



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

CONTRATO Nº 002/SRH/CE/2012



PROJETO EXECUTIVO DO 1º TRECHO
JATI / RIO CARIÚS DO CINTURÃO
DE ÁGUAS DO CEARÁ - CAC

RELATÓRIO FINAL - TEXTO
RELATÓRIO GERAL - VOLUME I/VI
MEMORIAL DESCRITIVO - TOMO I/IV

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

O Cinturão de Águas do Ceará – CAC é um sistema adutor extenso, composto de três grandes trechos e cinco ramais, que totaliza 1.300 km de comprimento, quase integralmente gravitatório, com somente um pequeno bombeamento em seu trecho litoral final, com partes em canais em corte e/ou aterro, obras de travessia de talvegues e elevações topográficas através de sifões e túneis.

Com o CAC, 80% do território do estado será beneficiado pelo Projeto de Integração do Rio São Francisco com o Nordeste Setentrional (PISF), e não somente as bacias do Jaguaribe e Metropolitanas, como previsto inicialmente no PISF. O CAC elevará, significativamente, a possibilidade de acumulação das águas possíveis de transferência do rio São Francisco, com a inclusão de 20 outros grandes açudes com capacidade individual superior a 50 hm³.

Além de proporcionar uma distribuição espacial mais homogênea da disponibilidade hídrica no Ceará, o CAC contribuirá para o aumento da garantia de suprimento de água. Em decorrência das vazões transpostas do rio São Francisco e distribuídas pelo CAC, a oferta hídrica com garantia de 90% será incrementada dos atuais 92 m³/s para mais de 120 m³/s; com garantia de 99%, a oferta subirá de 73 m³/s para pouco mais de 100 m³/s. Essas vazões representam aumentos de aproximadamente 30% e 40% das disponibilidades hídricas com 90% e 99% de garantia, respectivamente. No que diz respeito ao atendimento das demandas hídricas no horizonte de 2040, a implantação do CAC gerará um cenário bastante favorável de suprimento hídrico, com o atendimento das demandas atingindo níveis elevados e equivalentes em todas as macrobacias.

Com o CAC implantado, será possível atender quase universalmente (95% de atendimento) as demandas prioritárias (abastecimento humano, industrial e turístico) com garantia plena (99%, mais vazão de alerta no 1% do tempo restante), enquanto que sem o projeto esse nível de atendimento seria de 78%. Além dos benefícios para o atendimento das demandas prioritárias, o sistema integrado formado pelo PISF, CAC e os reservatórios locais permitirá irrigar mais de 50 mil hectares com garantia de 99%. Para uma operação com 90% de garantia, a área irrigável poderia ser aumentada para mais de 85 mil ha em períodos de oferta normal.

Outro importante benefício do CAC será a possibilidade de melhor gestão dos principais açudes das bacias do Jaguaribe, Banabuiú, Poti, Acaraú, Curu, Coreaú e Litorâneas, devido à flexibilidade de operação conferida pelo sistema adutor, pois o CAC será implantado em cotas elevadas passando pelas cabeceiras das referidas bacias hidrográficas, alimentando de forma gravitatória os principais reservatórios do Ceará. Daí resultará o uso mais intensivo dos recursos hídricos locais, visto que os reservatórios contarão com uma fonte exógena em caso de escassez, reduzindo-se a necessidade de conservadorismo na operação, maximizando-se a sinergia hídrica. Face à maior flexibilidade do sistema, poderá se ter a possibilidade de decisão sobre a alocação da água, destinando-se as vazões disponíveis às regiões mais necessitadas no momento da definição da regra. Além disso, os critérios de alocação poderão ser revistos continuamente dependendo da evolução das demandas e de sua sazonalidade.

O Quadro CAC – Trechos, Ramais, Municípios Beneficiáveis, População Beneficiada e Área Irrigável, a seguir, sumaria informações relevantes do sistema adutor.

CAC – Trechos, Ramais, Municípios Beneficiáveis, População Beneficiada e Área Irrigável

Trechos e Ramais	Extensão (km)	Municípios Beneficiados	População Beneficiada (hab)	Área Irrigada (ha)
Trecho 1 - Jati/Cariús	145,334	Jati, Porteiras, Jardim, Milagres, Juazeiro do Norte, Caririáçu, Aurora, Brejo Santo, Abaiara, Missão Velha, Barbalha, Crato, Granjeiro, Várzea Alegre, Lavras da Mangabeira, Cedro, Icó	560.875	10.204
Trecho 2 - Bastiões/Divisor da Bacia do Parnaíba (1)	324,000	Crato, Nova Olinda, Cariús, Farias Brito, Iguatu, Orós, Quixelo, Santana do Cariri, Assaré, Altaneira, Tarrafas, Campos Sales, Antonina do Norte, Aiubá, Arneiroz, Catarina, Saboeiro, Jucás, Potengi, Araripe, Parambu, Tauá, Independência, Mombaça, Piquet Carneiro, Senador Pompeu, Quixeramobim, Banabuiú, Ibicuitinga, Morada Nova	443.157	23.309
Trecho 3 - Divisor da Bacia do Parnaíba / Rio Acaraú (2)	157,000	Independência, Crateús, Tamboril, Nova Russas, Hidrolândia, Ipu, Pires Ferreira, Forquilha, Varjota, Santa Quitéria, Cariré, Groaíras, Sobral, Massapê, Santana do Acaraú, Morrinhos, Marco, Bela Cruz, Acaraú, Boa Viagem, Quixeramobim	565.570	25.113
Ramal Leste	304,320	Itarema, Amontada, Itapipoca, Trairi, Paraipaba, Paracuru, Irauçuba, Tururu, Tejuçuoca, Miraíma, Apuiarés, Pentecoste, Umirim, São Luís do Curu, São Gonçalo do Amarante, Caucaia, Maracanaú, Pacatuba, Itaitinga, Aquiraz, Santa Quitéria, General Sampaio, Paramoti, Caridade, Canindé, Aracoiaba, Ocara, Barreira, Acarape, Guaiúba, Pacajus, Pindoretama, Cascavel, Beberibe, Tamboril, Catunda, Itapiúna, Ibaretama, Choró, Quixadá, Fortaleza, Horizonte, Chorozinho	832.645	14.947
Ramal Oeste	181,800	Tamboril, Nova Russas, Ipueiras, Ipu, Pires Ferreira, Reriutaba, Graça, Mucambo, Ararendá, Pacujá, Frecheirinha, Coreaú, Moraújo, Uruoca, Senador Sá, Martinópole, Granja, Chaval, Barroquinha, Camocim, Bela Cruz, Cruz, Jijoca de Jericoacoa	303.492	8.616
Ramal Litoral	183,310	Marco, Bela Cruz, Acaraú, Itarema, Amontada, Itapipoca, Trairi, Paraipaba	158.616	-
Total	1.295,764		2.864.355	82.189

Notas: (1) Inclui o Ramal 1; (2) Inclui o Ramal 2.

O presente documento constitui o **Relatório do Projeto Executivo do Trecho 1 Jati-Cariús do CAC, – Volume I – Memorial Descritivo**, apresentado no âmbito do Contrato Nº 002/SRH/CE/2012, firmado entre a SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará e a VBA – Tecnologia e Engenharia S/A para “**Elaboração do Projeto Executivo do 1º Trecho - Jati / Rio Cariús do Projeto Cinturão das Águas do Ceará – CAC**”.

O presente Projeto Executivo foi elaborado a partir do Anteprojeto, anteriormente desenvolvido pela VBA, e do Projeto Básico licitado pela SRH, com a inserção de informações dos estudos detalhados executados no âmbito do contrato acima citado.

Os detalhamentos compreenderam, em síntese, as seguintes ações:

- Revisão a partir de estudos topográficos e geotécnicos em escala 1:2.000, dos volumes de escavação e aterro, bem como a compensação entre os mesmos e quantificação global e localizada das necessidades de jazidas de empréstimos e bota-fora, ao longo da obra;

- Adequação da planilha de orçamento do projeto (tomando-se como referência a planilha do Projeto Licitado), de forma a refletir as alterações dos ajustes efetuados nos projetos geométricos e de terraplenagem elaborados para o Projeto Executivo;
- Revisão das especificações técnicas do projeto (tomando-se como referência as especificações do Projeto Licitado), de forma a introduzir ajustes em função do novo projeto de terraplenagem;
- Revisão, ajustes, consolidações e detalhamento de todas as obras, a partir dos Projetos Gerais Geométrico e de Terraplenagem em escala 1:2.000 feitos para o Projeto Executivo, dos projetos de canais, sifões, túneis e obras tipo e, posteriormente, locados e ajustados em função dos estudos detalhados de topografia e geotecnia.

O presente Relatório do Projeto Executivo é composto por 5 capítulos.

O primeiro capítulo, Introdução, trata dos acessos rodoviários ao Trecho 1 do CAC; traça um histórico da evolução do projeto com a descrição dos fatos antecedentes ao contrato; descreve as diretrizes básicas para a concepção do sistema adutor; relaciona os projetos que se integram ao CAC; enumera as subdivisões do CAC em trechos e ramais que compõem o faseamento para implantação das obras.

O segundo capítulo, Estudos Básicos para o Trecho 1 – Jati/Cariús, descreve, de forma sintética, os levantamentos e os estudos topográficos, cartográficos, geológicos, geotécnicos e geomorfológicos; relaciona e quantifica os materiais para as obras e a existência de jazidas para empréstimos; apresenta o mapa de solos da região; sintetiza os aspectos e os condicionamentos ambientais e o rico patrimônio arqueológico da bacia sedimentar do Araripe.

O terceiro capítulo, Estudos de Otimização e Consolidação do Traçado e das Obras Especiais para o Projeto Executivo, trata da determinação das vazões para atendimento das demandas e dos estudos de concepção e otimização das obras principais lineares e de controle operacional.

O quarto capítulo, Descritivo do Projeto Executivo do Trecho 1 – Jati/Cariús, traz, de forma detalhada, os diversos componentes do projeto executivo. Inicia pela caracterização geral do projeto, enunciando as diretrizes e condicionantes para a definição do traçado do sistema adutor, com destaque para a concepção da captação (tomada d'água na barragem Jati). Prossegue na descrição dos trechos e subtrechos em canais, com seções-tipo em corte, aterro e mistas, bem como seções especiais para situações complexas. Segue com o descritivo dos trechos em tubulações gravitárias (sifões), com detalhamento da concepção construtiva e hidráulica das obras dos sifões e das obras complementares (trechos envelopados, passagens molhadas, bueiros especiais e outras obras acessórias hidrodinâmicas. O item seguinte trata dos trechos em túneis, onde se apresenta o detalhamento do projeto executivo dos túneis, que começa pelos Estudos Básicos (investigações geotécnicas, sondagens mecânicas, sondagens manuais, mapeamentos geológicos, levantamentos geofísicos; prossegue na enunciação dos critérios e modelos de cálculo empregados, com o resultado da compartimentação final das seções típicas para escavação e suporte. O item Obras de Controle Operacional e Segurança trata dos projetos das estruturas de controle operacional como comportas instaladas em seções normais de canal ou em entrada de sifões e estruturas vertedouras de segurança associadas a

comportas de fundo para esvaziamento ou derivação de vazões do canal. Os sistemas de drenagem são objeto do item Drenagem Superficial. Os três itens finais do capítulo tratam das interferências com o sistema viário regional, a construção das estradas de serviços e de obras complementares de mobilidade da população e dos animais, como passarelas e pontilhões.

O quinto capítulo descreve, detalhadamente, os 4 Subtrechos do Trecho 1 – Jati/Cariús, com especificação das obras – canais, adutoras e túneis. Traz também a composição dos 5 lotes definidos para a licitação de implantação das obras e fornecimento de materiais.

