

**ADEQUAÇÃO DO PROJETO DE ENGENHARIA APÓS A ETAPA DE
AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL**

**Estudo da construção de túnel longo (T3/T4) da Rodovia dos Tamoios –
Serra do Mar, São Paulo**

Eduardo Jun Shinohara^{1,2} e Wilson Shoji Iyomasa³

Resumo – Este trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto de engenharia durante a implantação do empreendimento, demonstrando que a evolução do conhecimento geológico-geotécnico da área de intervenção pode alterar as soluções locais e tecnológicas propostas na etapa da concessão da viabilidade socioambiental. Os túneis T3 e T4 estão localizados nas áreas mais preservadas do Parque Estadual da Serra do Mar, e a região apresenta grande fragilidade nos aspectos geológico-geotécnico e ainda possui restrições severas de acesso. Para esse trecho, verificou-se que o projeto elaborado não atendia as necessidades do empreendimento e foi realizada uma alteração significativa no projeto anteriormente aprovado (na etapa de avaliação da viabilidade), já que haveria expressivo incremento no impacto ambiental. Para que a viabilidade do empreendimento fosse mantida, foram avaliadas alternativas locais e tecnológicas por meio de levantamentos geofísicos associados aos estudos anteriores e a solução escolhida foi a união entre os túneis T3 e T4, tendo como resultado a redução da intervenção em superfície e com melhores indicadores socioambientais.

Abstract – This paper presents the development of the engineering project during the enterprise implantation, demonstrating that the evolution of the geological-geotechnical knowledge of the intervention area can alter the locational and technological solutions presented in the round of the concession of the socio-environmental viability. The T3 and T4 tunnels are located in the most preserved areas of the Serra do Mar State Park, region with a great fragile nature considering the geological-geotechnical aspects and severe access restrictions. Considering this portion of the track, the analysis showed that the project did not filled the enterprise necessities and a significant change in the previously approved project (in the round of viability assessment) was made, giving the expressive increase of the environmental impact. In order to maintain viability, locational and technological alternatives were evaluated based on geophysical studies and previous research. The chosen solution was the union between the T3 and T4 tunnels. The result was a reduced surface intervention and better socio-environmental indicators.

Palavras-Chave – Investigação subsolo; obras de infraestrutura; licenciamento ambiental; Serra do Mar; rodovia dos Tamoios.

¹ Geól. Msc Pós-graduando do IPT (Especialização em Investigação do Subsolo) – edjun.shinohara@gmail.com/eshinohara@sp.gov.br

² CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

³ Geól. Dr. Coord e docente da Pós-graduação e pesquisador do IPT – wsi@ipt.br

1. INTRODUÇÃO

Para a obtenção da Licença Prévia (LP), que analisa o empreendimento sob a ótica da viabilidade socioambiental e permite o início das instalações (canteiros e infraestrutura etc.) no local das obras, técnicos da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo realizaram avaliações subsidiadas no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Na fase de LP, segundo o Art. 8º da Resolução CONAMA 238/97 quando é concedida a viabilidade ambiental, estabelecem-se os requisitos técnicos básicos e as condicionantes para o referido empreendimento. A viabilidade socioambiental para a construção da pista ascendente da Rodovia dos Tamoios, no trecho da Serra do Mar, foi concedida em 25/06/2013 por meio da emissão da Licença Prévia nº 2238, do parecer técnico (Fonseca et al. 2013) e aprovada pela Deliberação CONSEMA 11/2013.

Para o desenvolvimento do projeto básico contido no EIA (Consórcio JGP-Ambiente Brasil Engenharia, 2011) realizou-se o mapeamento geológico-geotécnico. Esta ação contou com 152 pontos de coleta de dados de superfície, e na investigação de subsuperfície efetuaram-se 13 sondagens rotativas e 32 à percussão, que totalizaram, respectivamente, 550 metros de sondagem rotativa e 637 metros de sondagem à percussão.

O empreendimento aprovado está inserido, quase que em sua totalidade, no Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) o que impõe limitações severas para a execução de obras civis. Pelas dificuldades de acesso e das restrições impostas pelas características do terreno, bem como aquelas determinadas pelo zoneamento do PESM, as sondagens (percussão e rotativa) foram executadas nos locais próximos às interseções com o trecho existente da atual Rodovia dos Tamoios.

Para o início das construções das obras previstas, segundo a legislação, é necessária a obtenção da Licença de Instalação (LI). Para essa etapa do licenciamento, aos empreendedores coube apresentar o Projeto Executivo, o plano de ataque das obras e indicar as áreas de apoio para as construções. O detalhamento do projeto de engenharia, fundamentado no estudo minucioso dos aspectos geológico-geotécnicos e da topografia, indicou que, no trecho sequencial dos túneis T3 e T4, a solução apresentada na etapa de LP (Projeto Básico) se mostrou inexecutável com aumento significativo de impactos socioambientais destacadamente no referido segmento do empreendimento. Para esse trecho, na continuidade do processo de licenciamento solicitou-se a apresentação e avaliação de novas alternativas tecnológicas e locais, fundamentadas nos aspectos geológico-geotécnicos e da topografia. O presente relato aborda exatamente nesse segmento onde foram realizados estudos detalhados e a solução adotada que ocasionou um menor impacto ambiental.

