

Estudo das alternativas das soluções dos desmoronamentos na rodovia MT-251

Alternativas e justificativas das soluções estudadas

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivo do Estudo

A necessidade do estudo está relacionada aos recentes desmoronamentos naturais ocorridos nas encostas da Rodovia Estadual MT-251, que liga Cuiabá à cidade de Chapada dos Guimarães, no trecho conhecido como "Portão do Inferno", a partir de dezembro de 2023, que demandam ações de cunho emergencial com o objetivo principal de garantir a segurança dos usuários da rodovia.

Para auxiliar à tomada de decisão pela Sinfra, entre as alternativas de soluções emergenciais e estruturantes, para o trecho rodoviário da MT-251, denominado Portão do Inferno, no município de Chapada dos Guimarães, MT, foi realizado o estudo de engenharia e análise de valor, observando os valores dessas alternativas, em relação ao desempenho de suas funções e os custos de implementação ao longo da vida útil do empreendimento.

1.2 Engenharia de Valor

O objetivo desse estudo é auxiliar à tomada de decisão pela Sinfra, entre as alternativas de soluções para o Portão do Inferno, observando os valores e prazos estimados dessas alternativas, em relação ao desempenho de suas funções e os custos de implementação ao longo da vida útil do empreendimento.

Primeiramente, esse estudo se justifica pela situação de alto risco geológico/geotécnico, em que se encontra atualmente o trecho e em função da instabilidade de blocos e solo, que se agrava com a precipitação pluviométrica na região, afetando a segurança dos usuários, conforme relatado nos documentos que referenciam esse estudo.

Em um segundo momento, o estudo se justifica pela solução definitiva (estruturante) do trecho, de forma a contribuir com a melhoria das condições de acesso ao Parque Chapada dos Guimarães, e dessa forma o turismo regional.

Durante o estudo foram avaliadas e estudadas mais de 10 alternativas. Posteriormente se reduziu para 4 alternativas que serão demonstradas a seguir.

1.3 Equipe participante do Estudo

A Equipe Técnica que participou do estudo das alternativas para a solução em tela, foi composta pelos seguintes especialistas, conforme Quadro 1:

Quadro 1 - Especialistas

Roberto Rafael Guidugli Filho Engenheiro Civil - CREA-MG 24045/D Especialista em Engenharia Econômica Mestre em Engenharia de Produção <i>Project Management Professional</i> - PMP® Meta Consultores Ltda. Sócio Diretor	Coordenador do Estudo
Ana Paula R. Santos Cunha Bióloga - CRBio 061861/D RTA Engenheiros Consultores Ltda. Coordenadora de Meio Ambiente	Especialista em Gestão Ambiental e Licenciamento Ambiental
Acácio Alves Pereira Júnior Engenheiro Civil - CREA-GO 19503/D RTA Engenheiros Consultores Ltda. Sócio/Coordenador MT	Especialista em Engenharia Rodoviária
Frederico Bohland Neto Geólogo - CREA-SP 5060640427 Maffei Engenharia	Consultor em Geologia
João Henrique Barbosa de Oliveira Marra Engenheiro Civil - CREA-MG 211580/D Consórcio Via MT	Engenheiro Civil
Juliano de Noronha Graça Engenheiro Civil - CREA-MG 61418/D Houer Inovação e Tecnologia Ltda.	Head de Certificação

<p>Kaciana Prata Gonçalves de Arruda Engenheira Civil - CREA-MT 10254/D Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística-Sinfra Assessora Especial I – Secretaria Adjunta de Obras Rodoviárias – SAOR</p>	<p>Especialista em Engenharia de Segurança Especialista de Custo</p>
<p>Marcos Vinícius Oliveira dos Santos Arqueólogo Taiamã Arqueologia Diretor</p>	<p>Arqueólogo</p>
<p>Dr. Osmar Gustavo Wöhl Coelho Geólogo - CREA-RS 30673 Geodata Serviço e Tecnologia Ltda.</p>	<p>Especialista em Geotecnia</p>
<p>Roberto Juliano Benedito Serra Engenheiro Florestal - CREA-MT 8345/D Administrador de Empresas Mestre em Ciências Ambientais Bioenerg Consultoria Ambiental Diretor Técnico</p>	<p>Especialista em Meio Ambiente</p>
<p>Stillac Vaz de Campos Engenheiro Civil - CREA-MT 761/D Mestre Assessor Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística-Sinfra Assessora – Secretaria Adjunta de Obras Rodoviárias – SAOR</p>	<p>Engenheiro Civil</p>
<p>Wilian Rafael Ferreira Lopes Engenheiro Civil - CREA-MT 039131 Especialista em Gestão de Obras RTA Engenheiros Consultores Ltda. Coordenador do Gerenciamento da Malha da Região 1 (Baixada Cuiabana)</p>	<p>Especialista em Gestão de Obras</p>

Wilson Conciani, Dr., MSc.

