



Contrato N° 40/2022 - MDR

SERVIÇOS DE ENGENHARIA CONSULTIVA DE GERENCIAMENTO PARA TODAS AS ATIVIDADES INTRÍNSECAS AO GERENCIAMENTO DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO COM BACIAS DO NORDESTE SETENTRIONAL - PISF; E DE ENGENHARIA CONSULTIVA DE SUPERVISÃO DAS OBRAS E DEMAIS SERVIÇOS EM EXECUÇÃO E A SEREM CONTRATADAS COMO COMPLEMENTARES NO EIXO NORTE, TRECHO I E TRECHO II, NESTE INCLUÍDO O TRECHO RESERVATÓRIO CAIÇARA-RESERVATÓRIO ENGENHEIRO AVIDOS E O TRECHO NATURAL DO RIO PIRANHAS-AÇU ENTRE OS RESERVATÓRIOS ENGENHEIRO AVIDOS (PB) E ARMANDO RIBEIRO GONÇALVES (RN); E NO EIXO LESTE (TRECHO V) DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO COM BACIAS DO NORDESTE SETENTRIONAL - PISF.

1379-CDE-1410-00-00-001-R00

Agosto/2024

**CADERNO DE ENCARGOS – PREENCHIMENTO DO EMBOQUE  
ROMPIDO DO ANTIGO TÚNEL CUNCAS I**

Título:  <p style="text-align: center;"><b>CADERNO DE ENCARGOS – PREENCHIMENTO DO EMBOQUE ROMPIDO DO ANTIGO TÚNEL CUNCAS I</b></p>	Número:  <p style="text-align: center;"><b>1379-CDE-1410-00-00-001-R00</b></p>	FOLHA  <p style="text-align: center;">2/9</p>
--	--	---

Esta folha índice indica em que revisão está cada folha na emissão citada

F/Re	0	1	2	3	4	5	F/Re	0	1	2	3	4	5	F/Re	0	1	2	3	4	5	F/Re	0	1	2	3	4	5	F/Re	0	1	2	3	4	5	6
1	x						47							93							139						185								
2	x						48							94							140						186								
3	x						49							95							141						187								
4	x						50							96							142						188								
5	x						51							97							143						189								
6	x						52							98							144						190								
7	x						53							99							145						191								
8	x						54							100							146						192								
9	x						55							101							147						193								
10							56							102							148						194								
11							57							103							149						195								
12							58							104							150						196								
13							59							105							151						197								
14							60							106							152						198								
15							61							107							153						199								
16							62							108							154						200								
17							63							109							155						201								
18							64							110							156						202								
19							65							111							157						203								
20							66							112							158						204								
21							67							113							159						205								
22							68							114							160						206								
23							69							115							161						207								
24							70							116							162						208								
25							71							117							163						209								
26							72							118							164						210								
27							73							119							165						211								
28							74							120							166						212								
29							75							121							167						213								
30							76							122							168						214								
31							77							123							169						215								
32							78							124							170						216								
33							79							125							171						217								
34							80							126							172						218								
35							81							127							173						219								
36							82							128							174						220								
37							83							129							175						221								
38							84							130							176						222								
39							85							131							177						223								
40							86							132							178						224								
41							87							133							179						225								
42							88							134							180						226								
43							89							135							181						227								
44							90							136							182						228								
45							91							137							183						229								
46							92							138							184						230								

Ox	30/08/2024	Fernando Sperotto Brum	B	Para Aprovação	
Rev.	Data	Por	Emissão	Tipo de Emissão	
<b>TIPO DA EMISSÃO</b>					
(A) Preliminar		(E) Para Construção		(I) de Trabalho	
(B) Para Aprovação		(F) Conforme Comprado		( )	
(C) Para Conhecimento		(G) Conforme Construído		( )	
(D) Para Cotação		(H) Cancelado		( )	



