento de concreto projetado para as famílias de carregamentos possíveis dentro do volume envolvente, resultaram fator de segurança superior a 1,8 – devido à resistência maior do concreto projetado ($f_{ck} = 20 \text{ MPa}$), em quaisquer situações de carregamento.

Túnel 3 – No Túnel 3 do Trecho Oeste do Rodoanel foi implementado um conjunto de estratégias tecnológicas que procurou unir o melhor da tecnologia de concreto projetado com o melhor da metodologia de escavação de túneis – otimizando, em muito, o método construtivo NATM. O esclarecimento é feito por uma trinca de engenheiros composta por, novamente, Gerson Rodrigues de Castro, engenheiro da Divisão de Projetos da Dersa; Cavour Modesto Jr., engenheiro do consórcio Constran-Queiroz Galvão; e Giovanni Pallermo, engenheiro especialista em novas tecnologias.

Para eles, o resultado alcançado é um convite à reflexão de uma experiência inédita no Brasil em empreendimentos de grande porte: o emprego do concreto projetado reforçado com fibras metálicas como revestimento final de túnel em maciços tipos solo e rocha. “Apesar desta tecnologia estar consagrada em países desenvolvidos como Espanha, Alemanha, Inglaterra e entre os escandinavos, tratou-se de um grande desafio no mercado nacional, pois exigiu uma nova postura cultural e tecnológi-

ca das partes envolvidas, uma vez que o concreto projetado reforçado com fibras, devido à sua ductilidade, é um material conceitualmente diferente do concreto moldado convencional”, resume o eng^o Castro, da Dersa.

Segundo ele, a estratégia tecnológica perseguida foi associar a melhoria dos parâmetros de durabilidade e permeabilidade do novo revestimento ao aumento de velocidade construtiva e à diminuição de serviços e materiais. As melhorias com relação ao de concreto convencional são a maior tenacidade – minimizando o quadro fissuratório por retração e acomodação estrutural – e a baixa relação água-cimento alcançando-se menor permeabilidade e maior durabilidade.

O eng^o Modesto Jr., do consórcio Constran-Queiroz Galvão, apresenta de maneira sucinta os principais requisitos tecnológicos para o concreto projetado reforçado com fibras metálicas que se evidenciaram como importantes para o atendimento da estratégia tecnológica pretendida.

O método de execução – diz ele – foi o processo via úmida, pelo baixo índice de reflexão. Quanto aos requisitos dos materiais constituintes, ele relaciona:

a) cimento resistente aos sulfatos; b) agregados saudáveis às ações deletérias, reação álcali-agregado e álcali-carbonato; c) aditivos aceleradores de pega não alcalinos e isentos de álcalis, para evitar colmatação dos drenos permanentes.

Em relação aos requisitos de dosagem do traço, Modesto Jr. enumera: 1) considera-se que a quantidade mínima de fibras a ser adicionada ao concreto deve ser de 20 kg/m^3 e, no máximo 45 kg/m^3 , em função das dificuldades de projeção que começam a surgir com dosagens

superiores a esta e também para que a solução permaneça economicamente viável; 2) relação água/material cimentício não superior a 0,45 – este limite está prevendo o aumento da agressividade da água e do solo com o tempo e procura assegurar elevada vida útil potencial do revestimento.