Engenheiro Civil - CREA-MT 3888/D

Licenciado em Educação Profissional

Mestre em Geotecnia e Meio Ambiente

Doutor em Geotecnia

Conciani Engenharia e Consultoria

Sócio Diretor

Especialista em Geotecnia

1.4 Funções das soluções

A identificação e análise das funções.

Quadro 2 – Funções do trecho objeto do Estudo

Função	Definição
Segurança do usuário	Risco de acidente pela traçado sinuoso
Segurança do usuário	Risco de acidente pela instabilidade de taludes próximos da pista.
Impacto ao patrimônio arqueológico	Atendimento a legislação para preservação ou resgate do patrimônio.
Impacto ambiental	Supressão de vegetação, alteração da paisagem, ruído, resgate de fauna e flora.
Impacto socioeconômico da obra	Interrupção do tráfego, acréscimo de custos de transporte, prazos excessivos e acessos a serviços.
Complexidade técnica da execução	Disponibilidade de mobilização de empresas.
Atratividade turística	Implantação de atrativos de contemplação da paisagem e visita aos sítios arqueológicos.
Operação e manutenção	Necessidade de operação e manutenção ao longo da vida útil.

1.5 Hierarquização das funções

Em primeiro lugar na hierarquização foi considerada a função de segurança do usuário, sob a condição de se evitar o risco aos usuários, devido ao acidente pelo escorregamento e rolagem de blocos.

Em segundo lugar de importância, ficou o impacto socioeconômico, devido as interrupções de tráfego na rodovia MT-251, em função da situação de risco no Portão do Inferno, com todas as consequências conhecidas dessa medida: aumento de custos de transportes e do tempo nas rotas de desvio, redução do número de turistas, entre outras.

A preservação do patrimônio arqueológico e o impacto ambiental, ocuparam respectivamente o terceiro e quarto lugares de importância.

As demais funções foram consideradas na análise e avaliação das alternativas para a solução do problema, mas com valores de importância menores.

2 PRINCIPAIS SOLUÇÕES ESTUDADAS

2.1 Retirada do maciço do Portão do Inferno

a) Justificativa

Essa alternativa tem por objetivo a retirada total do maciço do Portão do Inferno, promovendo uma solução definitiva do problema: deslizamentos de blocos e solos sobre a rodovia.

Solução não estrutural e, portanto, simples e de baixo custo. Aplicável para qualquer tipo de rocha ou solo e adaptável a todas as situações de esforços, sendo utilizado em larga escala para contenção de taludes que correm risco de deslizamento.

É um processo de terraplanagem através do qual se alteram, por cortes ou aterros, os taludes originalmente existentes em um determinado local para se conseguir uma estabilização dele.

Do ponto de vista econômico, o retaludamento é muito usado devido ao baixo custo em relação as alternativas, além da sua simplicidade e eficácia.

É associada a obras de controle de drenagem e proteção superficial, de modo a reduzir a infiltração de água no terreno e disciplinar seu escoamento, inibindo os processos erosivos.

Devido à extensão de aproximadamente 0,25 km, a execução desta obra tem custos reduzidos e o investimento deverá ser público.

b) Croqui

Apresentamos abaixo um traçado proposto para o retaludamento.

