TRANSPETRO	RELATÓRIO	Nº: RL-337-FD	
	CLIENTE: TP/DDT/DTSSPCO/UO-SUL/DTS/MNF		FOLHA: 1 De 9
	PROGRAMA: INTEGRIDADE - GEOTECNIA		-
	ÁREA: FAIXAS DE DUTOS UO-SUL		
UO-SUL/DTS/MNF	TÍTULO: DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO CONTRA CORRIDA DE DETRITOS NOS KM 52+525, 54+100 DA FAIXA OLAPA		NP-1
			DTSSPCO/UO-SUL/DTS

ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	Emissão Original

	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	24/02/2026								
PROJETO	MNF								
EXECUÇÃO	T4H8								
VERIFICAÇÃO	G85M								
APROVAÇÃO	T4H8								

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.
FORMULÁRIO PERTENCENTE À PETROBRAS N-0381 REV. L

PÚBLICA

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO 4

2 LOCAIS DOS PROJETOS 4

3 CRITÉRIOS DE PROJETO E DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS 5

4 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ARMADURAS 7

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 9

PÚBLICA

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é dimensionar a proteção contra corrida de detritos nas travessias dos km 52+525 e 54+100. Os pontos foram definidos por um estudo contratado externamente em 2012 e validados na inspeção sazonal de 2017 após o incidente da corrida do km 48+670 da Faixa Ospar.

Atualmente, as corridas de detritos são amplamente relatadas pela literatura geotécnica em seus aspectos de caracterização, classificação e determinação de potencial destrutivo. Contudo, existem poucos estudos sobre a proteção de obras lineares como estradas, linhas de transmissão e faixas de dutos. Também é inexistente na literatura e na boa técnica a definição de uma filosofia de projeto para o dimensionamento geotécnico das soluções.

O conceito da estrutura proposta é baseado na experiencia da TRANSPETRO publicada nos trabalhos de Piedade Junior et al. (2019) e Serra et al. (2023) onde se propõe uma placa de concreto superficial e ancorada com uma parede de montante. As solicitações serão compostas por forças de arraste e impacto de blocos na estrutura.

Os dados do dimensionamento foram obtidos nos documentos de referência. Em momento anterior dos projetos, foram contratados estudos de reforço para as travessias onde foi feita a caracterização das bacias, dimensionamento de canais reforçados e desenhos pré-executivos. Em análise dos projetos, a TRANSPETRO admite que a fundação das estruturas em estacas raiz pode ser otimizada mantendo-se os demais elementos anteriormente calculados. Para tanto, será necessário alterar a profundidade das vigas de ancoragem.

As resistências são compostas pelo empuxo passivo da parede de ancoragem e pela força de atrito entre a estrutura e maciço local. Os esforços solicitantes serão obtidos de chuvas com TR=100 anos tidos como acidentais. A composição da verificação será por variante de estados limites últimos.

Uma vez que os documentos, embora contratados externamente, são de propriedade da Contratante, a TRANSPETRO se valerá da prerrogativa de assumir a responsabilidade por alterar os projetos e assim descaracterizar as responsabilidades e atribuições da Contratada.

Documentos de referência

- RL-4350.11-6500-115-RBU-002 - Dimensionamento Proteção Travessia;
- DE-4350.11-6500-115-RBU-003, 004 - Planta de Situação / Seções Longitudinais Dutos;
- RL-4350.11-6500-115-RBU-006- Dimensionamento Proteção Travessia;
- DE-4350.11-6500-115-RBU-008, 009 - Planta de Situação / Seções Longitudinais Dutos;

2 LOCAIS DOS PROJETOS

A Figura 2.1 e 2.2 mostram os locais a serem reforçados. A Tabela 2.1 mostra as características das bacias.





Figura 2.1 – km 52+525.

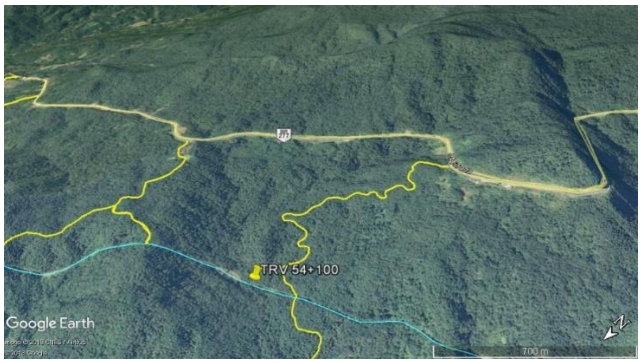




Figura 2.2 – km 54+100.

Tabela 2.2 – Características das bacias.

