

SEINFRA – SECRETARIA DO ESTADO DA INFRAESTRUTURA



UFC ENGENHARIA S.A.

Contrato: 036/2025

Objeto: Contratação de empresa, ou consórcio de empresas, com prática na execução de serviços técnicos especializados, de caráter subsidiário e temporário em assessoramento nas áreas de engenharia, arquitetura, jurídica e apoio na gestão de ações e projetos no âmbito da Secretaria de Estado da Infraestrutura – SEINFRA.

Elaboração: UFC Engenharia S.A.

Produto: 03 - Assessoramento Técnico à Elaboração de Projetos e Orçamentos de Obras

MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA PONTE DO RIO DO PEIXE - GO

ABRIL / 2026

1. INTRODUÇÃO

O presente documento tem por objetivo apresentar e justificar tecnicamente as soluções adotadas no desenvolvimento do projeto de terraplanagem e do colchão Reno, referentes ao trecho destinado à implantação da nova ponte sobre o Rio do Peixe, no estado de Goiás. São descritos os principais critérios técnicos considerados, bem como as premissas de projeto que fundamentaram a elaboração das planilhas de cubação e o dimensionamento do colchão Reno.

Destaca-se que este documento corresponde à revisão do projeto anteriormente encaminhado em 15/04/2026, em razão da identificação de risco potencial de desprendimento dos elementos do sistema de contenção. Diante disso, procedeu-se à verificação da estabilidade do talude com base em dados obtidos por meio de sondagens rotativas realizadas nos encabeçamentos superior e inferior. A partir da análise dos esforços solicitantes e resistentes, obteve-se fator de segurança (FS) igual ou superior a 1,5, conforme resultados gerados pelo software GAWAC. Adicionalmente, o projeto revisado foi desenvolvido em conformidade com as diretrizes estabelecidas em reunião técnica realizada em 17/04/2026, com a participação de engenheiros civis da UFC e da SEINFRA.

Por fim, registra-se que a elaboração do presente projeto teve como referência o documento intitulado “*Volume 1 – Relatório de Projeto*”, disponibilizado pelo órgão competente, bem como os dados provenientes das sondagens rotativas e o acervo fotográfico encaminhado, os quais subsidiaram a definição e a concepção das soluções de engenharia adotadas.

2. HISTÓRICO PROCESSUAL

O quadro a seguir apresenta histórico processual dos documentos encaminhados pela empresa e respectivas confecção da SEINFRA/GO para o projeto em tela:

Item	Documento	Número SEI	Data de Encaminhamento	Descrição
1	SEI	88640639	10/04/2026	Apoio à modificação do posicionamento e ao detalhamento do colchão Reno, incluindo a caracterização da planilha de cubação e o desenvolvimento do projeto geométrico.
2	SEI	88640639	15/04/2026	Término dos projetos descritos no SEI nº 88640639.
3	SEI	88640639	29/04/2026	Término da revisão de projetos SEI nº 88640639.

3. NORMAS UTILIZADAS

Deve-se ressaltar que, para a elaboração dos projetos repassados pelo órgão competente, foram observadas normas e diretrizes técnicas específicas, adotadas como referência para garantir a conformidade técnica das soluções propostas. No que se refere ao projeto geométrico, foram considerados os critérios estabelecidos na IP-08 – Projeto Geométrico, nas diretrizes do DNIT para Projeto Geométrico, bem como nas recomendações da AASHTO (2011), especialmente no que diz respeito aos parâmetros de traçado, segurança e conforto operacional.

Para o projeto de terraplanagem, foram utilizadas como base as orientações do IPR/DNIT para projetos de terraplenagem, além das disposições constantes na IP-09 – Projeto de Terraplenagem, contemplando critérios de movimentação de terra, definição de cortes e aterros, e parâmetros técnicos para execução.