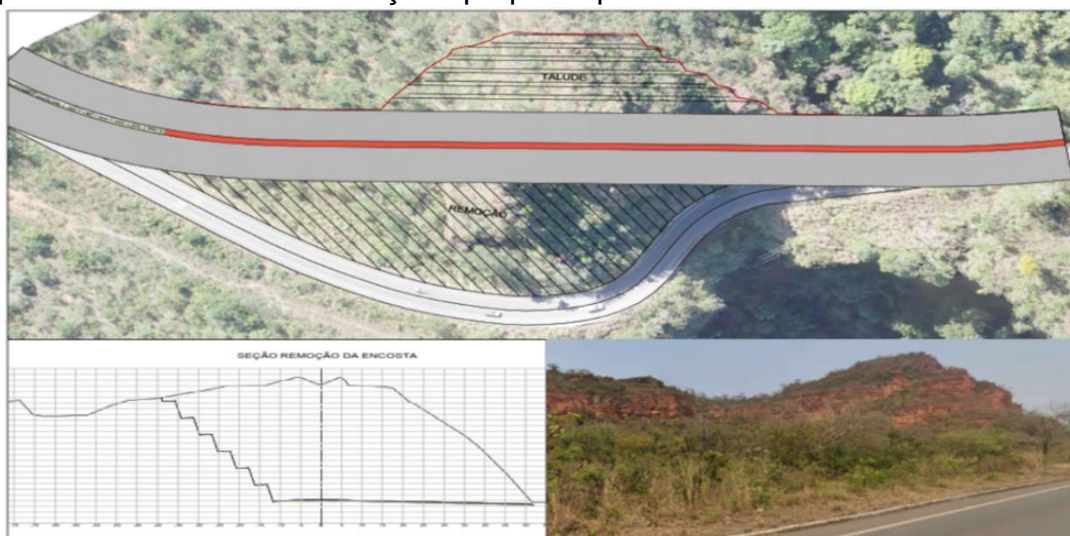


Figura - Traçado proposto de retaludamento.

c) Justificativas

O projeto tem como objetivo eliminar a curva acentuada no Portão do Inferno, um local propenso a frequentes acidentes. Esta modificação inclui o recuo da pista, afastando-a ainda mais do Portão do Inferno, e proporcionando uma faixa mais ampla e livre de obstruções. A reconfiguração do traçado visa aprimorar significativamente a segurança na área, reduzindo os riscos de acidentes e proporcionando uma passagem mais segura e confortável para os motoristas.

Como parte das medidas preventivas para mitigar o risco de acidentes devido à instabilidade dos taludes próximos da pista, está prevista uma intervenção na rocha adjacente. Esta intervenção consistirá no recuo da rocha para uma distância mais segura do Portão do Inferno, proporcionando uma melhor segurança. Essa medida visa aumentar a segurança dos usuários da estrada, protegendo-os contra os perigos associados a instabilidade dos taludes.

Impacto ambiental da obra

A solução de engenharia aqui proposta permite a adoção de medidas eficientes executáveis de forma concomitante com as etapas da obra para o controle e minimização dos impactos ambientais prognosticados.

Para canteiro de obras foi considerado fora da área do parque em espaço já antropizado, com intuito de minimizar seus impactos.

Impacto socioeconômico da obra

O tempo para execução da obra é curto, com possibilidade de interrupção de tráfego devido ao desmonte junto a rodovia.

A manutenção da estrada atual (problema de risco ao usuário permanece durante a obra, impactando o dia a dia da comunidade de Chapada dos Guimarães), com eventual diminuição da receita devido ao impacto direto sobre o fluxo de turistas. Demanda tratamento, mitigação e monitoramento dos taludes atuais da rodovia. Positivamente haverá geração de empregos e renda.

Complexidade técnica da execução

A complexidade técnica de execução é considerada baixa, porque se trata de tecnologia conhecida e dominada por empresas desse ramo de construção. Solução não estrutural e, portanto, simples e de baixo custo.

Atratividade turística

Ao mesmo tempo que a retirada do maciço pode impactar negativamente a atratividade turística, por outro lado, será possível utilizar a pista existente para a adequação de um mirante, que trará atratividade turística ao local.

Impacto ao patrimônio arqueológico

Impacto direto, porém devido a deterioração do local, a forma sugerida de conservação seria a retirada.

2.2 Falso túnel no Portão do Inferno

a) Justificativa

A alternativa de falso túnel se justifica à medida que causa menos intervenção no local, utiliza técnicas construtivas conhecidas, protege os usuários contra a queda de blocos e mantém a visibilidade da paisagem.

b) Exemplo de falso túnel



Figura 1 – Exemplo Falso Túnel

<https://tnsul.com/2024/06/03/tunel-falso-na-serra-da-rocinha-pode-ser-implantado-pelo-dnit/>

c) Justificativas

O traçado sofre pequena alteração, porém permanece a utilização da via existente, não melhorando no traçado existente, onde possuem curvas fora de norma para a velocidade da via e com possibilidade de acidentes dentro do falso túnel com maior dificuldade de resgate.

O falso túnel atende ao critério de segurança no que concerne a proteção na eventual queda de bloco é atenuada pelo teto do túnel.

