

Soft Soil Brazilian Review

SSBI

SOFT SOIL
BRAZILIAN
INSTITUTE

EDIÇÃO AMÉRICA LATINA
MAIO - JUNHO 2025

Novos parâmetros para controle de projetos de duplicação de rodovias.

Eng. M.Sc. Joaquim Rodrigues

Ampliação de estradas nacionais. Uma necessidade mas, e os problemas geotécnicos inerentes?

Eng.ª Patrícia Tinoco

Aterros de duplicação de rodovias com presença de solos moles. A influência da largura e da forma da emenda no recalque diferencial.

Eng. Roger Kim

Consulta

Gostaria de saber as opções para se fazer duplicação rodoviária, quando há solos moles, informando suas eficiências e detalhamento.

O FATOR DUPLICAÇÃO

Nossas principais estradas precisam urgentemente de duplicação. Conheça a maneira correta de fazer aterros de ampliação.

PROGRAMA

3 NOVOS PARÂMETROS PARA CONTROLE DE PROJETOS DE DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS.

14 AMPLIAÇÃO DE ESTRADAS NACIONAIS. UMA NECESSIDADE MÃS, E OS PROBLEMAS GEOTÉCNICOS INERENTES?

22 - CONSULTA

GOSTARIA DE SABER AS OPÇÕES PARA SE FAZER DUPLICAÇÃO RODOVIÁRIA, QUANDO HÁ SOLOS MOLES, INFORMANDO SUAS EFICIÊNCIAS E DETALHAMENTO.

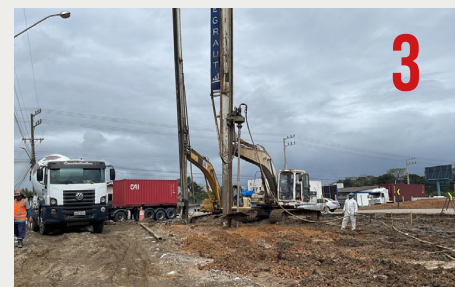
30 ATERROS DE DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS COM PRESENÇA DE SOLOS MOLES. A INFLUÊNCIA DA LARGURA E DA FORMA DA EMENDA NO RECALQUE DIFERENCIAL.

EDITORIAL

O necessário e inevitável processo de ampliação de estradas, é um dos importantes desafios que a indústria rodoviária enfrenta em nosso país. Nesta edição de nossa revista, procuramos resumir, de maneira abrangente, os métodos relacionados para projetos de ampliação rodoviária, objetivando-se propor uma nova especificação, mais atual e específica, para nossa realidade, além das que já publicamos. Procuramos revisar, de maneira sintomática, os parâmetros geotécnicos e os padrões de projetos, para diferentes tipos de ampliação estradal, assim como as principais medidas correspondentes de controle. O foco das matérias, necessariamente, concentrou-se na ampliação e na análise do cálculo do recalque diferencial, adaptando-o à estrutura do pavimento. Desta forma, este trabalho torna-se ainda mais importante, já que permite orientar a tomada de decisão para diferentes tipos de projetos de ampliação estradal. Analisou-se, também, a

preparação do local de trabalho, onde será realizada a obra de ampliação, fornecendo base científica para sua execução. Apresentamos os métodos de ampliação estradal com corte e com a utilização de empréstimos, com atenção particular para a necessidade da qualidade da compactação do solo, para a formação do novo talude. Com relação a preparação do solo de fundação, com presença de camadas de solos argilosos moles, são apresentadas medidas técnicas, discutindo-se o perigo das “alternativas”, que não objetivam o melhoramento efetivo do solo, o que é um problema bastante comum. Esta edição, juntamente com as informações das publicações anteriores, que abordam o assunto de ampliação de rodovias, procura mostrar toda a tecnologia e a importância do aumento da dimensão transversal de nossas rodovias.

Boa leitura.



SEÇÕES



Torna-se necessário medidas de controle para o conhecimento do solo no trecho da rodovia a ser ampliada, de modo a buscar parâmetros geotécnicos para garantir a integração do novo aterro com o antigo leito estradal.

Figura 1 – Melhoramento do solo, com geoenrijecimento, em obra de duplicação da BR 470, trecho de Gaspar, SC.

NOVOS PARÂMETROS DE CONTROLE PARA PROJETOS DE DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS.

A infraestrutura estradal brasileira enfrenta desafios, pois depende fortemente do transporte rodoviário para a circulação de bens e pessoas. Neste ano de 2025, é fundamental analisar perspectivas para o setor, destacando a necessidade da ampliação de nossas estradas. Nossa malha rodoviária, embora uma das maiores do mundo, com mais de 1,7 milhão de quilômetros de estradas, carece de pavimentos suficientes, o que reflete a necessidade de investimentos significativos, para aumentar sua capacidade de tráfego. A duplicação de rodovias antigas, refere-se à ampliação com e sem emenda de aterros, podendo ser também unilateral (em apenas

um lado da antiga rodovia) ou bilateral (nos dois lados). Quando a rodovia original apresenta baixa qualidade técnica, como muitas de nossas estradas, há necessidade de ser modernizada, impondo-se ampliação do pavimento. Sabe-se que aterros de ampliação, realizados de maneira unilateral, carregam apenas uma lateral do antigo leito rodoviário causando, rotineiramente, problemas de recalque diferencial entre o antigo e o novo aterro, com trincas longitudinais ao longo da junta estabelecida entre o novo e o antigo aterro e até instabilidades em seus taludes. Vemos muitas rodovias ampliadas, com diversos tipos de problemas, logo após serem inauguradas. De um modo geral, as patologias mais

recorrentes são o recalque diferencial, entre os dois aterros (o novo e o antigo), e as trincas longitudinais que, em alguns casos, apresentam abertura em torno de 10cm e profundidade superior a 1,2m, conforme constatação. Em uma análise final estes problemas, como relatados em edições anteriores desta revista, estão intimamente relacionados aos índices ou indicadores de seus projetos, particularmente o padrão de aceitabilidade ou mesmo a desconsideração do recalque diferencial, além das necessárias medidas de controle para a obra de ampliação rodoviária. Na realidade, o nosso padrão normativo negligencia estes importantes parâmetros, ou mesmo apresentam valores inconsistentes, sem nenhuma

FATOR DE CLASSIFICAÇÃO				
CONDIÇÃO DO SOLO DE FUNDAÇÃO	ALCANCE DA AMPLIAÇÃO	FORMA DE CORTE E PREENCHIMENTO DO NOVO E ANTIGO SUBLEITO	TIPO DE TALUDE DO NOVO E ANTIGO SUBLEITO	ESPESSURA DA CAMADA
Descrição das características	Um lado	Aterro alto	Antigo Subleito: Talude Novo Subleito: Talude	Muito Espessa
Fundação com solo mole em áreas planas	Ambos os lados	Aterro geral	Antigo Subleito: Talude Novo Subleito: Estrutura de Contenção	Espessa
Fundação com solo mole em áreas montanhosas	Não Disponível	Pequeno aterro	Antigo Subleito: Estrutura de Contenção Novo Subleito: Talude	Fina
Inclinação move e bom solo para fundação em áreas montanhosas	Não Disponível	Corte profundo	Antigo Subleito: Estrutura de Contenção Novo Subleito: Estrutura de Contenção	Nenhuma
Taludes íngremes e bom solo de fundação em áreas montanhosas	Não Disponível	Corte raso	Novo Subleito: Talude	Não Disponível

Tabela 1 – Fatores que influenciam a classificação em projetos de duplicação de rodovias (LING et al 2003).

relação do novo aterro com o antigo. A AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, órgão americano de normalização, que publica especificações, protocolos de ensaios e diretrizes utilizadas em suas rodovias, além do que representa os departamentos de estradas de rodagem e transporte, enfatizam que novos aterros ampliados, devem ser totalmente integrados ao antigo, assim como a estrutura do pavimento ampliado deve ser a mesma do pavimento original. Ou seja, objetiva-se sempre a compatibilidade dos parâmetros geotécnicos entre os dois aterros e isso só é obtido com melhoramento efetivo do solo, e não com técnicas alternativas. Soluções alternativas com estacas, colunas ou qualquer outro sistema de transferência de cargas, objetivando “preparar” o solo de fundação para a ampliação, é extremamente caótico, do ponto de vista da compatibilização com o antigo leito estradal.

A questão da construção e da ampliação estradal

Existem diferenças significativas entre tecnologias de construção e de ampliação de rodovias, assim como diferenças marcantes entre as formas de ampliar rodovias. O processo de ampliação de aterros rodoviários, e seus métodos que combinam o antigo com o novo aterro, dividem-se em 17 categorias e 36 subcategorias, baseado em 5 importantes fatores, que incluem a condição do solo de fundação, a largura do aterro de ampliação, a forma de corte e empréstimo do novo aterro, o tipo de talude do antigo e novo aterros e a espessura da camada comum (características de cada fator são des-

FORMA DE AMPLIAÇÃO	
Ampliação emendada	Ampliação unilateral/ Ampliação bilateral
Ampliação separada	Ampliação central/ Ampliação unilateral
Ampliação mista	Ampliação bilateral em ambos os lados ou separada

Tabela 2 – Classificação da duplicação (MTPRC, 2015).

critos na tabela acima). Poder-se-á classificar um projeto de ampliação estradal em 3 categorias principais, com emenda, separado, misto e, posteriormente, subdividi-lo em 6 subcategorias, conforme tabela acima. Há especificações internacionais que recomendam que a ampliação de aterros rodoviários, sejam realizados, prioritariamente, com emenda de

aterros, devido as vantagens da menor ocupação de terra e menos desvios. A ampliação de aterros, de forma separada, é recomendada para seções especiais, com declives altos, pontes com geometria complexa, tuneis, etc. De um modo geral, ao se classificar os métodos de ampliação rodoviária, dever-se-á considerar o impacto no desempenho do pavimento.



Figura 2 – Profundos depósitos de solos argilosos moles, tornaram obrigatório o melhoramento efetivo do solo, com geoenrijecimento, nesta obra de ampliação da BR - 470, trecho de Gaspar, SC.

" Meu conheci-
mento sobre so-
los moles mudou
completamente
após ler o livro"

Eng. Thaissa Lisboa



Solicite agora
mesmo!



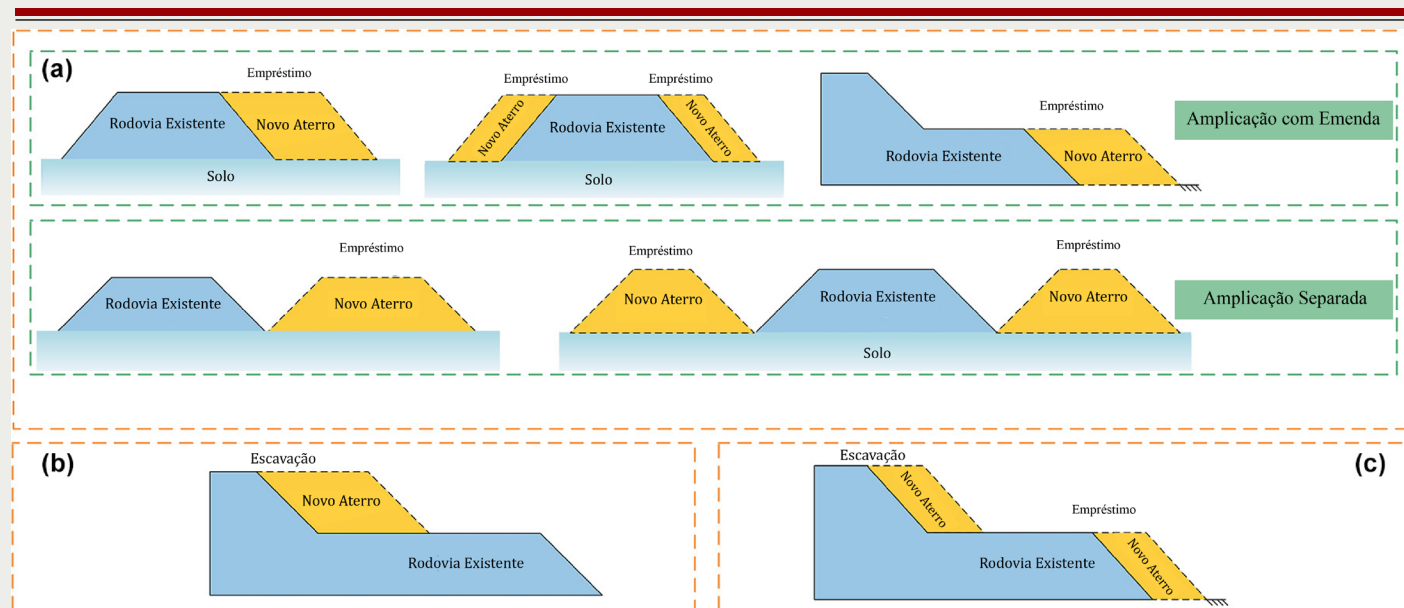


Figura 3 – Forma de construção de um aterro ampliado. A) Com empréstimo. B) Com escavação. C) Combinando empréstimo/escavação.