ENGECONSULT

Nova Engenharia

Quanta

Data:	Elaborado:	Visto:	Data:	Verificado:	Visto:	Data:	Aprovado	Visto:
30/08/2024	Equipe CPISF		30/08/2024	Giordano Aguiar		30/08/2024	Fernando Brum	
Identificação:					Área da Empresa ou Contrato:		Revisão:	
1379-CDE-1410-00-00-001-R00					CADERNO DE ENCARGOS – PREENCHIMENTO DO EMBOQUE ROMPIDO DO ANTIGO TÚNEL CUNCAS I		00	

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
1.1. Localização e Abrangência do Projeto .....	5
1.2. Infraestrutura .....	5
<b>2. HISTÓRICO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. HISTÓRICO DE OBRAS DOS TÚNEIS.....</b>	<b>6</b>
<b>4. SOLUÇÕES PARA ENCHIMENTO DO TÚNEL ROMPIDO .....</b>	<b>7</b>
<b>5. SOLUÇÕES PARA ENCHIMENTO DO TÚNEL ROMPIDO .....</b>	<b>7</b>
<b>6. AREIA PARA O ENCHIMENTO DO TÚNEL.....</b>	<b>8</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) visa mitigar os déficits hídricos existentes, garantindo a oferta de água para usos múltiplos, tanto urbanos quanto rurais, e promover a sustentabilidade ambiental e da produção agrícola. Este objetivo é alcançado através da criação de polos de agricultura irrigada e do incentivo à agricultura difusa, proporcionando assim níveis de vida adequados às populações locais. O projeto envolve a construção de diversas infraestruturas, incluindo estações de bombeamento, canais adutores, túneis, barragens e obras complementares, organizadas nos Eixos Norte e Leste.

### 1.1. Localização e Abrangência do Projeto

Os Eixos Norte e Leste do PISF abrangem a região setentrional do Nordeste brasileiro. O Eixo Norte inclui partes dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, enquanto o Eixo Leste abrange áreas na Paraíba e Pernambuco.

- **Eixo Norte**

No Ceará, as bacias beneficiadas incluem as do rio Jaguaribe e da Região Metropolitana de Fortaleza. No Rio Grande do Norte, são contempladas as bacias dos rios Apodi e Piranhas-Açu, além da sub-bacia do rio Brígida em Pernambuco, que pertence à bacia do rio São Francisco. O ponto de captação do Eixo Norte está localizado próximo à ilha de Assunção, de onde as águas do rio São Francisco são direcionadas para açudes estratégicos como Castanhão (rio Jaguaribe), Santa Cruz (rio Apodi) e Armando Ribeiro Gonçalves (rio Piranhas-Açu). Essas águas são então distribuídas por sistemas adutores para regiões com alta demanda hídrica, incluindo centros urbanos, polos de desenvolvimento integrado, áreas industriais, regiões turísticas e áreas de agricultura irrigada.

- **Eixo Leste**

O Eixo Leste atende as bacias dos rios Paraíba e Piranhas, na Paraíba, e as bacias do rio Ipojuca e da Região Metropolitana de Recife, além da sub-bacia do rio Moxotó em Pernambuco. O ponto de captação deste eixo está situado às margens do lago da Barragem de Itaparica, de onde as águas são direcionadas principalmente para o açude de Boqueirão-Cabaceiras (rio Paraíba).

### 1.2. Infraestrutura

Os dois eixos do PISF abrangem mais de 720 km de canais e reservatórios, além de rios e açudes receptores das águas transpostas, totalizando mais de 1.000 km de extensão. A infraestrutura prevista atende não apenas grandes centros urbanos e áreas de desenvolvimento econômico, mas também as populações do sertão e do agreste ao longo dos traçados dos canais.

## 2. HISTÓRICO

O Túnel Cuncas I já sofreu dois acidentes desde o início de sua escavação, o primeiro em novembro de 2010. Em maio de 2011, esse túnel sofreu um segundo acidente de maiores proporções, resultando na formação de uma capela no teto com extensão de aproximadamente 40 metros, desde a estaca 5+5,7 metros até à estaca 7+10,8 metros. O revestimento remanescente apresentou trincas e rachaduras extensas, além de um levantamento do piso ao longo de seu eixo, desde o emboque até o início da ruptura.