Travessia	Área (km2)	Declividade	Q100 (m3/s)
52+525	8,59	0,55	94,2
54+100	3,46	0,8	50,6

3 CRITÉRIOS DE PROJETO E DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS

Em que as valorosas pesquisas e publicações sobre a conceituação, caracterização, avaliação de riscos, previsão de esforços e proposição de obras mitigadoras, a literatura geotécnica é escassa na diretriz de projeto focada na filosofia dos estados limites últimos. A análise de risco é feita de forma determinista pela adoção do tempo de retorno de projeto entre 100 e 200 anos. Os esforços são obtidos a partir destas vazões.

Por outro lado, a luz das melhores práticas como o EUROCODE 7 e a NBR 8681, é necessário identificar os tipos de esforços solicitantes, sua probabilidade de ocorrência e pertinência ou não de majorar os esforços. Da mesma forma as resistências precisam ser conceituadas e minoradas.

A proposição de um projeto de proteção contra corrida de detritos deve seguir as premissas regionais guiadas pela restrição de acessos, restrição de recursos, restrições ambientais e de uso e ocupação. Há que se ter em mente que o gatilho iniciador de corridas na Serra do Mar entre o Paraná e Santa Catarina são as chuvas intensas da ordem 150 mm em uma hora. Tais eventos tem ocorrência na região a cada 20 ou 30 anos de modo que quando ocorrem apresentam elevada vazão e transporte de blocos superiores a 1 m.

Para fins de comparação, a NBR 8681 estabelece que ações variáveis são relacionadas para 25% a 35% de probabilidade de ocorrência em 50 anos. Isso equivales a TR de 150 a 200 anos. Assim, uma vazão centenária pode ser considerada quase que como de recorrência permanente.

Nesse cenário, TR=100 anos será considerado uma carga acidental e por facilidade de composição será majorado em 1,4 conforme a norma brasileira de segurança. As resistências serão minoradas por 1,5 conforme valor mínimo utilizados para deslizamento de taludes e de muros de arrimo.

O carregamento será dado pela pressão de arrasto distribuída na área de batimento da vida. O impacto de blocos concomitante ao arrasto pode ocorrer e deverá ser adotado como força. O valor do coeficiente de arrasto Cd será de 1,0. Conforme a NBR 8681, pode majorar cargas pela incerteza de sua ocorrência e pela incerteza de sua determinação pelos métodos de cálculo. Neste caso, se considera que a adoção de TR=100 anos ao invés do TR=2 anos compensa a incerteza da ocorrência, ao passo que o fator de majoração corrige as limitações quanto a determinação.

As hipóteses de cálculo por estados limites são:

- Hipótese 1 – Acidental. Majorando as força de arrasto da TR=100 anos por fator de 1,4;

$$\mathbf{1,4 \times F_{hip1} < R/1,5}$$

- Hipótese 2 – Excepcional. Somando a Força de arrasto com o impacto do bloco sem majoração.

$$\mathbf{1,0 \times F_{hip2} < R/1,5}$$

A Tabela 3.1 mostra os dados do depósito de detritos local. Também são determinados os empuxos passivos para embutimento de viga de 1,5 m e de 2 m e também o cisalhamento no contato entre o depósito e a laje de concreto. Considerada espessura da laje de 25 cm.

Tabela 3.1 – Dados do solo local e empuxo para h=1,5 m.

ϕ	25	°
kp	2,46	
h	1,5	m
γ sub	8	kN/m3
EP/m	22,14	kN/m
σ'v	4,5	kN/m2
Atrito na interface	2,1	kN/m2

Tabela 3.2 – Dados do solo local e empuxo para h=2 m.

ϕ	25	°
kp	2,46	
h	2	m
γ sub	8	kN/m3
EP/m	39,36	kN/m
σ'v	4,5	kN/m2
Atrito na interface	2,1	kN/m2

Os esforços são determinados pela pressão de arraste da estrutura aplicada na área de batimento da viga de montante. A equação 1 foi utilizada para determinação da força de arraste.

$$F = 0,5 \times \rho \times Cd \times A \times v^2/1000 \qquad (1)$$

Onde:

- ρ é a densidade da corrida em fluxo (kgf/m3);
- Cd é o Coeficiente de Arrasto;
- A é a área de batimento da vida e bordas da laje (m2);
- F é a força em kN;
- v é a velocidade da corrida.

Para o cálculo da força de impacto pode-se utilizar a equação 2.

$$F = 2 \times \rho \times A \times v^2/9,8 \qquad (2)$$

Onde:

- ρ é a densidade da corrida em fluxo (kN/m3);
- A é a área de batimento de um bloco de 1 m de aresta (m2);
- v é a velocidade da corrida;
- F é a força em kN.