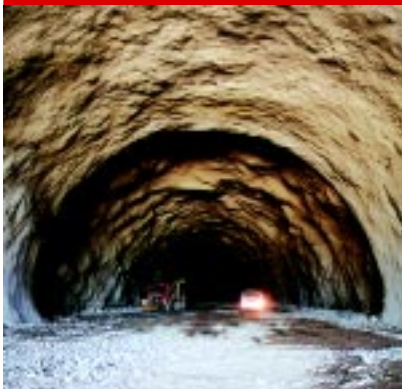
Já os requisitos de procedimentos executivos foram cinco: 1) o concreto projetado foi aplicado sobre superfície de escavação devidamente tratada não havendo infiltração por água que pudesse debilitá-lo, especialmente quando jovem; 2) a superfície do substrato rochoso foi limpa empregando-se hidrojetamento de ar e água a uma pressão mínima de $6,0 \text{ kgf/cm}^2$, com no mínimo quatro passadas do jateamento, à distância máxima de 30 cm; 3) utilização de equipamento para dosagem automática das fibras metálicas; 4) o tempo de mistura da fibra metálica no caminhão betoneira foi superior a cinco minutos e a velocidade de rotação do balão do caminhão betoneira ficou entre 12 a 22 rpm uma vez que velocidade inferior não promovia adequada mistura e superiores promoviam segregação das fibras na mistura; 5) exigiu-se um cobrimento para o revestimento mínimo de 30 mm de espessura a título de proteção ao fogo. Ressalta-se que existe a alternativa tecnológica do emprego das fibras plásticas, utilizada no caso apenas no pé direito.

Quanto aos requisitos de resistências mecânicas e aderência, a classe do concreto mínima recomendada é a C20/25 conforme critério EFNARC e ENV 206, sendo que para este empreendimento foi definida a classe C25/30.

Com relação à resistência à compressão axial, Modesto Jr. diz que a resistência representativa do trecho do Túnel 3 deve atender o valor característico (f_{ck}) de 25 MPa e ser obtido por meio de corpos de prova cilíndricos provenientes da estrutura. O critério de determinação da resistência representativa característica do trecho é o estabelecido pela ENV 206, isto é, média de três corpos de prova, sendo o mínimo de 25,5 MPa e o menor valor individual superior a 19,5 MPa.

Modesto Jr. explica que, do ponto de vista da resistência à tração na flexão,

No Túnel 3 foi implementado um conjunto de estratégias que procurou unir o melhor da tecnologia de concreto projetado com o melhor da metodologia de escavação de túneis – otimizando, em muito, o método construtivo NATM



os corpos de prova serão obtidos por meio de placas. A resistência básica à tração na flexão é determinada pela ASTM C 1018 e C78 por meio da média de três corpos de prova para cada idade. Nenhum corpo de prova poderá apresentar valor inferior a 3,0 MPa.

valor individual não inferior a 1,9 MPa. Estes valores podem ser flexibilizados de acordo com o projeto estrutural.

Absorção de energia: aqui também os corpos de prova serão obtidos de placa. O valor representativo deste parâmetro deve ser determinado por meio

energia de absorção é de 25 mm no ponto central. O valor médio da energia deverá ser no mínimo 700 J.

Teor de fibras incorporado na estrutura: a metodologia de ensaio é conforme a JSCE SF 7. O valor representativo deste parâmetro deve ser determinado por meio da média de três amostragens.

Aderência ao substrato tipo rocha: a metodologia de ensaio será conforme a EFNARC. O valor representativo deste parâmetro deve ser determinado por meio da média de cinco corpos de prova de desempenho não inferior a 0,5 MPa, limitando o valor individual a 0,35 MPa.

Quando aos requisitos de durabilidade da estrutura, Modesto Jr. destaca o da absorção de água por imersão (NBR-9778), em que os corpos de prova devem ser retirados de placas e estrutura. O valor representativo do lote de três corpos de prova deve atender ao limite máximo de 8% e nenhum corpo de prova deve superar o valor de 11%. Outro requisito é o da penetração máxima de



Quanto aos requisitos de resistências mecânicas e aderência, a classe do concreto mínima recomendada é a C20/25 conforme critério EFNARC e ENV 206, sendo que para o Túnel 3 foi definida a classe C25/30

Tenacidade: neste particular, os corpos de prova serão obtidos de placa. Para o método japonês de avaliação do fator de tenacidade, levando-se em conta uma deflexão equivalente de 2 mm, determinou-se o parâmetro de tenacidade "f_e". O valor médio de "f_e" deve ser não inferior a 2,4 MPa e o menor

da média de três corpos de prova. A metodologia e as dimensões dos corpos de prova para a sua determinação deverá ser de acordo com o método SNCF - Método Francês desenvolvido por FFCC Alpes Essais (Referência 40 da French Railway Company). A deformação de referência para se determinar a

Aluguel de Equipamentos de Última Geração



KOMATSU rental
by **Bauko**

BAUKO MÁQUINAS S/A.