0		04/09/2015		B	
Emissão Inicial					
REVISÃO Nº	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES		
TIPO DE EMISSÃO	(A) PRELIMINAR		(D) PARA COTAÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO	
	(B) PARA APROVAÇÃO		(E) PARA CONSTRUÇÃO	(H) CANCELADO	
	(C) PARA CONHECIMENTO		(F) CONFORME COMPRADO	(I) DE TRABALHO	
 VBA TECNOLOGIA E ENGENHARIA					
PROJETO:			DATA:		
PROJETISTA:			DATA:		
VERIFICAÇÃO:			DATA:		
APROVAÇÃO:			DATA:		
 <p>GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ – CAC PROJETO EXECUTIVO DO TRECHO 1 – JATI-CARIUS</p>					
RELATÓRIO DO PROJETO EXECUTIVO					
Título	RELATÓRIO DO PROJETO EXECUTIVO VOLUME I – MEMORIAL DESCRITIVO DATA (09/2015)				
	DATA	RUBRICA	APROVAÇÃO	DATA	RUBRICA
PROJETISTA			SRH-CE		
DESENHISTA			SRH-CE		
VERIFICADO					
			CLIENTE: SRH-CE		
ESCALA	DOCUMENTO Nº: CAC.PE-T1-REL-GRT1.PJB-MMD-001				REVISÃO
	PROJETISTA: VBA TECNOLOGIA E ENGENHARIA S/A				0
	CLIENTE: SRH-CE				

Título														Número														Folha																							
RELATÓRIO DO PROJETO EXECUTIVO VOLUME I – MEMORIAL DESCRITIVO														CAC.PE-T1-REL- GRT1.PJB-MMD-001														2/215																							
Esta folha índice indica em que revisão está cada folha na emissão citada																																																			
Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7							
1	X								36	X								71	X								106	X																							
2	X								37	X								72	X								107	X																							
3	X								38	X								73	X								108	X																							
4	X								39	X								74	X								109	X																							
5	X								40	X								75	X								110	X																							
6	X								41	X								76	X								111	X																							
7	X								42	X								77	X								112	X																							
8	X								43	X								78	X								113	X																							
9	X								44	X								79	X								114	X																							
10	X								45	X								80	X								115	X																							
11	X								46	X								81	X								116	X																							
12	X								47	X								82	X								117	X																							
13	X								48	X								83	X								118	X																							
14	X								49	X								84	X								119	X																							
15	X								50	X								85	X								120	X																							
16	X								51	X								86	X								121	X																							
17	X								52	X								87	X								122	X																							
18	X								53	X								88	X								123	X																							
19	X								54	X								89	X								124	X																							
20	X								55	X								90	X								125	X																							
21	X								56	X								91	X								126	X																							
22	X								57	X								92	X								127	X																							
23	X								58	X								93	X								128	X																							
24	X								59	X								94	X								129	X																							
25	X								60	X								95	X								130	X																							
26	X								61	X								96	X								131	X																							
27	X								62	X								97	X								132	X																							
28	X								63	X								98	X								133	X																							
29	X								64	X								99	X								134	X																							
30	X								65	X								100	X								135	X																							
31	X								66	X								101	X								136	X																							
32	X								67	X								102	X								137	X																							
33	X								68	X								103	X								138	X																							
34	X								69	X								104	X								139	X																							
35	X								70	X								105	X								140	X																							
0	04/09/2015														B							Emissão Inicial																													
Rev.	Data							Por							Em.							Aprov.							Descrição das revisões																						
TIPO DE EMISSÃO																																																			
(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														()																							

Título		Número		Folha																																					
RELATÓRIO DO PROJETO EXECUTIVO VOLUME I – MEMORIAL DESCRITIVO		CAC.PE-T1-REL- GRT1.PJB-MMD-001		3/215																																					
Esta folha índice indica em que revisão está cada folha na emissão citada																																									
Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7						
141	X								176	X									211	X								246													
142	X								177	X									212	X								247													
143	X								178	X									213	X								248													
144	X								179	X									214	X								249													
145	X								180	X									215	X								250													
146	X								181	X									216									251													
147	X								182	X									217									252													
148	X								183	X									218									253													
149	X								184	X									219									254													
150	X								185	X									220									255													
151	X								186	X									221									256													
152	X								187	X									222									257													
153	X								188	X									223									258													
154	X								189	X									224									259													
155	X								190	X									225									260													
156	X								191	X									226									261													
157	X								192	X									227									262													
158	X								193	X									228									263													
159	X								194	X									229									264													
160	X								195	X									230									265													
161	X								196	X									231									266													
162	X								197	X									232									267													
163	X								198	X									233									268													
164	X								199	X									234									269													
165	X								200	X									235									270													
166	X								201	X									236									271													
167	X								202	X									237									272													
168	X								203	X									238									273													
169	X								204	X									239									274													
170	X								205	X									240									275													
171	X								206	X									241									276													
172	X								207	X									242									277													
173	X								208	X									243									278													
174	X								209	X									244									279													
175	X								210	X									245									280													
0		04/09/2015								B																										Emissão Inicial					
Rev.	Data	Por		Em.		Aprov.																												Descrição das revisões							
TIPO DE EMISSÃO																																									
(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																()									

ÍNDICE

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	
APRESENTAÇÃO	4
ÍNDICE	9
1 - INTRODUÇÃO	14
1 - INTRODUÇÃO	15
1.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
1.2 - ACESSOS AO TRECHO 1	16
1.3 - ANTECEDENTES, DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA ADUTOR E PROJETOS INTEGRÁVEIS	16
1.3.1 - HISTÓRICO	16
1.3.2 - DIRETRIZES BÁSICAS PARA A CONCEPÇÃO DO SISTEMA ADUTOR	18
1.3.3 - PROJETOS INTEGRÁVEIS NO ÂMBITO DO TRAÇADO GERAL DO CAC.....	23
1.3.3.1 - Projeto de Transposição do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional – PISF	23
1.3.3.2 - Projeto de Irrigação Baixo Acaraú	25
1.3.3.3 - Eixo de Integração Castanhão / Região Metropolitana de Fortaleza – Eixão e CIPP – Complexo Industrial e Portuário do Pecém.....	26
1.3.3.4 - Ferrovia Transnordestina	27
1.4 - FASEAMENTO DA OBRA.....	27
2 – ESTUDOS BÁSICOS PARA O TRECHO 1 - JATI/CARIÚS	28
2 - ESTUDOS BÁSICOS PARA O TRECHO 1 - JATI/CARIÚS	29
2.1 - CARTOGRAFIA BÁSICA.....	29
2.1.1 - CARTOGRAFIA PRÉ-EXISTENTE	29
2.1.2 - CARTOGRAFIA ESPECÍFICA PARA OS ESTUDOS DO CAC	29
2.2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS	34
2.2.1 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA	34
2.2.2 - GEOMORFOLOGIA	34
2.2.3 - GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	37
2.2.4 - ANÁLISE POR SUBTRECHOS DE PROJETO	38
2.2.4.1 - Subtrecho 1.1 (Lote 1 da licitação)	38
2.2.4.2 - Subtrecho 1.2 (Lote 2 da licitação)	48
2.2.4.3 - Subtrecho 1.3 – km 75+140 montante / km 111+080 (Lote 3 da licitação)	52
2.2.4.4 - Subtrecho 1.4 (Lote 4 da licitação)	56
2.2.4.5 - Lote 5	62
2.3 - MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E JAZIDAS NO TRECHO 1	70
2.3.1 - MATERIAIS TERROSOS E CONTROLE TECNOLÓGICO DOS ATERROS	70
2.3.1.1 - Características Geotécnicas dos Solos para Aterros Compactados.....	70
2.3.1.2 - Pistas Experimentais em Solos Arenosos.....	71
2.3.1.3 - Controle Tecnológico de Campo e Laboratório.....	72
2.3.1.4 - Especificações Técnicas do CAC para os Aterros Compactados	72
2.3.1.5 - Controle Geométrico:.....	73
2.3.2 - PEDREIRAS.....	73
2.3.3 - MATERIAIS GRANULARES E ARENOSOS	74
2.3.4 - JAZIDAS TERROSAS.....	74
2.4 - SOLOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO TRECHO 1 – JATI/CARIÚS	75

2.5 - ESTUDOS E CONDICIONAMENTOS AMBIENTAIS.....	75
2.6 - O RICO PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO E PALEONTOLÓGICO DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE	80
3 - ESTUDOS DE OTIMIZAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DO TRAÇADO E DAS OBRAS ESPECIAIS PARA O PROJETO BÁSICO	86
3 - ESTUDOS DE OTIMIZAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DO TRAÇADO E DAS OBRAS ESPECIAIS PARA O PROJETO EXECUTIVO	87
3.1 - OTIMIZAÇÃO DOS TRAÇADOS PRELIMINARES.....	87
3.2 - DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES PARA ATENDIMENTO DAS DEMANDAS.....	88
3.3 - ATENDIMENTO DAS DEMANDAS E OPERAÇÃO DO PROJETO	88
3.4 - ESTUDOS DE CONCEPÇÃO E OTIMIZAÇÃO DAS OBRAS PRINCIPAIS (ELABORADOS NAS FASES ANTERIORES E CONSOLIDADOS NO PROJETO EXECUTIVO)	89
3.4.1 - OBRAS TIPO LINEARES COMPONENTES DO CAC.....	89
3.4.1.1 - Seções-Tipo dos Canais	91
3.4.1.2 - Seções Tipo dos Túneis.....	93
3.4.1.3 - Seções Tipo das Adutoras (Sifões Invertidos)	94
3.4.2 - OBRAS LOCALIZADAS DE CONTROLE OPERACIONAL, DE SEGURANÇA E DE DRENAGEM DO CANAL	98
3.4.2.1 - Comportas Planas Verticais	98
3.4.2.2 - Descarga de Segurança.....	99
3.4.2.3 - Bueiros ou Galerias	99
3.4.2.4 - Pontes ou Pontilhões	99
3.4.2.5 - Passarelas	99
3.4.2.6 - Drenagem Superficial.....	99
3.4.2.7 - Drenagem Profunda.....	100
4 – DESCRITIVO DO PROJETO EXECUTIVO DO TRECHO 1 - JATI/CARIÚS.....	102
4 - DESCRITIVO DO PROJETO EXECUTIVO DO TRECHO 1 - JATI/CARIÚS.....	103
4.1 - CARACTERIZAÇÃO GERAL E ABRANGÊNCIA DO TRAÇADO	103
4.1.1 - DIRETRIZES E CONDICIONANTES PARA A DEFINIÇÃO DO TRAÇADO.....	103
4.1.2 - DESCRIÇÃO DO TRAÇADO DO PROJETO EXECUTIVO (BARRAGEM JATI / RIO CARIUS).....	103
4.1.3 - CAPTAÇÃO: TOMADA D'ÁGUA NA BARRAGEM JATI.....	104
4.1.3.1 - Dados e Informações do Projeto Executivo da Barragem Jati.....	104
4.1.3.2 - Alternativas de Localização Estudadas Preliminarmente para a Captação do CAC	108
4.1.3.3 - Concepção de Anteprojeto e do Projeto Licitado e Contratado	109
4.1.3.4 - A Tomada d'Água no Projeto Executivo Final.....	110
4.2 - TRECHOS EM CANAIS	114
4.2.1 - TRECHOS E SUBTRECHOS DE CANAIS	114
4.2.2 - SEÇÕES TIPO DOS CANAIS: HIDRÁULICA E TERRAPLENAGEM	114
4.2.2.1 - Considerações Gerais sobre os tipos de seções consolidadas e utilizadas no Projeto Executivo	114
4.2.2.2 - Seção Hidráulica Padrão e Casos Especiais (Seção de Escoamento + Revanche)	114
4.2.3 - SEÇÕES TIPO DE TERRAPLENAGEM DE ATERRO E CORTE	118
4.2.3.1 - Seção Tipo em Aterro	118
4.2.3.2 - Seções Tipo em Corte (Solo e Rocha)	119
4.2.3.3 - Seções Especiais para Situações Complexas	124

4.2.3.4 - Dados Básicos Complementares e Detalhes Construtivos da Seção Hidráulica Padrão com Revestimento Manta PEAD + Concreto.....	124
4.3 - TRECHOS EM TUBULAÇÕES GRAVITÁRIAS (SIFÕES)	129
4.3.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	129
4.3.2 - CONCEPÇÃO CONSTRUTIVA E HIDRÁULICA DAS OBRAS DOS SIFÕES.....	131
4.3.2.1 - Condicionamento das Soluções de Implantação dos Tubos.....	131
4.3.2.2 - Obras de Concordância e Interligação dos Canais com as Tubulações	131
4.3.2.3 - Características Hidromecânicas das Tubulações dos Sifões	136
4.3.3 - PROJETO GLOBAL CONSOLIDADO DOS SIFÕES	137
4.3.4 - OBRAS E DETALHES COMPLEMENTARES RELATIVOS AOS SIFÕES	138
4.3.4.1 - Passagens Molhadas e Bueiros Especiais de Sifões.....	138
4.3.4.2 - Trechos Envelopados	138
4.3.4.3 - Obras Acessórias Hidromecânicas	138
4.4 - TRECHOS EM TÚNEIS.....	138
4.4.1 - SEÇÕES TIPO DOS TÚNEIS UTILIZADAS NA CONCEPÇÃO DO ANTEPROJETO.....	138
4.4.2 - SEÇÕES TIPO AJUSTADAS PARA COMPOR AS PLANILHAS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PROJETO BÁSICO LICITADO.....	148
4.4.3 - PROJETO EXECUTIVO.....	151
4.4.3.1 - Estudos Básicos para Elaboração do Projeto	151
4.4.3.2 - Critérios Adotados para Cálculo do Projeto Executivo	158
4.4.3.3 - Compartimentação	162
4.4.3.4 - Evolução do Projeto Básico ao Executivo	163
4.4.4 - EXEMPLIFICAÇÃO DOS TIPOS DE TÚNEIS PROJETADOS EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES GEOTÉCNICAS-GEOLÓGICAS	175
4.5 - OBRAS DE CONTROLE OPERACIONAL E SEGURANÇA.....	179
4.5.1 - COMPORTAS DE CONTROLE OPERACIONAL	179
4.5.2 - ESTRUTURAS DE CONTROLE COM COMPORTAS INSTALADAS EM SEÇÃO NORMAL DE CANAL (ENTRE DOIS CANAIS)	180
4.5.2.1 - Estrutura de Controle com Comporta na Entrada de Tubulações/Sifões..	181
4.5.2.2 - Estruturas Vertedouras de Segurança Associadas a Comportas de Fundo de Esvaziamento e Derivação de Vazões do Canal.....	184
4.5.3 - PERFIL HIDRÁULICO OPERACIONAL DO SISTEMA ADUTOR	184
4.6 - DRENAGEM SUPERFICIAL	196
4.6.1 - DRENAGEM TRANSVERSAL	196
4.6.1.1 - Macro-Drenagem e Média Drenagem.....	196
4.6.1.2 - As Vazões de Projeto Consolidadas por Subtrechos.....	209
4.6.1.3 - As Obras-Padrão da Macro e Média Drenagem.....	209
4.6.2 - DRENAGEM LONGITUDINAL - MICRO-DRENAGEM E PROTEÇÃO DE TALUDES DAS PRECIPITAÇÕES DIRETAS E VAZÕES AFLUENTES LATERAIS	220
4.7 - SISTEMA VIÁRIO	222
4.7.1 - INTERFERÊNCIAS DO SISTEMA VIÁRIO	222
4.7.2 - ESTRADAS DE SERVIÇO.....	222
4.8 - OBRAS COMPLEMENTARES	223
4.8.1 - PASSARELAS PARA PEDESTRES E ANIMAIS.....	223
4.8.2 - PONTILHÕES.....	223
4.9 - INTERFERÊNCIAS NO TRECHO 1 – JATI/CARIÚS COM O SISTEMA VIÁRIO REGIONAL	223

**5 – COMPOSIÇÃO DAS LICITAÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DAS OBRAS E FORNECIMENTOS
RELATIVOS AO TRECHO 1 - JATI/CARIÚS 226**

**5. DESCRIÇÃO DOS SUBTRECHOS E COMPOSIÇÃO DAS LICITAÇÕES PARA
IMPLANTAÇÃO DAS OBRAS E FORNECIMENTOS RELATIVOS AO TRECHO 1 - JATI/CARIÚS
227**

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Projeto Executivo do Cinturão de Águas do Ceará, cujo Memorial Descritivo compõe este relatório, está baseado nos estudos e projetos anteriores: Estudos de Engenharia, Anteprojeto do Trecho 1 – Jati/Cariús e do Projeto Licitado pela SRH para a implantação das obras do Trecho 1- Jati/Cariús, estudos estes que foram detalhados e elaborados para o nível de Projeto Executivo.

