

Contenções na Serra do Mar: Modelo da Interação entre Construtor, Executor e Projetista na Superação dos Desafios

Renato Hoppe Barreira

Diretor, Keller Tecnogeo Fundações Ltda, São Paulo, Brasil, renato.barreira@kellertecnogeo.com.br

Rogério Martinati

Diretor, Núcleo Engenharia e Projetos, São Paulo, Brasil, martinati@nucleoprojetos.com.br

Alexandre Novaes Lopes

Gerente Técnico, Keller Tecnogeo, São Paulo, Brasil, alexandre.novaes@kellertecnogeo.com.br

Murilo Martins

Gerente de Projetos, Núcleo Engenharia e Projetos, São Paulo, Brasil, murilo@nucleoprojetos.com.br

RESUMO: Neste trabalho se pretende apresentar através da análise de um caso de contenção de encostas, as características e peculiaridades da geologia da Serra do Mar, as soluções técnicas adotadas e sua metodologia de aplicação. As obras em tela são duas contenções no trecho de serra da duplicação da Rodovia dos Tamoios, executados em Cortina Atirantada de concreto, encimadas por estabilização em Solo Grampeado nos trechos T2-V2 e V2-V3. A estreita e constante comunicação entre projetista, executores do movimento de terra, tirantes, chumbadores e estruturas de concreto, acompanhamento e monitoramento da instrumentação, conferiram à obra uma condição de otimização de recursos, prazos e segurança, se sobrepujando às severas condições geológicas, logísticas e meteorológicas enfrentadas no local.

PALAVRAS-CHAVE: Serra do Mar, Rodovia dos Tamoios, Cortina Atirantada, Solo Grampeado.

ABSTRACT: This work intends to present the characteristics and peculiarities of *Serra do Mar* geology, the technical solutions adopted and its application methodology through the analysis of a case of slope retention. The referred works are part of the duplication of Tamoios Highway, executed in anchored wall topped by soil nailing stabilization on T2-V2 and V2-V3. The close and constant relationship between all the parties involved in every step of the project, including designers, the responsible to execute earth movement, anchoring, shotcrete and monitoring, provides the right condition to optimize the resources, schedules and safety. Only by this interaction enables to overcome the severe geological, logistical and weather conditions.

KEYWORDS: Serra do Mar, Tamoios Highway, Anchored Wall, Soil Nailing

1 Introdução

As obras são parte do trecho de duplicação da Rodovia Tamoios SP-099, que faz a interligação entre as cidades de São Paulo do Vale do Paraíba e Caraguatatuba, no litoral norte do estado de São Paulo.

Este importante corredor cujos trechos de planalto e de serra somados apresentam 85,15 km de extensão, tem no trecho de serra um traçado distinto da pista existente, a partir da execução de túneis, viadutos, cortes e aterros.

As estruturas de contenções que são apresentadas são compostas de taludes em solo grampeado e cortinas atirantadas, trechos denominados T2-V2 e V2-V3 entre as estacas 10236 e 10250 e entre 10254 e 10264 com extensão total superior a 400 m. Estes cortes contíguos, precisamente no trecho de serra, apresentam particularidades quanto às suas dimensões, condições geológicas geotécnicas adversas, área de preservação ambiental e logística de acessos (vide Figura 1).

Neste ambiente desafiador, a interação constante das partes envolvidas, projetista, executor e construtor, desde a fase de desenvolvimento do projeto, planejamento, execução das obras e monitoramento, vem permitindo implementar as contenções de maneira segura e rápida, observando-se o atendimento aos prazos e a segurança requerida, sendo o desempenho verificado diariamente através da atuação “*pari-passu*” da equipe com adequação das metodologias e sequências executivas, realização de ensaios e interpretação dos dados de instrumentação.

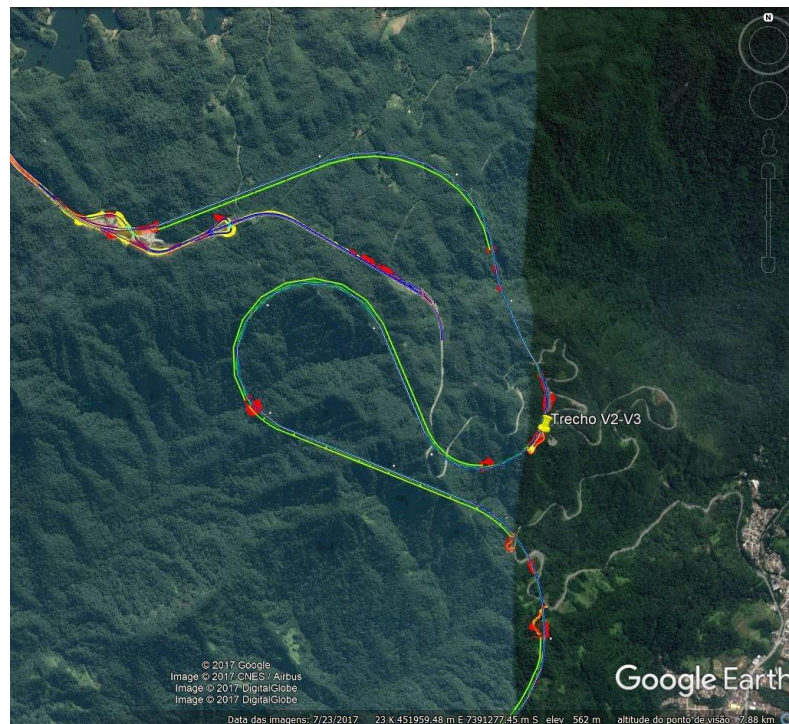


Figura 1 - Localização do Trecho V2-V3 na Nova Tamoios. Fonte: Google Earth (2017).

2 Aspectos Geológico e Geotécnicos

A região dos cortes dos Trechos T2-V2 e V2-V3 na Serra do Mar da Nova Rodovia dos Tamoios está inserida no contexto geológico do Complexo Pico do Papagaio, correspondente ao embasamento pré-cambriano especificamente do Neoproterozóico, conforme indicado na Figura 2 .