2. ÁREA DE ESTUDO

Segundo EIA (Consórcio JGP-Ambiente Brasil Engenharia, 2011) a pista ascendente para a transposição da Serra do Mar, deverá contemplar uma segunda pista com traçado diferente da pista atual que se desenvolve pelas encostas no trecho serrano. Essa segunda pista tem início no km 60,48, em Paraibuna, e termina no km 82 no dispositivo de interseção com o Contorno Sul de Caraguatatuba e de São Sebastião, no município de Caraguatatuba, totalizando cerca de 21,5 km de extensão (Figura 1). No Projeto Básico foram previstas as construções de 9 viadutos (totalizando 2.314 metros), 4 túneis de serviço (11.920 metros) e 5 túneis (12.620 metros).

Segundo Fonseca *et al.* (2013), o Projeto Básico apresentado no EIA (Consórcio JGP-Ambiente Brasil Engenharia, 2011) prevê a duplicação de cerca de 4 km situado entre os km 60+480 e 64+400, ainda no Planalto, utilizando a faixa lindeira à pista atual no interior do Parque Estadual da Serra do Mar – PESM, e mais 17,5 km em diretriz de traçado novo a ser construído entre os km 64+400 e 82+000, constituído por uma pista ascendente com duas faixas de rolamento e acostamento. Desses 17,5 km em diretriz de traçado novo, 12,6 km do percurso serão feitos por meio de túneis e 2,5 km de viadutos e pontes.

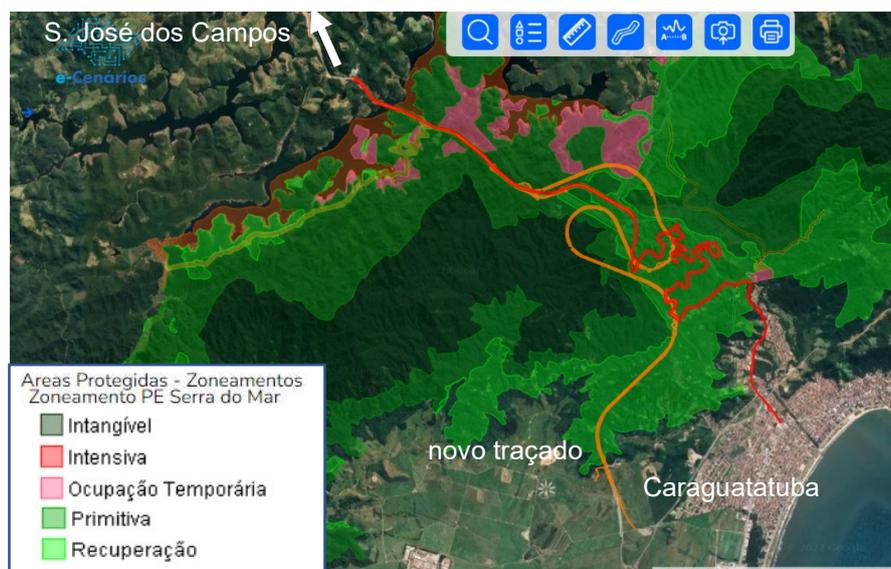


Figura 1 – Traçado da Duplicação da Rodovia dos Tamoios – Trecho Serra aprovado na fase de LP (adaptado dse São Paulo, 2022).

Tabela 01 – Características técnicas e geométricas da Duplicação da Rodovia dos Tamoios.

CARACTERÍSTICAS	PISTA ASCENDENTE
Velocidade (km/h)	100
Greide máximo (%)	5%
Raio Mínimo (m)	230 metros
Superelevação Máxima (%)	4%
Número de faixas	2
Largura de cada faixa de rolamento (m)	3,5 metros
Largura de cada faixa de segurança (m)	0,6 metros
Largura de cada acostamento (m)	3,50 metros

Fonte: Consórcio JGP-Ambiente Brasil Engenharia, 2012.

Em decorrência de imposições do zoneamento do PESM, as sondagens a percussão e rotativa foram executadas fora do traçado do eixo da pista ascendente, em estudo. Essas investigações foram realizadas nos locais próximos às interseções com o trecho existente da atual Rodovia dos Tamoios (pista que se desenvolve pelas encostas da serra). Destaca-se que o trecho localizado próximo ao encontro dos Túneis T3 e T4 que é a região das obras com menor número de pontos de sondagens e de levantamento de campo de reconhecimento geológico-geotécnico, já que se trata de área de difícil acesso.