Rua Santa Erolides, 200 - CEP 06298-060 - Osasco - SP

Tel: (11) 3693-9364 (Direto) - 3693-9333 (PABX)

Fax: (11) 3687-9085 - E-mail: bauko@bauko.com.br

água sob pressão (NBR 10787), em que os corpos de prova devem advir das placas e da estrutura. O valor representativo deste parâmetro deve ser determinado por meio da média de três corpos de prova, sendo o desempenho não superior a 50 mm. Aqui, nenhum valor individual deve ser não superior a 70 mm e o coeficiente de permeabilidade não deve ser superior a 10^{-12} m/seg.

Segundo Modesto Jr., os resultados dos ensaios de controle de qualidade do trecho experimental concluíram pela viabilidade da utilização de um consumo de fibras metálicas igual a 35 kg/m³.

Em conclusão, o engenheiro especialista em novas tecnologias, Giovanni Pallermo, atesta que o revestimento final de túnel em concreto projetado reforçado com fibras metálicas apresentou-se como uma alternativa tecnológica que aumenta o espectro de competitividade do NATM por diminuição do prazo, sem comprometer o conforto do usuário. "Trata-se de uma alternativa atrativa tecnicamente e economicamente competitiva tanto em túneis em solo como em rocha e permite melhorias nos parâmetros de durabilidade e permeabilidade do revestimento de concreto, assim como aumento de velocidade construtiva e diminuição de serviços para a produção do revestimento", comenta ele.

A evolução de equipamentos de projeção de concreto permite o controle de espessura do revestimento por meio do mapeamento topográfico automatizado das seções transversais. Segundo Pallermo, o emprego de aditivos aceleradores tipo não alcalino elimina o grave problema de toxicidade de funcionários por exposição continuada durante o jateamento de concreto. "É possível afirmar, com os resultados satisfatórios obtidos no trecho experimental, que o concreto projetado é apenas uma forma de lançamento de concreto, e conserva, portanto, as características intrínsecas deste material", testemunha ele.

Segurança nos túneis - O projeto dos sistemas de segurança nos túneis do Rodoanel atende o Decreto 46.076, de 31 de agosto de 2001, Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e, especificamente, à Instrução Téc-

nica 39 do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. Esta instrução já contempla as lições extraídas dos acidentes com incêndio ocorridos em março de 1999, no Túnel Mont Blanc na França, e em novembro de 2000, no Túnel Kitzsteinhorn na Áustria. Nestes acidentes foram perdidas muitas vidas, e além do prejuízo direto com os vários veículos envolvidos no incêndio e com a reforma dos túneis, houve ainda o prejuízo com a interdição dos túneis por um longo período.

Para este tema, foram ouvidos três técnicos. Pela Dersa, Carlos Raul Andrade Caldas, coordenador de projetos. E pela Alstom, Antonio Cláudio França, consultor, e Letícia Strerath, gerente de contratos. Caldas, da Dersa, explica que, para a operação de um túnel com segurança é essencial poder contar inicialmente com a implantação de um bom sistema de iluminação. "O projeto de iluminação dos túneis do Rodoanel, que adotou como base a norma da ABNT - NBR 5181, tomou várias medidas para garantir o funcionamento deste sistema com elevado nível de segurança", confirma ele.

"Na entrada de cada túnel foi projetada uma iluminação diurna, que permite a gradativa acomodação visual pelo motorista a partir do ambiente externo, onde se tem a luz do dia de aproximadamente 100.000 lux, para zonas de luminância com respectivamente 3.500 lux, 1.800 lux, 900 lux e 450 lux, no interior do túnel, até um mínimo de 150 lux, que é o nível de iluminação diuturna, ou seja, do circuito de iluminação que sempre fica ligado dentro do túnel", detalha Caldas.