Os Estudos de Engenharia, realizados anteriormente no contexto dos Estudos de Viabilidade do CAC, são compostos por cinco relatórios:

- Relatório dos Critérios de Formulação e Estudos Básicos de Alternativas;
- Relatório Setorial da Formulação de Alternativas;
- Relatório de Dimensionamento e Orçamento das Alternativas;
- Relatório da Alternativa Selecionada do CAC;
- Relatório do Anteprojeto do Trecho 1 - Jati-Cariús.

Os relatórios estão intrinsecamente ligados entre si, pois tratam do desenvolvimento das alternativas, desde o estabelecimento de critérios de formulação, passando pela otimização dos traçados sob diversas óticas, pelo dimensionamento e orçamentação e chegando até a seleção da alternativa de referência para a elaboração do Anteprojeto do Trecho 1, do Projeto Básico e do Projeto Executivo a que se refere este Memorial Descritivo.

No primeiro relatório, “Relatório dos Critérios de Formulação e Estudos Básicos de Alternativas”, são apresentados os critérios para a formulação e desenvolvimento das alternativas e iniciados os estudos de alternativas, com base nas diretrizes do Edital e nas indicações da Proposta da VBA, bem como nos critérios estabelecidos com este objetivo. Ao final, é apresentado um traçado preliminar de referência, em planta e perfil, na escala 1:100.000, mas definido sobre cartas 1:25.000 (DNOS) e 1:50.000 (SRTM), com a finalidade principal de servir de base e de ligação para o relatório seguinte.

No segundo relatório, “Relatório Setorial da Formulação de Alternativas”, são formuladas as alternativas de acordo com os critérios e condicionantes definidos no relatório anterior, com base nas diretrizes do Edital e nas indicações da Proposta da VBA. O relatório traz a consolidação otimizada das alternativas de engenharia, confirmada por inspeções regionais das áreas e locais específicos de obras especiais e de traçados. Apresenta-se a consolidação preliminar otimizada do arranjo geral das alternativas, em planta e perfil na escala 1:100.000.

No terceiro relatório, “Relatório de Dimensionamento e Orçamento das Alternativas”, as alternativas estudadas são dimensionadas e orçadas para que possam ser hierarquizadas e dentre elas selecionada a melhor.

No quarto relatório, “Relatório da Alternativa Seleccionada do CAC”, é definida a alternativa ótima; elabora-se o modelo de otimização e operação; dimensiona-se e consolida-se a alternativa de referência para a elaboração do Anteprojeto.

No “Relatório do Anteprojeto do 1º Trecho Jati-Cariús” é apresentado o Anteprojeto do Trecho 1, que começa na tomada d’água no lago da barragem de Jati e termina na travessia do rio Cariús.

O Projeto Básico Licitado do Trecho 1 - Jati-Cariús do CAC é composto por quatro volumes: Volume I – Memorial Descritivo; Volume II – Orçamento; Volume III – Memória de Cálculo; Volume IV – Especificações Técnicas.

O Projeto Executivo foi elaborado seguindo os critérios e diretrizes dos Estudos de Viabilidade do CAC, bem como a metodologia e as definições técnicas do Anteprojeto do Trecho 1 – Jati/Cariús e nas concepções já constantes no Projeto Básico Licitado pela SRH, fazendo-se os ajustes e detalhamentos para nível de Projeto Executivo, com base nos estudos básicos de campo contratados e desenvolvidos especificamente para o Projeto Executivo.

1.2 - ACESSOS AO TRECHO 1

O acesso rodoviário ao Trecho 1 Jati-Cariús pode ser realizado, principalmente, pela rodovia federal BR-116 ou pela estadual CE-060. Na região do Cariri, as principais rodovias federais são a BR-122 e a BR-230; as rodovias estaduais mais importantes na região do Cariri são a CE-292, CE-293, CE-153, CE-388, CE-166 e CE-176. Há inúmeras estradas municipais, em revestimento primário, ao longo de todo o traçado do Trecho 1 do CAC. **(Figura 1.1)**

1.3 - ANTECEDENTES, DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA ADUTOR E PROJETOS INTEGRÁVEIS

1.3.1 - HISTÓRICO

A concepção e o traçado muito preliminar do atualmente denominado CAC (Cinturão de Águas do Ceará) tiveram origem, no final dos anos 90, quando a VBA elaborava, para o Ministério de Integração Nacional, os estudos de Inserção Regional do PTRSF - Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional.

Na ambiência propositiva gerada pela elaboração dos estudos, a VBA, em um exercício natural, buscou identificar alternativas que otimizassem o aproveitamento das águas transpostas para o estado do Ceará. Neste bojo, surgiu, pela primeira vez, a ideia de propor um canal que aproveitasse a elevada cota NA, pouco inferior à cota 500m e praticamente de toda a superfície do Estado do Ceará, na qual chegariam ao Ceará, em Jati, as águas transpostas e as aduzisse às regiões menos favorecidas do Estado em termos de recursos hídricos.

Figura 1.1 – Acessos ao Trecho 1 do CAC

Sobre um mapa hipsométrico simplificado, produzido pelo IPLANCE – Instituto de Planejamento do Ceará, foi traçado um canal que praticamente circundaria o limite oeste do estado, o qual, através de um tramo oeste-leste no extremo norte, já próximo ao litoral, poderia ser unido ao Eixo de Integração Castanhão/RMF/Pecém, o Eixão, àquela altura apenas um projeto em elaboração. À época, rotulou-se essa ideia de “Cordão de Água”.

Com a decisão do Governo Federal em implantar as obras do Projeto de Transposição Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional – PTRSF, o Governo do Estado do Ceará, por meio da Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH, consolidou a ideia de adução das águas transpostas para as principais bacias do Ceará, através de um extenso sistema de adução que passou a ser denominado de CAC – Cinturão das Águas do Ceará.

Na versão dos Estudos de Viabilidade e de Anteprojeto, licitada e contratada pelo Governo do Estado do Ceará, o traçado do CAC foi deveras aprimorado, não só por utilizar cartas plani-altimétricas mais precisas e, principalmente, por buscar outros dois objetivos fundamentais:

- incrementar de forma significativa a área a ser beneficiada;
- conferir, no limite, o caráter gravitário ao sistema, o que por si só representou um ganho extraordinário em viabilidade e qualidade para o Projeto.

1.3.2 - DIRETRIZES BÁSICAS PARA A CONCEPÇÃO DO SISTEMA ADUTOR

O Projeto do CAC foi concebido com a finalidade de transferir vazões, advindas do Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) e destinadas ao Ceará, com o objetivo de distribuí-las nas principais bacias hidrográficas do estado, alargando as áreas beneficiadas e potencializando os benefícios.

O PISF, tal como foi projetado, entregaria parte das vazões para o Ceará em Jati, para transferência para as bacias do Salgado e Médio Jaguaribe, com as águas sendo armazenadas na barragem do Castanhão.

A integração do PISF com o CAC permitirá que parte das vazões captadas em Jati possam ser aduzidas em canais gravitários para as principais bacias do Estado: Salgado, Alto, Médio e Baixo Jaguaribe, Banabuiu, Curu, Acaraú e Coreauú. Apenas no seu último trecho, no Ramal do Litoral, o sistema deverá utilizar bombeamento para a transferência de vazões, em razão das condições propícias disponíveis na captação do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú.

Em todas estas bacias, serão utilizados os açudes com capacidade de acumulação superior a 50 hm³, para armazenamento da água e regularização de vazões, observando que, atualmente (abril de 2015), grande número destes reservatórios está com menos de 30% de suas capacidades. A partir do sistema de canais e dos reservatórios, será garantido o abastecimento de água para as populações, a indústria, o turismo, a dessedentação animal e agricultura irrigada, nesta ordem de prioridade.

As diretrizes básicas que orientaram a concepção do presente Projeto Executivo do CAC foram:

a) Abrangência Geral do Sistema Adutor

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional (PISF) tem, entre seus grandes méritos, o atendimento de parcela significativa da demanda d'água do Ceará, com plena garantia.

No entanto, uma crítica consistente que poderia ser feita ao PISF estaria ligada à concentração direta deste benefício nas sub-bacias atualmente já menos vulneráveis do Salgado, Médio e Baixo Jaguaribe. Ainda que transposições forçadas complementares entre sub-bacias internas do estado pudessem levar vazões para outras regiões, certamente, porém, teriam altos custos de energia gasta em elevados bombeamentos e adutoras e, até mesmo, elevadas perdas com a solução de condução, mesmo que parcial, em leitos naturais.

O CAC ensejará a melhor distribuição das águas transpostas, possibilitando o crescimento mais harmônico das economias locais em todas as bacias do estado, pela possibilidade do abastecimento humano e da implantação de vários pólos de desenvolvimento.

Tornar a distribuição das vazões transpostas a mais abrangente possível, para atender às bacias e sub-bacias do todo o estado, de forma equilibrada, é uma macrodiretriz que orientou todo o trabalho de formulação e consolidação das alternativas.

b) Condição Gravitária do Sistema

O Projeto do Cinturão de Águas do Ceará foi concebido seguindo a macrodiretriz de distribuição das vazões transpostas do Rio São Francisco às principais bacias hidrográficas do Ceará de forma gravitária. As alternativas foram formuladas e consolidadas perseguindo-se o objetivo de transporte da água sem a necessidade de bombeamentos.

Na alternativa de referência, está previsto apenas o bombeamento para o Ramal do Litoral na tomada d'água do Projeto de Irrigação Baixo Acaraú, na barragem Santa Rosa, já construída e em operação. Tal bombeamento poderia até ser eliminado em futura etapa complementar de ampliação de um dos ramais do projeto, na margem esquerda do rio Acaraú, que não mais conduziriam as vazões para abastecer o Ramal do Litoral.

c) Faseamento da Implantação do Projeto

Foi seguida a macrodiretriz, estabelecida nos Termos de Referência do processo licitatório, de nortear a formulação final das alternativas de traçado, considerando os cenários de projeto concebidos e os demais fatores, com características específicas de cada tipo de obra do sistema adutor, com o obrigatório faseamento de sua implantação, em função de sua magnitude, das possibilidades de se auferir maiores benefícios nas proposições de construção do sistema adutor em etapas, quando possível associadas à modulação de obras, bem como à minimização dos riscos e custos construtivos e operacionais.

d) Otimização do Sistema Adutor

A fim de consubstanciar tecnicamente as soluções adotadas, a VBA adotou desde a concepção das Alternativas, no Anteprojeto e no detalhamento do Projeto Executivo, processos de otimização, tanto para a concepção otimizada das seções e obras-tipo

componentes, como para a definição dos traçados gerais e localizados, em função das condições de utilização otimizada de cada componente linear em perfil.

Foi desenvolvido, inicialmente, estudo de concepção tecnológica dessas obras considerando, dentre outros fatores: as características físicas (relevo, geologia e geotecnia), sócio-econômicas e ambientais da região, a flexibilidade para o faseamento, as experiências em projetos similares, a disponibilidade e otimização de utilização e aproveitamento de materiais e de tecnologias apropriadas à região.

Para os principais tipos de obras lineares (canais, túneis, aquedutos, obras de drenagem, estruturas de controle, etc.) foram elaboradas curvas paramétricas básicas de custo, para faixas de variação de vazão, cobrindo com “sobra” as condições possíveis de serem encontradas ao longo dos traçados.

Com base nestas curvas básicas e nas características do sistema (traçados, vazões a transportar, secções, declividades, alternativas de obras, etc.), procedeu-se uma análise global para definição das condições ótimas de utilização de cada tipo de obra linear para servir de referência no processo iterativo de definição/concepção dos traçados, tanto ao nível geral, como das obras localizadas, observando a utilização contínua deste processo desde o Anteprojeto até o detalhamento final deste Projeto Executivo.

- e) Macrodiretriz Relativa aos Condicionantes do Relevo e das Características Geológicas e Geotécnicas, principalmente relacionadas ao Trecho 1 – Jati/Cariús

As condições gerais do relevo, ao longo dos possíveis caminhamentos do sistema adutor, constituíram importantes condicionantes para a formulação de alternativas de traçado. Travessias de vales e rios, ultrapassagem de serras e elevações, passagem por encostas de chapadas e serras e pelos divisores de água de diversas bacias foram relevantes condicionantes na formulação de alternativas, tanto do ponto de vista de engenharia, como também dos custos envolvidos nas soluções propostas, buscando-se sempre “macrodiretriz principal” de operação gravitária do sistema, que se evidenciou bastante complexa para o Trecho 1, tanto ao nível de Anteprojeto, como no detalhamento do Projeto Executivo.