A Tabela 3.3 mostra as determinações das forças de arrasto e de impacto de blocos para as bacias e as cargas das hipóteses 1 e 2. A Tabela 3.4 e 3.5 mostra a determinação dos empuxos passivos e sua minoração.

Para o km 54+100 foi necessário aumentar o embutimento das vigas de montante e de jusante em 50 cm, ficando assim com 1,5 m. Para o km 52+525 foi necessário aumentar a profundidade da viga em 0,7 m chegando a 1,7 m.

Tabela 3.3 – Determinação dos esforços.

		Força de arrasto				Impacto de bloco			Hipótese 1		Hipótese 2	
FX	Travessia	Cd	V (m/s)	Área de aplicação	F arrasto	bloco	F impacto (kN)		F arrast x 1,4	Status	Farrast+bloco	Status
OL	52+525	1,0	8,0	15,1	574	1,0	342,7		804	ok	916,7	ok
OL	54+100	1,0	6,7	25	667	1,0	240,6		934	ok	907,9	ok

Tabela 3.4 – Determinação das resistências km 54+100.

	Empuxos						Atrito na base				Resist. De cálculo	
Travessia	h (m)	Ep kN/m	Larg. Viga	Ep kN/m	Viga de jusante	EP	Largura fundo (m)	Comp. Canal	Tensão/m2	Atrito total	Rúlt	Rd
54+100	**1,5**	22,1	17,6	22,1	12	655	15,6	25,0	2,1	819	1474	983

Tabela 3.5 – Determinação das resistências km 54+100.

	Empuxos						Atrito na base				Resist. De cálculo	
Travessia	h (m)	Ep kN/m	Larg. Viga	Ep kN/m	Viga de jusante	EP	Largura fundo (m)	Comp. Canal	Tensão/m2	Atrito total	Rúlt	Rd
52+525	1,7	28,4	12	28,4	12	683	14,0	25,0	2,1	735	1417,5	945

4 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ARMADURAS

No projeto existem 4 locais típicos onde as armaduras devem ser discutidas. O primeiro é sobre a largura da viga e sua armadura. Em seguida enumera-se a armadura da laje e a armadura dos degraus. Por fim será discutida a parede lateral das proteções.

- A largura da viga foi definida para atender aos cavaletes das estacas raiz otimizadas. Sua armadura de pele de 12,5 mm atende a armadura mínima de 1 m de largura. **Esse detalhe é mostrado na Figura 4.1 e deverá ser redimensionado conforme diagrama da Figura 4.4**;

- A armadura da laje é de 10 mm, porém não está definido o espaçamento do aço. **Esse item deverá ser verificado**.
- Os degraus se constituem de vigas de 80 cm de lado com rigidez para transicionar os desníveis. **Esse aspecto não deverá ser discutido**.
- Por fim, as paredes foram projetadas como lajes engastadas no fundo utilizando-se de armaduras de 10 mm a cada 15 cm. Essa armadura é equivalente a 1 barra de 12,5 mm a cada 25 cm. Essa armadura deverá ser revista e deverá ser coerente com o dimensionamento do engaste. **Esse aspecto não deverá ser discutido**.

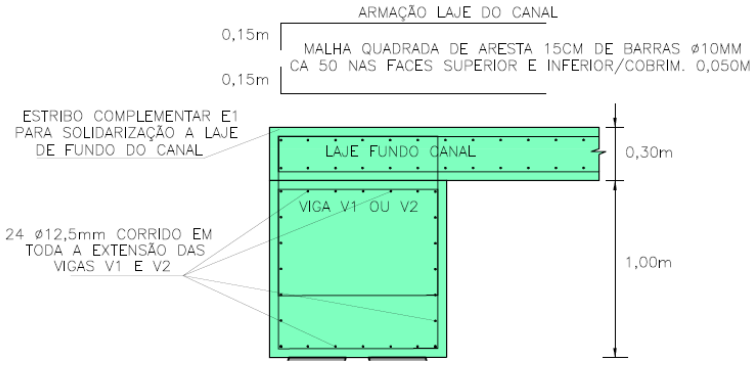


Figura 4.1 – Engaste entre a viga de ancoragem e laje.

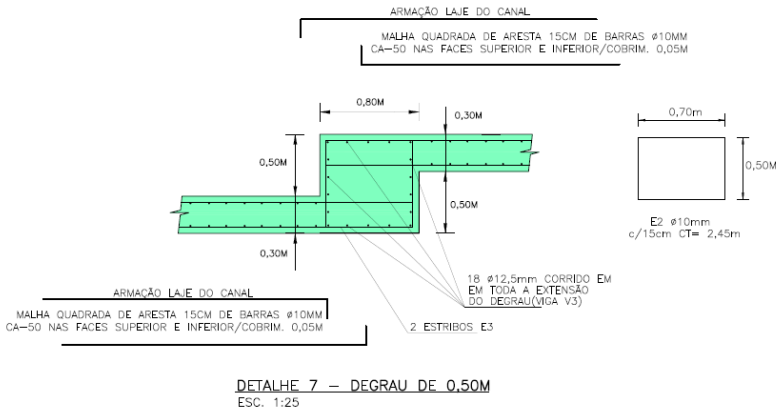


Figura 4.2 – Degraus na laje.