Melhorando a classificação para o novo aterro

De um modo geral, constata-se que, na maioria das vezes, uma antiga rodovia encontra-se com tráfego ainda seguro. Os problemas da ampliação ou duplicação são causados, principalmente, pela perturbação do solo de fundação da antiga rodovia, incluindo escavação, aterro e a combinação escavação e aterro.

Diferentes formas a serem impostas ao novo aterro ampliado, corresponderão diferentes problemas ou patologias. A análise específica é a seguinte:

1. Quando ampliamos um antigo aterro, a carga pertinente, provocará compressão no solo de fundação, causando processo de (re) consolidação no solo argiloso mole, e o consequente recalque na superfície do novo aterro, havendo diferentes formatações para o recalque diferencial que ocorrerá, função das diferentes localizações espaciais relativas dos dois aterros. Assim, um aterro de ampliação rodoviária, executado separado do antigo corpo estradal, terá recalque diferencial único. Já um aterro de ampliação, emendado no antigo aterro, apresentará recalque diferencial pertinente aos dois aterros, já que são horizontalmente emendados como um todo.
2. Ao se promover o corte no talude,

pertinente ao antigo aterro estradal, dever-se-á atentar para sua estabilidade, devido a localização espacial dos aterros.

3. 3- A combinação de corte e aterro exige atenção para os 2 itens acima.

Diferentes formas de ampliar rodovias, exigem atenção diferenciada, pertinente a cada caso, devido as diferenças nos índices existentes. Ob-

jetivando-se unificar ou centralizar este conhecimento, poder-se-á dividir um projeto de ampliação rodoviária em 3 categorias principais, ou seja, duplicação com aterro de empréstimo, ampliação com aterro de corte e escavação e ampliação com aterro de empréstimo e escavação. Devido a influência da localização espacial relativa, na ampliação com aterro de empréstimo, poder-se-á subdividi-lo com emenda e separado, conforme tabela abaixo.

CLASSIFICAÇÃO DA AMPLIAÇÃO		
TIPO DE AMPLIAÇÃO		
Ampliação com aterro de empréstimo	Ampliação emendada	Recalque diferencial entre o novo e antigo aterros
	Ampliação separada	Recalque diferencial do antigo subleito causado pelo novo subleito
Ampliação com corte e escavação	-	Estabilidade de escavação no novo talude
Ampliação combinando-se escavação e empréstimo	-	Recalque diferencial entre o novo e antigo subleito e estabilidade de escavação no novo talude

Tabela 3 – Classificação do processo de duplicação estradal. (Liu et al 2004).

Novos conhecimentos acerca do processo de ampliação rodoviária.

Ficou claro que os 3 tipos de ampliação rodoviária, têm seus próprios procedimentos e atenuantes. Vamos entendê-los:

Ampliação emendada com aterro de empréstimo

O recalque diferencial, que ocorre entre o novo e antigo aterro, baseia-se nas exigências estruturais e funcionais do pavimento flexível. A resposta mecânica, do recalque diferencial, na estrutura

do pavimento, é obtida principalmente por métodos de análise numérica, como o método dos elementos finitos, correlacionando a inclinação do talude com o controle do recalque diferencial. Existem duas maneiras de calcular o efeito do recalque diferencial no pavimento rodoviário, ou seja, como o pavimento reage ao recalque diferencial, que normalmente ocorre, quando uma região do solo abaixo do pavimento cede mais que a outra, comprometendo-o. Para prever e analisar esta questão, utiliza-se métodos numéricos, particularmente o método dos elementos finitos (FEM), com duas abordagens



Figura 4 – Obras de melhoramento de solo de fundação na ampliação da BR 470, trecho de Navegantes, SC.

principais, para se calcular os efeitos do recalque diferencial:

O Método da curva provocada pelo recalque

Estabelece-se um recalque direto, na base do pavimento, de maneira arbitrária. O método é rápido e simples de modelar mas, é menos realista, pois depende da suposição aplicada, conforme figura ao lado.

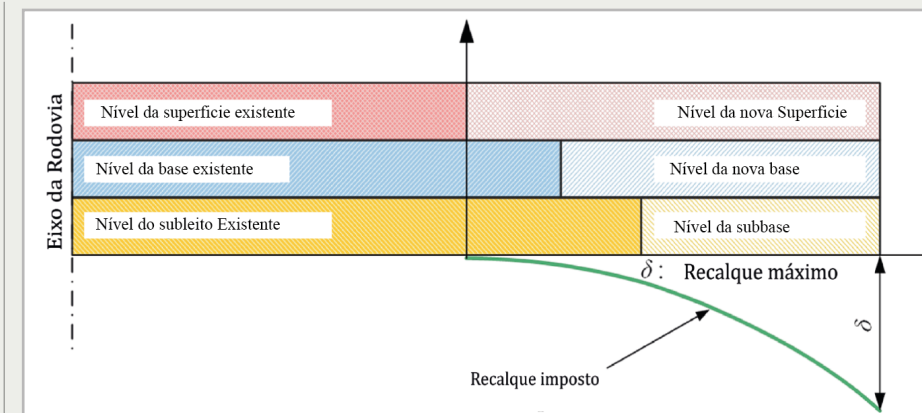


Figura 5 – Método da curva para o recalque diferencial imposto.

de tração, que agem em sua superfície, devido a carregamentos repetidos, provocando perdas em sua resistência à tração, que diminui. Esta análise é essencial em projetos que envolvem recalques diferenciais e, claro, carregamento cíclico, exatamente o que ocorre em rodovias de tráfego intenso.

influenciador é a deformação no aterro inferior, seja na base e sub-base, seja nas camadas de solo mole abaixo. Outras causas são a insuficiente camada de revestimento e materiais asfálticos com baixa qualidade.

O cisalhamento do pavimento na emenda dos aterros

Após a construção do aterro de ampliação rodoviária, a junta longitudinal formada na emenda dos dois aterros (antigo e o novo), estará por baixo do novo pavimento. Havendo manifestação de recalque diferencial, entre os dois aterros, a junta irá se manifestar, tracionando o pavimento, causando fissuras e trincas. Uma maneira de evitar estas trincas é limitar este recalque diferencial, “entre os dois lados”, a um intervalo de 6 a 10mm, dependendo da resistência à tração do

Fissuração tardia

Tem como causa principal o acúmulo de tensões repetidas, ao longo do tempo, devido ao tráfego contínuo pesado. O pavimento vai sofrendo trincas, que crescem progressivamente, interligando-se, estabelecendo-se o conhecido padrão “pele de crocodilo”. Desenvolve-se, na base da camada asfáltica, onde ocorrem as maiores tensões de tração. O principal fator

Fissuração precoce

Ocorre cedo, na vida útil do pavimento rodoviário, relacionando às tensões

FIQUE POR DENTRO DE TODAS AS NOVIDADES DO MEIO GEOTÉCNICO SOLICITANDO SEU WEBNAR

CONHECIMENTO

Mantenha-se atualizado em relação às tecnologias de melhoramento de solos moles.

COMODIDADE

Acesse a nossa plataforma de ensino à distância, em seu tablet, computador ou smartphone.

FEEDBACK

Tire todas as dúvidas com profissionais do mercado, gratuitamente.



Solicite seu Webinar através do número: (21) 99359-9105

Para maiores informações, acesse: softsoilgroup.com.br/webinar ou envie um e-mail para: atendimento@softsoilgroup.com.br



pavimento. Este intervalo deformativo é calculado com base na resistência à tração do pavimento. Se o valor ultrapassar 10mm, o pavimento poderá não resistir às tensões de tração e fissurar, servindo como critério de controle, conforme fluxograma ao abaixo. Em um pavimento rodoviário, as tensões de tração, por flexionamento, manifestam-se na região superior do revestimento asfáltico. O início do fissuramento, no entanto, costuma ocorrer nas camadas da base ou sub base, onde se manifestam as maiores deformações. Quando há presença de solo mole, no trecho da ampliação rodoviária, costuma-se adotar os seguintes limites:

- 75mm de recalque diferencial permitido no antigo leito rodoviário.
- 23mm de recalque diferencial permitido no lado do novo aterro.

É interessante observar que a base e/ou a sub base do pavimento deverá ter uma boa resistência a tração cisalhante, exatamente ao longo da junta entre os dois aterros. Pensando no melhor desempenho do futuro pavimento, poder-se-á colocar uma geogrelha ao longo da junta existente, na base e/ou sub-base do pavimento de modo a aumentar esta resistência (split strength), preservando o pavimento asfáltico.

O cisalhamento e a fadiga do pavimento na emenda dos aterros.

Podemos, agora, relacionar os limites desejáveis, do recalque diferencial, relacionados à trincas precoces que ocorrem na base/ sub-base do pavimento, correspondentes à sua resistência à tração e as trincas pertinentes à condição de fadiga da base/ sub-base, que ocorrem com o tempo. Este quadro sintomatológico, costuma causar desníveis transversais na rodovia ampliada, provocado pelo recalque diferencial entre os lados antigo e novo. Se um lado da rodovia recalca mais que o outro, a superfície fica inclinada ou desnivelada, causando:

- Trincas no pavimento (por tração ou fadiga).
- Insegurança no tráfego (desnível respectivo).



Figura 7 – A região da emenda entre aterros, na duplicação estradal, precisa ser adequadamente preparada, além do melhoramento do solo de fundação quando há presença de solos moles. Trincas longitudinais costumam surgir imediatamente após a conclusão da duplicação.

- Desgaste acelerado do pavimento.

Com este cenário, costuma-se limitar esta inclinação transversal a 0,55%, o que significa que para cada 1 metro de largura, poderá ocorrer até 5,6mm de diferença de altura causada por recalque, de modo a garantir desempenho estrutural e conforto na rodovia.

A necessária exigência funcional

Uma questão funcional importante, é o impacto do recalque diferencial na inclinação transversal do pavimento ampliado e os limites aceitáveis para garantir segurança, drenagem e conforto na rodovia. A inclinação transversal é importante para o escoamento da água no pavimento. Valores típicos de projeto são de 1,5% a 3%, recomendando-se 2%. A ocorrência de recalques diferenciais, no pós da obra, altera a inclinação da pista, afetando a segurança, drenagem e o necessá-

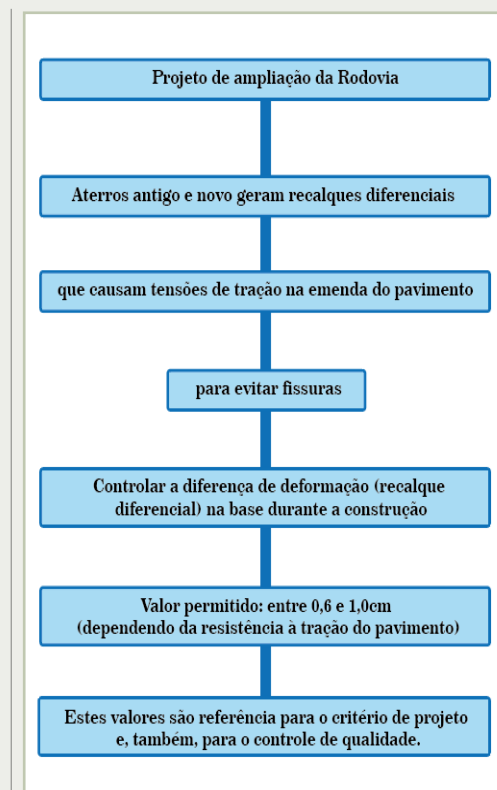


Figura 6 – Fluxograma com o critério de projeto, relacionado ao recalque diferencial em obras de ampliação rodoviária.



Figura 8 – Melhoramento do solo de fundação para ampliação de rodovia estadual, no interior do Rio de Janeiro.

rio conforto. A inclinação adicional, causada pelo processo deformativo (recalque diferencial) não deve ultrapassar 1%. O pavimento deve manter suas funções de drenagem, segurança e conforto, mesmo após a surgência de recalques. Embora existam normas muito rígidas, como 0,15%, na prática são aceitos limites mais realistas como 0,45% ou até 1%, dependendo da função da via.

Resolvendo a causa do problema

A ampliação estradal, havendo presença de solos moles implica, necessariamente, em se alcançar três objetivos:

- Melhoramento efetivo do solo mole.
- A estratégia da emenda entre aterros.
- O controle rígido da compactação do novo aterro.