Nesta intervenção que consideramos de menor impacto ambiental – Falso túnel, está não seria possível devido a falha geológica, com evolução da erosão

inferior do maciço futuramente vir a causar ruptura da OAE existente, interrupção total do trecho, tornando assim uma solução temporária.

Impacto ambiental da obra

A solução de engenharia aqui proposta permite a manutenção do maciço existente, popularmente como mirante do Portão do Inferno e se constitui como parte da cultura regional.

Nesta obra é possível a adoção de medidas eficientes executáveis de forma concomitante com as etapas da obra para o controle e minimização dos impactos ambientais prognosticados.

Para canteiro de obras foi considerado fora da área do parque em espaço já antropizado, com intuito de minimizar seus impactos.

Impacto socioeconômico da obra

O tempo para execução da obra é curto, com possibilidade de interrupção de tráfego devido a execução das vigas, paredes e lajes, podendo ser pré-moldadas facilitando a execução da obra.

A manutenção da estrada atual (problema de risco ao usuário permanece durante a obra, impactando o dia a dia da comunidade de Chapada dos Guimarães), com eventual diminuição da receita devido ao impacto direto sobre o fluxo de turistas. Demanda tratamento, mitigação e monitoramento dos taludes atuais da rodovia. Positivamente haverá geração de empregos e renda.

Complexidade técnica da execução

A complexidade técnica de execução é considerada baixa, porque se trata de obra estrutural simples de execução.

Atratividade turística

A execução deste serviço poderá gerar possíveis locais para implantação de belvederes para contemplação do cânion. Esses novos belvederes ampliam o potencial de contemplação de sítios que hoje são pouco ou nada acessíveis.

Impacto ao patrimônio arqueológico

Sem impacto direto, porem inviabiliza futura duplicação da rodovia. Sitio com deterioração do local, independente da obra sugere-se de conservação seria a retirada.

2.3 Túnel no Portão do Inferno

a) Justificativa

Neste estudo é proposto um túnel de aproximadamente 100 m, exige empresa especializada para execução devido ao grau de complexidade.

b) Croqui

Apresentamos abaixo um traçado proposto para o túnel.



Figura 2 – Traçado proposto para o túnel.

a) Justificativas

Traçado elimina a curva acentuada no portão do inferno, local de frequentes acidentes.

O túnel atende ao critério de segurança no que concerne a proteção do leito estradal. A eventual queda de bloco na entrada e saída do túnel será atenuada pelo falso túnel.

Obra de maior custo comparando as soluções anteriores, com necessidade de eventual com expertise na execução de túneis.

Impacto ambiental da obra

A solução de engenharia aqui proposta permite a manutenção do maciço existente, popularmente como mirante do Portão do Inferno e se constitui como parte da cultura regional.

Nesta obra é possível a adoção de medidas eficientes executáveis de forma concomitante com as etapas da obra para o controle e minimização dos impactos ambientais prognosticados.

Para canteiro de obras foi considerado fora da área do parque em espaço já antropizado, com intuito de minimizar seus impactos.

Impacto socioeconômico da obra

O tempo para execução da obra é maior que o retaludamento, necessitando a manutenção da estrada atual (problema de risco ao usuário permanece durante a obra, impactando o dia a dia da comunidade de Chapada dos Guimarães), com eventual diminuição da receita devido ao impacto direto sobre o fluxo de turistas. Demanda tratamento, mitigação e monitoramento dos taludes atuais da rodovia. Positivamente haverá geração de empregos e renda.

Complexidade técnica da execução

Será o primeiro túnel executado no Estado do Mato Grosso. Existem empresas nacionais capacitadas, porem dificuldade de disponibilidade de empresas locais com expertise, eventual consórcio com empresas locais poderá haver transferência de tecnologias. Túnel de baixa cobertura e maior complexidade de execução.

Atratividade turística

Há um potencial ecoturística. Poderá ser implantado mirante no Portão do Inferno na via existente.

Impacto ao patrimônio arqueológico

Impacto direto, porem devido a deterioração do local, a forma sugerida de conservação seria a retirada.

2.4 Retificação do traçado do Portão do Inferno

a) Justificativa

A retificação do traçado é proposta com o intuito de afastar a rodovia das encostas instáveis no trecho estudado.

Nesta solução haverá a necessidade de implantação de aproximadamente 1,2 km de rodovia, contemplando uma ponte com extensão aproximadamente 500 m.

b) Croqui

Apresentamos abaixo o traçado proposto para a variante.