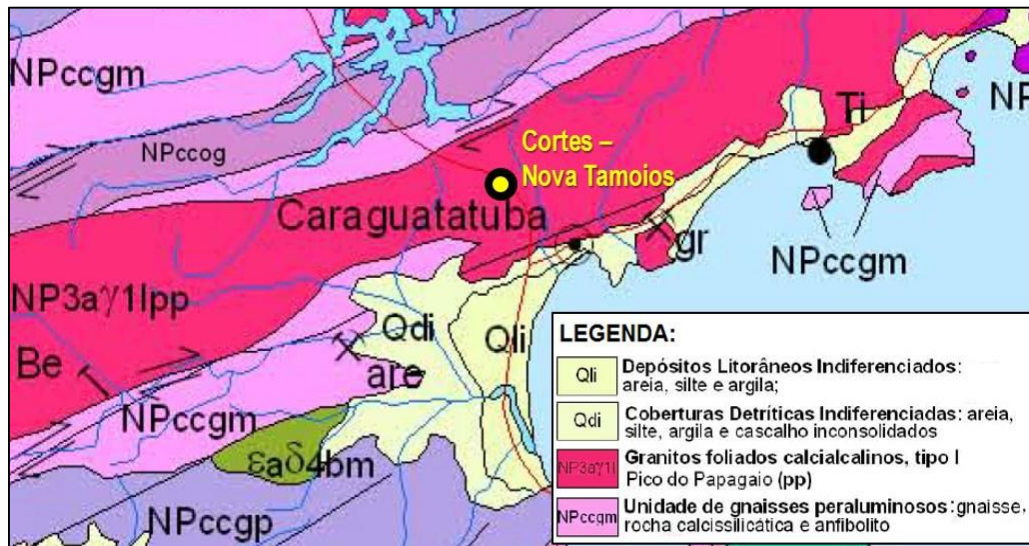


Figura 2 - Localização dos Cortes T2-V2 e V2-V3 no mapa geológico. Fonte: CPRM (2006).

O Complexo Pico do Papagaio é constituído por granitos foliados calcialcalinos de idade neoproterozóica. O tipo litológico predominante é hornblenda-biotita granitoide gnáissico, cinza-rosado, inequigranular de granulação grossa ou mais comumente porfirítico.

Ao longo das encostas também é comum a ocorrência de solos transportados. A literatura técnica relata com frequência a presença de coluviões e tálus ao longo de toda a Serra do Mar.

As sondagens executadas na região dos cortes associados ao Trecho V2-V3 identificaram a presença de solos transportados (coluvião) e de solos e rochas in situ relacionadas ao Complexo Pico do Papagaio. Essas rochas e seus respectivos produtos de alteração ocorrem ao longo de todos os cortes, sendo que em diversos locais há um aprofundamento do topo rochoso e os cortes ocorrem essencialmente em solos. O perfil de intemperismo no projeto considera as seguintes camadas geológicas do topo para a base:

A camada de coluvião (CO) ocorre superficialmente de forma descontínua ao longo da encosta em espessuras não superiores a 10 m. O Solo Residual Maduro (SRM) apresenta-se com espessura máxima de 17,0m e o Solo Residual Jovem (SRJ), com espessura entre 1,0 e 27,0m, sendo mais expressiva em torno da estaca 10259. O Saprolito (SAP) apresenta resistência N_{spt} superior a 50 golpes com espessura de até 33,0 m próximo à estaca 10260. Os perfis individuais de sondagens indicavam que as escavações ocorreriam em geral sempre abaixo do NA.

As sondagens identificaram rocha alterada e sã, com o topo rochoso situado abaixo do greide da pista, porém não se descartavam possíveis variações do topo rochoso que implicariam em escavações localizadas em rocha. Nestes horizontes do embasamento, apresentam-se granitoides foliados, por vezes descrito como gnaisse, medianamente a muito alterado, fraturado a fragmentado e são a medianamente alterado, pouco fraturado a fraturado. A geologia da região é marcada pela grande heterogeneidade em termos de perfis de intemperismo, com reflexo no comportamento dos materiais perante as escavações.

3 Condições de Estabilidade das Encostas Naturais da Serra do Mar

A Serra do Mar constitui a escarpa montanhosa da borda oriental do Planalto Atlântico e estabelece sua fronteira geográfica com a Baixada Marinha. Acompanha a direção NE-SW do litoral sudeste brasileiro, com desnível da ordem de 1.000 metros e largura média de 10 quilômetros, estendendo-se por cerca de 1.000 quilômetros do estado do Rio de Janeiro ao estado de Santa Catarina.

Escorregamentos naturais ou movimentações de massa são fenômenos recorrentes na região da Serra do Mar. De acordo com o estudo de Santos et al. (2009) a Serra do Mar constitui a região brasileira mais susceptível a escorregamentos de solos e rochas do ponto de vista geológico e geotécnico.

Os movimentos de massa fazem parte da dinâmica da paisagem. Conforme Ferreira (2013) os movimentos de massa destacam-se como um dos principais processos geomorfológicos responsáveis pela evolução do relevo, sobretudo em áreas montanhosas em que predominam os processos de erosão e transporte em direção ao nível de base nas baixadas em que predominam os processos de sedimentação.

A geomorfologia montanhosa da Serra do Mar, posicionada entre o litoral e a área continental, funciona como uma barreira orográfica que influencia o regime de pluviosidade do local. A intensificação orográfica da precipitação é muito frequente em regiões costeiras, onde um fator contribuinte é o efeito diferencial da fricção entre o oceano e o continente no campo de divergência, além do fluxo de aclave na encosta montanhosa (Blanco, 1999)

Eventos de grande magnitude na Serra do Mar paulista foram registrados nos anos de 1967 na região de Caraguatatuba e em 1985 na região de Cubatão, conforme Figura 3 e Figura 4.