A presença de solos moles, na construção de estradas, é um problema que precisa ser bem resolvido, readequando-o as características do projeto. Em uma ampliação estradal, o problema torna-se bem mais complicado, pois implica em colocar um novo aterro em cima do antigo talude e sobrecarregar a interface do solo (mole) de fundação que encontra-se em equilíbrio. Vamos analisar estes três importantes aspectos, inclusive, com a inclusão de um

quarto fator importante como a barreira separadora.

O melhoramento efetivo do solo mole

Solo argiloso mole é caracterizado por ter baixa resistência, alta compressibilidade e lenta dissipação de poropressões. Estes três fatores causam recalques excessivos e diferenciais. Não existe meio termo ao se desejar melhorar, de maneira efetiva, uma argila mole. Para tal, é só seguir a teoria geotécnica da consolidação da argila, que impõe a necessária drenagem, seguido de compressão, de modo a se processar sua consolidação. Na prática do campo, é feito com geoenrijecimento,

com CPR Grou-ting, que aumenta sobremaneira a resistência ao cisalhamento, o módulo de deformação, eliminando a compressibilidade do solo argiloso mole. O solo deixa de

CRITÉRIO	MELHORAMENTO DO SOLO COM CPR GROUTING	SOLUÇÕES ALTERNATIVAS COM ESTACAS/ COLUNAS PROFUNDAS
Atuação sobre o solo mole	Sim (Melhora o solo)	Não (Só promove transferência de carga)
Eliminação do recalque diferencial	TOTAL	Parcial
Integração de aterros	Excelente	Fraca
Custo-benefício	Vale	Não Vale
Execução em áreas confinadas	Viável	Limitada

Tabela 5 – Planilha com resumo das diferenças entre o melhoramento do solo e soluções alternativas.

ter indicadores insuficientes, para ter parâmetros tipicamente de solos rígidos, adequando-se ao novo projeto. Ou seja, aumenta-se a capacidade de carga do solo, promove-se sua consolidação, eliminando futuros recalques. Ao homogeneizar o solo, neutraliza-se toda possibilidade de recalques diferenciais, impondo uma compatibilidade deformacional entre o novo e o antigo aterros, essencial em uma ampliação estradal. Este último aspecto, é o maior desafio em obras de ampliação rodoviárias, sem o que implica em recalques diferenciais entre o novo e o antigo aterros. O melhoramento efetivo do solo, em uma ampliação estradal, pode ser aplicado de forma seletiva, apenas onde o solo realmente precisa ser readequado. Técnicas alternativas, de “reforço” de solos, a base de colunas ou estacas, tornam-se soluções perigosas, já que alteram, apenas, pontualmente o solo, não interferindo na incompatibilidade dos parâmetros geotécnicos existentes, entre os dois lados e, portanto, não atuando na zona de transição ou interface entre os dois aterros.

A estratégia da emenda entre aterros novo e antigo

Uma boa emenda entre aterros, ou seja, a transição bem executada entre o antigo aterro e o novo, é essencial em obras de ampliação rodoviária, já que elimina/ reduz o efeito do recalque diferencial, criando transição gradual de rigidez entre aterros. Minimiza diferenças de recalques que causam trincas, degraus ou deformações no pavimento. Evita tensões concentradas, já que poderão gerar falhas por cisalhamento na base ou ao longo do corpo do talude, melhorando a distribuição dos esforços na fundação. Ou seja, a

emenda bem realizada acomoda a diferença deformativa entre o solo antigo, já consolidado, e o novo, possibilitando a compatibilidade deformacional.

O controle de compactação do novo aterro

A compactação inadequada de um aterro, gera mais recalques desiguais ou diferenciais entre trechos novos e antigos, comprometendo a uniformidade da plataforma, causando trincas, degraus no pavimento e desconforto ao usuário. Tecnicamente, uma compactação eficiente, aumenta a resistência do solo, reduzindo sua compressibilidade, melhorando o comportamento do aterro para suportar cargas do tráfego. Próximo ao talude, previne deslizamentos e instabilidades.

A compactação do solo, do novo aterro, precisa garantir excelente aderência e comportamento compatível entre os dois trechos. Um processo de compactação deve atender aos índices exigidos no projeto, como o grau de compactação maior ou igual a 95% do projeto normal ou modificado. O controle tecnológico no campo é obrigatório para garantir qualidade.

A barreira de separação

Ao se construir uma ampliação rodoviária, estabelece-se uma interface



Figura 9 – Trincas longitudinais, ao lado do pavimento ampliado, significando preparação inadequada na região de transição entre o antigo e o novo aterros.

entre o aterro do antigo leito estradal e o novo aterro podendo, aí, ocorrer recalque diferencial, cisalhamento interno entre solos e geração de deformações longitudinais, além de trincas no pavimento. Uma barreira separadora, tende a reduzir o contraste de rigidez entre os dois lados, redistribuir o campo de tensões, que ali chega, além e minimizar os efeitos estruturais. A grande questão é saber posicionar a barreira separadora. No pé do talude, seria mais fácil de executar, ficando mais distante do tráfego da via, no entanto, todo o corpo do antigo talude recebe carga do novo

Medidor Portátil do Perfil de Recalques

Este equipamento mede, precisamente, recalques e levantamentos através de aterros, estradas, tanques, etc. O perfilômetro tem sonda conectada com cabo sinalizador e tubo genérico com líquido especial. Quando a sonda passa através do tubo inclinométrico ou qualquer tubo de PVC, analisa a pressão existente, calculando-a como deslocamento vertical.

Aplicações:

- Aterros rodoviários e barragens.
- Reservatórios de água.
- Pontes e viadutos.
- Recalque do solo de fundação.

Instalação do medidor do perfil de recalques

Para maiores informações, acesse: <http://softsoilgroup.com.br> ou envie um e-mail para: atendimento@softsoilgroup.com.br

Soft Soil Group

aterro e, aí, a posição da barreira separadora fica comprometida. A construção da barreira separadora na projeção da crista do talude antigo, seria a posição mais correta, pois atuaria diretamente na interface entre os solos de fundações do antigo e do novo aterros. A utilização de técnicas alternativas exige a barreira separadora, já

que a condição do solo de fundação, sob o novo aterro, ficará diferente e com parâmetros geotécnicos desiguais, o que é um problema. A barreira atuaria como zona de rigidez intermediária, pois é exatamente ali que o novo aterro começa a descarregar sobre o solo de fundação, produzindo deslocamentos horizontais e verticais

localizados. O melhoramento efetivo do solo, com geoenrijecimento, torna desnecessário a utilização de barreira separadora, exatamente pelo fato da readequação de todo o solo de fundação, com homogeneização, tornando inexistente qualquer transferência de movimentos para a fundação do anti-go leito estradal.

CRITÉRIO	MELHORAMENTO DO SOLO COM CPR GROUTING	GEODRENOS + PRÉ-CARREGAMENTO
Mecanismo de atuação	Melhora real do solo (densificação, resistência)	Acelera a dissipação da poropressão apenas
Tempo de obra	Rápido, pode ser feito sob tráfego	Lento - exige longos períodos de espera
Controle de recalque	Elimina o recalque total e o diferencial	Reduz recalque total. O diferencial normalmente persiste
Eficiência em solo heterogêneos	Alta - ajustes localizados possíveis	Baixa - difícil controle em solos irregulares
Compatibilidade com obras existentes	Alta - pouco impacto em pistas existentes	Baixa - Normalmente afeta pistas/ estruturas existentes
Área necessária	Compacta - ideal para áreas urbanas	Demanda espaço lateral e vertical
Risco de instabilidade	Nulo - resistência melhorada desde o início	Alto - risco se a sobrecarga for mal controlada
Custo inicial	Mais alto, compensa pelo tempo e durabilidade	Menor custo direto. Normalmente gera atrasos e surpresas
Exemplo de aplicação ideal	Ampliação com tráfego normal	Terraplenos grandes com prazo mais flexível

Tabela 5 – Planilha com resumo das diferenças entre o melhoramento do solo, com geoenrijecimento e a antiga técnica de geodrenos com aterro de pré-carregamento.



Figura 10 – A utilização do aterro de precarregamento, na duplicação estradal, é extremamente perigosa, já que implica em elevado risco de rutura, quando há presença de solos argilosos moles. Rutura em uma ampliação rodoviária, devido a colocação do novo aterro sobre solo mole, na região nordeste.

Formação em Gestão de Riscos



- ✓

Gestão de Riscos 1 [CLIQUE AQUI!](#)

Curso introdutório, necessário para refletirmos e nos questionarmos de como devemos interagir com o que nos rodeia e para transformar riscos em aliados.
- ✓

Gestão de Riscos 2 [CLIQUE AQUI!](#)

Um curso prático para aquelas pessoas que tem objetivos na vida e desejam viver melhor, sem riscos. É um curso completo para preparar o aluno para ter disciplina e perseverança na sua profissão e na identificação e gestão de riscos continuamente.
- ✓

Gestão de Riscos 3 [CLIQUE AQUI!](#)

Um curso avançado para aquelas pessoas que querem ir além, que gostaram do tema gestão de riscos e querem aprender a estimar probabilidade, impacto e conhece a terceira dimensão. O tempo até o impacto.

+1.5k

Alunos Treinados ao longo dos anos.

Sobre o Curso

Em um mundo dinâmico e repleto de incertezas, a capacidade de identificar, avaliar e gerenciar riscos é essencial para o sucesso de qualquer pessoa ou organização. A Formação em Gestão de Riscos foi desenvolvida para oferecer um conhecimento sólido e prático sobre estratégias de mitigação de riscos, independentemente do setor de atuação.

Composta por três cursos complementares, esta formação proporciona uma visão ampla e aplicada sobre os principais conceitos, ferramentas e metodologias utilizadas na gestão de riscos. Seja você um empreendedor, profissional de qualquer área ou alguém que deseja aprimorar sua tomada de decisões, este programa é ideal para fortalecer sua capacidade de antecipação e resposta a desafios, garantindo maior segurança e eficiência em seus projetos e negócios.

QUERO SER UM ESPECIALISTA EM GESTÃO DE RISCOS

AMPLIAÇÃO DE ESTRADAS NACIONAIS. UMA NECESSIDADE MAS, E OS PROBLE- MAS GEOTÉCNICOS INERENTES?

Figura 1 – Obras de ampliação rodoviária que inicia-se no sul do país. A readequação do solo mole, com seu melhoramento efetivo, considerando-se os benefícios na emenda entre os aterros novo e antigo.

Ampliar estradas é um procedimento comum e necessário no contexto mundial. Para projetos deste tipo, dever-se-á considerar a condição da região e a tecnologia geotécnica especificada, de modo a garantir que os requisitos de projeto sejam atendidos. O governo federal está investindo mais de 100 bilhões, estimando que a iniciativa resulte em 1.600 quilômetros de duplicações, sendo mais de 400 quilômetros até o ano que vem, com 800 quilômetros de faixas adicionais, na forma de 4 faixas de mão dupla, com largura de 24,5m. As atuais rodovias são de concreto asfáltico, com velocidade de projeto de 100km/h, em operação há mais

de 20 anos. Com o desenvolvimento socioeconômico das regiões envolvidas, resulta em um aumento drástico das necessidades do transporte rodoviário. A expansão prevista é para a forma de 6 faixas, de mão dupla, com base na condição real do tráfego e do transporte das regiões.

A presença de solos moles

A ocorrência de camadas de solos moles, em obras de ampliação de rodovias, torna o processo executivo ainda mais crítico, obrigando-se objetivo readequar o solo de fundação, melhorando sua baixa capacidade suporte e sua compressibilidade. Na

ampliação de rodovias, os problemas incluem recalques diferenciais, devido a diferença do estado da consolidação do antigo e do novo solo de fundação, a utilização de aterros incompatíveis, a forma da emenda com o antigo e, claro, os desafios relacionados à estabilidade do talude e de sua capacidade suporte. Basicamente, exige-se quatro princípios para a execução de uma ampliação rodoviária:

1. Estabelecer a forma da emenda entre os aterros novo e antigo.
2. Controlar o aterro de empréstimo, na região da ampliação, selecionando-o de acordo com os requisitos de projeto e da pres-

são imposta pela carga do tráfego, além dos equipamentos e tecnologia empregados para o processo de compactação do solo, de modo a se controlar parte do recalque total, que surge no leito estradal, eliminando ou minimizando estes indesejáveis efeitos entre o novo e o antigo aterros. O desejável é que o aterro de empréstimo seja de 1ª categoria, atendendo a qualidade e as diretrizes previstas no projeto, utilizando rolos vibratórios e estáticos (liso e pneumáticos).