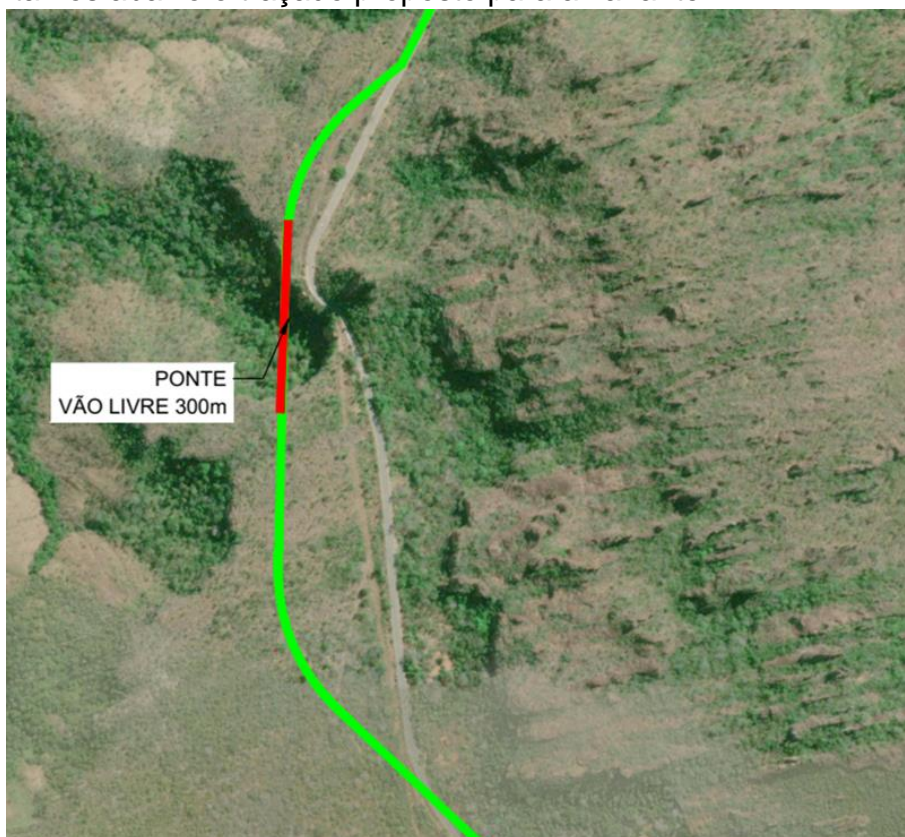


Figura 3 – Traçado proposto de variante

a) Justificativas

O projeto tem como objetivo eliminar o traçado existente, devido a adequação do traçado e retirada das curvas com velocidades reduzidas existentes no ponto do Portão do Inferno.

O risco de acidente pela instabilidade de taludes próximos da pista é eliminado, devido ao afastamento da pista dos taludes instáveis.

Impacto ambiental da obra

As análises iniciais apontam para um impacto ambiental relevante, visto a necessidade de área para implantação do novo traçado além da necessidade de caminhos de serviços na porção inferior do maciço, que poderá ser de grande extensão, visto que não há nenhum acesso consolidado nessa área do parque.

Impacto socioeconômico da obra

O tempo para execução da obra é a maior entre as opções, apesar de não haver necessidade de interrupção de tráfego na rodovia existente essa opção torna o risco na manutenção da via existente por mais tempo, podendo aumentar o risco de acidente devido a queda dos blocos.

A manutenção da estrada atual (problema de risco ao usuário permanece durante a obra, impactando o dia a dia da comunidade de Chapada dos Guimarães), com eventual diminuição da receita devido ao impacto direto sobre o fluxo de turistas. Positivamente haverá geração de empregos e renda.

Complexidade técnica da execução

Devido à altura dos pilares e vão livre necessário, as pontes poderão ser estaiadas ou em balanço sucessivo. Portanto, há uma complexidade na execução dos serviços.

Atratividade turística

Potencial de criação de pontos de contemplação, inclusive no local da ponte e áreas adjacentes.

Impacto ao patrimônio arqueológico

Os sítios arqueológicos existentes na região não são afetados pela obra. Porém a possibilidade de novos indícios de identificação de novas áreas de estudo, visto que o traçado tem como proximidade a estrada de escravos que era utilizada.

3 RESUMO DAS SOLUÇÕES E JUSTIFICATIVAS

Dentre as soluções acima destacadas, a que se mostrou melhor desempenho, menor custo, impacto e prazo foram o túnel e o retaludamento.