Do ponto de vista das situações específicas de geologia e geotecnia, as soluções propostas definiram concepções de locais de passagem com variantes de cotas e comprimentos, de obras de canais, aquedutos, sifões ou túneis.

As investigações objetivaram, inicialmente, conhecer a feição geológica ao longo das obras em nível adequado para cada fase do Projeto, para conceber, analisar e selecionar alternativas viáveis para cada trecho e, no Trecho 1, fundamentar a definição das obras ao nível de anteprojeto. Para a presente fase de Projeto Executivo, as investigações topográficas e geotécnicas foram executadas com o objetivo de consolidação do traçado e, principalmente, detalhamento das obras anteprojeadas, sua quantificação e estimativa de custos.

- f) Macrodiretriz Relativa à Definição das Vazões de Cada Trecho, para consolidação da vazão do Trecho 1

Na concepção e utilização dos componentes, a otimização foi iniciada a partir das vazões a serem aduzidas, determinadas pela análise prospectiva das demandas d’água nas

bacias de interesse, pela avaliação das potencialidades e disponibilidades hídricas e pela elaboração do balanço hídrico, planejamento e pré-estudo otimizado de estimativas possíveis das vazões máximas transpostas e distribuídas em cada trecho.

As vazões a serem aduzidas em cada trecho do CAC foram definidas com base em dois condicionantes: os déficits hídricos possivelmente atendidos por cada trecho e as vazões máximas transpostas desde o Rio São Francisco para o Ceará.

Os déficits hídricos na área a ser beneficiada pelo CAC foram determinados mediante a simulação de balanço hídrico, que foi realizado contrapondo-se as demandas hídricas previstas para o horizonte de 2040 com a oferta hídrica local com elevada garantia (referente à vazão regularizada por reservatórios com capacidade de acumulação superior a 50 hm³). Tal procedimento permitiu identificar as regiões com maiores déficits e que devem ser priorizadas com vazões transpostas pelo CAC.

Por outro lado, a vazão máxima do PISF representa uma limitação à vazão de dimensionamento do CAC, visto que essa será a fonte hídrica do projeto. Apesar do referido limite, os trechos finais do CAC (Ramais 1, 2, Oeste e Leste) foram dimensionados para vazões cujo somatório total possa ser superior à vazão máxima do PISF para o Ceará. Esse critério proporcionará uma maior flexibilidade de operação do sistema, permitindo que durante os períodos de bombeamento máximo as águas transpostas sejam destinadas a uma ou outra bacia de acordo com a situação hídrica no momento.

Portanto, os critérios de definição das vazões em cada trecho do CAC foram baseados não somente em um balanço estático entre ofertas locais e demandas hídricas, mas principalmente levando-se em consideração a possibilidade de operação do sistema em relação à sazonalidade dos déficits hídricos na área atendida pelo CAC.

g) Macrodiretriz Relativa à Definição das Vazões Máximas em Cursos D'água Interceptados pelo CAC

Para o dimensionamento das obras de drenagem transversais ao CAC, foi realizado estudo hidrológico para determinação das vazões máximas em cursos d'água interceptados por seu traçado. Tendo em vista a extensão do projeto, abrangendo áreas com padrões de precipitações pluviais distintos, foi concebido um zoneamento para identificação de áreas com regime pluvial homogêneo. Em cada uma das zonas identificadas, o estudo foi realizado para um posto representativo, definindo-se a chuva de projeto de referência para os cursos d'água situados na respectiva zona. Foram estudados seis postos pluviométricos no 1º Trecho do CAC, o que representa uma densidade média de um posto a cada 25 km de canal. As chuvas de projeto foram definidas para tempos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos, sendo esta última utilizada para o cálculo das vazões máximas nos exutórios das bacias hidrográficas interceptadas.

A determinação da precipitação para os tempos de recorrência desejados foi realizada ajustando-se as precipitações máximas anuais a distribuições de probabilidades teóricas, obtendo-se assim a precipitação para qualquer probabilidade de ocorrência. Em uma última etapa, foram utilizadas técnicas de desagregação de chuva para determinar as precipitações com diferentes durações e gerar as curvas de intensidade-duração-frequência para cada posto pluviométrico utilizado.

Uma vez definidas as chuvas de projeto, realizou-se o estudo fluviométrico para determinação das vazões máximas para as obras de drenagem transversais ao CAC. Os critérios adotados foram definidos de acordo com a área da bacia hidrográfica: para bacias com área de drenagem de até 3,5 km² utilizou-se o Método Racional de transformação chuva-deflúvio; nas demais bacias hidrográficas, a vazão de projeto foi definida como a vazão de pico do hidrograma de cheia calculado pelo Método do Hidrograma Unitário.

h) Macrodiretriz Relativa à Concepção Hidráulica, Geométrica e Executiva das Obras Lineares

Inicialmente, foram elaboradas as concepções tecnológicas das obras e componentes para, em seguida, avaliar seus custos e parametrizá-los mediante curvas de referência por capacidade hidráulica para, depois, estabelecer-se curvas paramétricas de condições ótimas relativas de utilização, em função das vazões aduzidas e das condições geométricas, como altura de corte e/ou aterro, sempre associadas às características geológicas/geotécnicas e respectivos processos construtivos.

Os critérios gerais estão ligados à concepção otimizada das obras macrocomponentes do sistema (canais; aquedutos, sifões e túneis), com base nas recomendações dos manuais do Bureau of Reclamation e normas complementares recomendadas pela SRH, segundo o seguinte processo metodológico:

- Análise e definição do porte das obras a ser concebidas e otimizadas: as faixas de capacidade hidráulica das obras em função da capacidade máxima de cada trecho e da evolução das suas séries temporais de vazões transitadas na vida útil do projeto.
- Compilação, apropriação e análise técnico-econômica comparativa de processos construtivos e de utilização de materiais e soluções tradicionais e de recente implementação relativos aos principais componentes e diferentes condições geológicas/geotécnicas e disponibilidades de materiais para construção.
- Concepção básica e estimativa de custo preliminar de seções e obras típicas para atender as faixas e modulações de vazões definidas em todos os trechos do projeto, bem como todos os condicionantes geotécnicos e topográficos já identificados.

Concepção dos Canais

Foram compostas curvas paramétricas de custos de implantação de seções-tipo de canais, para diferentes alturas de corte e aterro, variando de H=0 a H=30 m, com geometria hidráulica otimizada, associadas à capacidade de condução estimada com a declividade de 0,10 m/km, adotada como valor básico de referência e parametrização para todas as seções, correspondente, aproximadamente, à média das declividades ótimas para vazões da ordem de grandeza do CAC, considerando-se ainda todas as recomendações do Manual do *Bureau of Reclamation* quanto à geometria da seção, mas sem considerar o condicionante obrigatório de condução totalmente gravitativa. Tal condicionante operacional e as características de relevo do Trecho 1 implicaram na necessidade de se adotar a declividade de 0,05m/km para a condução dos 30m³/s, ao longo do Trecho Jati/Cariús.

Concepção de Túneis

Foram construídas curvas de custos de seções-tipo de túneis, para diferentes condições geológicas/geotécnicas e materiais de escavação e as respectivas soluções de engenharia e processos construtivos, em função da capacidade de vazão estimada com a declividade de referência de 0,50 m/km, que corresponde à declividade otimizada de túneis, porém com aplicação condicionada às condições de relevo, devendo ser adotada como valor básico de parametrização, tanto para capacidade hidráulica, como para custo, para todas as seções, para diferentes condições geotécnicas e comprimento dos túneis. Foram tomados como apoio os estudos realizados para os projetos PROGERIRH e PISF e EIXÃO das Águas da SRH do Estado do Ceará, desenvolvidos pela própria VBA.

Concepção de Adutoras e Sifões

Foram levadas em consideração curvas de custos de investimento de adutoras e sifões em tubulações de aço, em função da variação dos diâmetros e modulações em fases.

Foram tomados como referência os estudos realizados para os projetos PROGERIRH, PISF e EIXÃO das Águas da SRH do Estado do Ceará.

1.3.3 - PROJETOS INTEGRÁVEIS NO ÂMBITO DO TRAÇADO GERAL DO CAC

Com o objetivo de verificar a inserção regional do Projeto do Cinturão das Águas do Ceará foram levantados planos e projetos governamentais implementados ou projetados que exerçam influência sobre a área do projeto, ou que sejam por ele influenciados. A priori foi constatada a existência de pelo menos quatro projetos públicos que exercem função complementar aos objetivos pleiteados pelo projeto do CAC.

1.3.3.1 - Projeto de Transposição do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional – PISF

O Projeto de Integração da Bacia do São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional exerce influência sobre o projeto deste sistema adutor, já que a captação d'água do Canal Principal do Sistema de Distribuição do CAC será efetuada no Eixo Norte do Projeto de Integração da Bacia do São Francisco, numa depressão da linha de cumeada da margem esquerda da bacia hidráulica e hidrológica da barragem Jati.

O desenho “Integração do São Francisco com o CAC” (**Figura 1.2**) apresenta o esquema geral da transposição do São Francisco e a sua integração com o CAC, a qual se dá por meio de uma derivação ao final do Trecho I do Eixo Norte. Nesse ponto, a vazão máxima do São Francisco disponível para o Ceará é de 30 m³/s. A vazão total máxima do Eixo Norte, para o Estado do Ceará, considerando além da entrega no final do Trecho 1 do Eixo Norte, também a entrega no final do Trecho 3 do Eixo Norte, será de no máximo 45,10 m³/s.

Figura 1.2 - Integração do São Francisco com o CAC

O PISF – Eixo Norte, na versão de seu Projeto Básico, entregaria as vazões para o Ceará nos seguintes pontos:

- Riacho dos Porcos - seria derivada a vazão máxima de $7,3\text{m}^3/\text{s}$ do reservatório Porcos, pertencente ao Trecho-II do PISF, para o riacho dos Porcos afluente pela margem direita do rio Salgado, afluente pela margem direita do rio Jaguaribe;
- Através do canal do Trecho III DO PISF, que conduziria a vazão máxima de $45,1\text{m}^3/\text{s}$ do reservatório Caiçara, localizado no final do Trecho II do PISF, para o rio Salgado, entre as cidades de Aurora e Lavras da Mangabeira.

Estas vazões, além de perenizar o riacho dos Porcos e o rio Salgado, alimentariam o açude Castanhão, principal reservatório da bacia do rio Jaguaribe e manancial para atender as demandas do Médio e Baixo Jaguaribe e, principalmente, da Região Metropolitana de Fortaleza. As águas armazenadas no açude Castanhão são conduzidas para Fortaleza através do Eixo de Integração, já construído e em operação.

O Governo do Estado do Ceará solicitou, formalmente, ao Ministério da Integração Nacional, a transferência de parte ($25,1\text{ m}^3/\text{s}$) da vazão de $45,1\text{ m}^3/\text{s}$ aduzida pelo Trecho III do PISF para o CAC, ao invés da adução para o rio Salgado. O CAC está projetado com captação de até $30\text{m}^3/\text{s}$ no reservatório Jati, situado no final do Trecho 2 do PISF.

A complementação de $4,9\text{ m}^3/\text{s}$, para alcançar os $30\text{ m}^3/\text{s}$ previstos para o CAC, será obtida reduzindo a vazão, também destinada ao Ceará, na tomada para o Riacho dos Porcos, que passará de $7,3\text{ m}^3/\text{s}$ para $2,4\text{ m}^3/\text{s}$.

A configuração das vazões derivadas pelo PISF, em seu Projeto Executivo, ficará como apresentado na **Figura 1.3**, a seguir. Fica claro que as vazões derivadas para o CAC não mudam em nada as vazões totais destinadas aos estados do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte. A mudança constitui apenas na derivação para o CAC de vazões desde sempre destinadas ao estado do Ceará.

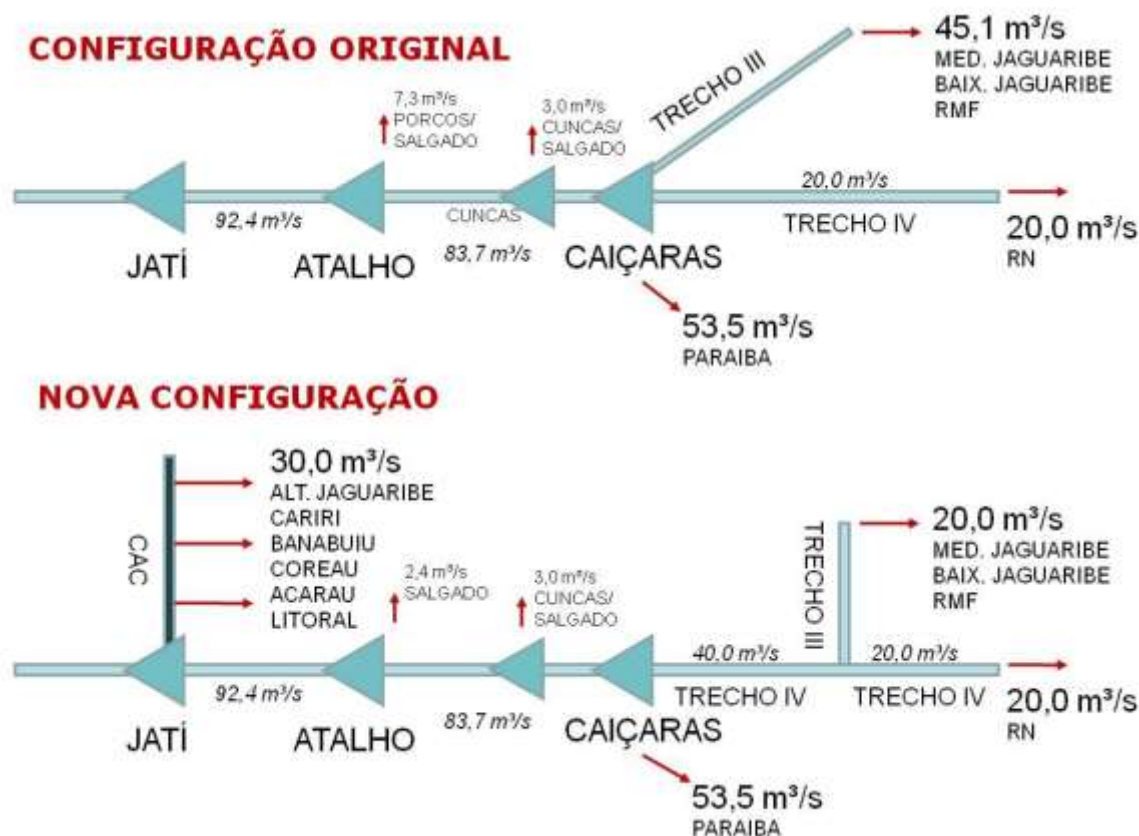
1.3.3.2 - Projeto de Irrigação Baixo Acaraú

O Projeto de Irrigação Baixo Acaraú também exerce função complementar, já que a captação d'água para suprimento hídrico do Canal do Litoral, último trecho do CAC, será efetuado na Barragem de Derivação Santa Rosa, que integra o sistema de captação deste perímetro irrigado.