Figura 3 - Escorregamentos na Serra do Mar ocorridos em Caraguatatuba em 1967. Fonte: a) Arquivo Municipal de Caraguatatuba, 1967 e b) Cruz, 1974.



Figura 4- Escorregamentos na Serra do Mar ocorridos em Cubatão em 1985. Fonte: IPT, 1985

As movimentações de massa de grande magnitude, como as de 1967 ou 1985 (Figuras 4 e 5), ocorrem com elevados intervalos de tempo, geralmente associados a eventos excepcionais de alta pluviosidade. Os escorregamentos localizados de menor volume de material movimentado em regiões determinadas são recorrentes, em eventos praticamente anuais nos meses de maior pluviosidade. Esses eventos localizados são responsáveis pela maior parte das cicatrizes visíveis em regiões desmatadas nas encostas. As características geológicas, geotécnicas, geomorfológicas e climatológicas da Serra do Mar indicam que as encostas são naturalmente susceptíveis a escorregamentos e movimentações de massa, sendo esperado um fator de segurança (FS) muito próximo a 1,0 (valores de FS inferior a este indicam situação de colapso).

As análises de estabilidade realizadas na fase de projeto que consideraram a situação de terreno natural que adota a topografia e camadas geológicas presentes originalmente, sem qualquer influência da obra, conduzem à conclusão de que o terreno natural das encostas da Serra do Mar no trecho de implantação do corte da Nova Tamoios apresenta um fator de segurança muito próximo a unidade, conforme esperado a partir da literatura técnica descrita nos parágrafos anteriores indicando que as encostas são naturalmente propensas a instabilizações e escorregamentos.

Desta forma, as intervenções a serem realizadas na Serra do Mar, como a Nova Tamoios, levam em consideração a sensibilidade natural do local que além de susceptível a movimentações de massa face às características geológicas, geotécnicas, geomorfológicas e climatológica, abriga a principal reserva de mata atlântica brasileira sendo área de proteção ambiental.

Os projetos de contenções realizados além de melhorar as condições de estabilidade na encosta e na pista considerando a restrição da ADA foram concebidos tendo como premissa que as contenções devem garantir o FS requerido em norma na área de influência da obra.

Destaca-se que a implantação da obra, com consequente alívio de peso, e posterior execução das contenções com ancoragens ativas influenciam positivamente à estabilidade global, ainda assim, não é possível assegurar que o mesmo FS seja ampliado a estabilidade global da encosta da Serra do Mar, devido suas dimensões estarem muito além da área de influência da obra.

4 Conceção do Projeto Executivo das Contenções

4.1 Contenção Entre Viadutos V2-V3

O projeto de contenção necessária para transpor o trecho de serra situado entre os Viadutos V2 e V3 da rodovia, foi concebido a partir da premissa principal de, em tempo hábil, permitir a implantação do Caminho de serviço 1B, que serve de acesso a plataforma de apoio das bases de sustentação de uma das torres do guindaste de cabo (*Cable Crane*), o qual foi instalado para permitir a construção do Viaduto V3, além de garantir o acesso operacional para a escavação do Túnel T3 através de um dos seus emboques.

Desta forma, para viabilizar o prazo exigido, seria impossível executar a contenção definitiva da rodovia, que se situa em cota superior a plataforma do *Cable Crane*, e na sequencia prosseguir com a escavação até o nível do caminho de serviço e a plataforma em questão.

Com base nesta premissa de prazo para implantação do teleférico de cargas, foi necessário desenvolver um projeto de escavação para a fase provisória de maneira a permitir construir apenas o acesso à plataforma e iniciar o mais breve possível os trabalhos de montagem das torres, ficando para a fase seguinte a execução das escavações e contenções definitivas para implantação da rodovia naquele trecho.

Como a primeira etapa de escavação era provisória e necessitava de agilidade para o atendimento ao cronograma, o projeto desta etapa foi concebido para minimizar a execução de tratamentos. Foi projetada uma solução de terraplenagem, ou seja, um retaludamento conforme ilustrado na Figura 5, porém os taludes inferiores necessitaram de tratamento do tipo solo grampeado, que consiste de malha de chumbadores e concreto projetado armado com tela metálica, além de drenos curtos (barbacãs) e profundos (DHP's).

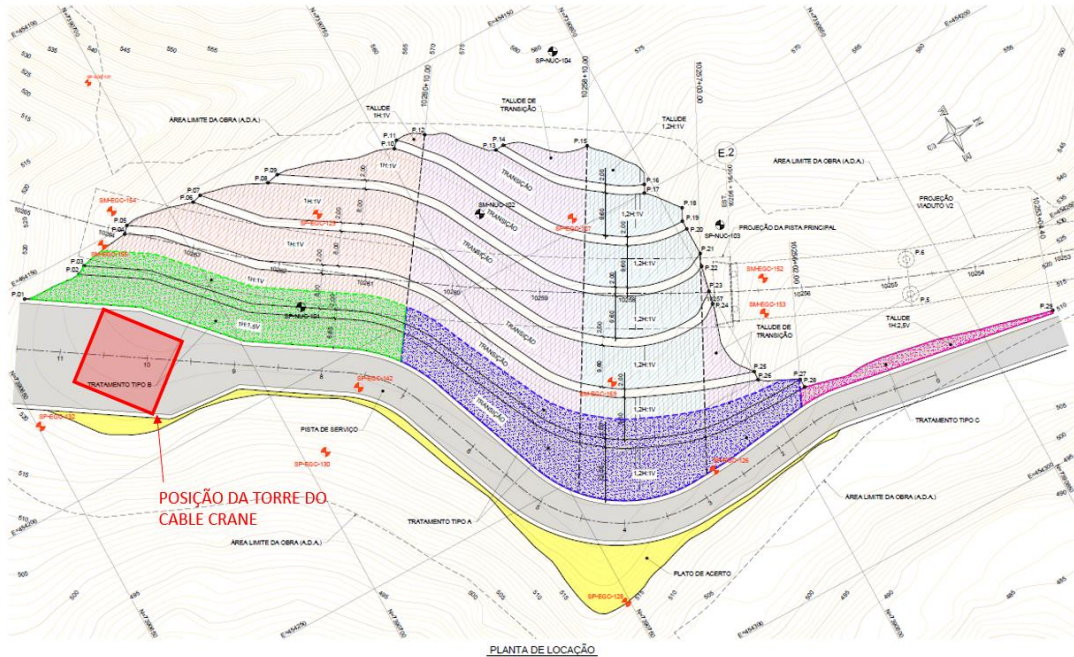


Figura 5 - Implantação do caminho de serviço 1B e plataforma do “Cable Crane”.