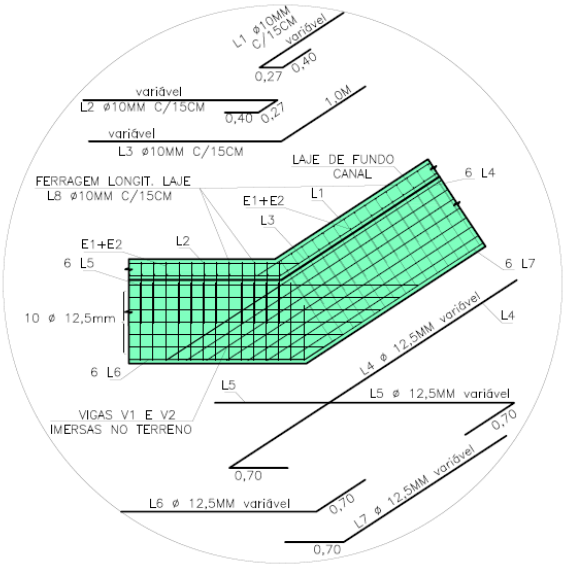


Figura 4.3 – Armadura de pele da viga e da parede da proteção.

De modo a otimizar a seção das vigas e adequar as armaduras recomenda-se utilizar o seguinte diagrama de cargas para o engaste para os km 52+525 e 54+100.

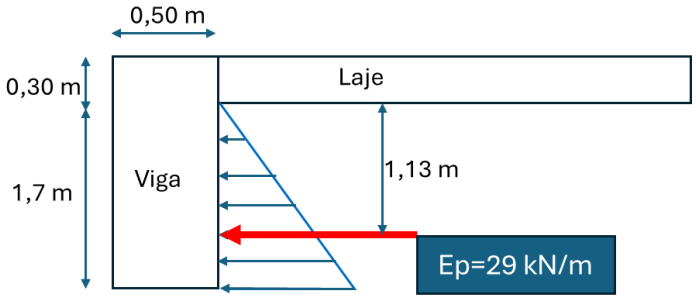


Figura 4.4 – Diagrama de cargas para dimensionamento do engaste.

O empuxo foi calculado para o embutimento de 1,7 m, γsub = 8 kN/m3 e ϕ = 25°.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das análises apresentadas recomenda-se para a correção desenhos:

a) Remover as estacas, porém com alteração da profundidade das vigas;
   a. As vigas de montante e jusante do km 52+525 deverão ter 1,7 m;
   b. As vigas de montante e jusante do km 54+100 deverão ter 1,50 m;

b) Caso não seja possível escavar nas profundidades indicadas deve-se colocar paredes laterais na forma de aletas de no a compensar o empuxo passivo;

c) As vigas podem ser otimizadas para largura mínima de 50 cm devendo-se suas armaduras ser redimensionadas;

d) Acertar a angulação de entrada e saída da proteção de modo a evitar sair demasiadamente dos limites da faixa de dutos;

e) Pequenas alterações de representação conforme orientação;

f) Redimensionar a largura das vigas e o engaste conforme diagrama de cargas anexado;

g) Verificar o dimensionamento do espaçamento das armaduras da laje.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – NBR 8681 (2003), "*Ações e segurança nas estruturas*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

EUROCODE 7 (1997-1), "*Proyecto Geotécnico"*. Norma Europea Experimental. AENOR – Asociación Española de Normatización y Certificación. Madrid.

Piedade Junior, C. R. C., Rigo, M. L., Langone, M. J. Cruz, K. V., De Paula, H. X., Cordeiro, G. L., Oliveira, H. R. (2019). "*DEBRIS FLOW IN SERRA DO MAR/PR, BRAZIL, IN 2017: DAMAGES TO RIGHT OF WAY, RECOVERY AND PROTECTION ACTIONS*". Rio Pipeline Conference & Exhibition, Rio de Janeiro.

Mascarenhas, P. V. S., Russo Jr, W. C., Santos, T. C, Guimarães Neto, J. D. (2023), "*PRIORITIZATION CRITERIA FOR DEBRIS FLOW ENGINEERING WORKS TO PROTECT PIPELINES IN THE BRAZILIAN SERRA DO MAR REGION, SÃO PAULO.* IPG – International Pipeline Geotechnical Conference, Bogotá.