Segundo o relatório de solicitação de LI da prioridade 2 (2015), o projeto da Duplicação da Rodovia dos Tamoios – Trecho Serra incorporou as experiências acumuladas nos projetos de Duplicação da Rodovia dos Imigrantes e do Rodoanel Mário Covas. Conforme o EIA (Consórcio JGP-Ambiente Brasil Engenharia, 2011) ocorreriam ajustes do projeto de engenharia nesta etapa do licenciamento, porém sem prejuízo da mitigação dos impactos socioambientais já avaliados.

Para o detalhamento do projeto de engenharia foram realizados estudos complementares, e segundo relatório de solicitação de LI da prioridade 2 (2015), foi executado um plano de investigação contando com as seguintes atividades técnicas:

- Levantamento topográfico aéreo e terrestre;
- Restituição aerofotogramétrica;
- Mapeamento geológico-geotécnico; e
- Investigações por meio de levantamentos Geofísicos.

A localidade que apresentou as maiores necessidades de adequação no Projeto Básico apresentado foi o trecho dos túneis T3 e T4. Ressalta-se que as alterações promovidas no projeto de engenharia foram significativas, o que exigiu reanálise aprofundada da viabilidade socioambiental desse trecho do empreendimento. Além disso, por questões de cronograma para execução das obras e para obter o licenciamento, esta localidade foi isolada do objeto a ser licenciado.

Com o isolamento, a área do trecho dos túneis T3 e T4 tornou-se foco de trabalhos de detalhamento da topografia e de mapeamento geológico-geotécnico para o refinamento do projeto de engenharia, como mencionado anteriormente.

3. Detalhamento do projeto de engenharia

Para elaborar o projeto básico apresentado na fase da análise de viabilidade socioambiental do empreendimento, para o trecho nas proximidades do encontro dos túneis T3 e T4 foram executadas 6 sondagens a trado e 4 poços de inspeção e não foi possível a execução de sondagens a percussão e rotativas (Figura 2). Os resultados das novas investigações acrescidas daquelas realizadas anteriormente, compõem o Projeto Executivo do empreendimento, no segmento da área dos túneis T3 e T4.

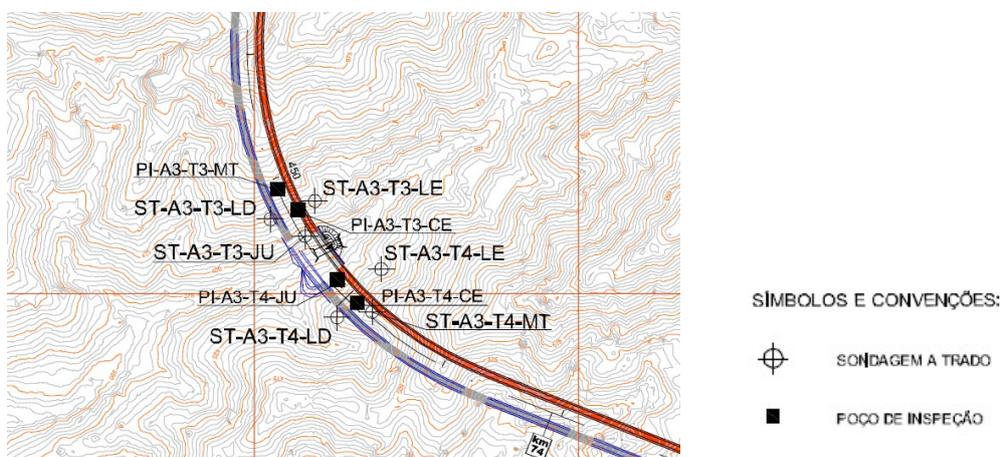


Figura 2: Localização das sondagens realizadas entre os túneis T3 e T4 na fase de LP (Fonte: Consórcio JGP-Ambiente Brasil Engenharia (2013).

Para o Projeto Executivo foram realizados e acrescidos o levantamento topográfico por perfilamento a laser aerotransportado com refinamento e controle efetuado por equipes terrestres realizando seções locais utilizando estações totais. Este levantamento identificou uma diferença de cota de 6,86 metros (Figura 3) nas plantas utilizadas no Projeto Básico. Avaliou-se que a diferença observada fosse decorrente pela intensa vegetação fechada em ambiente topográfico muito acidentado.

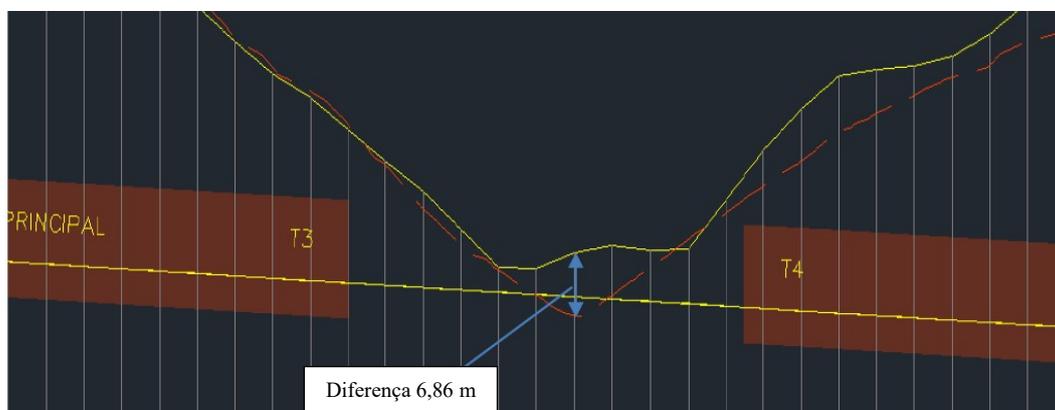


Figura 3 – Comparação dos perfis topográficos do Projeto Básico (vermelho) e Projeto Executivo (amarelo). (Fonte: adaptado de JGP, 2017).