Observa-se na Figura 6 que devido a posição do greide da rodovia, a maior parte desta obra de retaludamento deveria ser futuramente reconformada, inclusive com necessidade de demolição de parte da contenção em solo grampeado para construção da contenção definitiva, projetada parte em solo grampeado e parte em cortina atirantada (trecho vertical).

Diferentemente da fase anterior, a maior parte das escavações na fase definitiva necessitou de tratamento (solo grampeado), uma vez que os taludes resultaram mais acentuados e também devido a necessidade de atendimento aos fatores de segurança para obra definitiva.

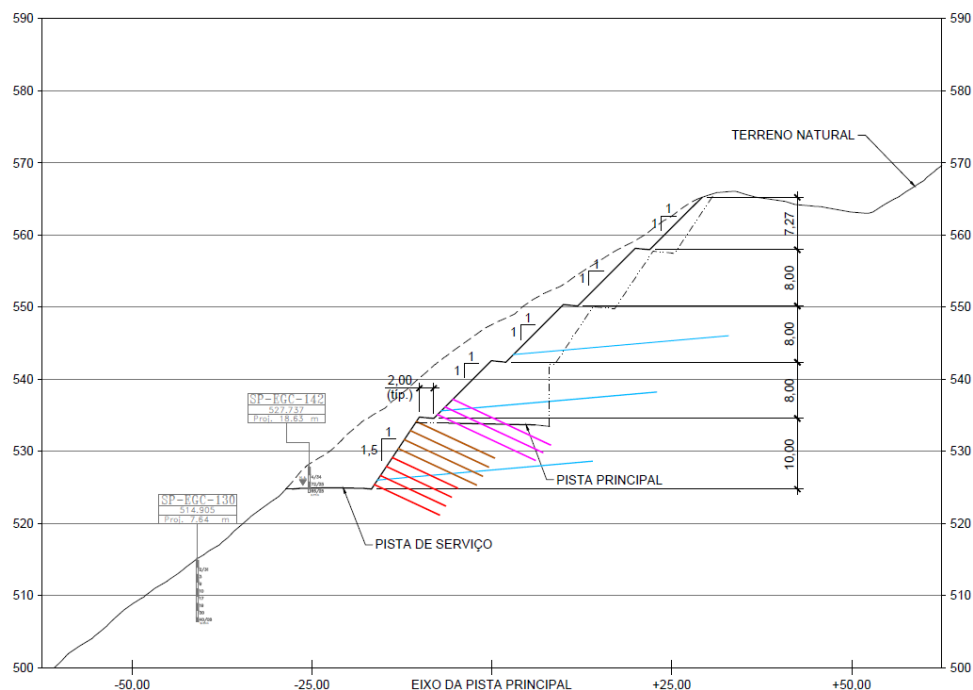


Figura 6 - Escavação Provisória para o caminho de serviço (“Cable Crane”) - Seção transversal.



Figura 7 - Vista Aérea da plataforma do guindaste, caminho de serviço e contenção definitiva ao fundo sendo executada (foto de abril de 2019).

4.2 Contenção entre Túnel T2 e Viaduto V2

O projeto de contenção necessária para transpor o trecho de serra, desta vez situado entre os Túneis T2 e o viaduto V2 da rodovia, foi concebido sem a necessidade de faseamento como no caso descrito anteriormente.

No entanto, devido a posição do traçado da rodovia frente as características morfológicas da serra no trecho em questão, os cortes necessários para a transposição deste trecho seriam de magnitude bastante elevada, o que demandou a elaboração de um estudo de alternativas para análise da viabilidade econômica e de prazo. Desta forma, foram idealizadas 4 alternativas distintas, conforme apresentado na Figura 8 a seguir.

Duas das alternativas (I e II) reproduziam o conceito da contenção projetada para o trecho V2-V3 anteriormente descrito, ou seja, contenção parte em cortina atirantada (trecho inferior vertical) e parte em solo grampeado (parte superior retaludada). A diferença entre as alternativas é a altura da cortina atirantada, cerca de 22 m para a alternativa I e 30 m para a alternativa II. A alternativa III foi elaborada através de cortina atirantada integral, apesar da elevada altura resultante (aproximadamente 42 m).

Em virtude da magnitude das escavações necessárias, foi elaborada uma alternativa de transposição deste trecho de terra em escavação subterrânea (túnel - alternativa IV) conforme ilustrado na Figura 8. A seção apresentada na ilustração se trata da seção de maior cobertura (35 m) em solo, porém se previa grande dificuldade para escavação do túnel nos trechos adjacentes onde a baixa cobertura e topografia cortical, resultariam na necessidade de tratamentos e revestimentos reforçados devido a assimetria de carregamento.

Foi elaborado um pré-dimensionamento das alternativas concebidas e a partir dos quantitativos estimados para cada caso a construtora decidiu pela alternativa que entendeu ser técnica e economicamente melhor para o empreendimento. A alternativa escolhida foi a alternativa II.