Ele diz, ainda, que o projeto equipou o sistema com reguladores de lu-

miniosidade, o que permite diminuir a intensidade luminosa, necessária para reduzir a iluminância de uso diurno em 60 a 70% para uso noturno. Além disso, estabiliza as tensões na rede de alimentação das lâmpadas, aumentando sua vida útil e economizando entre 30 a 35% de energia durante a noite. Nos projetos anteriores metade das luminárias era apagada durante a noite, deixando um espaçamento maior entre as luminárias e, conseqüentemente, manchas escuras ao longo da pista.

Segundo França, da Alstom, foi adotado o critério de depreciação de iluminação de 20% para prevenir a degradação das luminárias, o enegrecimento das pistas de pavimento em concreto e o escurecimento das paredes. O revestimento destes túneis em concreto projetado é mais suscetível a impregnações com óleo, fuligem e poeira, o que diminui muito o rendimento luminoso. "Portanto foram considerados nulos os índices de reflexão nestas paredes", diz ele.

No projeto foram especificadas lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão de cor dourada. Como é de conhecimento, este tipo de lâmpadas, quando apagadas, demoram a reacender. Para minimizar o problema foram utilizadas lâmpadas com filamento duplo que permitem reacendimento mais rápido pois sempre haverá um filamento frio em espera (stand by). Foram adotados também ignitores com voltagem maior, que permitem um reacendimento mais rápido mesmo sem o resfriamento normal dos filamentos.

Letícia Strerath, da Alstom, revela, por sua vez, que para suprir as eventuais quedas de alimentação pela rede da concessionária, adotou-se um gerador de emergência. Este, num curto intervalo de 15 a 20 segundos, alimenta a carga instalada do circuito de alimentação diuturna. Neste caso também entra instantaneamente em funcionamento o sistema de iluminação de emergência alimentado por baterias, que atua naquele intervalo entre a queda da energia da concessionária e a entrada em funcionamento do gerador de emergência. "Este sistema consiste de várias centrais com carregador flutuador de baterias que alimenta um conjunto de lu-

As instruções de segurança seguidas no Rodoanel já contemplam as lições extraídas dos acidentes com incêndio ocorridos em março de 1999, no Túnel Mont Blanc na França, e em novembro de 2000, no Túnel Kitzsteinhorn na Áustria

minárias de balizamento com lâmpadas dicroicas de luz branca”, explica ela.

Para o combate a incêndio nos túneis está projetada uma rede com tubulação em aço de 4”, com hidrantes de 2 ½” espaçados a cada 45 m. “Esta rede é mantida cheia por um reservatório que conta com uma reserva de incêndio de 30.000 litros”, diz Letícia. A rede será pressurizada pelo veículo autobomba do Corpo de Bombeiros que poderá ser conectado em qualquer hidrante da rede que está disposta em forma de anel passando pelos dois túneis paralelos. As mangueiras serão trazidas pelos veículos de emergência. Também para o combate a incêndio, estão previstos extintores portáteis do tipo pó BC-20B que serão disponibilizados nos veículos de emergência.

Além disso, cada túnel dispõe de um sistema de drenagem que permite o rápido escoamento de líquidos para fora dos túneis e sua captação em bacias de contenção antes do lançamento, para evitar danos ao meio ambiente. As rotas de fuga nos túneis 1 e 2, com me-

nos de 1.000 m de extensão, são as calçadas nas duas laterais de cada pista. “Com 1.750 m de extensão, o Túnel 3 tem esta calçada protegida por defensas rígidas”, diz ela. O túnel dispõe também de áreas de refúgio para veículos a 850 m das entradas. Suas pistas paralelas e contíguas estão interligadas por três galerias que servirão de saída de emergência para pedestres e acesso aos veículos de emergência.