Neste caso pesou-se a decisão pela indicação do retaludamento devido a disponibilidade e expertise de mão de obra, principalmente no tempo de execução sendo a menor delas, gerando assim um ganho social relevante e custo final da execução.

Túnel, a dificuldade na disponibilidade de equipamentos e empresas com atestação para execução da obra no mercado local, tempo de execução e custo de execução, além de realizar o projeto se tornou a opção de difícil início imediato.

Já no caso da intervenção de menor impacto ambiental – Falso túnel, está não seria possível devido a falha geológica, com evolução da erosão inferior do maciço futuramente vir a causar ruptura da OAE existente, interrupção total do trecho, tornando assim uma solução temporária. Que tem como agravante a impossibilidade de duplicação da rodovia.

Para o projeto da variante, causaria um grande impacto ambiental, devido a desmatamento necessário a obra, além dos serviços de caminho de serviço para acessar a parcela inferior do maciço para auxílio das execuções da OAE, além do tempo extenso necessário a execução das obras e sendo a solução com custo extremamente mais onerosa que as outras opções.

O objetivo desse estudo é auxiliar à tomada de decisão pela Sinfra, entre as alternativas de soluções para o Portão do Inferno, observando os valores dessas alternativas, em relação ao desempenho de suas funções e os custos de implementação ao longo da vida útil do empreendimento.

Após aprofundamentos nos estudos chegaram-se a 2 soluções a saber:

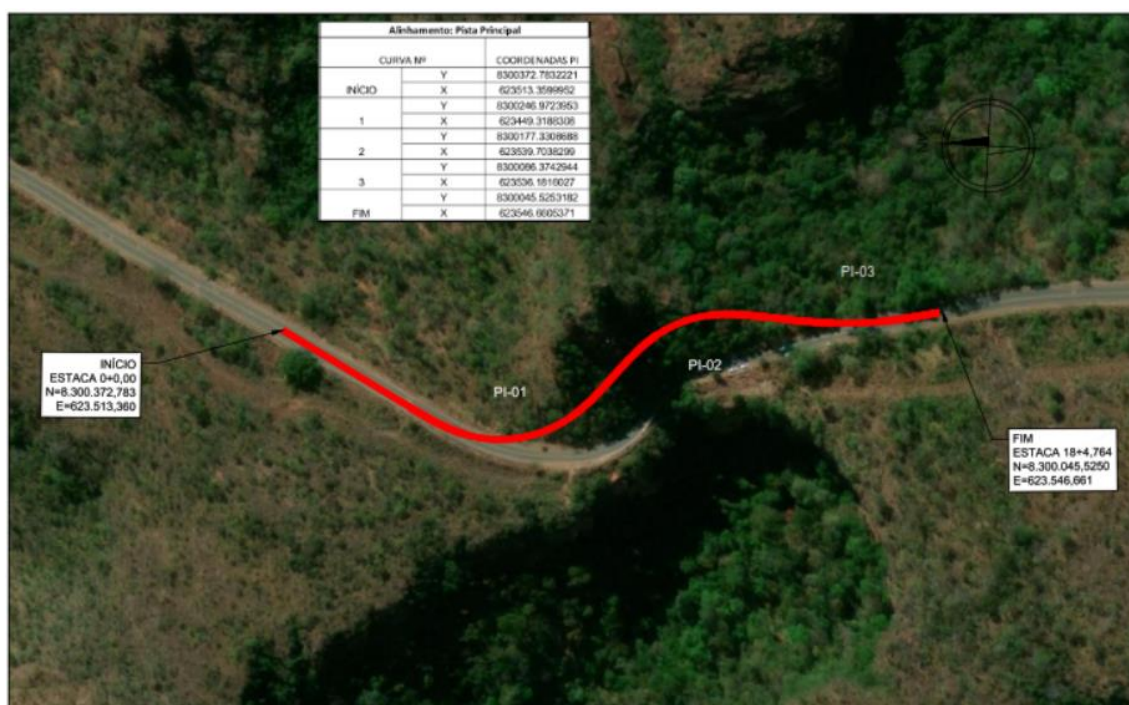
- Retaludamento
- Túnel Simples

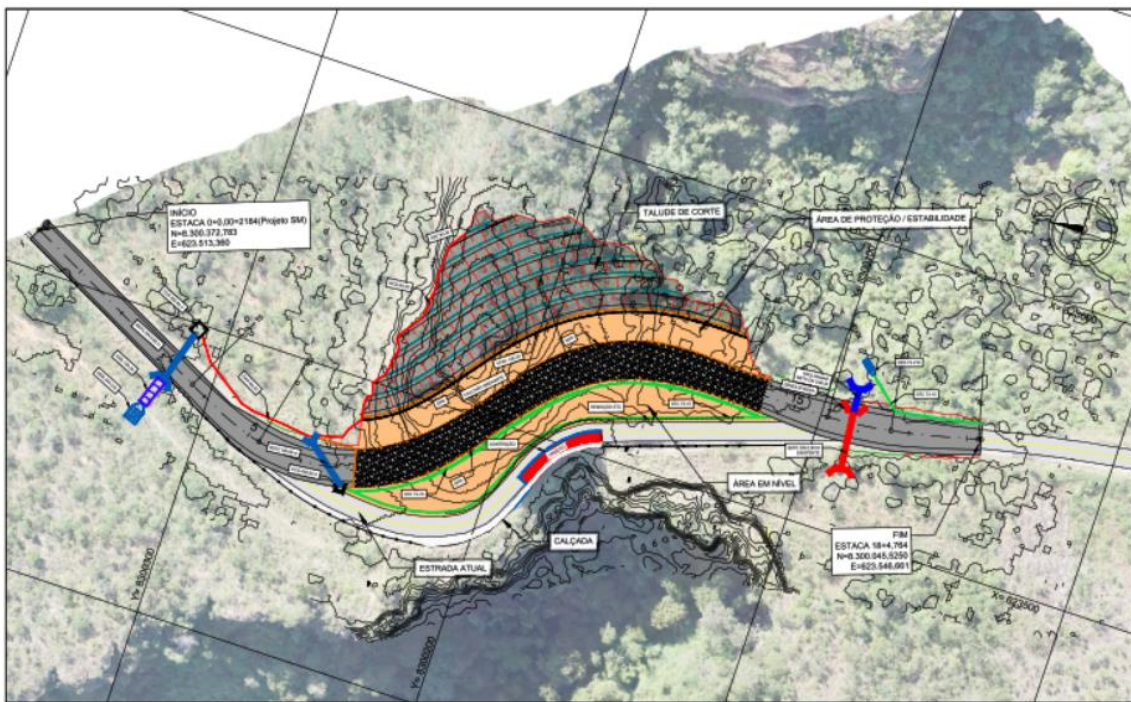
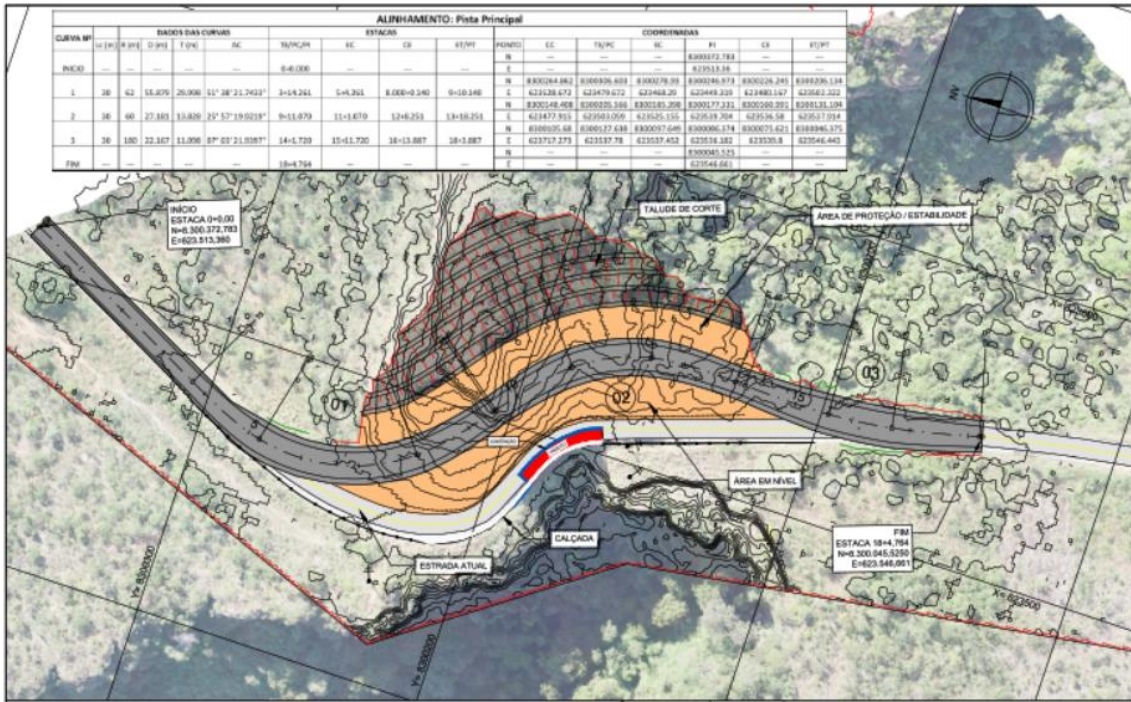
A alternativa de Retaludamento se apresentou com Valor agregado maior e menor custo em comparação ao túnel simples.