Após o ocorrido, em reunião conjunta envolvendo o Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR), a Gerenciadora, a Projetista e a Supervisora, foram formuladas diversas proposições para a retomada das obras. Estudos desenvolvidos e aceitos pelos participantes da reunião, que indicaram a melhor alternativa das propostas para preencher o túnel com areia lançada hidraulicamente. Esse preenchimento será necessário para evitar acidentes.

### 3. HISTÓRICO DE OBRAS DOS TÚNEIS

Este relatório técnico apresenta um histórico resumido das obras dos túneis Cuncas I, Janela de Acesso e Cuncas II, integrantes do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional. Abrange as principais alterações e atualizações do Projeto Executivo ocorridas durante o período construtivo, com ênfase nas modificações estratégicas necessárias para a continuidade das obras.

Em maio de 2013, a configuração dos túneis estava da seguinte forma:

- **Túnel Cuncas I:** Quatro frentes de escavação ativas, com escavação em seção plena no emboque e atividades avançadas nas estacas 519 + 9,69 no desemboque, e nas estacas 232 + 5,83 e 403 + 14,43 nas frentes de escavação da janela.
- **Túnel Cuncas II:** Em execução o piso de regularização entre as estacas 53 + 0,0 e 54 + 0,0, e escavação em seção plena no emboque na estaca 4 + 17,50.

As obras do Lote 14 iniciaram-se em março de 2010, com escavações no Emboque Cuncas I. Em abril de 2011, uma ruptura no túnel resultou na paralisação das obras até setembro de 2012. Como solução, optou-se por alterar o eixo do túnel e executar um novo emboque, conforme solicitado pelo Consórcio Construtor, com a mudança do ponto de curva (PC) documentada na Nota Técnica nº 012 - 1302-NTC-1001-00-00-012-R00.

As rupturas no Túnel Cuncas I ocorreram em duas fases:

1. **Primeira ruptura** (novembro de 2010): Ruptura parcial do revestimento primário no emboque, entre a segunda e décima cambota.
2. **Segunda ruptura** (abril de 2011): Ruptura geral entre as cambotas 94 e 151, atribuída à falta de eficácia do pé-direito reto para resistir aos empuxos laterais e ao carregamento assimétrico que provocou distorção na seção do túnel.

Para prevenir futuros colapsos, foi recomendado o preenchimento do túnel rompido, conforme descrito no relatório 1220-RAT-1401-20-04-001-R03 do consórcio técnico responsável. Em novembro de 2012, um relatório adicional revisou a necessidade desse preenchimento, analisando várias alternativas técnicas. Posteriormente, uma inspeção técnica realizada em maio de 2015 resultou na elaboração de um orçamento básico para determinar a solução técnica mais adequada, culminando em um relatório técnico específico sobre o enchimento do túnel rompido.

O relatório destaca, ainda, a importância dessas modificações para a mitigação dos riscos identificados.

#### 4. SOLUÇÕES PARA ENCHIMENTO DO TÚNEL ROMPIDO

Diante da terceira ruptura próxima ao emboque e da intensificação da deformação do maciço, a decisão de aterrar o emboque do túnel rompido foi tomada com o objetivo de proteger o novo emboque e assegurar a integridade estrutural da obra. Esta decisão foi baseada em observações de campo que evidenciaram a necessidade de medidas imediatas para evitar danos adicionais ao novo emboque.

A execução do aterro trouxe a necessidade de revisar e adaptar as soluções originalmente projetadas para o túnel. Entre as alternativas técnicas exploradas para o enchimento do túnel rompido, uma das opções mais viáveis envolve o uso de injeções de material arenoso, como areia ou pó de pedra. Para garantir a eficiência do enchimento, a granulometria do material e a proporção da mistura com água seriam determinadas por meio de ensaios de bombeamento realizados em campo. A técnica de injeção seria aplicada através de furos inclinados, espaçados a cada 15 metros, perfurados a partir da superfície do terreno. Durante o processo, a areia, ao decantar, formaria um aterro quase horizontal, enquanto a água seria drenada por um sistema coletor instalado na geratriz superior do emboque, evitando assim a erosão do material injetado.