Serão instalados painéis informativos, ou seja, PMV - painéis de mensagens variáveis, que indicarão as restrições para utilização do túnel. Uma de suas faixas será sinalizada para uso preferencial dos veículos de emergência. Haverá ainda sinalização de emergência no interior do túnel indicando as rotas de fuga e passagens de emergência.

“A rodovia contará com um sistema de monitoração e controle de tráfego que permitirá o gerenciamento

O atendimento às populações lindeiras, os trevos de interligação com os eixos rodoviários e os acidentes geográficos geraram uma alta densidade de pontes e viadutos ao longo do Trecho Oeste do Rodoanel

das ocorrências a partir de uma central de supervisão da operação, adianta Letícia. Esta supervisão acionará o PAE - Plano de Ação de Emergências segundo o tipo de ocorrência.

Obras de arte especiais - O atendimento às populações lindeiras, os trevos de interligação com os eixos rodoviários e os acidentes geográficos, geraram uma alta densidade de pontes e viadutos ao longo do Trecho Oeste do Rodoanel. O número de obras de arte - pontes, passagens inferiores e superiores - é de 49. A extensão total das obras é de 4.615 metros e a área total de tabuleiro é de 71.615 metros quadrados.

Mauro Ribeiro Bastos, coordenador técnico de projetos da Dersa, diz que

Bidim sempre na frente



O antigo Bidim OP dá lugar ao novo Bidim RT.

- Especifique Bidim RT no seu projeto.
- A forma mais segura de obter bons resultados.
- Múltiplas aplicações com o melhor custo benefício.



RAMALHO

Av. Ricardo Jafet, 1429
São Paulo - SP
Fax: (11) 6160.1211
www.ramalhocomercial.com.br

Televendas
(11) 6160.0011

essas obras podem ser subdivididas em: a) obras para transposição de cursos d'água ou acidentes geográficos; b) obras para preservar ligações existentes nas regiões (tanto para tráfego automotivo como também rodoviário); c) obras que integrem os trevos de acesso do Rodoanel aos eixos rodoviários interligados (Vias Anhangüera, Bandeirantes, Castello Branco, Raposo Tavares e Régis Bittencourt); d) obras sobre cursos d'água.

Para as obras do primeiro tipo, Bastos destaca as quatro que foram concebidas para as transposições do rio Tietê, com vãos centrais entre 120 e 150 metros, concebidos com superestrutura em seção, caixão unicelular em concreto protendido com concreto de alto desempenho (fck = 50 MPa). "As dificuldades de cimbramento sobre lâmina d'água e existência de solo mole na

aduelas com peso de 120 toneladas, executadas em 14 etapas sucessivas até os fechamentos do vão central e dos vãos laterais. Por outro lado, as pontes 1 e 2 cuja largura de tabuleiro, de 19,30 metros, é pouco usual para seção unicelular, levou à necessidade de uma construção incremental com aduelas de 150 toneladas, executadas em 18 etapas, conforme projeto.

"As discrepâncias geológicas entre as margens esquerda e direita do rio Tietê, levaram a fundações distintas para os apoios situados em margens opostas", diz Bastos. Assim sendo a margem esquerda do rio teve fundações em estacas escavadas em solo com grande diâmetro (estacões), ao passo que para a margem direita as fundações são em tubulões a ar comprimido.

Segundo Bastos, a ponte 1 (irmã gêmea da ponte 2) está sendo objeto de

utilização implementada com o desenvolvimento urbano previsto para a região. Em função de condicionantes técnicos, estas ligações foram concebidas em passagem inferior ou passagem superior. Neste caso a solução de superestrutura em grelha com vigas pré-moldadas protendidas, mostrou-se a alternativa mais atraente para a maioria dos casos.