Para o detalhamento das características do maciço realizaram-se o mapeamento geológico-geotécnico detalhado, estudos geofísicos por meio de 3 seções de sísmica refração e 3 seções de

eletrorresistividade limitados pelas restrições ambientais. A escolha desses métodos geofísicos foi motivada pela dificuldade de acesso e de transporte para instalação de equipamentos para sondagens rotativa e a percussão, e pela necessidade de investigação em grande profundidade.

Nos últimos anos, esses métodos geofísicos sofreram avanços tecnológicos significativos e segundo Souza e Gandolfo (2021) as normas e procedimentos para a aplicação de métodos geofísicos na investigação ambiental foram, pela primeira vez no Brasil, publicados pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, em 2011 (NBR 15935). Adicionalmente, pode-se mencionar esse avanço na tecnologia já permite aplicar a geofísica em investigações de matações e blocos de rochas enterrados com bons resultados alcançados, como Taioli *et al.* (2009) e Xavier e Xavier (2011).

Na Figura 4 são apresentadas as seções geofísicas obtidas nos levantamentos efetuados: a seções sísmica e a de resistividade elétrica. Pela sísmica foi possível estimar as camadas de materiais constituintes do terreno e na seção de resistividade as diferenças elétricas indicando a interpretação de possíveis anomalias associadas às características geotécnicas e de estruturas geológicas do terreno.

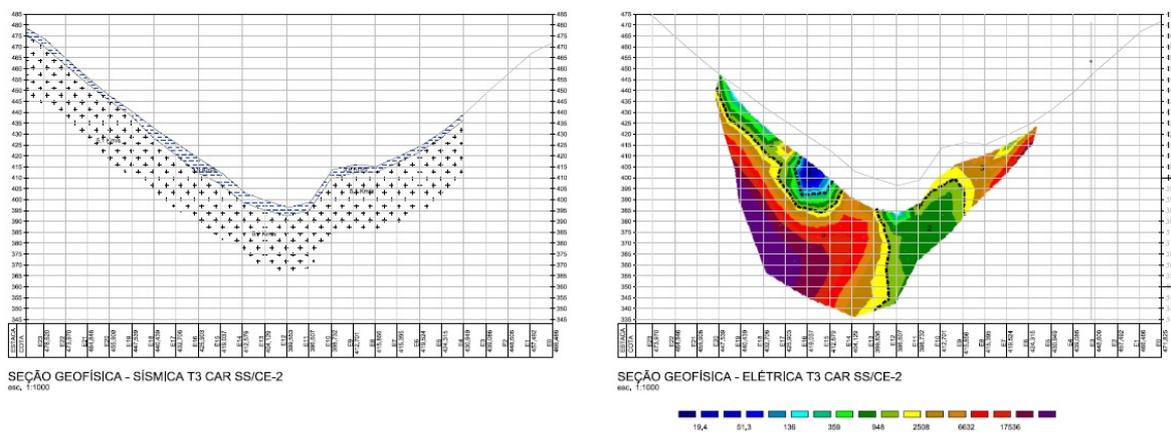


Figura 4 – Seções geofísicas de sísmica (esquerda) e de resistividade elétrica (direita) na região dos túneis T3 e T4. (adaptado de Pereira; Silva; Yokoyama, 2016).

A reunião de dados coletados na bibliografia técnica da geologia da Serra do Mar, de informações obtidas nas poucas sondagens realizadas no Projeto Básico, no mapeamento de superfície e da geofísica permitiram elaborar as seções geológico-geotécnicas da área dos túneis T3 e T4, como mostram a seção da Figura 5 (esquerda). Esses dados e informações foram utilizados para o detalhamento do projeto de engenharia. Na Figura 5, pode-se observar a comparação entre os perfis obtidos nas duas etapas de licenciamento: LP (Projeto Básico) e LI (Projeto Executivo).