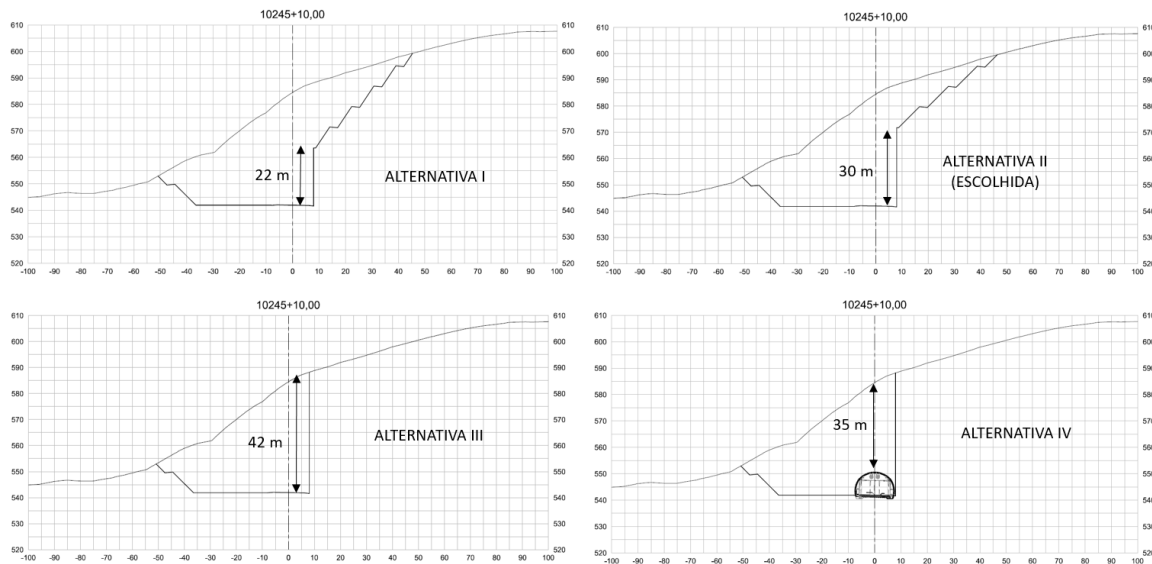


Figura 8 - Estudo de alternativas de projeto - Concepção.

Portanto a solução técnica adotada foi em solo grampeado inclinado na parte superior do corte seguido de paramento subvertical com altura de até 30 m no ponto mais elevado. A contenção é formada por uma malha de tirantes definitivos de 80 tf nas linhas superiores e até 120 tf para as linhas inferiores. A intervenção envolve cortes com alturas superiores a 50 metros (Figura 9, Figura 10 e Figura 11).

A cortina é formada por um paramento em concreto projetado de 15 a 25 cm de espessura armado com tela metálica e tirantes espaçados a cada 2 a 3 m ao longo de vigas longarinas de concreto armado dispostas a cada 2,0 m de altura.

Para o alívio das pressões hidrostáticas sobre a cortina foram projetados drenos horizontais profundos (DHP's) e mantas drenantes instaladas no tardo da cortina associados aos barbacãs para alívio das pressões no contato entre o solo e o paramento da contenção.

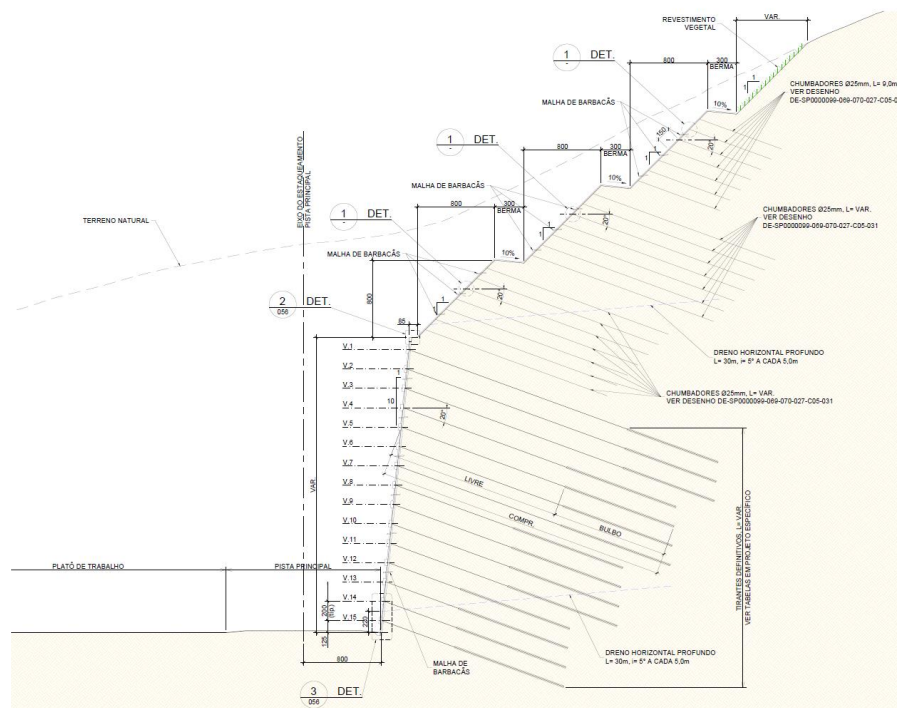


Figura 9 - Seção Típica da Contenção entre T2 – V2.