Os vãos das obras em grelha foram em quase sua totalidade padronizados para vigas de 35 metros, possibilitando um grande reaproveitamento de formas e padronização nos procedimentos construtivos. A utilização de protensão pré-aderida, possibilitou economia nos dispositivos de ancoragens e a fabricação de vigas em processo semelhante ao utilizado nas fábricas de pré-moldado. O processo industrial foi transposto ao canteiro de obra, resul-

tando nos ganhos característicos dos processos industriais.

Segundo Bastos, outras obras são executadas para integrar os trevos de interligação do Rodoanel aos eixos rodoviários. Para

Segundo técnicos da Dersa, a ponte 1 (irmã gêmea da ponte 2) está sendo objeto de instrumentação estrutural, que deverá estender-se por período mínimo de dois anos e meio após a inauguração da obra



margem esquerda do rio, levaram ao método construtivo de aduelas sucessivas como definição de projeto", explica ele. Deste conjunto de quatro obras, as duas de porte menor (pontes 3 e 4) possuem vãos de 70, 120 e 70 metros com tabuleiro de largura igual a 16,10 m, ao passo que as duas obras de maior porte (pontes 1 e 2) apresentaram vãos de 85, 145 e 85 metros, com largura do tabuleiro de 19,30 m.

Os vãos adjacentes sobre as margens do rio também foram contemplados com o sistema de aduelas sucessivas, concretizando o que é usualmente denominado de disparo duplo. "A utilização de disparo duplo apresenta a vantagem de redução no tempo de execução da obra, sendo que neste caso, a ocorrência de solo mole na margem esquerda do rio, levaria, em caso de execução por método convencional, a cimbramento especial com elementos de fundação profunda para o cimbre", detalha ele.

As pontes 3 e 4 foram concebidas com lançamentos incrementais de

instrumentação estrutural, que deverá estender-se por período mínimo de dois anos e meio após a inauguração da obra. "Esta instrumentação irá nos fornecer dados que possibilitarão análise teórica do desempenho da obra, bem como aferir o desenvolvimento dos efeitos de deformação lenta sobre o comportamento da estrutura. Estão previstas retroanálises de forma a se correlacionar os dados de instrumentação com os parâmetros de projeto".

Algumas obras são executadas para preservar ligações existentes das regiões lindeiras. Por se tratar de rodovia fechada – com exceção da ligação Padroeira –, as ligações entre regiões lindeiras têm como conceito básico o restabelecimento da ligação interrompida. Algumas destas obras referem-se a ligações com grande importância e demanda de tráfego atuais, como, por exemplo, a av. dos Autonomistas e linhas de subúrbio da CPTM.

Outras, cuja demanda de tráfego atual não é tão significativa, terão sua

este tipo de obra, onde a geometria característica das alças de acesso leva usualmente a condições de rampa e raio de curvatura mais severas que o restante da rodovia, o resultado é frequentemente obras com curvatura e inclinação longitudinal acentuadas. "Isso torna a solução em grelha pouco atraente, tanto devido à variação de comprimento entre as linhas curvas internas e externas da superfície correspondente ao tabuleiro da obra, como por causa das declividades longitudinal e transversal da obra". Acrescenta-se também o fato de que normalmente o conjunto das obras que compõem um trevo formam um complexo viário. "Nestes casos devem ser adotadas soluções semelhantes entre as diversas obras, objetivando-se a obtenção de um conjunto harmônico delas".

Dessa maneira, com exceção do trevo de interligação com a rodovia Castello Branco, os demais trevos foram concebidos com superestrutura em viga caixão, com vãos e larguras viá-

veis em função dos condicionantes locais. “Indiscutivelmente, obras de acentuada curvatura e grandes declividades longitudinal e transversal, tornam as soluções moldadas no local as mais competentes para ajuste da forma da estrutura à geometria da via”, diz Bastos. O trevo de interligação com a SP-270 (Rodovia Raposo Tavares), inicialmente concebido com obras em viga caixão, foi executado em obras com superestrutura em grelhas de vigas pré-moldadas, de acordo com projeto alternativo desenvolvido pelo consórcio construtor.