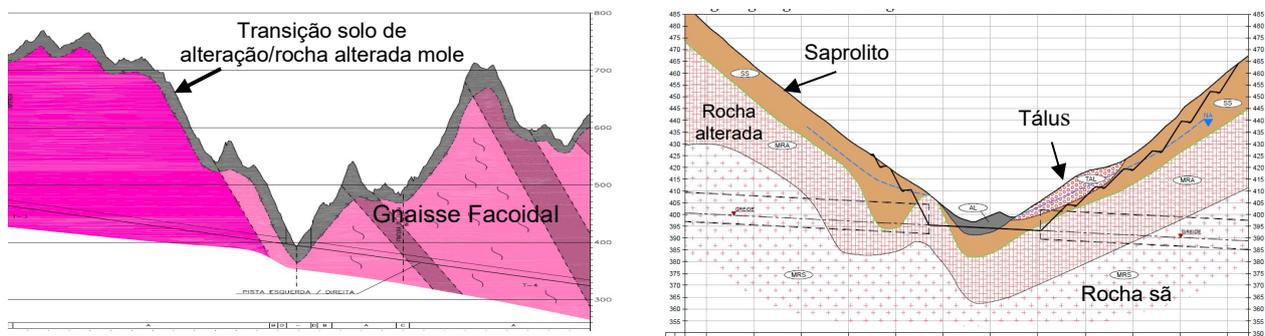


Figura 5 – Perfil geológico–geotécnico do Projeto Básico (esquerda) e do Projeto Executivo (direita) (Fonte: Consórcio JGP-Ambiente Brasil Engenharia, 2012 e JPG, 2017).

O Projeto Básico de engenharia apresentou intervenção de 3.469 m² e a necessidade de construir obras de contenção de 671 m² e um pontilhão de 18 metros de comprimento para ligação

externa dos túneis T3 e T4. Já com novos dados e informações da região, no Projeto Executivo, o detalhamento das obras indicou a necessidade de obras de intervenção de 14.404,68 m² (mais de 4 vezes a área inicialmente proposta) e a necessidade de se construir obras de contenções com uma área frontal de 10.280,03 m² (mais de 15 vezes ao que foi previsto no Projeto Básico). A Figura 6 mostra essa diferença, em planta, de obras de engenharia inicialmente previstas no Projeto Básico e a obtida no Projeto Executivo por meio de comparação das Área Diretamente Afetada (ADA).

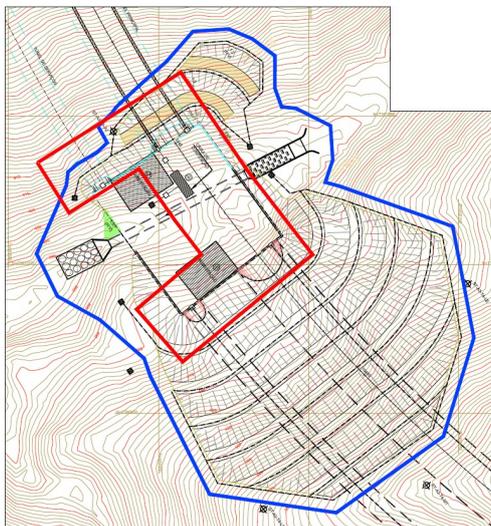


Figura 6: Comparativo entre as ADAs do EIA (Projeto Básico), em vermelho e da solicitação de LI (Projeto Executivo) em azul. (Fonte: JGP 2017).

O aumento destes indicadores em área de proteção ambiental, despertou algumas dúvidas nos técnicos responsáveis acerca da possibilidade de se realizar intervenções nessa área. Ressalta-se que essa região dos túneis T3 e T4 é área intangível, segundo o Plano de Manejo do PESH (Fundação Floresta, 2006), o que significa que a área é de grande importância biológica onde predominam florestas ombrófila densa, considerada primitiva ou em estado bastante avançado de regeneração, na qual é permitida apenas atividades com impacto ambiental muito baixo.

Devido ao aumento dos impactos socioambientais associado à mudança do projeto de engenharia avaliado na fase de licenciamento prévio (projeto básico), a solução apresentada na solicitação de LI (projeto executivo) apontou a necessidade de se realizar nova análise da viabilidade ambiental. Para manter a área de impacto inicialmente prevista na LP, a solução de engenharia exigiu que o empreendedor apresentasse novas alternativas locais e tecnológicas para a fase de instalação do empreendimento.

A manutenção do projeto básico (com emboques nos túneis T3 e T4 e obra em viaduto para conexão) inviabiliza sua execução, uma vez que requer intervenções significativas na área de proteção ambiental, com construções de acessos e obras de contenção nos emboques contemplando taludes altíssimos (acima de 60 metros), bem como a abertura de áreas para instalação de fundações para construção da Obra de Arte Especiais – OAE (viaduto).

O relatório de solicitação de LI (JGP, 2017) apresentou estudos indicando soluções alternativas, sintetizadas na Figura 7, e simplificadamente, os estudos indicaram:

- Alternativa 01 - alteração vertical com subida do greide da rodovia, permitindo a solução de transposição do talvegue em pontilhão sem execução dos túneis (alternativa proposta para não alterar o projeto previsto no EIA, com obras em superfície e obra de arte especial).
- Alternativa 02 – alteração vertical com redução do greide da rodovia, removendo o pontilhão, com deslocamento vertical da pista da rodovia para baixo, eliminando as obras em superfície e unindo os dois túneis, constituindo em solução por meio de um único túnel, denominado de túnel longo.