3. Melhorar a aderência entre

o novo e o antigo aterros. No projeto de ampliação estradal, torna-se extremamente importante fortalecer a ligação entre o novo e antigo aterros, sendo crucial para “monolitizar” o maciço, evitando problemas de qualidade, resultantes de emendas ruins entre as duas seções. O processo de compactação deve ser realizado com total controle, de modo a se obter completa consolidação, maximizando a estabilidade do talude. A questão do escalonamento é essencial para integrar perfeitamente as duas seções, o que se faz normalmente es-

cavando-se degraus com 0,80m de altura e 1,5m de largura, preenchendo-os em camadas compactadas.

4. Procurar compatibilizar a rigidez do antigo com o novo aterro. Em obras de ampliação rodoviária, é fundamental conhecer se há processos de recalque no antigo leito estradal, de modo a compatibilizá-los com os parâmetros do novo aterro. Normalmente, não há indícios de recalque nos antigos leitos rodoviários. O tempo de utilização da via, promove o

SOLICITE SEU WEBINAR E FIQUE POR DENTRO DE TODAS AS NOVIDADES DO MEIO GEOTÉCNICO

Conhecimento

Mantenha-se atualizado em relação às tecnologias de melhoramento de solos moles

Comodidade

Acesse a nossa plataforma de ensino à distância, em seu tablet, computador ou smartphone.

Feedback

Tire todas as dúvidas com profissionais do mercado, gratuitamente.

Solicite seu Webinar através do número (21)99359-9105

Para mais informações, acesse: softsoilgroup.com.br

Ou envie um e-mail para: atendimento@softsoilgroup.com.br

processo de adensamento no solo de fundação, equilibrando o maciço com o solo mole inferior consolidado. Ao colocar o novo aterro sobre o talude antigo, o equilíbrio consolidativo é rompido e outro processo de recalque inicia-se. Ao lado, no novo solo de fundação, inicia-se um outro processo de recalque, devido a presença de solo mole abaixo. Com esta situação há, portanto, dois processos de recalque, o sobre o antigo talude e o pertinente ao aterro ampliado lateralmente. Ou seja, dois processos completamente diferentes que, na prática, é quase impossível de serem equilibrados, o que compromete a qualidade da ampliação rodoviária, impactando negativamente na nova obra. Há diretrizes normativas mostrando que esta diferença deve ser mantida entre 3 a 5mm, atestando-se que estes valores são toleráveis.

Adaptando o solo mole de fundação para promover a ampliação rodoviária.

Há quatro medidas básicas para viabilizar a readequação das camadas de argilas moles, tendo em vista a obra de ampliação estradal:

1. Levantar, de forma abrangente, o trecho da ampliação, avaliando-se a superfície do terreno, seu NA e a condição climática pertinente, além das sondagens de caracterização do solo. Com estes dados, já se tem uma idéia da solução, tendo em vista a readequação do solo ao novo aterro de ampliação rodoviária.
2. A presença de solos argilosos moles impõe, rotineiramente a solução natural com geoenrijecimento, utilizando CPR Grouting, com base em sua consolidação, ou seja, imposição de rede de drenagem com a cravação de geodrenos e, a seguir, execução de verticais onde se

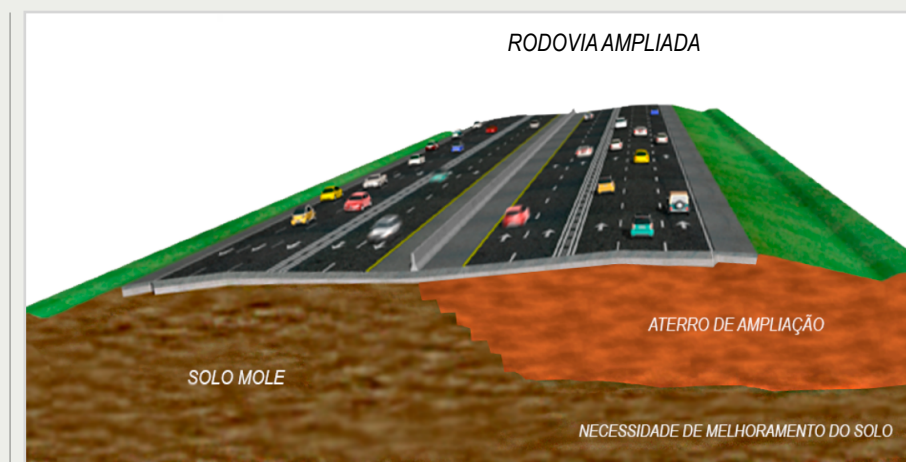


Figura 2 – Ampliação estradal com o novo aterro executado. A readequação do solo de fundação, sob o novo aterro e, particularmente na região de transição torna-se obrigatório já que implica em carregar o antigo leito estradal.

expande bulbos de geograut, comprimindo radialmente o solo, a partir da camada do solo competente até a superfície, readequando a argila mole

para a condição de solo composto rígido. O principal aspecto desejável, em qualquer obra de ampliação rodoviária, com presença de solos moles, é obter-

Visão em corte do solo mole podendo apresentar textura e cor escura

ou cinzenta. Para torná-lo rijo faça
MELHORAMENTO DE SOLO

Solicite mais informações:
softsoilgroup.com.br

-se compatibilidade geotécnica entre os dois aterros, o que só é obtido com geoenrijecimento.

3. Limpeza completa do trecho a ser ampliado, removendo todos os detritos, transportando-os para fora da obra.
4. Fazer a instalação da rede de drenagem, em locais apropriados, com base no projeto executivo, prevenindo-se o acúmulo d'água, o que também impacta a condição de estabilidade da duplicação estradal.
5. Concluídas as etapas básicas, inicia-se a preparação da condição do solo do antigo talude, objetivando-se a emenda com o novo aterro, ajustando-se a qualidade para a situação real, aprimorando-se ainda mais o efeito do processo de emenda dos dois aterros, o que impacta sobremaneira nas características de estabilidade e deformação da obra.
6. O projeto de compactação do solo, na duplicação, torna-se essencial, para se atingir grau adequado, na região em torno da junta, entre o antigo e o novo leito estradal. Deve-se, inicialmente, testar de maneira rigorosa, a densidade do novo aterro, de acordo com o projeto existente. O processo de compactação só prosseguirá após a confirmação de que a densidade obtida atende. Iniciando-se o procedimento, dever-se-á estabelecer um leve estado de compactação introduzindo-se, a seguir, a compactação pesada utilizando-se rolos adequados. Esta abordagem garante que a região, em torno da junta do novo com o antigo, fique absolutamente lisa, evitando irregularidades e a falta de controle. A tabela acima, apresenta uma ideia dos números para um projeto de duplicação rodoviária, com valores padronizados para o grau de compactação a serem

NÚMERO	PROJETO	PROFUNDIDADE ABAIXO DA SUPERFÍCIE DA RODOVIA	NOVO PADRÃO DE COMPACTAÇÃO
1	Leito Estradal	0-3 cm	≥ 96%
2	Camada inferior da pista	30-80 cm	≥ 96%
3	Aterro superior	80-150 cm	≥ 94%
4	Aterro inferior	>150 cm	≥ 96%

Tabela 1 - Normas de projeto para a compactação do novo aterro rodoviário.

- obtidos nas regiões do novo e antigo leito.
7. Outro aspecto principal, em obras de duplicação de rodovias, é a proteção da região onde se processa a emenda dos dois aterros.
8. As técnicas de reforço do solo de fundação, à base de colunas ou estacas, que transferem a carga para camadas mais competentes, são absolutamente paliativas ou apenas atenuantes, que só aliviam o carregamento exercido pelo novo aterro. O solo mole continua ao redor. Assim, não há como obter-se compatibilidade com o antigo aterro, na medida em que haverá um processo de recalque característico com estas “soluções”. Da mesma forma, o pre-carregamento, com utilização de geodrenos, pois as tensões de compressão são bastante limitadas, a pouca profundidade, como 5 ou 7m, mantendo a condição do solo argiloso mole abaixo, o que é absolutamente insuficiente.



Figura 3 - Os trabalhos de lançamento e compactação do aterro, em obras de ampliação de rodovia.

Em um projeto de duplicação rodoviária, no sul do país, precisamente na BR-470, trecho de Navegantes em Santa Catarina, com presença de profundas camadas de solos moles, até 30mts, utilizou-se o geoenrijecimento para efetivamente melhorar o solo de fundação, principalmente pelo fato da existência de altos aterros, com até 10mts de altura, para a realização de viadutos. O melhoramento do solo impõe a cravação de geodrenos em toda a profundidade do solo mole, seguido do processo de compressão da argila, através da formação de verticais, com geração de bulbos de geograut (argamassa seca) feitos de maneira sequencial, de baixo para cima, a cada metro, através de malha estabelecida. O geoenrijecimento impõe parâmetros de resistência e rigidez, firmando estabilidade para o futuro talude, assim como capacidade suporte necessária. O mais importante é a compatibilização com os parâmetros geotécnicos do antigo aterro.



Figura 4 - Melhoramento do solo de fundação na duplicação do BR-470, trecho de Navegantes, SC. Profundos depósitos de solos moles, até 30m, e aterros com até 10m de altura para a construção de viadutos.

O controle de recalque entre o antigo e novo.

Originalmente, não há diferenças entre a capacidade suporte do solo de fundação do antigo para o novo aterro. No entanto, a condição alcançada pelo antigo leito estradal, em relação ao carregamento imposto e à obtenção de um determinado estado de consolidação, com os anos de utilização, impôs um tênue e perigoso equilíbrio. Daí, a necessidade do melhoramento efetivo do solo de fundação, metro cúbico a metro cúbico, de modo a não se quebrar esta concordância. O melhoramento do solo, com geoenrijecimento, impõe valores de resistência cisalhante e rigidez compatíveis

com o do antigo aterro aferindo-se, inicialmente, com pressiometria e tomografia com imagem. Esta é a grande vantagem do melhoramento do solo, com geoenrijecimento, que neutraliza o frequente recalque diferencial que ocorre entre as duas regiões.

O recalque no solo de fundação da antiga rodovia

É interessante entender a necessidade de não haver qualquer processo de recalque no antigo leito rodoviário, o que é crucial para a obra de duplicação. Portanto, torna-se obrigatório identificar os principais problemas existentes no antigo leito

estradal, através dos dados existentes e pesquisas no local, de modo a implementar medidas apropriadas para resolver estes problemas. Neste projeto, um problema principal afetava o antigo leito rodoviário, caracterizado por distorções ao longo do pavimento, com afundamentos, trilhas de rodas e ondulações, o que poderia comprometer o efeito da emenda entre os dois aterros, impactando negativamente na deformabilidade da duplicação. A construtora promoveu varias medidas corretivas, particularmente no antigo subleito estradal. Diversos trechos, com presença de intensa umidade e até minações d'água, foram corrigidas, instalando-se drenos



PIEZÔMETRO AUTOCRAVÁVEL (PWP)

A série PWP de piezômetros de corda vibrante (autocraváveis) foi projetada para medir, com precisão, a poropressão em depósitos de solos moles. Suas características são:

- ROBUSTEZ
- PRECISÃO
- CONFIABILIDADE

Representante exclusivo no Brasil: **3GEO TECNOLOGIA LTDA**
+55 21 2718 3968 / vendas@3geotecnologia.com / www.3geotecnologia.com



Figura 5 - Ampliação rodoviária sendo executada, iniciando-se pelo melhoramento do solo de fundação, em uma estrada federal (BR-470), no sul do país.

de vários tipos, o que melhorou a qualidade do antigo leito estradal.

A inspeção de qualidade do melhoramento do solo

Após a conclusão dos serviços de melhoramento do profundo solo argiloso mole, da fundação da rodovia, procurou-se testar os aterros,

novo e antigo, ao longo da junta formada e ao longo da borda do novo aterro. A análise, que durou cerca de dois meses, revelou que os dois aterros, ao longo de sua junta comum, não apresentavam qualquer tipo de deformação, atendendo às exigências de projeto, o que evidenciou a eficiência do projeto de duplicação rodoviária.

REFERÊNCIAS

Patricia Karina Tinoco é engenheira geotécnica. Trabalha com melhoramento de solos moles.

Guo J, 2022, Construction Technology for Widening Connections Between Old and New Highway Subgrades. Northern Architecture, 2022(6): 67-71.

Lu D, 2019, Research on Highway Roadbed Widening and Splicing Construction Technology. Transportation World (Later Issue), 2019(10): 70-71.

Zeng Y, 2016, Research on Roadbed Splicing and Application Technology of Tangjin Expressway Reconstruction and Expansion Project, Chongqing Jiaotong University.

Hu Y, 2023, Research on Applying Highway Soft Soil Subgrade Treatment and Sand-Blowing Filling Technology. Engineering Construction and Design, 2023(9): 151-153.

Zhiqiang Qiu*, Yun Shi, Lei Jiang, Reinforcement Technology for Soft Soil Roadbed in the Widened Section of Expressway Expansion.