As águas de perenização do rio Acaraú atingem a barragem Santa Rosa, já construída e em operação, onde se localiza a atual tomada d'água do Projeto de Irrigação Baixo Acaraú. Aproveitando-se as instalações dessa tomada, será implantado o único bombeamento de todo o Projeto do Cinturão de Águas do Ceará – CAC, a fim de transpor as águas para o Canal do Litoral, de direção aproximada de noroeste-sudeste que se desenvolverá por toda a bacia do litoral e extremo norte da bacia do Curu, até se unir ao ponto final do Eixo de Integração de Bacias Castanhão – Região Metropolitana de Fortaleza – RMF (EIXÃO).

Uma análise preliminar da concepção do projeto e das obras já construídas indica a possibilidade de viabilizar para o Canal do Litoral uma vazão de até 6 m³/s, simplesmente com a duplicação da adutora já implantada e o acréscimo de três bombas à estação elevatória já em operação.

Figura 1.3 – Configuração Geral da derivação de vazões do PISF para o CAC



1.3.3.3 - Eixo de Integração Castanhão / Região Metropolitana de Fortaleza – Eixão e CIPP – Complexo Industrial e Portuário do Pecém

O Projeto do Trecho 5 (Açude Gavião/Pecém) do Eixo de Integração Castanhão/RMF também exerce função complementar, já que o Projeto do Cinturão das Águas do Ceará prevê a conexão deste sistema adutor com o Canal do Litoral do Sistema de Distribuição.

Esta conexão é muito importante, pois dará flexibilidade e maior garantia no fornecimento de vazões para o atendimento das demandas do CIPP – Complexo Industrial e Portuário do Pecém.

Além desta conexão, através do Canal do Litoral, existe a possibilidade de integração do CAC com o EIXÃO através do Ramal Leste, abastecendo os açudes principais de leste a oeste, ou seja, desde o Choró/Pacajus, do sistema Metropolitano, até o General Sampaio, do sistema do Curu/CIPP.

1.3.3.4 - Ferrovia Transnordestina

Há interferências entre o CAC e a Ferrovia Transnordestina, no Trecho Crateús-Piquet Carneiro (Segmento Nova Russas/Quixeramobim) e no Trecho Missão Velha/Salgueiro, este último em implantação.

1.4 - FASEAMENTO DA OBRA

O Cinturão das Águas do Ceará – CAC é um sistema adutor extenso, com cerca de 1.300 km, totalmente gravitatório, com previsão de canais em corte e aterro, com passagens em talvegues e travessias de divisores de água, contemplando obras especiais como túneis e sifões. Da forma como está concebido está subdividido da seguinte forma:

- Trecho 1, que começa na barragem Jati e termina na bacia do rio Cariús, com 145,334 km de extensão, com vazão máxima de 30m³/s, objeto do presente Projeto Executivo;
- Trecho 2, que começa na travessia do rio Cariús e termina na passagem do divisor de águas das bacias dos rios Jaguaribe e Poti, com 271,00 km com vazão máxima de 30m³/s;
- Ramal 1, que começa no final do Trecho 2 e deriva vazões para a bacia do Banabuiú, com 53,00km, com vazão máxima de 5m³/s
- Trecho 3, com 137 km, começa no divisor de águas das bacias dos rios Jaguaribe e Poti e termina no ponto de derivação dos Ramais Leste e Oeste, com vazão máxima de 20m³/s;
- Ramal 2, que deriva vazões para a bacia do Banabuiú, através do rio Quixeramobim, com 20km de extensão, com vazão máxima de 10m³/s;
- Ramal Oeste, com 181,80km de extensão para transferir vazões para as bacias do Acaraú e do Coreaú, com vazão máxima de 15m³/s;
- Ramal Leste, com 304,32km, para derivar vazões para as bacias do Acaraú, Litoral e do Curu, com vazão máxima de 8m³/s;
- Ramal do Litoral, com 183,31 km, inicia na barragem Santa Rosa no rio Acaraú e termina no Complexo Industrial e Portuário do Pecém, com dois subtrechos, com vazão máxima de 6m³/s.

Esta divisão do CAC em trechos e ramais foi adotada para o faseamento da elaboração do projeto e da implantação das obras, sem prejuízo da concepção geral do empreendimento.

2 – ESTUDOS BÁSICOS PARA O TRECHO 1 - JATI/CARIÚS

2 - ESTUDOS BÁSICOS PARA O TRECHO 1 - JATI/CARIÚS

2.1 - CARTOGRAFIA BÁSICA

2.1.1 - CARTOGRAFIA PRÉ-EXISTENTE

A aquisição, a análise e retrabalho de toda a base cartográfica disponível, sobre os temas de interesse, assumiram papel de indiscutível importância para a formulação, otimização e seleção das alternativas e, em especial, para a elaboração do Anteprojeto do Trecho 1 – Jati/Cariús, em que se fundamentou o Projeto Executivo objeto deste Memorial Descritivo.

A VBA já dispunha de parte do material cartográfico necessário para a realização dos estudos de otimização geral e do Anteprojeto do Trecho 1, na base de 1:25.000 (antigas cartas do DNOS/PROINE elaboradas para estudos de projetos de irrigação no Nordeste), fazendo-se necessária a complementação e a digitalização dos elementos já adquiridos relativos à cartografia, topografia e compilação complementar dos estudos cartográficos geológicos/geotécnicos, de solos de toda área de interesse do projeto, da infraestrutura geral existente e planejada e de seus estudos básicos de campo.

Foram as seguintes as escalas de detalhamento das bases cartográficas e suas respectivas fontes, disponíveis à época dos estudos de viabilidade:

- 1:25.000 (DNOS);
- 1:100.000 (DSG/ SUDENE);
- 1:50.000 (Dados de RADAR interferométrico – SRTM - NASA);
- 1:250.000 (DSG/ RADAM BRASIL).

2.1.2 - CARTOGRAFIA ESPECÍFICA PARA OS ESTUDOS DO CAC

a) Complementação da digitalização da cartografia existente

A VBA complementou a digitalização da cartografia básica nas escalas: 1/100.000, 1/250.000, 1/500.000 e 1/1.000.000, com elaboração de modelo digital do terreno – DTM, nas faixas específicas dos traçados de todas as alternativas globais, consolidando cartas com escala equivalente a 1:50.000, e na escala 1:25.000 para parte do trecho do levantamento realizado pelo extinto DNOS, que cobria a quase totalidade do Trecho 1.

b) SRTM – NASA

Foi realizada a compilação do modelo numérico de elevação do programa SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) da NASA e a transformação dos dados GEOTIFF em arquivos tipo CAD, nos sistemas W6584 e SAD69.

Estas cartas correspondem, de forma aproximada, à escala de 1:50.000, conforme análise da VBA, principalmente quando comparadas com as cartas de 1:25.000 do DNOS, na parte do trecho onde se conseguiu recuperar e digitalizar as cartas do DNOS.

Em razão de não se ter conseguido a cobertura total do Trecho 1 da aerorestituição na escala 1:25.000/DNOS, necessária para a elaboração do Anteprojeto, fez-se uma complementação dos “vazios”, com levantamentos localizados com topografia clássica e com a carta SRTM, fazendo-se os ajustes de cotas para compatibilização com as cartas 1:25.000, consideradas como base de referência para o Trecho 1.

- c) Levantamento aerofotogramétrico específico para o Trecho 1 em escala 1:5.000 (Anteprojeto e Projeto Básico Licitado)

Em uma primeira fase, foi planejado e executado levantamento aerofotogramétrico especificamente para o Trecho 1 - Jati/Cariús, já prevendo sua necessidade para suprir informações e dirimir dúvidas para melhoria na elaboração do Anteprojeto, o que posteriormente viabilizou a concepção do Projeto Básico Licitado.

Este levantamento aerofotogramétrico, realizado na escala de 1:15.000, de modo a viabilizar a elaboração da restituição aerofotogramétrica na escala de 1:5.000, com curvas de nível a cada 5 metros, mostrou-se até mais que suficiente para a consolidação de um Anteprojeto bastante consistente.

- d) Levantamentos Topográficos de trechos localizados e do Apoio de Campo para a Aerocartografia na escala 1:5.000

A VBA, durante a elaboração do Anteprojeto, propôs ajustes no plano de trabalho dos serviços topográficos preliminares com otimização dos serviços previstos no Edital com a execução e o aproveitamento integrado dos serviços de topografia de trechos localizados e do apoio de campo, para a restituição aerofotogramétrica na escala de 1:5.000.

Esta topografia de verificação e apoio de campo foi também de grande utilidade na fase de consolidação do Anteprojeto e no pré-cadastro parcial, social e físico das propriedades, bem como para a determinação das interferências com a infraestrutura existente.

- e) Levantamento aerofotogramétrico associado a *laser* específico para o Trecho 1 em escala 1:2.000 (Projeto Executivo)

Neste “Projeto Executivo do Trecho 1 - Jati / Cariús do Cinturão de Águas do Ceará - CAC”, foram realizados serviços de levantamento aerofotogramétrico e perfilamento a *laser* para geração de uma base topográfica na área do projeto. O levantamento cobriu a área total de fotografias aéreas de 421 km² e uma área de perfilamento a *laser* de 320 km².

Com o referido serviço, obteve-se uma melhoria significativa na base de dados utilizada para quantificação da terraplenagem do Trecho 1 do CAC, no âmbito do Projeto Executivo, obtendo-se base topográfica na escala 1:2.000 em complementação à base na escala 1:5.000 utilizada anteriormente. Com o maior nível de detalhamento da superfície, foi gerada uma restituição do terreno com curvas de nível a cada metro, possibilitando ajustes localizados de otimização de traçados e de obras localizadas, precisão na quantificação da terraplenagem em relação ao projeto licitado, cuja restituição detalhava o nível do terreno a cada 5 metros, suficiente para o Anteprojeto e até para o Projeto Básico, mas insuficiente para o detalhamento do Projeto Executivo. Esta nova cartografia foi utilizada no desenvolvimento do Projeto Executivo.

A descrição detalhada sobre o processo de geração da base de dados topográficos, utilizada no ajuste final dos traçados e nos Projetos Geométricos e de terraplenagem do Projeto Executivo do 1º Trecho (Jati / Rio Cariús) do CAC, pode ser vista nos seguintes subprodutos: “Relatório do Recobrimento Aerofotogramétrico e do Perfilamento a *Laser*” e “Relatório de Restituição Estereofotogramétrica, Elaboração de Ortofotos e Classificação dos Pontos do Perfilamento a *Laser*”.

O processo de elaboração da base topográfica baseou-se em dados altimétricos obtidos por perfilamento a *laser*, associados à restituição fotogramétrica de imagens aéreas, na escala 1:8.000, desenvolvidas com base no apoio de campo executado com este objetivo.

Na restituição aerofotogramétrica, utilizou-se processo digital para o traçado de curvas de nível, com equidistância de 1 metro, procedendo-se posteriormente a vetorização das feições topográficas sobre os modelos fotogramétricos tridimensionais.

Por sua vez, o processo de perfilamento a *laser* consiste na emissão de pulsos de laser em direção ao solo com uma determinada frequência (200.000 pulsos por segundo neste trabalho), registrando-se a distância da fonte emissora ao ponto no solo. Associando-se as distâncias à posição do sensor, é possível determinar as coordenadas tridimensionais de cada ponto, já levando em consideração o referenciamento ao apoio de campo. Nesse levantamento, o Modelo Digital do Terreno (MDT), gerado a partir do perfilamento a *laser*, apresentou uma densidade média de 1 ponto/m², ou seja, 10.000 pontos/h, densidade incomparavelmente superior à de um levantamento de cartografia clássica, na escala 1:2.000, onde pode variar do mínimo de 6,25 pontos, malha de 40mx40m, até 25 pontos em relevo mais complicado.

Os pontos do Modelo Digital do Terreno derivado do perfilamento a *laser*, após a filtragem dos que realmente representavam o terreno natural, foram sobrepostos aos modelos estereofotogramétricos para comprovar e analisar sua correta aderência ao relevo do terreno, procedendo-se correção do MDT nos locais em que o resultado foi considerado insatisfatório. A partir do MDT final, foram geradas as curvas de nível com equidistância de 1 metro, com o projeto referenciado ao Sistema Geodésico SAD 69 e WGS 84, com Sistema de Projeção UTM, fuso 24 (meridiano central 39°W).

f) Implantação da Poligonal de Apoio Básico e Locação Final do Projeto Executivo

A Poligonal de Apoio Básico, prevista no Edital, foi implantada com o objetivo estabelecer uma linha de base de apoio, amarrada a sucessivas bases de marcos georreferenciados por GPS geodésico, com cotas consolidadas por nivelamento e contranivelamento referenciados sempre aos RNN's mais próximos do sistema IBGE na região do CAC. Como base para o controle de qualidade do traçado da poligonal eletrônica do canal.