Outra alternativa técnica considerada para o enchimento do túnel rompido envolve o uso de material coesivo. Esta opção inclui a injeção de uma mistura de cimento, bentonita e água (conhecida como coulis) ou argamassa de baixa resistência. A injeção seria realizada por furos inclinados dispostos em uma malha triangular de 3,0 x 3,0 metros, garantindo que o equipamento de injeção permanecesse fora da zona de influência da ruptura. Esta abordagem busca proporcionar uma maior estabilidade ao túnel rompido, criando um enchimento coeso e homogêneo capaz de resistir às pressões e deformações do maciço circundante.

Ambas as alternativas técnicas foram cuidadosamente avaliadas no relatório **1302-RAN-1001-00-07-028-R01** quanto à viabilidade técnica e econômica, levando em consideração as características do maciço, o comportamento geomecânico esperado e as condições operacionais específicas do projeto. A escolha da solução mais adequada dependeu da análise detalhada de fatores como o custo, a disponibilidade de materiais, o tempo de execução e a eficácia na estabilização do túnel rompido.

#### 5. SOLUÇÕES PARA ENCHIMENTO DO TÚNEL ROMPIDO

Das análises realizadas, concluiu-se que a solução mais adequada para o problema enfrentado no Túnel Cuncas I é o preenchimento do túnel rompido. Essa medida é essencial para evitar futuros desmoronamentos e garantir a segurança estrutural do emboque e das áreas adjacentes. O enchimento do túnel existente deve ser implementado com a máxima urgência, pois é uma ação preventiva crucial para estabilizar o maciço e assegurar a integridade das obras já realizadas.

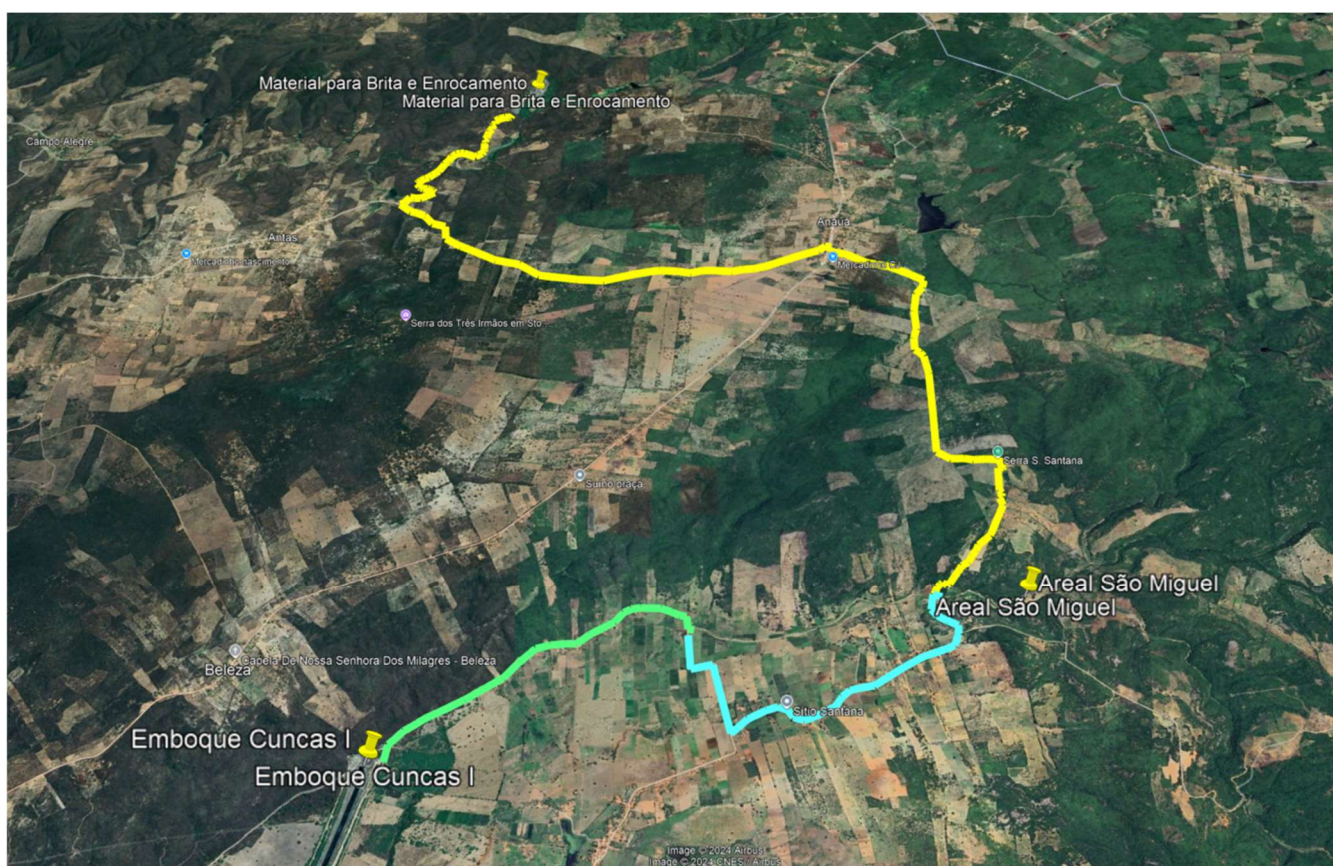
Optar pelo enchimento do túnel, embora possa representar um custo significativo, elimina a necessidade de novas desapropriações, autorizações ambientais e complexos processos de realocação do eixo. Esta abordagem permite a continuidade do projeto dentro dos limites do traçado atual, com menores impactos sobre o cronograma e os custos gerais da obra.