Ma Q, 2023, Research on Highway Soft Soil Subgrade Reinforcement Construction Technology. Transportation World, 2023(19): 55-57.

Liu C, 2023, Discussion on Soft Soil Roadbed Construction Technology During Highway Construction Stage. Transportation Technology and Management, 2023(11): 131-133.

Chen X, 2023, Research on Highway Soft Soil Subgrade Construction Technology. Engineering Construction (Weize Technology), 6(5): 141-143.

Feng W, 2023, Research on Construction Technology of Highway Soft Soil Roadbed Widening Project. Engineering 30 Volume 8; Issue 2 Machinery and Maintenance, 2023(3): 53-55.

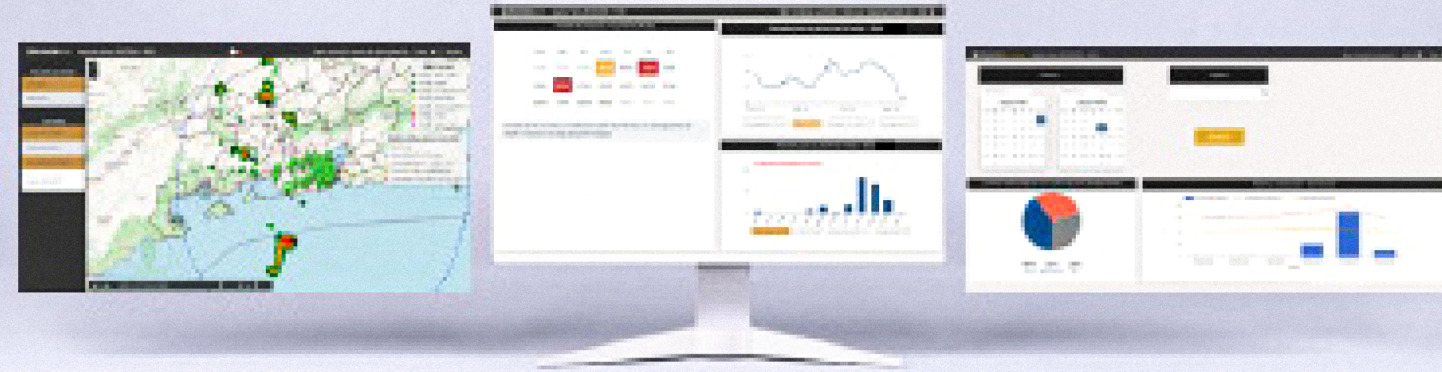


DIMINUIR INCERTEZAS GERA MAIS
SEGURANÇA



AS VARIAÇÕES DO CLIMA TRAZEM MUITAS INCERTEZAS E PROBLEMAS PARA A REALIZAÇÃO DE OBRAS E SÃO RESPONSÁVEIS POR + DE 15% DOS ATRASOS E AUMENTOS DE CUSTOS DO SETOR.

SISTEMA PARA GESTÃO DE RISCO DE IMPACTO CLIMÁTICO NO PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DE OBRAS.



AUMENTE A PRODUTIVIDADE E REDUZA CUSTOS DURANTE A OCORRÊNCIA DE CHUVAS COM PREVISÃO PERSONALIZADA E ALERTAS DE TEMPESTADES EM TEMPO REAL.



<https://www.nimbusmeteorologia.com.br/>

<https://www.linkedin.com/company/nimbusmeteorologia>

PRESSIONÔMETRO

Um ensaio geotécnico completo realizado no campo

Fácil de operar e 100 % viável



ROCTEST

Representante exclusivo no Brasil
+55 21 2718 3968
vendas@3geotecnologia.com
www.3geotecnologia.com

Figura 1 - Melhoramento do solo de fundação na BR 470, no Vale do Itajaí, SC.

GOSTARIA DE SABER AS OPÇÕES PARA SE FAZER DUPLICAÇÃO RODOVIÁRIA, QUANDO HÁ SOLOS MOLES, INFORMANDO SUAS EFICIÊNCIAS E DETALHAMENTO.

Para aterros de ampliação rodoviária, especialmente quando há limitações de espaço e/ou solos moles, torna-se fundamental escolher soluções técnicas, que garantam ausência de deformações (devido à emenda), estabilidade, desempenho e economia. Abaixo, apresentamos opções viáveis, com a eficiência e detalhamento técnico de cada uma, atentando-se que a principal particularidade da obra é a zona de transição do antigo leito estradal, com o aterro de ampliação. O nível de detalhamento exigido, para esta particularidade, é que irá estabelecer se a obra terá ou não problemas.

Aterro convencional com compactação

Utiliza-se solo local ou importado, compactado em camadas neces-

sárias, geralmente 20 a 30cm. A eficiência é boa, se o solo for adequado e houver espaço suficiente. As vantagens são o baixo custo e a praticidade. A desvantagem é caracterizada pela inviabilidade para áreas com espaço lateral limitado. O ideal é onde há áreas disponíveis para taludes e bons solos.

Aterro reforçado com geossintéticos

São camadas de solos interligadas com geogrelha ou geotêxteis para reforço. Possui alta eficiência, possibilitando taludes íngremes ou quase verticais. As vantagens são a economia de espaço e a redução de recalques diferenciais. A desvantagem é o custo maior que um aterro simples, exigindo projeto específico de reforço, sendo utilizado em corredores estreitos e margens rodoviárias.

Muros de solo reforçado

São estruturas de contenção com solo reforçado com geossintético ou tiras metálicas, com face em blocos, placas ou gabiões. Sua eficiência é muito alta, sendo durável e seguro. Torna-se ideal para zonas urbanas ou rodoviárias já existentes, com rapidez em sua execução. As desvantagens são seu custo elevado e a mão de obra especializada. Comumente utilizado em ampliações estradais sem espaço para taludes.

Aterro de precarregamento com geodrenos

Trata-se de uma antiga alternativa para aterros, quando há presença de solos moles. Para o caso de obras de duplicação rodoviária, onde há o perigo do carregamento do solo de fundação, anexo à rodovia, não

é uma solução recomendada e muito menos segura, já que implica em enorme risco de rutura, comprometendo a antiga estrada.

Colunas de brita

Trata-se de uma antiga alternativa de solução, para reforço de aterros existentes, objetivando-se carregá-los com novo aterro, quando há presença de solos moles. Para o caso de obras de duplicação rodoviária, onde há o perigo do carregamento do solo de fundação, anexo à rodovia, não é uma solução segura, já que implica em enorme risco de deformação, comprometendo a antiga estrada. O solo mole per-

manece ao redor das colunas, o que gera recalque residual diferencial.

CPR Grouting

Trata-se de uma técnica de melhoramento de solos moles, readequando-o às necessidades

geotécnicas do futuro projeto, objetivando-se carregá-los com novo aterro, de maneira 100% segura. É ideal para obras de duplicação rodoviária, já que adéqua, geotécnicamente, a região de transição entre o antigo leito rodoviário e o novo aterro.



Figura 2 - Melhoramento do solo de fundação em ampliação de rodovia estadual no interior de Pernambuco, PE.

Duplicar uma rodovia apresenta diversas particularidades, que a diferenciam de uma obra comum de construção, particularmente quando há presença de argilas moles. A grande questão é que o leito estradal antigo, costuma não ter qualquer patologia em relação a recalques. Ao construirmos uma nova faixa, adiciona-se novas cargas próximo ao solo de fundação antigo, removendo a condição de equilíbrio existente, exatamente na interface entre os dois aterros e também para o lado livre, carregando o solo de fundação virgem. Evidentemente, surgirão recalques diferenciais entre os dois aterros, causando trincas, desníveis e deformações lon-

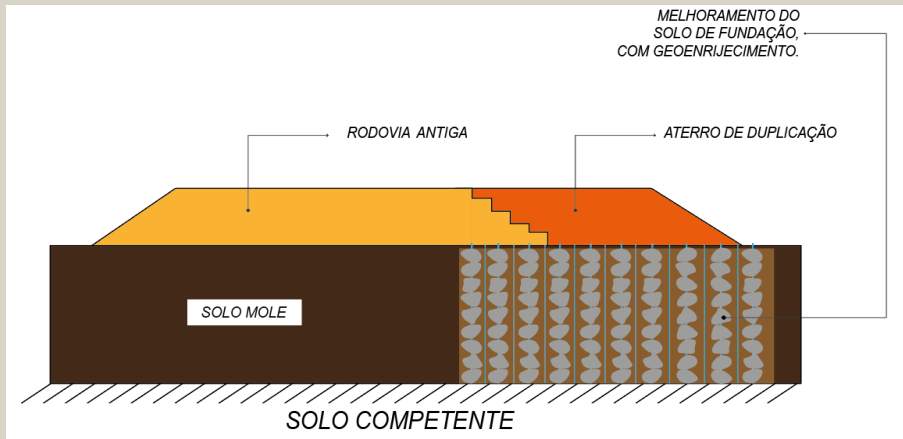


Figura 3 - Readequação do solo de fundação, a partir da interface com o antigo leito estradal, tendo melhoramento do solo, com geoenrijecimento com CPR Grouting. Repare que todo o solo de fundação foi modificado.



Figura 4 - Utilização de aterro de duplicação sem nenhum critério, desconsiderando a questão da emenda e a presença de solos moles na região, o que implicou em rutura do solo, comprometendo a antiga estrada.

gitudinais, particularmente em sua interface. Outra particularidade importante, é a dificuldade de acesso e o espaço reduzido, já que a obra ocorre ao lado de uma via em operação, com acesso limitado para pessoal, equipamentos, transporte de materiais e segurança. Havendo taludes na antiga rodovia, haverá problema de estabilidade, principalmente quando há

presença de solos moles. Esta condição exige controle geotécnico rigoroso, com monitoramento de recalques, controle da poropressão e inclinometria, essencial para validar a performance e a necessidade de decisões em tempo real.

A readequação do solo de fundação

Com a presença de solos moles, torna-se necessário garantir a indeformabilidade do leito estradal antigo e do solo de fundação sob as faixas

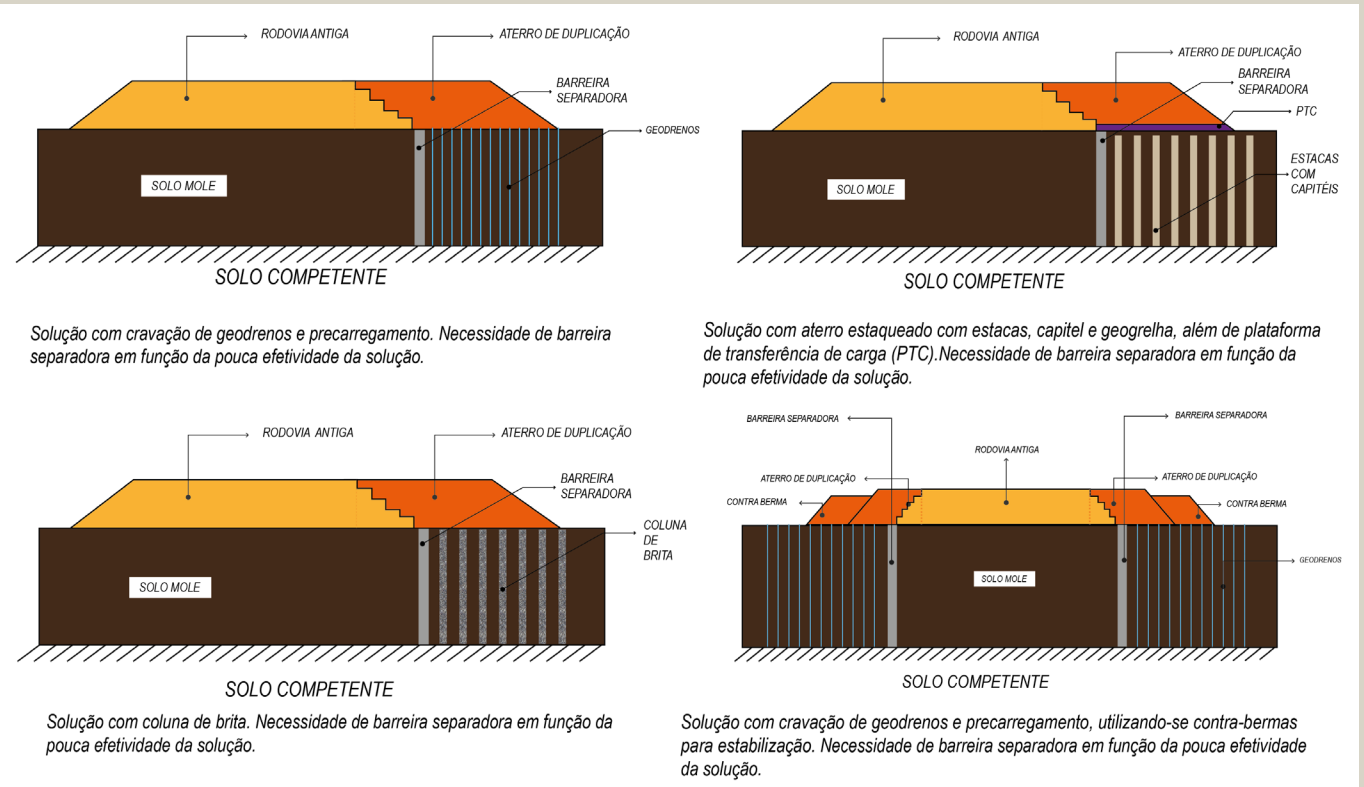


Figura 5 - As soluções acima evidenciam técnicas alternativas de “tratamento” do terreno de fundação, quando há presença de solos moles. Repare a necessidade de barreira separadora, em todas as “soluções”, já que a condição do solo mole permanece, o que promove deformações na superfície do novo aterro, além de comprometer o solo de fundação sob o talude antigo e toda a zona de transição.