4. PROJETO DE TERRAPLANAGEM

4.1.1. Critérios para Execução das Camadas de Compactação

Para a execução dos serviços de terraplenagem, adotam-se as diretrizes estabelecidas na Instrução de Projetos Rodoviários IP-09 GOINFRA (2018), bem como as recomendações usuais do DNIT para controle tecnológico de obras rodoviárias.

As camadas de aterro, reforço e regularização do subleito deverão ser executadas em espessuras máximas compactadas compreendidas entre 20 cm e 25 cm, adotando-se preferencialmente a espessura de 20 cm como valor de referência para controle executivo.

A adoção dessa espessura visa: Garantir adequada homogeneidade e controle tecnológico, assegurar eficiência na transferência de tensões entre camadas, permitir adequada penetração da energia de compactação e minimizar riscos de recalques diferenciais.

De maneira concomitante, deverá ser assegurada a execução de, no mínimo, três camadas controladas abaixo do greide de terraplenagem, seja em situação de corte ou aterro, conforme aplicável ao trecho. Nos casos de cortes com aproveitamento de material ou substituição por insuficiência de capacidade de suporte, deverá ser realizado o rebaixamento conforme definido em projeto, mantendo-se o critério de execução em camadas sucessivas com controle individual de compactação.

4.1.2. Grau de Compactação Exigido

O grau de compactação das camadas deverá atender aos seguintes parâmetros:

a) Corpo de Aterro

Para o corpo de aterro (camadas situadas abaixo do último metro), será exigido grau mínimo de compactação equivalente a $GC \geq 95\%$ do Proctor Normal

b) Camada Final de Aterro (último 1,00 m)

Para o último metro abaixo do greide de terraplenagem, será exigido $GC \geq 100\%$ do Proctor Normal

4.1.3. Controle Tecnológico

O controle da compactação deverá ser realizado por meio de ensaios de densidade in situ (método do frasco de areia ou balão volumétrico devidamente calibrado), comparando-se a densidade obtida com a densidade máxima seca determinada em laboratório pelo ensaio de Proctor Normal.

A frequência dos ensaios deverá atender às especificações técnicas vigentes e às exigências contratuais, garantindo rastreabilidade e conformidade com o projeto.

4.2. Planilha de Cubação

A planilha de cubação representa os volumes de corte e aterro calculados ao longo do alinhamento do projeto, a partir das *Sample Lines*, que correspondem às seções transversais distribuídas ao longo do eixo da via. Por meio dessas seções é possível determinar as áreas de corte e aterro e, conseqüentemente, os volumes movimentados entre estacas consecutivas. Conforme apresentado na tabela 1 e 2 a seguir, observa-se que, no trecho correspondente ao projeto de encabeçamento da ponte, há volumes de aterro.

Observação: O referencial adotado é o sentido do fluxo de água do rio

Tabela 4.1 – Planilha de Cubação do Alinhamento Inferior (Lagolândia) do Muro de Gabião + Colchões Reno sobre o Rio do Peixe

Estaca	Área de Corte (m ²)	Área de Aterro (m ²)	Volume de Corte (m ³)	Volume de Aterro (m ³)	Volum. Corte Acum. (m ³)	Volum. Aterro Acum. (m ³)	Volume Líquido (m ³)
0+0,00	0,33	0	0	0	0	0	0
0+10,00	0,48	0	5	0,01	5	0,01	4,99
1+0,00	0	2,32	1,98	7,25	6,98	7,26	-0,28
1+4,08	2,41	2,61	4,09	9,05	11,07	16,31	-5,24
1+10,00	10,33	0,42	43,7	7,24	54,77	23,55	31,22

Tabela 4.4 – Planilha de Cubação do Alinhamento Superior (Vila Propício) do Muro de Gabião + Colchões Reno sobre o Rio do Peixe