O projeto de Retaludamento do Portão do Inferno se desenvolve em aproximadamente 370m. A pavimentação será de concreto de espessura de 20 cm. O Retaludamento tem uma altura máxima de aproximadamente 65m. O Retaludamento avança aproximadamente 30m no pé do corte em direção ao Maciço do Portão do Inferno.

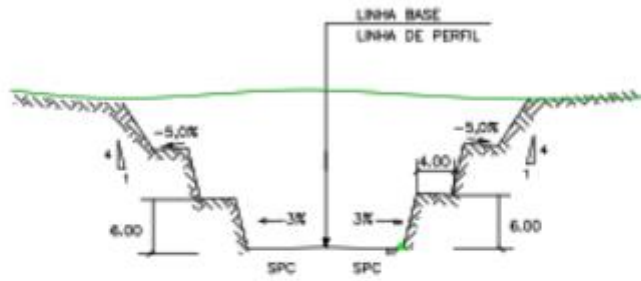
Recortes do Projeto Licitado

QUADRO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS								
RODOVIA: MT-020/MT-251 TRECHO: ENTR. MT-351(A)(FIM DUPLICAÇÃO) - DIV. CUIABÁ/CHAPADA DOS GUIAMARÃES								
CARACTERÍSTICAS DO TRAÇADO EM PLANTA			CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS					
DISCRIMINAÇÃO	UND	QUANT.	Região	ONDULADA / MONTANHOSA				
Raio Mínimo	m	60	Classe	III				
Raio Máximo	m	180	Velocidade	40 km/h				
Frequência do Raio Mínimo	un	1	Distância Mínima de Visibilidade (Parada)	45 m				
Frequência do Raio Máximo	un	1	Numero 'N'	$7,26 \times 10^4$				
Nº Total de Curvas	un	3	ISC do Subleito	6,00%				
Extensão em Tangente	m	79,537	CARACTERÍSTICAS DO TRAÇADO EM PERFIL					
Extensão em curva	m	285,227						
Extensão Total	m	364,764						
CARACTERÍSTICAS TRANSVERSAIS								
DISCRIMINAÇÃO	UND	QUANT.	CARACTERÍSTICAS DO TRAÇADO EM PERFIL					
Largura da Faixa de Domínio	m	2 x 20,00	DECLIVIDADE	RAMPA				
Larg. da Plataf. de Pavimento em Corte	m	10,60	LONGITUDINAL	MÁXIMA				
Larg. da Plataf. de Pavimento em Aterro	m	10,00		MÍNIMA				
Inclinação Transversal da Semi-plataforma	%	-3,00	VALOR %	EXTENSÃO (m)				
Superelevação Máxima	%	8,00		280,000				
Inclinação dos Taludes de Corte	H:V	1:1		84,764				
Inclinação dos Taludes de Corte em Rocha	H:V	1:4	COTAS MÁXIMAS					
Altura do Talude em Rocha	m	6,00						
Banqueta	m	4,00						
Inclinação dos Taludes de Aterro	H:V	1,5:1	COTA NOTÁVEIS	CONDICÕES	Cota	EST.	Localização	
Largura para Dispositivos de Drenagem	m	0,80		TERRENO	471,076	9+10,000	-	
Largura da Pista de Rolamento	m	2 x 3,50	GREIDE	429,000	18+4,764	-		
Largura do Acostamento	m	2 x 1,50	COTAS MÍNIMAS		CONDICÕES	Cota	EST.	Localização
					TERRENO	411,000	0+0,000	-
					GREIDE	411,832	0+0,000	-





CORTE EM TANGENTE



CORTE EM CURVA