UNIONTECH
TECNOLOGIA DE JUNTAS

UNIONTECH JUNTAS E IMPERMEABILIZAÇÕES LTDA.
Fone/Fax: (11) 2215-1313 / 2215-1325 E-mail: uniontech@uniontech.com.br
www.uniontech.com.br

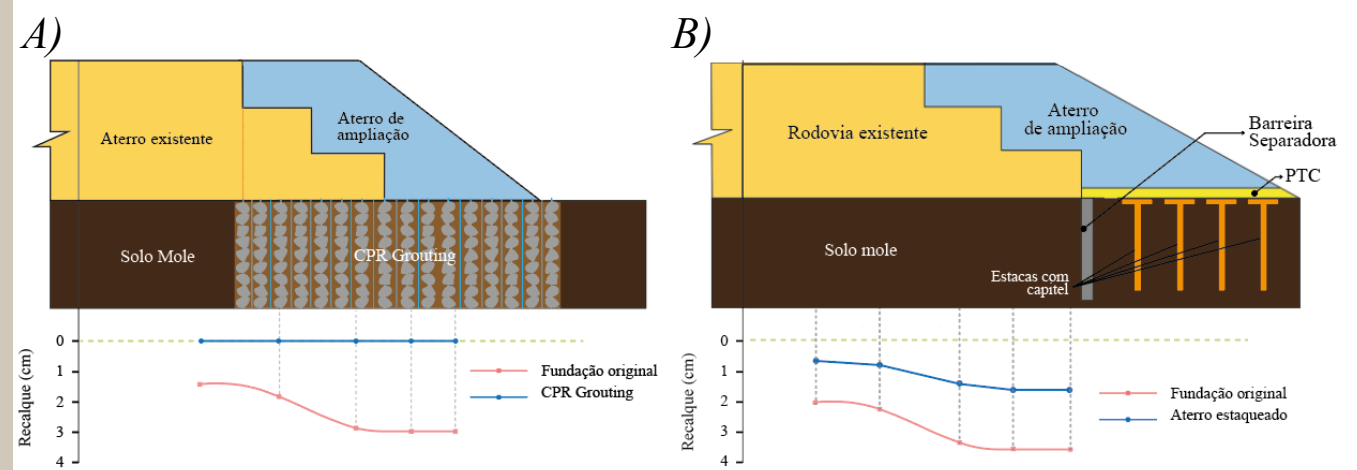


Figura 6 - A) Solução de ampliação rodoviária com melhoramento do solo de fundação, utilizando-se o geoenrijecimento com CPR Grouting. A análise deformativa evidencia ausência de deformações, tanto sob o novo aterro, quanto na perigosa junta de transição entre os dois aterros. B) Solução com aterro estaqueado, reparando-se na plataforma de transferência de carga (amarelo) e na barreira separadora. O instrumento de medição da deformação (medidor de recalque de cordas vibrantes) no topo do solo de fundação, próximo à transição entre o aterro existente e o novo aterro, analisa, em relação ao tempo, o processo deformativo em um ponto específico. A curva vermelha mostra o recalque do solo de fundação natural (sem tratamento). A curva em azul mostra o comportamento deformativo com CPR Grouting e com estaqueamento.

a serem acrescidas, além da necessidade da estabilidade para o caso de presença de taludes. A escolha da solução, dependerá da condição geotécnica, das cargas que serão geradas, do tipo de execução e seu custo. As soluções existentes dependerão da experiência do projetista que, se for estrutural, optará por sistemas de colunas ou estaqueamento, que transferem as cargas para camadas resistentes, atravessando as camadas de solo mole. É interessante observar que, na maioria das situações, a escolha por estas soluções (aspecto estrutural), ignora a geotecnia do solo mole, o que é inaceitável, exatamente pelo fato de ser uma solução estranha aquele am-

COMPARATIVO DE MÉTODOS PARA ATERROS DE DUPLICAÇÃO RODOVIÁRIA				
MÉTODO	EFICIÊNCIA	CUSTO	EM DUPLICAÇÃO RODOVIÁRIA	APLICAÇÃO IDEAL
Aterro convencional *	Média	Baixo	Sim	Áreas amplas com solos firmes
Aterro com geossintéticos *	Alta	Médio	Sim	Corredores estreitos ou taludes íngremes
Muro de solo reforçado (MSE) *	Muito Alta	Alto	Sim	Expansão urbana ou margens limitadas
Geodrenos + pré-carga	Boa	Médio	Não	Técnica extremamente perigosa
Colunas de brita/ Arena	Alta	Alto	Não	A permanência do solo mole ao redor
CPR Grouting	Muito Alta	Alto	Sim	Ideal para solos muito mole em áreas críticas
Terra armada *	alta	Alto	Sim	Contenção elevadas e cargas significativas

Figura 7 - A presença de solos moles, implica na preparação geotécnica prévia do solo de fundação, na região de transição entre os dois aterros. As opções 4 e 5 implicam em risco para a obra de duplicação. *Atentar para o solo de fundação.

biente e, claro, as consequências irão aparecer. Uma outra opção, como a

instalação de geodrenos verticais, associados à sobrecarga temporária, é pouco eficaz já que a eficiência do efeito compressivo, do aterro de pre-carregamento, não vai além dos 7m de profundidade, limitando sua atuação onde houver depósitos de solos moles mais profundos. Outro importante aspecto é que exige tempo para consolidação (meses ou anos). O melhoramento efetivo do solo, adequa-se totalmente ao cenário de uma duplicação rodoviária, na medida em que prepara, primeiro, a região de transição entre os dois aterros, protegendo o antigo leito de fundação. A seguir, melhora o solo de fundação, do novo aterro, homogeneizando-o, de modo a compatibilizá-lo com o do antigo aterro.

GEOKON

TRUSTED MEASUREMENTS®

EQUIPAMENTOS GEOTÉCNICOS

Conheça nosso moderníssimo inclinômetro M6180 que possibilita automação e leitura em tempo real

O moderníssimo inclinômetro M 6180, caracteriza-se por segmentos individuais, mecanicamente conectados com juntas estilo "bola-soquete", interligadas eletricamente com conectores à prova d'água em um único cabo, tornando o conjunto extremamente leve e compacto, o que torna fácil e rápida sua instalação. Consequentemente, seu custo tornou-se muito atrativo. O modelo M 6180 juntamente com nosso sistema de compartilhamento de dados, sem fio, da série GeoNet torna-se, portanto, a solução mais moderna de monitoramento para deslocamentos horizontais.

Conheça hoje mesmo esta moderníssima tecnologia (com preço atrativo)

Representante exclusivo no Brasil: **G5 Engenharia LTDA**
 Contato: (41) 3402-1707 / contato@g5engenharia.com.br / g5engenharia.com.br

Após a execução da terraplanagem do novo aterro de duplicação, torna-se necessário monitorar a superfície do aterro, de modo a observar a intensidade e a velocidade de algum processo de recalque existente, através de leituras regulares. Se houver manifestação deformativa e estiver dentro da faixa permitida, com taxa inferior a 1mm/ mês nos próximos três meses subsequentes, o aterro de ampliação pode ser considerado bem executado, dando-se prosseguimento a execução do futuro pavimento. Se a condição acima não for atendida, torna-se necessário analisar cada caso, particularmente as causas do recalque, tomando-se medidas que objetivam o melhoramento efetivo do solo, de modo a impor parâmetros geotécnicos seguros, de acordo com o fluxograma ao lado.

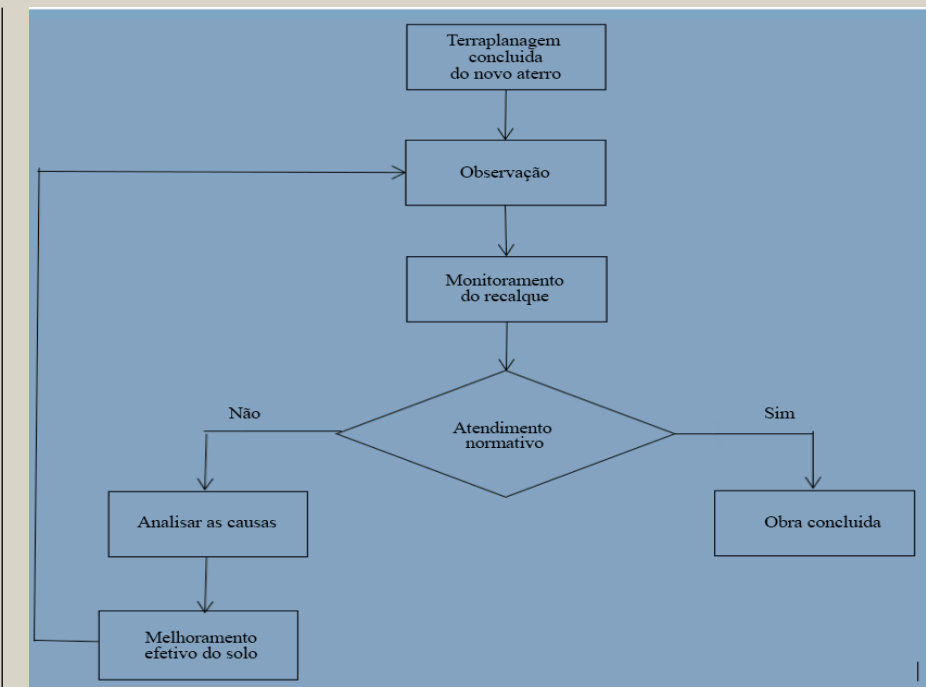


Figura 8 - Fluxograma do controle do processo deformativo.



SOLO MOLE NO SEU PROJETO?
NÃO TRABALHE COM TÉCNICAS ALTERNATIVAS OU ADAPTADAS

FAÇA MELHORAMENTO DE SOLO

MELHORAMENTO DE SOLOS MOLES É **GEOENRIJECIMENTO***

*100% TEORIA DO ADENSAMENTO DA ARGILA

facebook.com/enggraut
 @enggraut
 www.enggraut.com.br

VISITE NOSSO SITE: **WWW.ENGGRAUT.COM.BR**

REFERÊNCIAS

Qiqi L ,Yuhe Z ,Chenjun Y , et al.Evaluation of Differential Settlement of Subgrade for Highway Highway-Widening Projects[J]. Sustainability,2023,15(4):2950.

Zhao L ,Liu L .Analysis of Roadbed Splitting at Hub Interchanges[J].Journal of World Architecture,2024,8(1):24-30.

Fu Yongguo1,2,3 , Jiang Xin1,2,3 , Gu Hanyan1,2,3 , Zhang Lei1,2,3 , Sun Rong1,2,3 , Zhang Mian1,2,3 , and Qiu Yanjun1,2,3 , Design Indexes and Control Measure for Highway Subgrade Widening and Reconstruction: A Review and Prospect.

Zhiqiang Q ,Yun S ,Lei J .Reinforcement Technology for Soft Soil Roadbed in the Widened Section of Expressway Expansion[J].Journal of World Architecture,2024,8(2):25-30.

Kaitong Li, Jiangfeng Lv, Zhuoming Chen, Research on the Construction Technology of Spliced and Widened Roadbed in the Construction Process of Highway Reconstruction and Expansion Project.

Xiong B ,Yang G ,Wang X .Settlement Analysis of Widening Subgrade in the Highway Considering Technology Parameter of Composite Foundation[J]. International Journal of Earth Sciences and Engineering,2016,9(4):1429-1433.

Liu, Qianhui,Zhang, Zhengxin.Analysis of bidirectional geogrid based on pavement structure under roadbed stability

CHEGOU SUA
VEZ DE TER

VISÃO

MAIS PROFISSIONAL
DA GEOTECNIA
DO SOLO MOLE.