Estaca	Área de Corte (m²)	Área de Aterro (m²)	Volume de Corte (m³)	Volume de Aterro (m³)	Volum. Corte Acum. (m³)	Volum. Aterro Acum. (m³)	Volume Líquido (m³)
0+0,37	0	0	0	0	0	0	0
0+5,00	0,09	0,98	0,17	1,36	0,17	1,36	-1,19
0+7,46	0,89	0,09	1,29	1,01	1,46	2,37	-0,91
0+10,00	0,18	0,01	1,56	0,09	3,03	2,46	0,57
0+15,00	0,04	0,08	0,65	0,16	3,68	2,62	1,06
0+17,49	0	0,25	0,05	0,36	3,72	2,98	0,74
1+0,00	0,03	0,05	0,03	0,32	3,76	3,3	0,46
1+4,67	0	0	0,05	0,08	3,81	3,38	0,44

Tabela 4.3 – Movimentação - Encabeçamento

ESTACA	ÁREA DE CORTE (m²)	ÁREA DE ATERRO (m²)	VOLUME DE CORTE (m³)	VOLUME DE ATERRO (m³)	VOL. DE CORTE ACUM. (m³)	VOL DE ATERRO ACUM. (m³)
0+0,000	0	0	0	0	0	0
1+0,000	0	0	0	0	0	0
2+0,000	0	0	0	0	0	0
3+0,000	0	54,78	0	547,83	0	547,83
3+6,467	0	61,1	0	374,7	0	922,53
4+0,000	0	73,42	0	905,87	0	1828,41
4+18,089	0	89,18	0	1459,46	0	3287,86
5+0,000	0	91,18	0	172,29	0	3460,15
5+12,724	0	93,31	0,02	1164,6	0,02	4624,75
5+14,505	0,01	93,75	0,01	166,53	0,03	4791,27
6+0,000	0,06	96,86	0,17	520,52	0,19	5311,79
6+9,711	0	127,68	0,25	1082,49	0,44	6394,28
7+0,000	0	41,92	0	872,5	0,44	7266,79
7+2,400	0	37,8	0	95,66	0,44	7362,45
8+0,000	0	0	0	0	0,44	7362,45
9+0,000	0	0	0	0	0,44	7362,45
10+0,000	0	0	0	0	0,44	7362,45
10+5,516	3,5	0	9,62	0	10,06	7362,45
10+7,400	0	8,98	0	0	10,06	7362,45
10+17,110	0	40,63	0	240,85	10,06	7603,3
10+18,319	0	37,95	0	47,46	10,06	7650,76
11+0,000	0,12	33,85	0,12	60,35	10,18	7711,11
11+16,073	0,42	4,22	4,82	302,35	15	8013,46
12+0,000	0	0	0,9	8,2	15,9	8021,66

12+13,827	0	0	0	0	15,9	8021,66
12+18,932	0	0	0	0	15,9	8021,66

Ao final da planilha de cubação, pode-se dizer que as quantidades de movimentação de terra é:

Tabela 4.3 – Movimentação Total

1. Terraplenagem, escavações e reaterros		
Descrição	Unidade	Valores
1.1. Aterro	m ³	8048,6
1.2. Corte	m ³	74,5
1.3. Aproveitamento	m ³	74,5
1.4. Bota-fora	m ³	0,0
1.5 Material de Jazida	m ³	7974,1

5.3. Caracterização do Talude (Corte e Aterro)

Para realização da seção de terraplenagem foi feita a modelagem das seções transversais do projeto de terraplenagem. Foram adotados parâmetros geométricos padronizados para a definição dos taludes de corte e aterro. Os critérios adotados tiveram como referência as diretrizes estabelecidas nas Notas do DER-SP.

O talude de aterro foi definido com inclinação de 1,50H:1,00V. A largura máxima de saída do aterro no eixo X foi limitada a altura de 68, com o objetivo de controlar a extensão lateral da seção de terraplenagem. Em projeto, observa-se que essa distância não foi alcançada.

Para os taludes de corte, foi adotada inclinação de 1,00H:1,00V, com largura máxima de saída no eixo X de 8,00 m. Em projeto, observa-se que essa distância não foi alcançada.