As especificações e ou planilhas do Edital de Licitação do Projeto Executivo previam a implantação de uma base composta de dois marcos geodésicos a cada 2,5km e a implantação de RNNs a cada 500m, ficando implícito pelo bom entendimento que a poligonal de apoio deveria ser amarrada a estas bases georeferenciadas.

O caminhamento da Poligonal de Apoio não foi detalhadamente definido no Edital. No entanto, inicialmente, houve o entendimento de que deveria ser definido o mais próximo possível do traçado definitivo, em função, principalmente, do seu objetivo final de apoiar a locação do eixo do Projeto Executivo do CAC, mas sem deixar de considerar as dificuldades de acesso, tanto pela inexistência de estradas ou simples “caminhos e veredas”, como pela existência de cercas impedindo o desenvolvimento dos trabalhos das equipes de topografia, cujas dificuldades foram potencializadas pelas condições de relevo, em especial nos emboques e desemboques dos túneis e nas encostas das grandes depressões onde foram projetados os sifões.

Diante de tais dificuldades, decidiu-se considerar o traçado do projeto Básico Licitado, de PI a PI, como diretriz da Poligonal de Apoio e locar as bases de marcos de coordenadas e RNNs, ao longo do referido traçado, atendendo o mais aproximadamente possível as distâncias previstas no Edital.

Os trabalhos foram iniciados implantando-se pares de marcos georeferenciados e RNNs a cada 10km e, sucessivamente, a cada 5km, otimizando progressivamente e interativamente o aproveitamento dos dados e da experiência dos trabalhos já realizados nas etapas anteriores.

Quando as bases estavam implantadas, a cada 5km, iniciou-se a locação da Poligonal de Apoio e a execução do nivelamento e contranivelamento dos RNNs, o que logo evidenciou maiores dificuldades de relevo e acesso, principalmente por se estar seguindo o praticamente o traçado final do canal e não o caminhamento que mais facilitasse a implantação de uma simples linha de base para controle de coordenadas de locação do futuro Projeto Executivo.

Estas adversidades tornaram praticamente impossível o fechamento planialtimétrico de 5,0km em 5,0 km, mesmo de 2,5km em 2,5km, para atender o nível de precisão compatível com a pequena declividade dos trechos em canal (5cm/km, aproximadamente 125 em 37 trechos de canal), e até mesmo dos túneis (0,25cm/km, aproximadamente 6,0km em 9 túneis) e sifões (50cm/km, aproximadamente 19km em 28 sifões), evidenciaram a necessidade de se mudar a metodologia de execução dos serviços topográficos iniciais de apoio, como da locação e nivelamento do Projeto Executivo.

Replanejou-se, então, implantar a poligonal de apoio subdividida em subtrechos de 1,0km de extensão, com bases com dois marcos geodésicos em seus extremos e um marco RN a cada 500m, aproveitando-se os marcos das bases como RNNs e também georeferenciando o RN intermediário de 500m, como simples controle parcial da locação, tanto da própria poligonal de apoio, como do eixo definitivo do Projeto Executivo.

Estes pontos de precisão foram materializados em campo por meio de marcos de concreto com chapa metálica cravada, nomeados como “NS” (número de série) e “AZ” (azimutes), devidamente identificados e numerados.

Os marcos de concreto, denominados “NS”, foram implantados a cada 500m, ao longo do eixo, sendo que a cada subtrecho de 1km tais marcos “NS” fazem par com um marco denominado “AZ”. Ou seja, para cada 1km de desenvolvimento do canal, foram implantados três marcos.

Esta metodologia permitiu melhor controle da execução dos serviços relativos à topografia, facilitando a verificação e a correção de possíveis erros no decorrer das atividades, melhorando a qualidade do fechamento das locações e nivelamentos da Poligonal de Apoio e, conseqüentemente, de todas as seguintes etapas de serviços topográficos.

Seguindo, rigidamente, esta metodologia implantou-se, como alinhamento da poligonal eletrônica para transporte de cotas e coordenadas, o caminhamento de PI a PI do traçado do Projeto Licitado. Ao longo desta poligonal ficaram implantados todos os citados marcos de referência para controle da locação do Projeto Executivo e, ainda nesta fase, para apoiar os serviços geotécnicos, implantaram-se piquetões nas estradas a cada 100m, que foram amarrados planialtimetricamente.

Assim, para cada 1 km de desenvolvimento, ficou implantado um subtrecho de controle planialtimétrico, praticamente independente dos trechos anteriores.

Além da poligonal e rede de marcos de apoio e piquetões a cada 100m, foram levantadas algumas seções transversais nos pontos com maior grau de interesse para o projeto, quais sejam: emboque e desemboque de túnel, eixo e barrancos dos talwegues, início e fim de sifões. Foi também realizado o pré-cadastro das propriedades ao longo do canal, fazendo-se a amarração de seus limites transversais do eixo locado.

As informações detalhadas relativas à Poligonal de Apoio Básico estão reunidas nos Relatórios Mensais de Medição dos Serviços Topográficos (Relatórios 1 a 8), elaborados pela VBA e devidamente entregues à SRH.

g) Locação do Eixo e Obras do Projeto Executivo

A Poligonal de Apoio implantada com sub-trechos independentes permitiu liberar a locação do eixo ajustado e consolidado do Projeto Executivo, em sub-trechos de 1km, preferencialmente em ordem seqüencial de montante para jusante e, excepcionalmente, antecipando a locação de obras específicas como túneis, interferências com rodovias importantes e travessia de áreas urbanas, como no caso do sifão do Crato, liberando-se a localização das sondagens geotécnicas e levantando dados complementares para consolidar a concepção destas obras especiais.

Conforme havia-se planejado, a locação de cada sub-trecho topográfico de 1,0km do Projeto Executivo foi implantada partindo-se de um par de marcos a montante (com coordenadas e cotas WG84), fazendo-se amarrações ao trecho anterior, quando já locado e, finalmente, fazendo-se fechamentos planialtimétricos na base de pares de marcos de jusante, sem deixar de verificar a tolerância dos erros de locação e nivelamento, quando passaram pelo marco intermediário de RN a cada 500m, que também foi anteriormente georeferenciado para facilitar o controle das locações e nivelamentos.

Observa-se que, desta forma, os erros de locação e nivelamento de cada sub-trecho de 1,0km não se propagam para os outros trechos, que também tinham bases geodésicas de controle em seus extremos. Mesmo que o fechamento de cada sub-trecho fosse suficiente, fez-se ainda a amarração dos sub-trechos seqüenciais, verificando-se também toda a locação como uma poligonal geral.

2.2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

2.2.1 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

Para o reconhecimento geológico e geotécnico da zona do traçado do canal, foi necessária uma pesquisa bibliográfica dos trabalhos de geologia e mapas geológicos já elaborados para a região, complementada, numa primeira etapa, por pesquisa de campo e realização de ensaios (sondagens rotativas, sondagens por percussão, sondagens a trado e sondagens a pá e picareta).

Após a análise de toda informação disponível, iniciaram-se os novos trabalhos e pesquisas de campo. Tais trabalhos e pesquisas consistiram em levantamento geológico prévio a partir de afloramentos superficiais localizados no eixo e fora do eixo do traçado do canal. Para isso, foi necessária a abertura de picadas. Nestes afloramentos, foram obtidos parâmetros geomecânicos da rocha, onde se destacam o mergulho e a direção de mergulho das descontinuidades principais, persistência, espaçamento e rugosidade das mesmas, grau de alteração e fraturamentos, dentre outras.

Além disso, foram novamente analisados os cortes feitos na Ferrovia Transnordestina e os cortes das rodovias mais próximas, com o objetivo de prever os potenciais problemas de instabilidade nos cortes do canal.

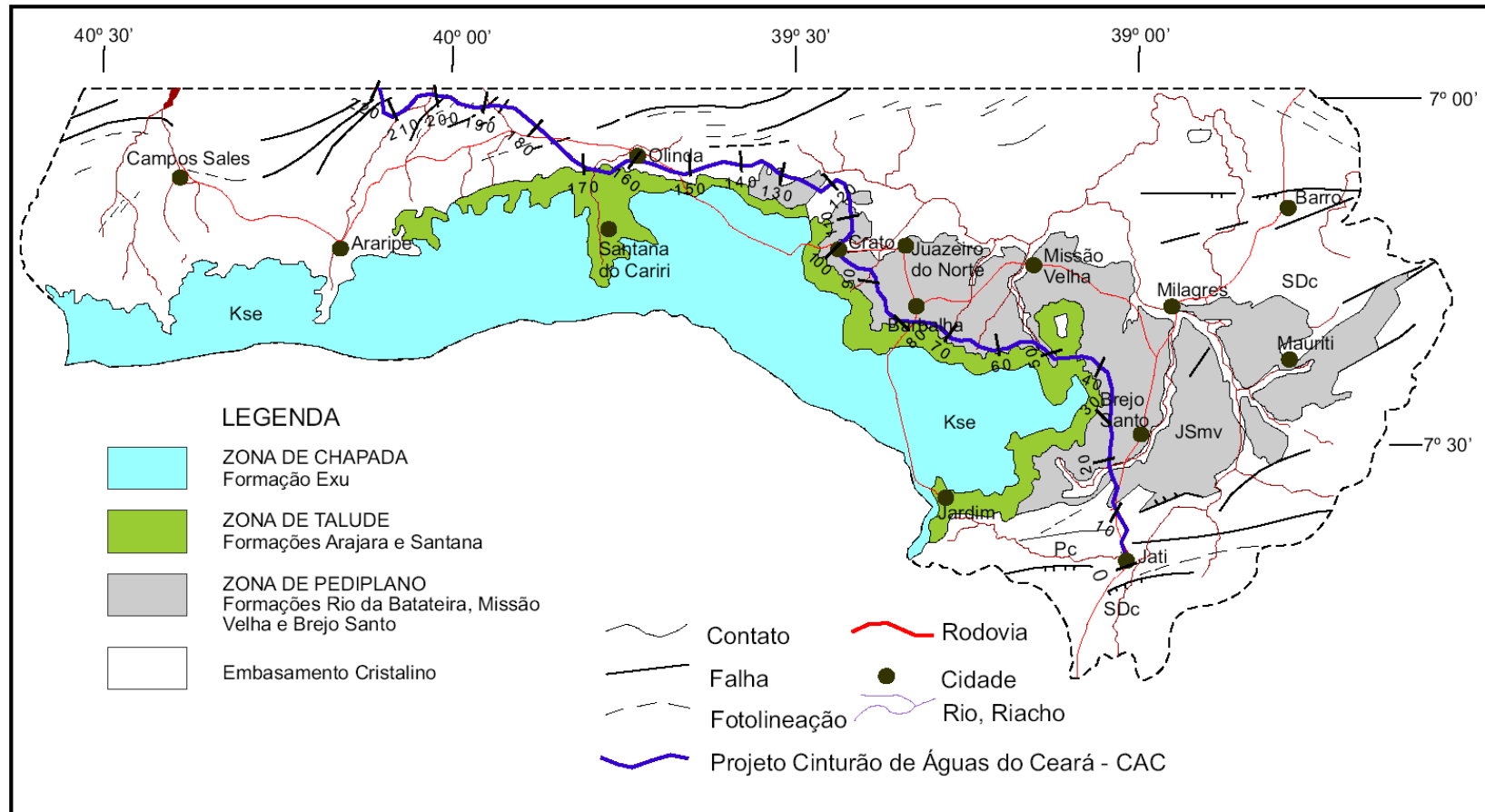
A nomenclatura para a descrição das unidades litoestratigráficas da região é baseada nos termos adotados para o Mapa Geológico do Estado do Ceará, Escala 1:500.000 – Ministério das Minas e Energia/CPRM - Serviço Geológico do Brasil/Governo do Ceará-Secretaria de Recursos Hídricos-2003.

2.2.2 - GEOMORFOLOGIA

Do ponto de vista físico, a marcante particularidade da região onde o CAC se desenvolve, em especial no Trecho 1 – Jati/Cariús, é uma conjunção de predominante realidade geológica sedimentar complexa, com geometria de relevo inclinado transversalmente e bastante movimentado longitudinalmente. O CAC desenvolve-se em meia encosta sinuosa, com ocorrência alternada de contrafortes e depressões e, ainda, densa rede de macro, média e micro drenagem transversal, sujeitas a um regime pluvial irregular com ocorrência de chuvas intensas, potencializadas por fatores orográficos.

Ao longo do Trecho 1 - Jati-Carius, a geomorfologia da região pode ser reconhecida em quatro zonas distintas com características bem definidas das feições geomorfológicas, como apresentada na **Figura 2.1**.