- :: NOTÍCIAS EM TEMPO REAL;
- :: ANÁLISES EM PROFUNDIDADES;
- :: CONSENSO DE OPINIÕES SOBRE SOLUÇÕES;
- :: GRÁFICOS E FERRAMENTAS ANALÍTICAS

Os principais dados e informações, antes disponíveis apenas por especialistas, agora estão abertos pra você também tomar as melhores decisões na hora de projetar e fazer negócios. Em um só lugar, um serviço completo com a chancela da instituição especialista em melhoramento de Solos moles, com quase 50 anos de experiência.



ACESSE [SOFTSOILBRAZILIANGROUP.COM](https://softsoilbraziliangroup.com) E ESCOLHA
A EDIÇÃO IDEAL PARA SUA PESQUISA.



ATERROS DE DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS COM PRESENÇA DE SOLOS MOLES. A INFLUÊNCIA DA LARGURA E DA FORMA DA EMENDA NO RECALQUE DIFERENCIAL.

Figura 1 – A presença de profundos depósitos de solos moles, na duplicação da BR - 470, no Vale do Itajaí, sob um futuro viaduto que terá aterros com 10m de altura, exigiu melhoramento do solo com CPR Grouting.



A capacidade de transporte de nossas rodovias federais principais atingiu e excedeu o estado de saturação, tornando-se urgente duplicá-las ou ampliá-las. A forma como se processa a emenda do novo aterro de ampliação, com o antigo aterro, tem impacto significativo na distribuição do campo de tensões-deformações e, se houver algum talude, em sua própria estabilidade. O nível de tensões, que ocorre na junta da emenda entre o antigo aterro estradal com o novo da duplicação, é o grande problema, que ocorre em toda obra de ampliação rodoviária, em todo mundo. Procuramos utilizar

o moderno software, de análise de elementos finitos ANSYS, de larga escala, para conhecer mais o modelo e o modo como se processa o recalque em obras de duplicação rodoviária. Os parâmetros são obtidos de acordo com a largura real do aterro de duplicação, sua forma de ampliação e a condição geológica-geotécnica do trecho. Os resultados do ANSYS são utilizados para comparar processos de duplicação uni e bilateral de aterros de ampliação, analisando a influência da forma e da largura da emenda dos aterros, no indesejado recalque diferencial, exatamente pelo pouco conhecimento sobre estes dois importantes detalhes.

Estabelecendo o modelo de elementos finitos

A título de pesquisa, utilizamos dados de uma obra de ampliação, no sul do país. Os parâmetros foram determinados de acordo com a largura real do novo aterro, da forma como foi idealizado a duplicação do leito rodoviário e das condições geológica-geotécnicas do trecho. O solo de fundação apresenta predominantemente camadas de aterros superficiais, seguido de argilas arenosas moles, com ângulo de atrito variando de 10 a 28° e módulo de compressão variando de 2500 a 7500 KPa. De acordo com o projeto de ampliação, o módulo de compressão do novo aterro compactado é de

40.000 KPa e do leito estradal antigo, consolidado e endurecido pelo tempo foi considerado de 50.000 KPa. Selecionamos para análise e cálculo, uma seção do projeto da ampliação estradal, tendo uma largura do atual leito estradal com 26m, e a altura do novo aterro será de 8m, considerando-se que a ampliação será realizada pelos dois lados da rodovia, com 8m para cada lado, com uma inclinação de talude de 1:1.5. Desta maneira, a largura da base do novo aterro terá 66m, com uma profundidade de cálculo de 20m. Após os trabalhos de melhoramento do solo, o grau de consolidação foi calculado pelo coeficiente de consolidação mínimo medindo-se, $u=60\%$. O modelo plano foi estabelecido, a

correspondência foi considerada e a linha média do antigo leito estradal foi tomada como eixo de simetria. O deslocamento horizontal, baseou-se na declividade do talude, antes da preparação do escalonamento. A direção perpendicular à linha central do ater-

ro, afastando-se, são direções positivas. Em outra direção, são negativas. O recalque baseou-se na linha de interseção, entre a superfície do subleito e a linha média do antigo subleito, com valor negativo na direção descendente e positivo na ascendente, conforme figura abaixo.

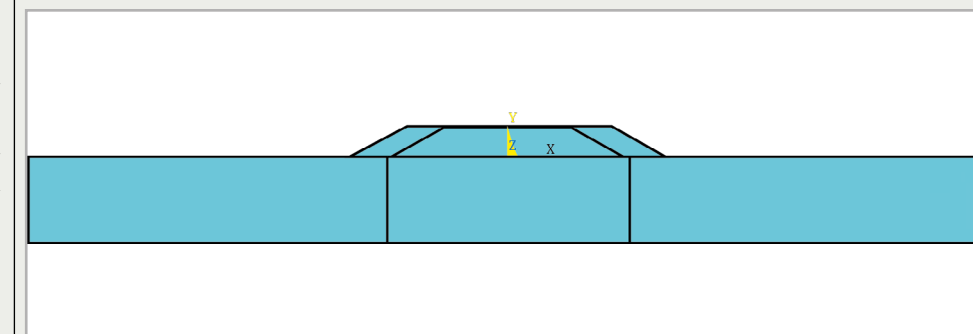


Figura 2 – O modelo geométrico da ampliação bilateral rodoviária.

Devido à complexidade dos fatores influenciadores do recalque ao longo da junta, que divide os aterros novo e antigo, considerando os requisitos simplificadores e de precisão para o cálculo, adotou-se um modelo simplificado como abaixo explicado:

1. Realizou-se a análise bi-dimensional de elementos finitos, considerando-se o problema do plano (assumiu-se, na ampliação estradal, uma análise bidimensional, em estado plano de deformações, o que representa, de forma adequada, o comportamento do solo em um corte típico transversal da rodovia, simplificando a análise do recalque diferencial.)
2. Utilizou-se, para simular, o modelo de Drucker Prager e o solo foi considerado elasto-plástico. Este modelo é uma generalização do critério de Mohr-Coulomb, com uma formulação mais adequada para métodos numéricos, como o dos elementos finitos.
3. A superfície de contato, entre o antigo e o novo aterro é completamente contínua e sem deslizamento.
4. As condições de contorno foram as seguintes: O solo de fundação está totalmente confinado em ambas as direções XY, e ambos os lados pertinentes à largura da fundação são confinados na direção X.
5. Substituir a carga do pavimento com um aterro de precarregamento de 1m de espessura.

Estudo do efeito provocado pela largura e na forma da emenda dos aterros na surgência do recalque diferencial.

Considerando-se duplicação unilateral

De acordo com o modelo do cálculo anterior, a altura do aterro é de 4m, o talude é 1:1,5, o novo módulo de re-

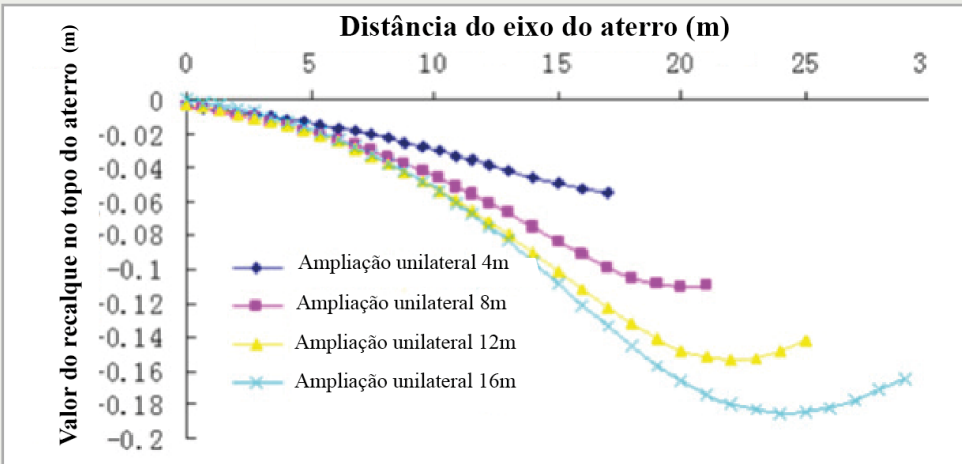


Figura 3 – Influência da largura da emenda unilateral na surgência do recalque diferencial no novo aterro.

siliência compressiva do novo aterro é 40.000 KPa, o módulo resiliente do antigo aterro é 50.000 KPa e o módulo de compressão do solo de fundação é 4.000 KPa. Quando a largura da ampliação unilateral for 4m, 8m, 12m e 16m, correspondente a uma, duas, três e quatro faixas, o impacto no aterro junto a emenda será afetada. Na figura acima, observa-se que para a ampliação unilateral, com o aumento da largura da am-

pliação estradal, aumenta gradualmente o recalque da linha média do antigo leito estradal. Quando as 4 faixas originais são alteradas para 5, 6, 7 e 8 faixas, o recalque adicional na linha média do antigo leito estradal é muito pequeno, mas a tendência do recalque primeiro aumenta e depois diminui. Na região da emenda, um aumento pequeno da largura do aterro, torna maior a influência da parte recém ampliada, na linha média do antigo leito estradal. A ten-



Figura 4 – Trincas longitudinais, ao longo de uma rodovia estadual ampliada. Má preparação da emenda entre aterros.

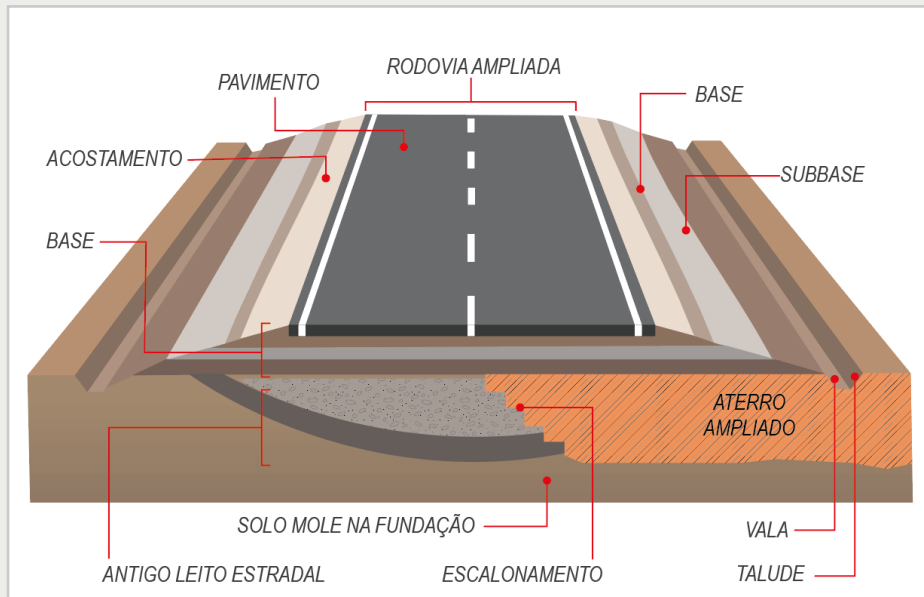


Figura 4 – A preparação do solo de fundação, para receber o aterro de ampliação (emenda) é fundamental para evitar futuro recalque diferencial e trincas longitudinais.

Success Factors
SIG WORKSHOP

Image courtesy of Adviseurs in Bouwtechniek (ABT)

Geotechnical Analysis SIG: Simulating Soil Lab Tests for PLAXIS Soil Model Parameters



Micha van der Sloot
Technical Support Manager
Bentley Systems, Inc.

PLAXIS: Simulating Soil Lab Tests

www.bentley.com

Dear User,

When conducting laboratory test results – such as Triaxial and Oedometer tests – you want to make sure that the behavior of your chosen constitutive soil model captures the test result data. With the SoilTest feature, PLAXIS offers a quick and simple method to simulate these lab tests and verify the model behavior. To learn more, this Geotechnical Special Interest Group virtual workshop is a must see!

The agenda for the one-hour session encompasses:

- How to start a soil lab simulation
- Optimizing your model parameters to replicate real-life behavior
- After optimizing, how to quickly update the soil material definition in PLAXIS

The Geotechnical Analysis SIG is open to all Bentley users, so invite your colleagues!

Geotechnical Analysis SIGs – complimentary virtual workshops to keep you working optimally!