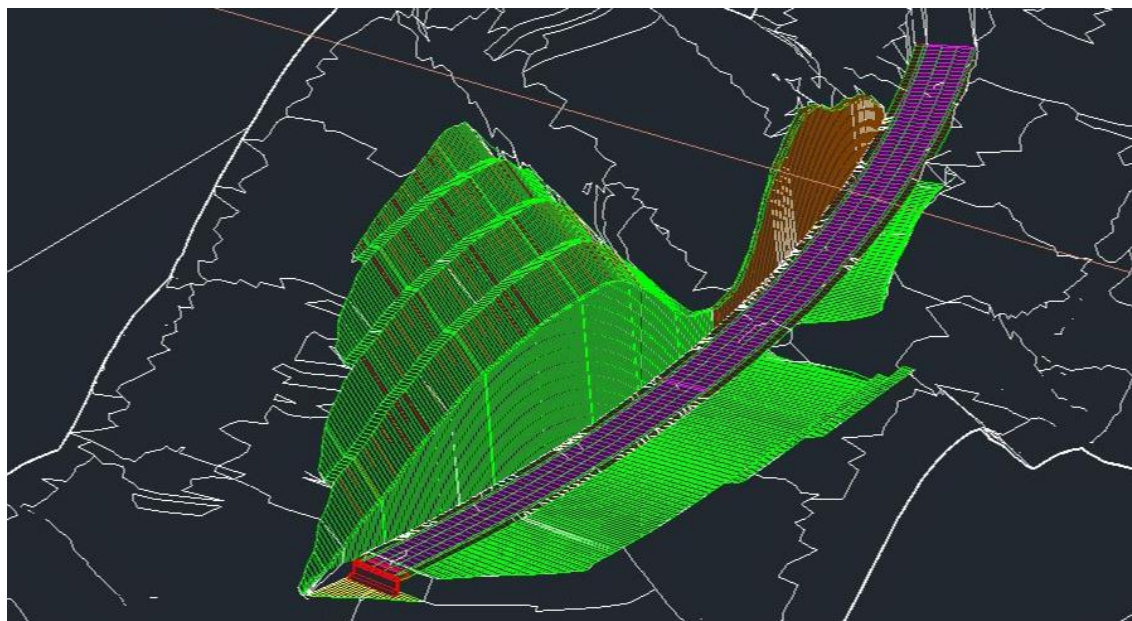


Figura 10 - Modelo Tridimensional da Alternativa Adotada - Esboço.



Figura 11 - Vista Aérea das cortinas de contenções em execução (abril de 2019).

5. Processo Executivo

As contenções de encostas em obras rodoviárias são comumente construídas com cortinas executadas a partir do topo do terreno em faixas horizontais que vão sendo ancoradas à medida que o corte vai sendo executado. Após o término de cada etapa de corte instalam-se os tirantes para em seguida concretar os panos e então protender as ancoragens. O paramento em concreto armado ou projetado executado por trechos, nichos ou “cachimbos”, em conjunto com as atividades de terraplanagem e execução dos tirantes conferem ao processo várias fases, interfaces e nas diversas atividades demandam grande quantidade de mão de obra,

configurando-se num processo geralmente oneroso e lento, motivo pelo qual metodologias e procedimentos específicos devem ser adotados de maneira a minimizar custos e prazos.

Neste projeto as contenções superiores são executadas em solo grampeado que corresponde à instalação de chumbadores em malha # 1,5V x 1,5H com comprimentos de 9 a 18 m, e face revestida de concreto projetado e tela metálica. As escavações são executadas em níveis de 1,5m de altura e larguras máximas iniciais de 10 m com instalação sistemática das ancoragens, drenagens de paramento e DHPs.

No seguimento inferior, em paramento subvertical, segue-se a escavação em níveis com nichos alternados de largura aproximada de 10 m (que foram ajustados em função do comportamento) e projeção de concreto projetado de 15 cm de espessura e fck de 30 MPa. Se constrói na base destes nichos a primeira linha de tirantes e vigas longarinas de concreto armado de seção de 30x70 cm² e fck de 40 MPa. Após a incorporação dos tirantes são executados os nichos de fechamento adjacentes. Em seguida, se iniciam as escavações para a próxima linha de tirantes, também executada conforme sequência anterior. Concluída a execução da segunda linha de tirantes e viga uma segunda camada de concreto projetado de 10 cm complementar entre vigas é aplicada, que tem como finalidade garantir melhor acabamento superficial, proteção mecânica do concreto projetado e, aumenta a resistência da contenção para a ocorrência de potenciais cunhas de rupturas entre vigas.

O procedimento é repetido até a execução da última linha de tirantes e da segunda camada de concreto em faixa horizontal entre vigas. Paralelamente à execução das estruturas que compõem o paramento são instalados os dispositivos de drenagem compostos por mantas drenantes de paramento e DHPs.

6. Procedimentos Para Melhoria do Desempenho da Obra

As condicionantes geológico-geotécnicas, climáticas e topográficas na região da Serra do Mar são variáveis fixas, porém com um bom projeto, a adoção de modernas tecnologias de perfuração associadas a um criterioso planejamento das diversas etapas, logística precisa, presença atuante de ATO e a interação das diversas partes envolvidas (projeto, executor e construtor), fatores determinantes para o sucesso do empreendimento, é possível atingir prazos com segurança e bom desempenho.

Na presente obra o entrosamento e interação da equipe com cada elemento que compõe este tripé: projeto, executor e construtor, resultou em ganhos reais de produtividade e segurança da obra.

A utilização de martelos especiais acionados por compressores de alta pressão (25 bar) e perfuratrizes de alto desempenho e mobilidade permitiram manter uma alta produtividade, mesmo em terrenos heterogêneos e instáveis. O ciclo compreende a escavação, concreto projetado, execução e instalação dos tirantes, concretagem da viga e protensão dos tirantes, e somente após este fechamento do pano horizontal entre vigas, reinicia-se o ciclo de escavação para os nichos adjacentes e em seguida para o nível inferior.

Os trabalhos foram realizados diuturnamente com equipes alternando-se de maneira a compor um ciclo contínuo sem interrupções ou ociosidades. As larguras destes nichos bem como os tempos de espera entre etapas foram ajustadas *pari-passu* com o comportamento do maciço em função dos dados de instrumentação, o que permitiu maior flexibilidade ao processo executivo, aumentando a produtividade quando o maciço permitiu e preservando a segurança quando foram observados comportamentos anômalos. A obra envolve a construção das quantidades macro abaixo descritas:(vide Tabela 1).