Figura 2.1 – Zonas Fisiográficas de Todo o Trecho Jati – Cariús



- Zona de Embasamento Cristalino: englobam rochas metamórficas associados à Formação Santana dos Garrotes (NPcsg) e granitoides intrudidos; caracteriza-se por formar parte do Planalto Nordeste, onde ocorrem serras cristalinas de altitudes modestas, sulcadas por inumeráveis vales, com solos pouco férteis e de espessuras reduzidas. A caatinga (vegetação autóctone) sobrevive em condições de longa ausência de água.
- Zona de Chapada ou Chapada do Araripe: constituída pelos arenitos da Formação Exu, apresenta relevo tabular quase plano, formando uma extensa “mesa” limitada em quase toda sua extensão por escarpas abruptas, de contornos irregulares e desníveis consideráveis, que chegam a ultrapassar 300 metros;
- Zona de Talude: margeia o sopé da chapada e inclui, geologicamente, unidades litológicas das formações Arajara (siltitos e arenitos argilosos e/ou caulínicos) e Santana (margas, folhelhos e calcários, contendo níveis intercalados de gipsita). No contato entre as formações Exu (na base da escarpa) e Arajara e no âmbito desta última formação, existem centenas de exutórios naturais de água (fontes), responsáveis pelo desenvolvimento da vegetação exuberante exibida por esta feição fisiográfica.
- Zona de Pediplano: na porção cearense da bacia, constitui uma vasta depressão, emoldurada, ao sul, pelas falésias escarpadas da Chapada do Araripe; relacionam-se às formações Brejo Santo e Missão Velha (Jurássico), Abaiara e Rio da Batateira (Cretáceo), estando este conjunto balizado ora pelos arenitos da Formação Mauriti ora pelas rochas do embasamento cristalino precambriano. Os solos oriundos das unidades litológicas têm composição argilo-siltica-arenosa (formações Rio da Batateira e Abaiara), arenosa (Formação Missão Velha) ou argilosa (Formação Brejo Santo).

O Trecho 1 – Jati/Cariús do CAC, após atravessar inicialmente uma área no embasamento cristalino, desenvolve-se na Zona de Pediplano ou na Zona de Talude, bem como na interface das duas. Ao longo desse caminhamento, os maciços rochosos e os solos deles resultantes apresentam-se bastante variáveis.

Na área do entorno, a geomorfologia é marcada por uma compartimentação de cunho estrutural/litológico que condiciona a geometria do relevo, sobretudo, na dinâmica de encostas, onde o embasamento geológico é dominado pelos arenitos das formações Missão Velha e Rio Batateiras, delimitados, no início, pelos terrenos neoproterozóicos do embasamento cristalino da Formação Santana dos Garrotes, que é intrudida pelos corpos graníticos/granodioríticos.

Assim, o desenvolvimento do canal sobre estas formações e em seus contatos cortará maciços de rocha e solos variáveis e complexos desde o início, na tomada d’água gravitária, próxima à cidade de Jati.

No âmbito regional, a área em estudo está inserida na Bacia de Araripe, intracratônica, depositada sobre rifts de direção NE-SW e, quanto à formação tectônica, de acordo com o Sistema Global de Classificação de Bacias de Kingston et al.(1983), é classificada como do tipo de Fratura Interior (IF), produzida por esforços distensivos e Depressão Interior (IS). A

tectono-sequência Beta é representada pela Formação Mauriti (Siluro-Devoniana), composta por conglomerados e arenitos conglomeráticos, componentes de leques aluviais. A unidade da sequência Pré-rifte pela Formação Brejo Santo (Jurássico) com folhelhos, argilitos e siltitos de origem lacustre. Sin-Rifte pelas formações Missão Velha e Abaiara, que se consiste de depósitos de rios meandantes e por depósitos de sistemas flúvio-lacustre sintectônicos respectivamente. Finalmente, na fase Pós Rift, foram depositadas as Formações aptiano-albianas Rio da Batateira, composta por arenitos conglomeráticos, granodécrescentes para arenitos, siltitos e folhelhos, calcários, argilas, margas e evaporitos de ambiente marinho restrito, e Arajara, composta por sedimentos terrígenos de granulação fina, de ambientes lagunar e litorâneo. As ocorrências fossilíferas estão no Membro Crato da Formação Santana. Discordante sobre essas unidades está a Formação Exu, composta por arenitos argilosos de depósitos de canal e argilitos de planície de inundação, interpretados como de rios meandantes.

2.2.3 - GEOLOGIA ESTRUTURAL

O estagio Rift na Bacia do Araripe resulta do tectonismo Eocretáceo (Neocomiano), conhecido como “Reativação Wealdeniana”. Suas estruturas se encontraram expostas superficialmente no Vale do Cariri, sendo também evidenciadas em levantamentos graviméticos e sísmicos, sob a Chapada do Araripe. Na literatura são identificadas duas sub-bacias: a Sub-Bacia Leste, ou Sub-Bacia do Cariri, e a Sub-Bacia Oeste, ou Sub-Bacia de Feitoria ou de Serrolândia, separadas por um alto estrutural interposto, denominado Horst de Dom Leme.

Os referidos compartimentos configuram uma zona de rifte com aproximadamente 170 km de comprimento no sentido leste-oeste e largura variável de 30 a 50 km (Ponte & Ponte-Filho 1996; Matos 1992, 1999). As unidades fundamentais são “grabens” assimétricos, com orientação NE-SW. Nas duas sub-bacias, os falhamentos podem ser agrupados em três conjuntos: um conjunto, dominante, com direção NE; um conjunto com direção E-W e, um conjunto com orientação NW.

O conjunto de falhamentos de direção NE-SW, que limita as sub-bacias e os seus principais blocos estruturais internos, é formado por falhas normais, planares, que obedecem à orientação principal da trama estrutural do embasamento. Muitas delas apresentam continuidade com zonas de cisalhamento Pré-Cambrianas; incluem-se nesse conjunto as falhas de Serrolândia, de Dom Leme, do Crato e de Barbalha, entre outras.

O conjunto de falhas de direção E-W concorda com os trends dos lineamentos limítrofes da Zona Transversal. Tal é o caso da Falha do Barro, parte do ramo principal do Lineamento Patos, e da Falha do Sítio dos Moreiras, em parte subparalela ao Lineamento Pernambuco (Ponte & Ponte Filho 1996).

Os falhamentos com orientação NW-SE são pouco freqüentes na trama estrutural do embasamento Pré-Cambriano, porém muito importantes na arquitetura da zona de rifte do Araripe. Incluem-se nesse conjunto as falhas de Missão Velha e Porteiras, interpretadas como fraturas de cisalhamento, que teriam atuado como falhas de transferência durante a evolução do rifteamento na bacia (Ponte & Ponte Filho 1996).

Em sua arquitetura, a Sub-Bacia Cariri foi descrita como um conjunto de quatro grabens colaterais assimétricos, com orientações que variam de N40° -55°E, separados por três horsts que formam cristais intrabaciais, limitados por falhas normais planares. Os grabens unitários recebem as designações de Crato-Juazeiro, Missão Nova, Jenipapeiro e Serrote da Cacimbas-Palestina. Os horsts interpostos são nomeados como Barbalha, Abaiara e Brejo Santo-Mauriti. As maiores profundidades estimadas nos levantamentos gravimétricos são da ordem de 1400 m e se encontram no Grabem de Crato-Juazeiro (Ponte & Ponte Filho 1996).

A geometria interna da Bacia de Feitoria aparenta ser formada por dois grabens assimétricos, colaterais, com orientação N40°E e mergulhos de polaridades similares, para NW. Limita-se a leste, com o horts de Dom Leme, pela falha homônima e, sudoeste, na região de Ipubi, com forma de um homoclinal, enquanto a extremidade nordeste aparenta ser limitada por falha, na região de Santana do Cariri. A profundidade máxima estimada nos levantamentos sísmicos é de 1850m a 1900 m (Ponte & Ponte Filho 1996).

2.2.4 - ANÁLISE POR SUBTRECHOS DE PROJETO

A **Figura 2.2**, a seguir, apresenta o traçado do sistema adutor, no Trecho 1 – Jati/Cariús, com a subdivisão em subtrechos adotada no Projeto Executivo. Para fins de licitação das obras, foram estabelecidos 5 lotes, sendo que os quatro primeiros lotes correspondem às obras dos quatro subtrechos do traçado (T1.1; T1.2; T1.3; T1.4), excluindo-se os segmentos dos 9 túneis (três no Trecho T1.2, dois no T1.3 e quatro no T1.4), que foram reunidos no Lote 5.

Desta forma, os lotes foram assim estabelecidos:

- Lote 1 = Subtrecho 1.1;
- Lote 2 = Subtrecho 1.2, exceto os túneis deste subtrecho (Sítio Alto 1, Sítio Alto 2 e Veneza);
- Lote 3 = Subtrecho 1.3, exceto os túneis deste subtrecho (Cabaceira e Arajara);
- Lote 4 = Subtrecho 1.4, exceto os túneis deste subtrecho (Boa Vista, Cruzeiro, Pai Mané e Canaúba).
- Lote 5 = reúne os nove túneis.

2.2.4.1 - Subtrecho 1.1 (Lote 1 da licitação)

O Subtrecho 1.1(Lote 1 da licitação) tem início na captação no lago da barragem Jati e termina a montante do túnel Sítio Alto 1, ao final do canal 9.1. Tem extensão de 38,72 Km e é composto pelas obras civis da captação e adução, incluindo também o fornecimento e montagem dos sifões deste subtrecho. O **Quadro 2.1**, a seguir, discrimina as obras deste Subtrecho. A **Figura 2.3** apresenta planta e perfil desse subtrecho.

Figura 2.2 – CAC – Trecho 1 Jati/Cariús – Subtrechos de Projeto 1.1, 1.2, 1.3 e 1.4

Caracterização Geológica/Geotécnica do Sub-trecho T1.1

A descrição geológico-geotécnica dos litotipos, que ocorrem ao longo do Sub-trecho T1.1 do CAC, corresponde ao trecho que inicia no km 0+000(montante) e termina no km 38+750. Para melhor entendimento da distribuição dos litotipos e características geológico-geotécnicas o traçado foi subdivididos em trechos crescentes do estaqueamento em quilômetros.

Tanto no Subtrecho T1.1, como no Subtrecho T1.2, os perfis representativos das encostas, com predominância de arenitos, em que o traçado do canal adutor foi ajustado à melhor situação técnica-econômica, em termos de estabilidade e balanço de materiais, apresentam as seguintes características geotécnicas:

- Cobertura coluvionar: Solo arenoso, pouco silto-argiloso, pouco plástico, compactidade média a muito compacto, em cores fortes amarela e amarela avermelhada, fragmentos e blocos de arenito compactos, as vezes silicificados, por vezes fortemente litificados, ou mesmo em processos formacionais mais recentes de laterização, com tamanho que vão desde fragmentos finos a pedras de mão, e mais marcantes nas dimensões de blocos e matacões. Estes últimos podem ocorrer aparentes na superfície do terreno, ou imerso na camada e envoltos pelo solo, típicos dos coluvionamentos, sendo ainda comum o acúmulo destes materiais no pé das encostas, característicos de talus. Embora apresente pequena espessura, ordem de 1 a 3m, têm importante função de estabilização natural da encosta, onde somam também as atividades animal e vegetal.
- Solo residual de arenito, com texturas de areia predominantemente fina, pouco silto-argiloso (finos menor que 20%), pouca a nenhuma plasticidade, compactidade mediana, em cores amarela avermelhada (na transição com o colúvio) amarela em tons tendendo à clara localmente branca (ou cinza clara), com espessura variável de poucos até 15m. A partir de 5m são visíveis as estruturas da rocha, crescendo a compactidade, transicionando para a rocha mãe.
- Arenito, de textura fina a média em camadas estratificadas métricas e centimétricas, com matriz e ou cimento diversificados (félsico, carbonático, feldspático, mixto ou simplesmente silto-argiloso), que dão origem à condição de friável, ou rocha branda.

Figura 2.3

Quadro 2.1 – Localização e Extensão das Obras Componentes do Subtrecho 1.1. - Lote 1

Nº	TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	NA MONT.	NA JUS.
TRECHO 1.1	Captação	-210.10	0.00				
	Canal 01	0.00	506.87	506.87	0.51	484.500	484.475
	Sifão 1 - BR-116 (1)	506.87	1,108.60	601.73	0.60	484.325	484.024
	Canal 02	1,108.60	1,794.94	686.34	0.69	484.024	483.989
	Sifão 2 - Jardim	1,794.94	2,029.03	234.09	0.23	483.839	483.719
	Canal 03	2,029.03	2,395.45	366.42	0.37	483.719	483.701
	Canal 03	2,405.51	4,667.41	2261.90	2.26	483.701	483.588
	Sifão 3 - Beleza	4,667.41	5,387.09	719.68	0.72	483.438	483.065
	Canal 04	5,387.09	8,519.21	3132.12	3.13	483.065	482.909
	Comporta de Controle 1	8,519.21	8,538.31	19.10	0.02	482.759	482.909
	Sifão 4 - BR-116 (2)	8,538.31	8,662.00	123.69	0.12	482.759	482.695
	Canal 05	8,662.00	10,736.00	2074.00	2.07	482.695	482.591
	Sifão 5 - BR-116 (3)	10,736.00	10,856.00	120.00	0.12	482.441	482.381
	Canal 06	10,856.00	12,965.40	2109.40	2.11	482.381	482.276
	Sifão 6 - Ferrovia (TLISA)	12,965.40	13,925.39	959.99	0.96	482.126	481.646
	Canal 07	13,925.39	16,973.89	3048.50	3.05	481.646	481.494
	Canal 07	16,997.75	19,232.04	2234.29	2.23	481.492	481.380
	Comporta de Controle 2	19,232.04	19,251.14	19.10	0.02	481.230	481.380
	Sifão 7 - Porteiras (CE-397)	19,251.14	21,734.34	2483.20	2.48	481.230	479.988
	Canal 08.1	21,734.34	30,348.80	8614.46	8.61	479.838	479.838
Comporta de Controle 3	30,348.80	30,375.80	27.00	0.03	479.557	479.557	
Canal 08.2	30,375.80	32,800.00	2424.20	2.42	479.557	479.435	
Canal 09	32,800.00	37,298.48	4498.48	4.50	479.435	479.210	
Canal 09.1	37,292.47	38,750.00	1457.53	1.46	479.210	479.137	
TOTAL TRECHO 1.1				38722.09	38.72	38.722	

Trecho Km 0+000 até 6+460:

A partir da área da captação e no trecho compreendido entre o km 0+000 até o km 6+460, o canal atravessa um maciço rochoso constituído por micaxistos e filitos, com intercalações de veios milimétricos a centimétricos de quartzo branco, ondulados, concordantes com a foliação, associados à Formação Santana dos Garrotes (NPcsg), pertencente ao Grupo Cachoeirinha. Esta litologia apresenta tonalidades cinzentas a esverdeadas em corte fresco, com a presença de sericita, muscovita e biotita. Pontualmente, próximo da Est. 3+310, ocorre uma camada de 5 a 7 m de espessura de metarenitos, com muscovita, de cor bege e de textura fina, com resistência maior que a rocha circundante.