Figura 5 – A região do Vale do Itajaí é caracterizada por profundos depósitos de solos argilosos moles e, na ampliação da BR 470, foi necessário o melhoramento do solo com geoenrijecimento.

dência do recalque diferencial diminui gradualmente, quando a largura da ampliação for maior. O recalque, na região do novo aterro é, obviamente, maior do que o recalque adicional do antigo aterro estradal. Com o aumento da largura do leito rodoviário, a localização do recalque máximo gradualmente move-se para fora, evidenciando certa regularidade. Aumentando-se a largura do aterro, na obra de ampliação rodoviária, a localização do maior valor do recalque move-se da extremidade para o acostamento do aterro duplicado. No entanto, gradualmente, afasta-se da linha média do antigo leito estradal, na medida em que aumenta-se sua largura. Quando a largura do aterro da ampliação estradal for menor que 12m, o recalque diferencial máximo ocorre na extremidade do aterro. Quando chega a 12m, a posição do recalque máximo é alterada, não aparecendo na extremidade do novo aterro, e sim na posição intermediária do acostamento, 3m para dentro. Finalmente, quando a largura do aterro ampliado for menor que 12m, o recalque diferencial na superfície do aterro, começa a diminuir, aparecendo no topo do antigo talude, onde se processou a emenda dos aterros. Quando a largura do aterro, onde se processou a emenda (projecção do talude antigo) for infinitamente grande, a região próxima a junta criada, tende a empoeçar água da chuva, causando aqueles danos no pavimento que todos conhecem. Na figura acima, observa-se o aumento do recalque diferencial quando aumenta-se a largura do aterro de ampliação. O

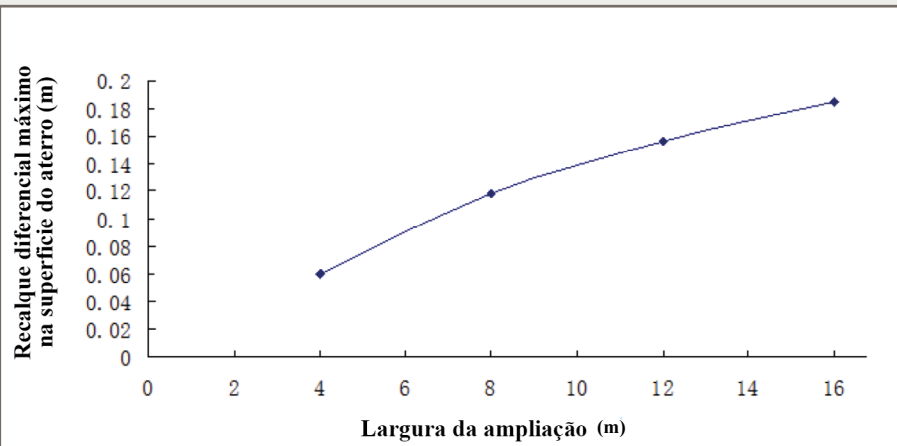


Figura 6 – Variação do recalque diferencial máximo na superfície do novo aterro, havendo diferentes larguras para o modelo de ampliação unilateral.

SOLOTEST®

A solotest equipa os melhores laboratórios de solos, concreto e misturas asfálticas da América Latina, com equipamentos próprios e de seus parceiros internacionais.

1.014.250 - Extrator Shelby de Bancada

1.055.001 - Prensa de Adensamento

1.022.250 - Prensa CBR / Marshall Digital Microprocessada

4.100.030 - Medidor de Densidade de Solo Não Nuclear (SDG)

4.100.300 - LWD "Light Weight Deflectometer"

4.688.020 - Sistema hidráulico para realização de ensaio CPT em diversos tipos de Solos

4.100.035 - Penetrômetro Dinâmico Eletrônico para Solos Panda

Rua Conselheiro Carrão, nº 275
Bela Vista - SP - Brasil - CEP 01328-000
Tel: (11) 5555-5555

recalque diferencial máximo, entre o novo e antigo aterros, é de 5,98cm, com um aterro ampliado de 4m, aumentando para 11,8cm quando a largura da emenda do aterro ampliado aumenta para 8m, adiciona-se um valor de 5,82cm. Quando a ampliação vai de 8 para 12m, o recalque máximo aumenta para 15,64, ou seja, uma adição de apenas 3,84cm. Quando a ampliação vai de 12 para 16m, o recalque diferencial máximo em 16m, aumenta para 18,49cm, e a diferença passa a ser de 2,89cm. Em resumo, o recalque diferencial aumenta proporcionalmente com o crescimento do aterro de ampliação. Portanto, a largura da região emendada, entre aterros, deve ser levantada quando tratar-se de ampliação unilateral, recomendando-se emendar apenas 8m, ou seja, emendar apenas 2 faixas.

Considerando-se duplicação bilateral

O modelo e os parâmetros de cálculo são exatamente os mesmos utilizados na ampliação unilateral. Como o aterro é simétrico, metade será considerado no cálculo. Quando a largura do novo aterro for de 4, 8, 12, 16 e 24 mts, para ambos os lados do atual leito estradal, os efeitos adentrarão no antigo aterro rodoviário equivalente a 2, 4, 6, 8 e 12 mts, respectivamente, tornando obrigatório o melhoramento do solo nessas distancias. Estes valores correspondem a ampliação de 1, 2, 3, 4 e 6 faixas. Observa-se, nas figuras 8 e 9, que a curva do recalque diferencial, da ampliação bilateral é, basicamente, a mesma que a da unilateral. Este importante detalhe mostra que não basta construir ao lado da rodovia existente. Torna-se necessário considerar a influencia que o novo carregamento terá sobre a fundação da via antiga. Aumentando-se a largura da ampliação, cresce, gradualmente, o recalque na área central do antigo leito estradal. Comparado com a ampliação unilateral, o recalque adicional, na região central do antigo leito rodoviário, será maior se considerarmos a mesma largura, no entanto, o recalque diferencial máximo, no novo e antigo aterro é ligeiramente reduzido. O motivo é que as forças atuantes, em ambos os lados



Figura 7 – Melhoramento do solo, com CPR Grouting, em ampliação rodoviária, na BR 470, no Sul do país.

do antigo leito estradal, são equilibradas pela ampliação bilateral, e as tensões no meio da antiga rodovia, crescem devido a carga do peso próprio do novo aterro, de modo que o centro da antiga rodovia, também apresenta grande recalque, o que reduz, de forma correspondente, o recalque diferencial no novo aterro. Quando a ampliação rodoviária for de 4m, a máxima diferença entre recalques na região do novo e antigo aterros será de 3,11cm. Quando a largura da ampliação é aumentada de 4 para 8m, ocorrem dois valores de recalque diferencial máximo, um de 6,19 e outro de 3,08 cm. Ou seja, não há uma uniformização deformativa no solo, quando promove-se uma ampliação estradal. Quando a largura da ampliação estradal aumenta de 8 para 12m, a diferença entre os maiores recalques cresce para 8,78 cm, ampliando 2,59 cm. Quando a largura da ampliação rodoviária vai de 16 pra 24m, um aumento de 8m, o recalque diferencial aumenta 3,54 cm, chegando a um total de 15,01 cm. Ou seja, a medida em que a largura da ampliação estradal aumenta, o recalque diferencial também cresce. Resumindo, podemos concluir que para a mesma largura em obras de duplicação rodoviária, dever-se-á

preferir pela ampliação bilateral, pois o peso do novo aterro distribui-se para ambos os lados do antigo leito estradal, melhorando tanto o contexto final do recalque diferencial, quanto o campo de tensões.

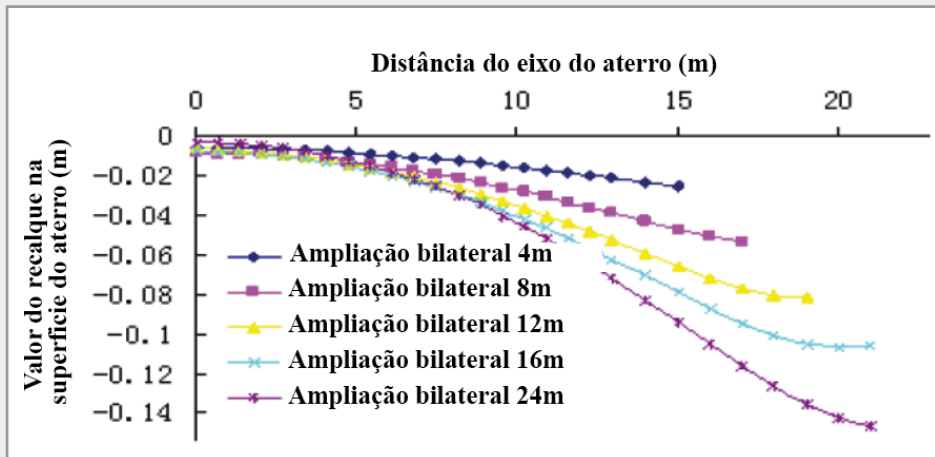


Figura 8 – Influência de diferentes larguras da emenda no recalque do aterro ampliado.

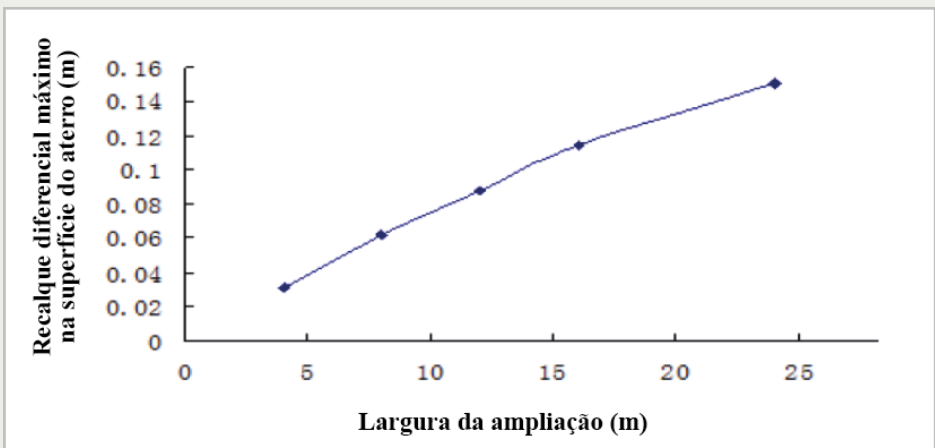


Figura 9 – Variação do recalque diferencial máximo na superfície do aterro, anexo à junta dos aterros novo e antigo, considerando-se diferentes larguras em ambos os lados.

REFERÊNCIAS

Thomas Rodrigues é engenheiro geotécnico especializado em melhoramento de solos moles.

Jiarong Liu^{1*}, Kai Wang¹, Shiping Cui² and Shiqi Shu³, Influence of Subgrade Splicing Mode and Width on Differential Settlement of Pavement Subgrade.

Cheng Y F, Zhang C 2020 Study on traffic diversion scheme of Wukui expressway reconstruction and expansion project Highway 65 (04) 277-281.

Zhang J H, Liu J, Deng Z H, Wang X Y and Li Z Q 2019 Study on treatment depth of old subgrade in highway reconstruction and expansion project Chinese Foreign Highway 399-13.

Li T 2019 Application of vehicular mobile survey in expressway reconstruction and expansion Surveying and Mapping Bulletin (S1) 256-258.

Chen F L and Li H 2017 Study on the interface treatment scheme of the new and old pavement base in the expressway reconstruction and expansion project Highway 62 (11) 14-18.

Wang X H 2017 Case analysis on planning and design of Ring Expressway Reconstruction and expansion project Highway Engineering 42 (05) 192-196.

Song L 2017 Composition method of subgrade section of multi Lane expressway reconstruction and expansion project Road Construction Machinery and Construction Mechanization 34 (08) 53-56+61.

SSBI SOFT SOIL BRAZILIAN INSTITUTE

O SOFT SOIL BRAZILIAN INSTITUTE ajuda você a entender solos moles

Melhorar solos moles exige conhecimentos geotécnicos práticos e teorias sofisticadas. Cada obra é um caso específico que exige solução diferenciada.

softsoilbrazilianinstitute.com.br

PARCEIROS

Bentley Institute, SOLIDTEST, GEOKON, SOLUÇÕES CAD, ABMS, Leica Geosystems, ROGERTEC, ENGEGRAUT, ROC TEST

SSBI SOFT SOIL BRAZILIAN INSTITUTE

SOFT SOIL BRAZILIAN INSTITUTE

Rua Correia de Araújo, 12- Barra da Tijuca
Rio de Janeiro/ RJ- Brasil- CEP 22611-070
Tel: (21) 3851-6218

EDIÇÃO
DIRETOR EDITORIAL
M.Sc. Joaquim Rodrigues

DIRETORES ADJUNTOS
Eng° Thomas Rodrigues
Eng° Roger Kim
Engª Patricia Tinoco

PUBLICIDADE, ASSINATURA
Cleide Ferreira

EDITOR DE ARTE
Victor Peres

REPRINTS EDITORIAIS
Mariana Tati

FALE CONOSCO
softsoilgroup.com.br
@engegraut
(21) 3154-3250
atendimento@softsoilbrazilianinstitute.com.br