- Alternativa 03 – ajuste no traçado em planta com diminuição da extensão do traçado no trecho e redução do greide da pista, removendo o pontilhão (deslocamento horizontal do traçado com diminuição da extensão, sem obras em superfície).
- Alternativa 04 – ajuste no traçado em planta com aumento da extensão o traçado em planta e mantendo a solução de pontilhão (deslocamento horizontal com aumento da extensão com obras em superfície e obra de arte especial).

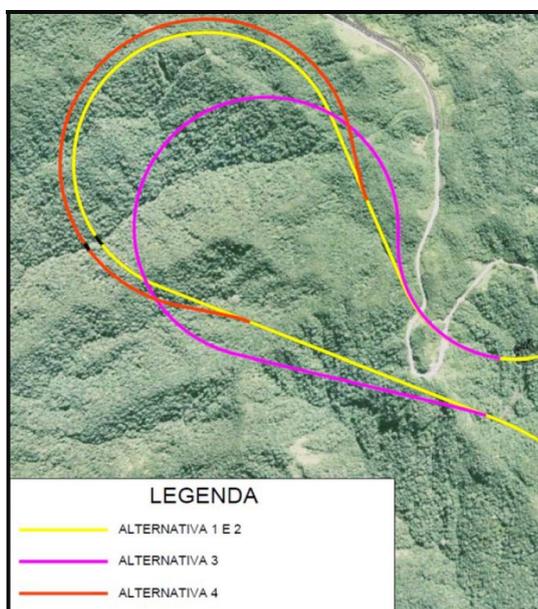


Figura 7 - Planta com as quatro alternativas de soluções sobre imagem de satélite (adaptado de JGP, 2017).

A alternativa 02 e 03 são similares ambientalmente, entretanto a solução 03 introduz incertezas no conhecimento das características geológicas-geotécnicas, exigindo novos estudos adicionais e avaliar a viabilidade ambiental da intervenção, necessária para a instalação na superfície do terreno de um sistema de extração transversal de fumaça.

Para a obtenção da licença ambiental selecionou-se a Alternativa 02, pois não altera o traçado em planta e segundo JGP, 2017, com o rebaixado do greide em 26,5 metros torna possível a transposição do talvegue sem que as obras previstas na superfície fossem executadas. Em princípio, as áreas inicialmente previstas para intervenção e contenção seriam reduzidas de forma significativa, não requerendo nova avaliação da viabilidade ambiental e tampouco de autorizações/manifestações dos órgãos e entidades envolvidos no licenciamento ambiental.

Portanto, a solução de engenharia selecionada considera a junção dos túneis T3 (3.135 m) e T4(2.260 m), agora denominado de T3/4, eliminando-se as supressões da vegetação inicialmente previstas e contabilizadas no processo ambiental.

Como resultado a solução é constituída por um único túnel com a extensão de 5.561,20 metros e seu respectivo túnel de serviço (escavado paralelo ao túnel de via e com menor dimensão). Para esta extensão de túnel o Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo estabelece na Instrução técnica IT-35/2019 (Corpo de Bombeiros, 2019) que “*Túneis não urbanos unidirecionais com extensão superior a 3.000 m podem ser dotados de sistema de controle de fumaça longitudinal, composto por jato ventiladores, desde que haja um sistema de extração massiva da fumaça a cada 3.000 m*”. Justifica-se essa exigência devido a eventuais acidentes no interior do túnel longo, como incêndios e colisões que requerem fuga rápida aos usuários. Trata-se, portanto, de um sistema de segurança aos usuários da rodovia. É oportuno mencionar que essa pista em túneis, portanto não se desenvolvem nas encostas, é utilizada apenas para subida de veículos, pois no sentido oposto (descida) a perda de freios de um veículo pode-se causar danos significativos em caso de acidente. Vale também no caso do Sistema Imigrantes Anchieta.

O sistema de extração massiva de fumaça foi instalado a 3 km do emboque Caraguatubá do Túnel T3/4 (Figuras 8 e 9). Para a instalação desse sistema de exaustão de fumaça e gases

houve a necessidade de se escavar um túnel de ventilação para a construção de uma janela de exaustão na superfície da serra. Registra-se que para essa construção foi necessária a execução de intervenções e obras de contenção no emboque da janela, porém em área muito reduzida em comparação às áreas do Projeto Básico dos túneis T3 e T4.

A área no emboque do túnel da janela possui área total de 1.505 m², e está localizada na mesma área de intervenção licenciada no EIA (Consórcio JGP-Ambiente Brasil Engenharia, 2011).