Pavimentos rígidos - O pavimento nas pistas do Rodoanel é do tipo rígido. Quem informa detalhes sobre esse aspecto da obra é Octavio de Souza Campos, da Diretoria de Investimentos/Projetos de Pavimentos da Dersa. Esse tipo de pavimento tem como critério fundamental para seu dimensionamento a resistência a tração do seu componente principal que é o concreto de cimento Portland.

Alguns aspectos interessantes para o Rodoanel desse tipo de pavimento, segundo Campos, são o bom custo/benefício e o fato do cimento Portland ser um material de produção nacional, ao contrário do asfalto que é ainda em grande parte importado. Além disso, a rigidez característica desse tipo de pavimento permite que se desenvolvam menores pressões no subleito e sub-base, portanto menos afetados por subleitos de menor capacidade de suporte. Ele lembra que outro ponto importante é que as frequências de manutenção e conservação dos pavimentos rígidos são baixas, com poucas interrupções de tráfego ao longo do tempo. Dessa forma, estão naturalmente menos sujeitos a congestionamentos em vias de alto volume de tráfego. “Some-se a esses aspectos, a melhor visibilidade, principalmente em condições noturnas”.

Os critérios de concepção do pavimento levaram em consideração os critérios da Portland Cement Association /84, adotado pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. O



Deslocamento entre as rodovias que interceptam o Trecho Oeste está facilitado

método em questão é utilizável no cálculo de espessura de pavimentos de concreto simples com barras de transferência, dotados de sistema artificial de transmissão de cargas, formada por barras de aço postada na meia seção das juntas transversais.

Segundo Campos, o método baseia-se em quatro pontos. O primeiro constituiu-se nos estudos teóricos clássicos sobre comportamento de placas de concreto e modernas análises computacionais empregando elementos finitos. Em segundo lugar, foram feitos ensaios de laboratório e em modelos, sobre

consórcio

enger engenharia **EPT** ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS

Rodoanel - Lote 6

comportamento e influência de juntas, sub-bases e acostamentos no desempenho de pavimentos de concreto. “Também foram feitas pistas experimentais, especialmente da AASHO (hoje, AASHTO), e levados em conta estudos levados a efeito por diversos órgãos rodoviários e aeroportuários”, diz ele. O último ponto foi a observação metódica de pavimentos em serviço.

A conexão entre essas informações, necessária para a concepção de dimensionamento no qual se integram os distintos parâmetros, é resolvida pela aplicação de uma análise muito abrangente das tensões e deformações em um modelo que emprega elementos finitos e trabalha com as propriedades do concreto, o tipo e o suporte da fundação e o carregamento, introduzindo o estudo da influência do tipo de transmissão de carga nas juntas transversais, bordas longitudinais e dos acostamentos de concreto.

“Também foram considerados os critérios da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), método de 1993, bem como realizadas verificações utilizando-se conceitos de análise dimensional”, diz Campos.

Os parâmetros de dimensionamento adotados foram: 1) acostamento de concreto; 2) presença de sub-base cimentada; 3) adoção de barras de transferência; 4) resistência a tração na flexão aos 28 dias igual a 4,5 MPa; 5) tráfego: volume médio de caminhões de 8.500; 6) fator de segurança 1,25; 7) período de projeto de 30 anos.

Desta forma, resultou a seguinte estrutura de pavimento: Espessura da placa de 24 cm; Sub-base de 10 cm de concreto rolado de resistência a tração na flexão de 1,5 MPa; Camada de brita graduada simples de 10 cm; O espaçamento de juntas transversais adotado foi de 5 metros.

Remoção de interferências – Projetos apropriados de implantação de uma ro-

Projetos apropriados de implantação de uma rodovia podem e devem minimizar todo e qualquer desconforto às populações já assentadas, e quando isto não for suficiente, ressarcir-las pelos danos causados

dovia podem e devem minimizar todo e qualquer desconforto às populações já assentadas, e quando isto não for suficiente ressarcir-las pelos danos causados. Segundo Renato Schillaci, técnico eletro-eletrônico da Dersa, especialista no assunto, cabe à projetista e executora das obras a obtenção de soluções para

as interferências existentes ao longo do eixo da obra, podendo ser: proteção, remanejamento, remanejamento e proteção, ou remoção definitiva.