As especificações para a execução do projeto de enchimento estão descritas no relatório **1220-RAT-1001-20-04-008**, onde se encontram todos os dados técnicos necessários para a implementação da solução selecionada. Portanto, o preenchimento do túnel rompido é a solução mais viável e eficiente para garantir a segurança e a durabilidade das intervenções realizadas no Túnel Cuncas I.

Essa solução envolveu a injeção de areia no túnel rompido, com transporte e escavação de materiais necessários para o preenchimento e estabilização da estrutura.

## 6. AREIA PARA O ENCHIMENTO DO TÚNEL.

Diante da limitação de jazidas de areia nas proximidades do túnel Cuncas I, a identificação de fontes alternativas de material arenoso torna-se crucial para a execução da obra. A seleção da granulometria e da proporção de mistura com água, originalmente planejada para ser definida por ensaios de bombeamento em campo, agora exige ainda mais atenção. A adaptação do diâmetro dos tubos de injeção e do espaçamento dos furos, também baseada nesses ensaios, deverá considerar a variabilidade do material alternativo disponível. A busca por novas áreas de extração ou o uso de alternativas como o pó de pedra pode impactar significativamente os custos e o cronograma da obra, além de exigir ajustes técnicos. Este cenário ressalta a necessidade de uma gestão adaptativa e ágil para garantir a continuidade, a segurança e a integridade estrutural do projeto.



O mapa apresentado ilustra possíveis áreas para a extração de areia no Riacho São Miguel, bem como a localização de uma jazida de material rochoso que se apresenta como a opção mais adequada para o enrocamento, devido à sua proximidade em relação ao local da obra de enchimento do túnel. Esta



proximidade é um fator determinante para a redução dos custos logísticos e operacionais do projeto. Contudo, é essencial realizar uma análise detalhada da granulometria da areia disponível nas áreas indicadas, assim como avaliar a capacidade das jazidas de suprir o volume necessário de material rochoso. Essas análises são fundamentais para garantir que os materiais extraídos atendam às especificações técnicas exigidas para a execução eficiente e segura do serviço.