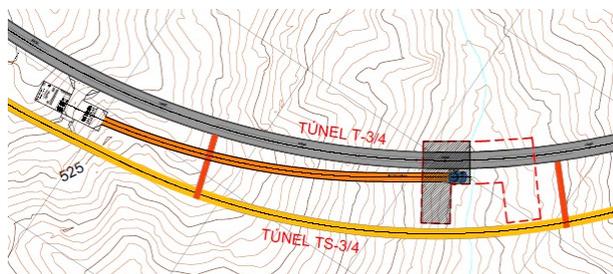


Figura 8 – Área diretamente afetada 1.500 m² (Fonte: JGP, 2017).

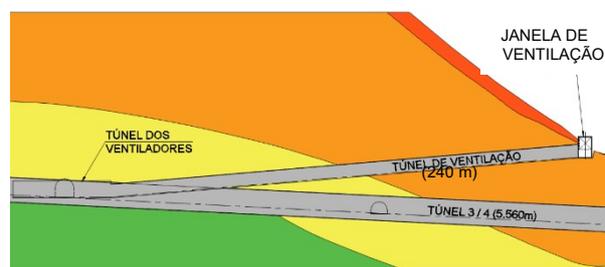


Figura 9 - Sistema de extração massiva de fumaça (Fonte: adaptado de CBT, 2021).

A solução adotada para o trecho do túnel T3/4 possui uma área intervenção na superfície e impacto ambiental menor que a prevista na LP na zona intangível do PESM, não afetando o parecer de viabilidade ambiental Fonseca *et al.* (2013).

Segundo Shinohara *et al.* (2017), a análise do atendimento das exigências da LP e as alternativas de engenharia apresentadas, e sobretudo a solução adotada, o órgão ambiental recomendou a emissão da licença ambiental de Instalação – LI, alternativa.

As obras de construção e instalação da infraestrutura estão na fase final de conclusão, segundo os relatórios de trimestrais das obras (Silva, 2018 e Mota, 2021). A escavação do túnel (T3/T4), que se iniciou em 12/2017, foi concluído em maio de 2021, e movimentou, aproximadamente, 1,6 milhões m³ de rocha. Em fevereiro de 2022, na visita às obras verificou-se que no trecho alternativo estavam sendo executadas atividades de execução do pavimento rígido (concreto) e da infraestrutura (rede elétrica iluminação, automação e sistemas de emergência).

Em dezembro de 2021 o empreendedor apresentou a solicitação da Licença Ambiental de Operação - LO e os relatórios do cumprimento das exigências das fases previa e de instalação do empreendimento. O parecer conclusivo recomendando a emissão da licença ambiental de operação foi emitido em 25/03/2022, com previsão de abertura da rodovia até o final do mês de março de 2022.

4. CONCLUSÕES

O presente relato descreve de forma sintetizada as atividades técnicas de investigação do terreno associado aos processos ambientais, desde a Licença Prévia (LP) composto com Projeto Básico da segunda pista da rodovia dos Tamoios no trecho da Serra do Mar, até a emissão da Licença de Instalação (LI) com o Projeto Executivo estabelecido após estudos geológico-geotécnicos e de levantamento topográfico do referido trecho com traçado alterado. Este relato focou no segmento dos túneis T3 e T4 inicialmente previstos no Projeto Básico dessa rodovia.

Trata-se de área de difícil acesso, inserida em área de proteção ambiental, e segundo o Plano de Manejo do PESM (Fundação Floresta, 2006), caracteriza-se pela sua relevante importância biológica com floresta ombrófila densa, considerada primitiva ou em estado bastante avançado de regeneração. Trata-se de área de proteção ambiental que se permitem atividades que causam impacto ambiental muito baixo. As áreas de intervenção e de obras de contenção para construção dos emboques dos túneis T3 e T4, bem como a ligação por meio de Obra de Arte Especial (viaduto) indicaram impactos ambientais bem maiores do que havia sido inicialmente previsto. O novo levantamento da topografia local indicou diferença elevada de nível (mais de 6 m) e as investigações geológico-geotécnicas e geofísicas, associadas às poucas sondagens a percussão, indicaram diferenças na caracterização inicialmente prevista no projeto de engenharia.

Essas condições ambientais, topográficas e geológico-geotécnicas induziram ao empreendedor e à projetista a realização de novos estudos complementares para indicar alternativas do traçado, destacadamente no segmento dos túneis T3 e T4.

Os estudos alternativos indicaram 4 alternativas de traçado, alterando-se o greide da pista de rolamento e/ou o traçado, em planta, e a alternativa escolhida contemplou um único túnel, denominado túnel longo, com 5.561,20 metros de comprimento, com redução na área do impacto ambiental avaliado na etapa de viabilidade (Licença Ambiental Prévia – LP).

E conforme exigência de normas estabelecidas pelo Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, que visam a segurança dos usuários, foram necessários: a) escavar um túnel de serviço (ou de emergência) paralelo ao do túnel rodoviário; e b) implementar um sistema de exaustão de fumaça e gases, em caso de eventual acidente. Esse sistema é constituído por um túnel de exaustão com saída na superfície da serra, em área onde anteriormente era ocupado pelo emboque do túnel T3, portanto, em área inicialmente licenciada.