Como parâmetros complementares de modelagem, foi considerado prolongamento do talude de corte de 0,50 m e prolongamento do talude de aterro de 1,00 m.

5.4. Brita Graduada Simples (BGS)

Para proporcionar melhores condições de assentamento e maior estabilidade ao tráfego de veículos sobre o encabeçamento da ponte, prevê-se a execução de uma camada de 15 cm de espessura de BGS sobre o aterro constituído por material de primeira categoria. A adoção dessa

solução tem como objetivo minimizar deformações superficiais iniciais e garantir melhores condições de trafegabilidade e conforto aos usuários até a implantação definitiva do pavimento flexível.

Para efeito de quantitativo, considerou-se a execução da camada de BGS em uma extensão de 100 m antes e 100 m após a ponte, ao longo de uma largura de 10,30 m, resultando em um volume total estimado de 309 m³.

5. PROJETO GEOMÉTRICO

Para o projeto geométrico, foram consideradas apenas as notas dos alinhamentos utilizadas para a definição do corredor. Essa simplificação decorre da própria simplicidade do empreendimento, no qual foram observadas as diretrizes estabelecidas na IP 08 – Projeto Geométrico da GOINFRA.

No caso específico do encabeçamento da ponte, o alinhamento horizontal apresenta-se praticamente retilíneo, enquanto o greide vertical possui raio de curvatura compatível com o futuro projeto de adequação da via. (Mostrado em projeto, a partir do alinhamento “Adequação da Via”).

Ainda assim, deve-se ressaltar que as orientações de projeto foram seguidas:

- Classificação da rodovia: Classe II – pista simples (Relevo: Ondulado);
- Velocidade de projeto: 70 km/h;
- Relevo considerado: ondulado;
- Largura da faixa de rolamento: 3,60 m;
- Largura do acostamento externo: 2,50 m;
- Raio mínimo de curva horizontal: 170 m;
- Rampa máxima longitudinal: 6%;
- Distância mínima de visibilidade de parada: 105 m;
- Distância mínima de visibilidade de ultrapassagem: 485 m;
- Taxa máxima de superelevação: em_{ax} = 8%

O veículo-tipo utilizado no desenvolvimento do projeto geométrico foi o Semirreboque:

Figura 5.1. Representação do Veículo Tipo Semi-Reboque (SR)

VEÍCULO TIPO SEMI-REBOQUE (SR)

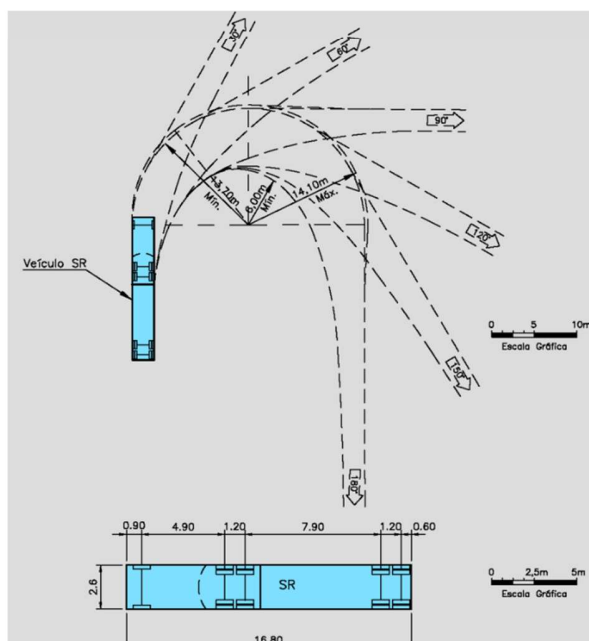


Figura 5.2. Raios de Giro. Semi reboque

5.1. Pontos Geométricos da Via

Por fim, a tabela 4.1 apresenta os pontos geométricos do alinhamento do encabeçamento da ponte:

Tabela 4.1 – Alinhamento sobre Rio do Peixe

ALINHAMENTO

SOBRE RIO DO PEIXE

ESTACAS: 0+00,000 À 5+08,000

4.1.1.1 TANGENTE

DESCRIÇÃO	ESTACAS	NORTE	ESTE
INÍCIO:	0+00,000	8.274.225,0710	711.813,7800
FIM:	5+08,000	8.274.321,3810	711.898,0912

CARACTERÍSTICAS DA TANGENTE

TIPO	VALOR	PARÂMETRO	VALOR
COMPRIMENTO:	128,000	ÂNGULO:	41° 11' 57,8058"

6. ANCORAGENS NO COLCHÃO RENO

A seguir é feito os cálculos para o ancoramento do colchão reno, visto que há possibilidade do aumento do N.A do Rio do Peixe em detrimento

6.1. Dados de entrada:

- Vazão do rio: 480 m³/s
- Declividade do talude: 4% (S = 0,04)
- Profundidade aproximada: 2,5 m
- Solo: Argila siltosa
- Espaçamento dos grampos: Cada 40cm

- Diâmetro do grampo: 16 mm CA-50 com Nervura

- Comprimento do grampo: 100cm

6.2 Tensão hidráulica atuante:

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot S$$

$$\tau = 9810 \cdot 2,5 \cdot 0,04 \approx 981 \text{ N/m}^2 \approx 1,0 \text{ kPa}$$

Onde:

γ = *Peso específico da Água*

R = *Raio hidráulico*

S = *Rugosidade da margem*

6.3 Força de arraste por área:

$$F = \tau \cdot A$$

Então para 1 m² de área temos: $F \approx 1000 \text{ N/m}^2$

6.4 Área de influência por grampo:

$$A = 0,40 \times 0,40 = 0,16 \text{ m}^2$$

6.5 Força solicitante por grampo:

$$F_g = 1000 \cdot 0,16 \approx 160 \text{ N}$$

6.6 Verificação de arrancamento:

$$Q = \pi \cdot d \cdot L \cdot \tau_{\text{solo}}$$

$$Q = 3,14 \cdot 0,016 \cdot 0,40 \cdot (20\text{kPa para Argila Siltosa})$$

$$Q = 0,4\text{kPa} = 400\text{N}$$

6.7 Verificação de segurança:

Tensão de Solicitação: 90 N

Tensão Resistente: 400N

Fator de segurança: $4,4 = FS > 4$

O sistema de ancoragem dimensionado pra resistir as tensões hidráulicas atuantes.

7. Considerações Finais

Recomenda-se controle na parte da execução, principalmente na hora da compactação do aterro para garantir boa compactação de projeto e aumentar proteção contra erosão local. Se possível utilizar solo cimento na ancoragem.

Os projetos de infraestrutura para o Rio do peixe foram atendidos, dentro daquilo que a ordem de serviço pede:

- Perfil longitudinal da rodovia no trecho do encabeçamento (Projeto - DWG);
- Seções transversais (Projeto – DWG);
- Indicação das cotas do encontro da ponte (Projeto – DWG);
- Quantificação do volume de corte e aterro (Memorial de Cálculo – Planilha de Cubação e Projeto);
- Indicação da altura do aterro (Projeto);
- Definição da inclinação dos taludes (Memorial e Projeto);
- Definição da plataforma superior (Projeto);
- Indicação da largura da base do aterro (Projeto);
- Definição das camadas de compactação com espessura entre 20 cm e 25 cm (Memorial e Projeto);
- Indicação do grau de compactação exigido (Memorial e Projeto);
- Detalhamento do Colchão Reno e suas respectivas mudanças (Projeto).

Maurício Massaki Asano Engenheiro Civil CREA 36.099/D-DF	Hugo José de Carvalho Neto Engenheiro Civil CREA RNP: 1018075658D-GO
Murilo Meiron de Pádua Soares Engenheiro Civil CREA 11.520/D-GO	Thiago Alves Silva Superintendente de Projetos e Orçamento de ObrasResponsável pela Validação da Análise Técnica