Tabela 1- Quantidades macro e produtividades de perfurações

Contenção T2-V2	Área de Paramento	Ancoragens e DHPs
Solo Grampeado	3.306 m ²	24.251 m (138 m/dia)
Cortina Atirantada	5.073 m ²	30.503 m (117 m/dia)

7. Acompanhamento e Instrumentação

A análise da instrumentação e o acompanhamento da construção vem sendo procedimentos cada vez mais presentes em obras de contenções, uma vez que se trata de obra de interação solo-estrutura, sendo o comportamento final resultado das condicionantes do meio físico e das metodologias e sequencias construtivas adotadas.

Tratando-se de uma região da Serra do Mar existe sempre uma limitação das informações geológicas em função das restrições ambientais e de difícil acesso de equipamentos para as investigações. Aliado a este fato, o contexto geológico de intemperismo e a morfologia do terreno resulta em terrenos bastante heterogêneos e com comportamentos de difícil previsibilidade, que somente podem ser inteiramente compreendidos e conhecidos durante a evolução das escavações e construção das contenções.

Sendo um local complexo do ponto de vista de construção e previsibilidade, o projeto além de contar com um sistema de monitoramento diário de deslocamentos, de cargas e da posição do lençol freático, recebe o acompanhamento de campo (ATO) que tem assegurado o ajuste das metodologias executivas em resposta as condições pontuais com vistas a ganhos de segurança e produtividade, bem como as efetivas avaliações de desempenho assegurando que o comportamento previsto no projeto está sendo confirmado na prática da execução ou ainda sinalizando para intervenções corretivas quando necessário.

Neste projeto foram instalados marcos superficiais (MS) no topo das contenções e bermas, indicadores de nível d'água (INA), inclinômetros (IN) e células de cargas nos tirantes (CC) conforme esquematizado na Figura 12. O monitoramento de campo é diário durante a construção e a avaliação é realizada de maneira remota o mais breve possível, sendo que a comunicação entre os "players" se fazia de maneira contínua, o que garantiu a agilidade necessária a todo o processo.

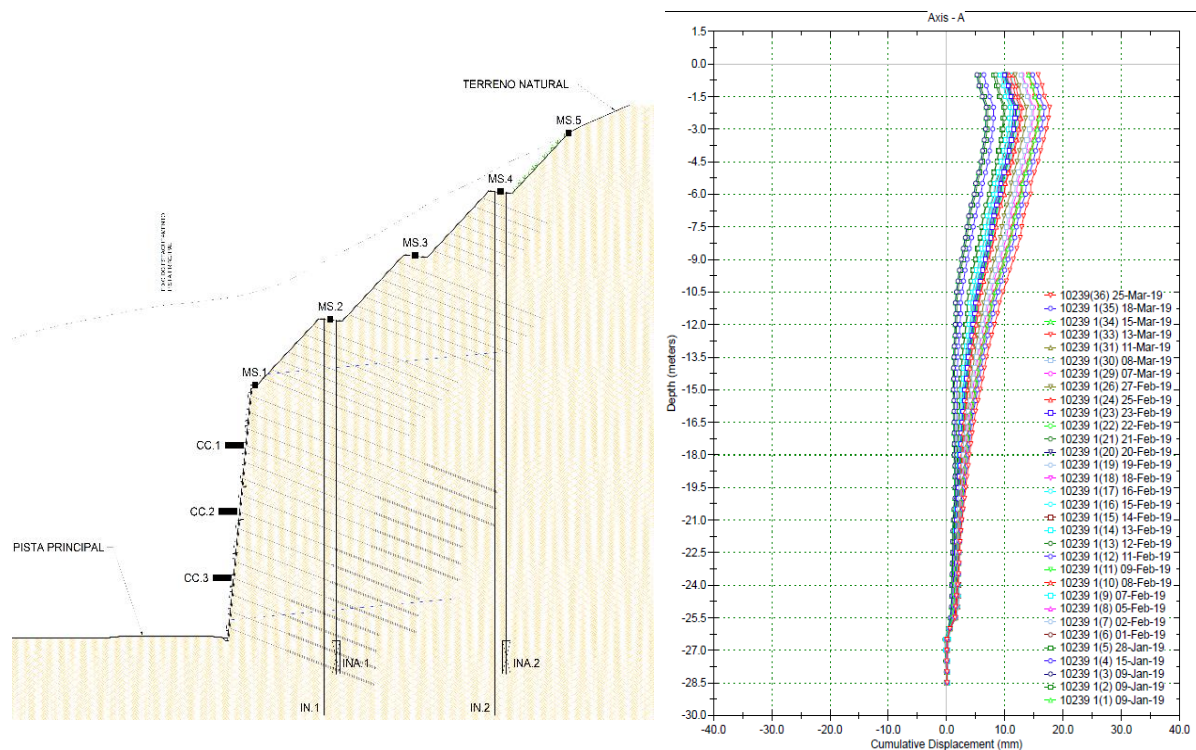


Figura 12 - Instrumentação das Contenções e Gráfico dos Inclinômetros

A seguir são apresentados resultados com uma seção instrumentada (Figura 13) e o monitoramento de uma das células de carga do tirante (Figura 14).