Concluindo, a solução adotada por meio de túnel longo com mais de 5,5 km foi a melhor trouxe opção sob aspecto de impacto ambiental na Serra do Mar, na área do segmento estudado.

AGRADECIMENTOS

A CETESB pelo apoio institucional e pelo incentivo para realizar o curso de especialização, bem como para a publicação dos resultados do presente estudo.

REFERÊNCIAS

CBT - COMITÊ BRASILEIRO DE TÚNEIS (São Paulo) (org.). *Concluída a escavação do maior túnel rodoviário do país, na Rodovia dos Tamoios*. 2021. Disponível em: <https://www.tuneis.com.br/concluida-a-escavacao-do-maior-tunel-rodoviario-do-pais-na-rodovia-dos-tamoios/>. Acesso em: 06 mar. 2022.

Consórcio JGP-Ambiente Brasil Engenharia. *Estudo de Impacto Ambiental da duplicação da Rodovia dos Tamoios (SP-099) no Trecho Serra*. São Paulo: DERSA/DER, 2011. 7 v disponível em https://cetesb.sp.gov.br/eiarima/eia/EIA_98_2011.zip. Acesso em 10 mar. 2022

CORPO DE BOMBEIROS (São Paulo). *Instrução Técnica 35/2019: túnel rodoviário*. São Paulo: Polícia Militar do Estado de São Paulo, 2019. 5 p. Disponível em: http://www.ccb.policiamilitar.sp.gov.br/dsci_publicacoes2/_lib/file/doc/IT-35-19.pdf. Acesso em: 06 mar. 2022.

Fundação Florestal, *Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Mar*. Secretaria do Meio Ambiente: SMA, São Paulo. 2006 disponível em <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/planos-de-manejo/planos-de-manejo->

FONSECA, Vanessa Susana Cavaglieri; YURAHARA, Claudia Harumi; SHINOHARA, Eduardo Jun; GIORGI, Camilo Fragoso; CUNHA, Rodrigo Passos; FUKUSHIMA, Mayla Matsuzaki. *Análise de viabilidade ambiental do projeto de duplicação da Rodovia dos Tamoios (SP-099) Trecho Serra*. São Paulo: CETESB, 2013. 127 p. (processo CETESB-105573/2021-06).

GEOTEC consultoria ambiental - *Requerimento de Licença de Operação*, São Paulo: Concessionária dos Tamoios, 2021. (processo CETESB-120113/2021-57)

JGP – consultoria e Participações – *Requerimento de Licença de Instalação – Prioridade 2*, São Paulo: Concessionária dos Tamoios, 2015. (processo CETESB-105573/2021-06)

JGP – consultoria e Participações – *Requerimento de Licença de Instalação – Prioridade 3*, São Paulo: Concessionária dos Tamoios, 2017. (processo CETESB-105573/2021-06)

MOTA, Nadson Tadeu Souza (comp.). *Relatório Quadrimestral de Geologia de Engenharia*: julho 2021. Caraguatatuba: Queiros Galvão Construção, 2021. 102 p. (processo CETESB-105573/2021-06)

PEREIRA, Cláudio Márcio Almeida; SILVA, Jorge Eduardo da; YOKOYAMA, Leandro Moura Leite. *Relatório Geológico Geral - Túneis da Transposição da Serra de Caraguatatuba*. Tietê: Sigeo Geofísica, 2016. 29 p. (processo CETESB-105573/2021-06)

SÃO PAULO. CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Geoportal e Cenários**. 2022. Disponível em: <https://ecenarios.cetesb.sp.gov.br/geoportal/>. Acesso em: 10 mar. 2022

SHINOHARA, Eduardo Jun; PLADEVALL, Marcia Adinolfi Canton; FONSECA, Vanessa Susana Cavaglieri; GIORGI, Camilo Fragoso; CUNHA, Rodrigo Passos; FUKUSHIMA, Mayla Matsuzaki. *Avaliação do atendimento das condicionantes para a obtenção da Licença Ambiental de Instalação*: prioridade 3 - Rodovia dos Tamoios - trecho serra. São Paulo: CETESB, 2017. 136 p. (processo CETESB-105573/2021-06)

SILVA, Tiago Borges da (comp.). *Relatório Quadrimestral de Geologia*: março 2018. Caraguatatuba: Queiroz Galvão Construção, 2018. 23 p. (processo CETESB-105573/2021-06)

SOUZA, Luiz Antônio Pereira de; GANDOLFO, Otavio Coaracy Brasil. **Geofísica**: aplicada à geologia de engenharia e meio ambiente. São Paulo: ABGE, 2021. 155 p.

TAIOLI, Fabio *et al.* Boulders mapping by using resistivity imaging survey. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 11., 2009, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: SBGf, 2009. p. 24-28.

XAVIER, Fernando da Fontoura; XAVIER, Deisy Schulz. Geofísica Elétrica aplicada a Geotecnia para Investigação de blocos de rochas e matacões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 13., 2011, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ABGE, 2011. v. 1, p. 126_1-126_9.