O Rodoanel Mario Covas, pela própria natureza de localização, não fugiu a estas necessidades. “Pelo contrário”, diz Schillaci, “por ter sido implantado a uma distância média de 21 quilômetros do centro de São Paulo corta muitos bairros e municípios densamente povoados da Grande São Paulo”.

Segundo ele, foi necessário o estudo de um número muito grande de instalações de forma mais pontual, pois, ao contrário das rodovias regionais que cortam grandes latifúndios, o Rodoanel atravessa pequenos terrenos ou condomínios de inúmeros proprietários que têm todas as benfeitorias públicas como água, luz, telefone etc. “Para a execução destes serviços, a Dersa valeu-se do apoio de todas as concessionárias, que se prontificaram com esmero em não atrasar o cronograma de serviços.

Schillaci cita que existem basicamente três categorias de instalações a serem remanejadas: 1) as de concessionárias de serviços públicos que executam o projeto e o remanejamento das próprias instalações; 2) as de concessionárias de serviços públicos que somente aprovam e fiscalizam os projetos cabendo à Dersa a execução dos serviços; 3) as instalações de particulares que podem ser relocadas ou ressarcidas. “Há concessionárias que podem se valer tanto da primeira como da segunda opção dependendo do tipo de remanejamento e dos recursos que lhe são disponíveis”.

Como roteiro básico para remanejamento, Schillaci relaciona os seguintes itens: 1) detecção da interferência e pré-estudo de remanejamento; 2) solicitação à concessionária da remoção (nesta fase é necessário subsídio técnico, geralmente por meio de reuniões, onde se apresenta o pré-estudo e se define a melhor solução do remanejamento, podendo ser técnica, econômica ou ambas); 3) análise e aprovação do projeto e orçamento; 4) liberação dos recursos para execução do remanejamento; 5) acompanhamento da execução dos serviços, dos testes e a liberação.

O que se segue é um resumo das principais interferências do Trecho Oeste do Rodoanel, ou seja, os serviços de remanejamento efetuados, resultado de um trabalho de cinco anos entre detecção e solução de interferências: **Eletropaulo** - Linhas aéreas de média e baixa tensão (15.000 m); Sistemas de iluminação pública (3.000 m); Linhas aéreas de alta tensão - linha - (1.750 m). **CPTM** - Pórticos de sustentação sistema de alimentação elétrica do trem (4 un); Linhas de fornecimento de energia de alimentação do trem (200 m); Linhas de sinalização de segurança (200 m). **Telefônica** - Linhas aéreas de telefonia (12.000 m); Linhas subterrâneas de telefonia (5.000 m). **Telefonia celular** - Torres para transmissão de sinal (1 un). **Radiodifusão** - Antena transmissora (1 un). **Teledifusão** - Linhas aéreas de sinal para televisão via cabo (1.500 m). **Transmissão de dados (fibra óptica)** - Linhas aéreas de transmissão de dados (600 m); Linhas enterradas de transmissão de dados (150 m). **Sabesp** - Canalização para distribuição de água potável (5.000 m); Adutoras de fornecimento de água potável (6.000 m); Canalização coletora de esgotos (1.700 m); Canalização de recalque de esgotos (1.200 m). **Petrobras/Transpetro** - Oleodutos de produtos derivados de petróleo (1.700 m); Sistemas de proteção catódica para oleodutos (250 m).

Segundo Schillaci, houve também inúmeras interferências em que a única solução técnica foi a supressão das mesmas, a saber: linhas aéreas de média e baixa tensão (em aproximadamente 5.000 m), linhas aéreas de telefonia e adutoras de baixo diâmetro. ■