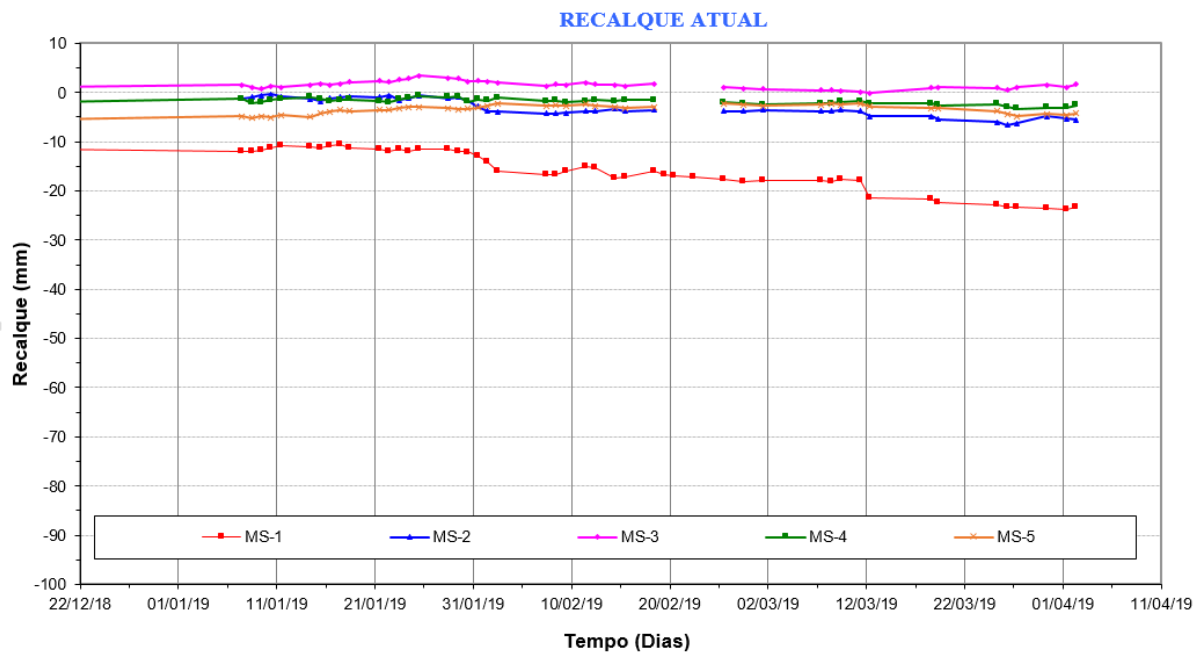


Figura 13 – Resultado dos Marcos Superficiais de uma seção instrumentada.

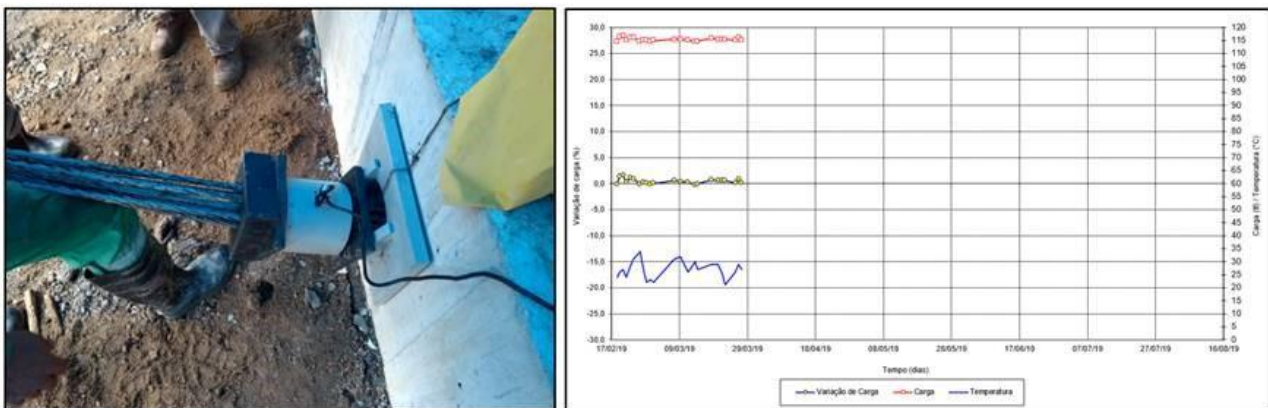


Figura 14–Célula de carga instalada em um dos tirantes da contenção e gráfico.

8. Considerações Finais

O projeto das contenções da Rodovia dos Tamoios entre os trechos V2-V3 e T2-V2 permanece em execução na sua fase final. Os trechos apresentados neste artigo se constituem em exemplos de superação de grandes desafios de engenharia impostos pelas condicionantes físicas do local (geológicas, climáticas e topográficas), e pelas dimensões dos cortes necessários a implantação da rodovia. Desafios que exigiram dos seus integrantes planejamento, execução primorosa e controle executivo rigoroso. Projetos cada vez mais complexos necessitam de uma interação entre construtor, executor e projetista para o sucesso do empreendimento desde sua fase de concepção até sua conclusão, distanciando do processo tradicional onde o projeto e a execução são fases distintas e desconexas. Destaca-se que estas contenções são fruto de uma solução tecnicamente viável, procedimentos executivos especiais e adequados ao local, e um acompanhamento *pari-passu* a cada atividade com comunicação rápida e ágil entre as partes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às equipes de engenharia e planejamento das empresas Concessionária Tamoios, Construtora Queiroz Galvão, Núcleo Engenharia e Projetos e Keller Tecnogeo por fornecerem e autorizarem os dados aqui utilizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, C.M.R. (1999). *Processos de intensificação orográfica da precipitação na Serra do Mar em São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo – USP.
- Concessionária Tamoios – ARTESP. Projetos executivos, Memórias de Cálculo, Especificações, Documentos Técnicos para Execução e Informações de Campo.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil (2006). Mapa Geológico do Estado de São Paulo em escala 1:750.000.
- Cruz, O. (1974). A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba: *contribuição a geomorfologia litorânea*. Tese de doutorado. Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo – USP.
- Ferreira, F.S. (2013). *Análise de influência das propriedades físicas do solo na deflagração dos escorregamentos translacionais rasos na Serra do Mar*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo – USP.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1985. Elaboração de subsídios técnicos para um plano de emergência para a área de Cubatão, SP. Relatório IPT nº22.797.
- Santos, A.R.; Silva, S.G.; Nough, J.R. (2009). Serra do Mar: Características geológicas e geotécnicas e importância estratégica. Publicação Técnica.