Figura 2.3

Esta formação apresenta um solo de alteração de pequena espessura, constituído de argila silto-arenosa de baixa plasticidade de cor marrom, com abundantes pedregulhos angulosos de quartzo e micaxisto, de diâmetro compreendido entre 5 e 15 cm.

As sondagens realizadas no eixo, mostraram que esta formação tem um nível superficial de 1,0 a 1,7 m de profundidade de rocha friável (saprolito) extremadamente a muito alterada e pouco coerente, e extremadamente fraturada. No fundo dos vales, a exemplo, no riacho Jardim, nas proximidades da Est. 1+840, ocorre rocha praticamente sã e coerente.

Em relação aos aspectos estruturais, a Formação Santana dos Garrotes apresenta foliação (xistosidade) bem definida e cinco famílias de juntas e diaclasamento, algumas de alta persistência. Em geral, esta foliação apresenta uma orientação NE-SW e E-W (concordante com o “trend” regional) com mergulho variável entre 15° a 85° para S e N, cuja divergência é originada pelas fraturas características de rochas metamórficas, e micropregamentos tipo “chevron”.

Quanto ao grau de alteração, o trecho (km 1+160 a 1+400), apresenta um nível superficial de solo de alteração com cerca de até 2 metros de espessura, com presença de corpos graníticos que podem atingir 1,5 m de diâmetro, envoltos em uma matriz de areia grossa; no Km2+760 mostraram-se são e coerentes.

Trecho Km 6+460 até 8+500:

A partir do estaqueamento 6+460 até 8+500, a Formação Brejo Santo (J3vb) sobrepõe-se discordantemente aos micaxistos e filitos da Formação Santana dos Garrotes. Neste trecho encontra-se a escavação mais importante dos primeiros 20 km do canal, atingindo profundidade superior a 20 m na zona mais elevada. As sondagens rotativas (11) e por percussão (4) executadas, apresentam uma variabilidade longitudinal e transversal muito importante em um espaço relativamente curto (550 m), tendo sondagens inteiramente em rochas pouco coerentes a coerentes (Formação Santana dos Garrotes) e sondagens em solos e rochas sedimentares friáveis (Formação Brejo Santo).

Na zona mais superficial é comum uma camada de pedregulhos e seixos arredondados de arenitos de coloração vermelha em matriz de areia argilosa. A espessura dela não supera dois metros. Trata-se de um material excelente para execução de acessos.

Sob esta, discordante ocorre a Formação Brejo Santo composta por folhelhos e argilitos vermelhos, siltitos, calcíferos e localmente, verde-claros. A espessura desta é muito variável sendo a máxima na estaca 6+530 (SR-11, superior a 15 metros) e nula nas sondagens rotativas SR-10 (6+417) e SR-12 (6+621). Isso indica uma sedimentação num paleo-relevo muito acidentado com existência de uma bacia entre as últimas duas sondagens. Além disso, a espessura é superior no talude direito do canal.

Os ensaios de laboratório realizados exibem um solo argiloso avermelhado de plasticidade média, densidade máxima Proctor de $\gamma_{max} = 14,12$ a $15,30$ kN/m³, CBR=1-3 e uma expansão de 2,48 a 5,62%. Porém, são classificados como solos não aptos para terraplenagem devido à que não cumprem a especificação.

Estruturalmente, esta formação sedimentar apresenta uma estratificação sub-horizontal com níveis de 10 a 30 cm de espessura. São plásticos e pegajosos quando molhados, e duro quando secos; estão sujeitos à contração volumétrica, tem um elevado teor de matéria orgânica, apresenta estrutura de paralelepípedo e “slickensides” são frequentes nas superfícies dos paralelepípedos. Se bem não foi observado, é comum em argilitos a presença de planos de fraqueza isolados e sem padrão, um pouco espelhados, que originam fortes escorregamentos. Além disso, é típico o desprendimento de pequenos fragmentos milimétricos a centimétricos, com forma aproximadamente discóide, quando as litologias dessa unidade estão sujeitas às condições intempéricas. Este processo denominado empastilhamento parece ser mais frequente nos siltitos que nos argilitos.

Abaixo da formação sedimentar do Jurássico, ocorrem novamente as rochas do embasamento cristalino, que exibem camadas centimétricas de metassiltito cinzas, com intercalações de filitos cinza escuros. A sondagem SR-12 (6+621), exibe uma recuperação entre 75% e 100%, um coerente (C2) e um grau de alteração A1-A2 (pouco a medianamente alterado). Ensaio de compressão realizados em seis testemunhos coletados na sondagem rotativa SR-11 (6+530) apresentam uma resistência uniaxial de 18,55 a 33,50 Mpa.

Em consequência, embora a formação cristalina seja estável com uma inclinação 1(H):1(V), a majoritária presença dos argilitos e siltitos da Formação Brejo Santo, motiva a utilização da seção tipo 9, cuja inclinação é de 1,5 (H):1 (V), com a primeira berma de 5 metros de largura situada a 10 metros de altura (rocha mais profunda) e as superiores a cada 5 metros. Os argilitos causam fortes escorregamentos por fraturas isoladas e fora de padrão. Problemas de erosão recomendam o uso de um tratamento superficial especial (camada de enrocamento superficial) para evitar a geração de sulcos e ravinamentos.

Devido a problemas de expansão, estes argilitos e siltitos serão levados aos bota-foras mais próximos, sempre e quando não tenham outro uso adicional que não seja formar parte do corpo de aterro.

Trecho Km 8+500 até 13+860:

A partir do estaqueamento 8+500 (Sifão BR-116 (2)) até 13+860 (Final do Sifão Ferrovia), surge a Formação Missão Velha, que às vezes é atravessado pelos depósitos aluvionares do Quaternário.

Os poços de inspeção realizados nos dois cortes mais importantes deste trecho, PE-1 (corte 9+100 até 9+800) e PE-2 (12+100 até 12+560), identificaram uma camada superficial de solo residual de 8 a 10 metros de espessura. Caracteriza-se pela coloração vermelha, decorrente da presença de ferro em estado oxidado. Ensaio de caracterização classificam como uma areia argilosa ou siltosa SC-SM de baixa plasticidade. Estes materiais poderão ser utilizados para execução de aterros. Ensaio de percussão tipo SPT, mostram um solo medianamente compacto a compacto, com um ângulo de atrito estimado de 31° a 32°, segundo correlação proposta por Bowles.

Sob o solo residual, ocorrem os arenitos friáveis da formação Missão Velha, que oferecem uma estratificação sub-horizontal de 50 a 200 cm espessura. É comum a estratificação cruzada de pouca persistência dentro do acamamento, além de duas diaclases.

Caracteriza-se por gerar uma areia bastante siltosa a pouco siltosa, de cor esbranquiçada e plasticidade nula compacta (N 19 a 40).

Neste trecho é recomendável uma escavação com cortes de pendente igual a 1,5 (H): um (V)(34°), com bermas de 5 metros de altura a cada cinco metros. Porém será utilizada a seção tipo quatro do projeto. Esta inclinação além de evitar os escorregamentos, favorece a revegetação do mesmo. Finalmente, os cortes deverão de ser protegidos mediante algum tratamento especial para evitar a erosão superficial (camada de enrocamento superficial).

Trecho Km 13+860 até 13+970:

Neste intervalo curto ocorre uma nova formação constituída por granitoides porfíricos cinzentos de granulometria média a grossa. Trata-se de um corpo plutônico intrudido nos metassedimentos da Formação Santana dos Garrotes. Ocorrem na área em forma de blocos e matacões, com colorações cinza claro e cinza escuro e esverdeado, maciço, mostrando uma certa orientação dos minerais, textura cataclástica evidenciada pelos porfiroblastos de feldspatos em forma de augens orientados e rotacionados.

A rocha apresenta variações quanto ao grau de alteração desde muito alterado e pouco coerente a sã, muito coerente e dura. Na maior parte do subtrecho ocorrem blocos e matacões soltos, dispersos em encosta de maciço residual, marcando o processo de intempérie diferenciado entre os dois tipos de formação geológica, caracterizando uma feição típica de depósito de tálus, oferecendo uma condição de instabilidade. As seis sondagens rotativas feitas nesta formação confirmaram as observações de campo.

Inicialmente o traçado do canal foi projetado pelas encostas íngremes geradas por esta formação, mas esta alteração diferencial dos granitos, junto com a presença de matacões soltos e a proximidade da Ferrovia Transnordestina, obrigaram a mudança do eixo, projetando-se um sifão (Sifão Ferrovia) de aproximadamente 1km de comprimento através do fundo do vale.

Trecho Km 13+970 até 17+300

Desde o km 13+970 até 17+300, ocorrem arenitos correspondentes na Formação Mauriti (Sm). Trata-se de arenitos de granulometria média a grossa, às vezes microconglomerático, com pedregulhos isolados de quartzo angulares a subangulares. Esta formação gera encostas muito íngremes. Nesta área o solo é pouco espesso e ocorrem grandes blocos de arenitos e afloramentos superficiais da rocha arenítica de elevada dureza.

As estratificações são geralmente cruzadas de médio porte, tabulares planares e secundariamente acanaladas, em sets com espessuras decimétricas a métricas. São interpretadas como originadas em sistemas fluviais entrelaçados (braided), com escassez acentuada da fração pelítica de planície de inundação.

Ao contrário de outras Formações de arenitos, esta tem um grau de coerência C3 a C1 pouco coerentes a coerentes, originando encostas íngremes.

Devido à forte inclinação das encostas e após análises geomecânica do maciço rochoso neste trecho, recomendou-se a utilização da seção tipo de projeto 3, com inclinação de 1 (H):

1(V), com bermas de 5 metros de largura a cada 10 metros de altura. Excepcionalmente, nos cortes mais profundos, 15+320 a 15+600 e 15+780 á 15+920, previu-se a seção de projeto 7, com inclinação até a primeira berma do corte de 1 (H): 2(V).

Trecho Km 17+300 até 38+750:

A partir do estaqueamento 17+300 até próximo ao emboque do Túnel Veneza, o canal novamente atravessa uma série monótona de arenitos com níveis isolados de folhelhos e siltitos pertencentes à Formação Missão Velha. Estes arenitos têm uma granulometria fina a grosseira, mal selecionados, às vezes microconglomeráticos, com estratificação cruzada tabular e acanalada. Pontualmente esta Formação ocorre recoberta ou capeada por coluviões das Coberturas Sedimentares Neo-Quaternárias (NQc), de texturas argilo-arenosos e areno-argilosos de cores amarelas e avermelhadas; localmente ocorrem concentrações de cascalhos e blocos de arenito cimentados, além depósitos aluvionares nas zonas próximas aos riachos.

A Formação Missão Velha apresenta um horizonte de solo residual de espessura de 8 a 10 metros, salvo no poço de inspeção PE-3 (km 27+261), executado em um corte de maior comprimento (960 m) cuja profundidade foi superior a 18,80 m. Em zonas de topografia abrupta e íngreme, a exemplo dos trechos km 23+300 a 23+800, 35+160 a 35+260 e 37+500, a espessura diminui significativamente, em decorrência do processo erosivo.

O solo residual é caracterizado geotecnicaamente como areia silto-argilosa (SC-SM) vermelha, de plasticidade baixa a nula, com peso específico seco máximo (Proctor Normal) variando entre $\gamma_{max} = 1,940 \text{ g/cm}^3$ a $1,955 \text{ g/cm}^3$ e umidade ótima de 8,7% a 9,2 %. O Índice de Suporte Califórnia (CBR) situa-se entre 39% a 41%, com expansão nula.

Apresenta-se nos primeiros 2 a 5 metros de pouca a medianamente compacta, e compacta com o aumento da profundidade. A baixa a nenhuma plasticidade ocasiona, no período chuvoso, grande susceptibilidade a erosão superficial nos taludes de escavação e aterros com este material, que deverão ser protegidos com camada superficial de enrocamento.

Análises de Estabilidade do Sub-trecho 1.1

Os taludes que compõem as encostas de maior criticidade ao longo do Subtrecho 1.1 (Lote 1) foram objeto de análises de estabilidade, tendo sido selecionados 19 (dezenove) seções transversais tipo, representativas das diferentes condições geotécnicas e combinações de geometrias de escavação e aterro compactado. Para cada seção foram analisadas as seguintes condições: nível de água elevado na condição mais crítica (contato do solo residual com o arenito); nível de água seco (abaixo da linha de referência, El. 455). As análises foram realizadas pelo Método de Bishop, utilizando o software GeoSlopeW.

As seções 0+140, 23+000, 27+460, 32+980, 33+000, 33+080, 37+620, 37+660, 37+740, 37+900 e 38+000 não apresentaram nenhum problema de estabilidade, com fator de segurança superior a 1,5. As seções 3+580, 4+140, 15+340, 16+220, 16+840, 37+380, 37+400 e 37+480 apresentaram problemas localizados de instabilidade, solucionados com pequeno ajuste na geometria do talude. O fator de segurança adotado no projeto para a fase de operação é de 1,5.

2.2.4.2 - Subtrecho 1.2 (Lote 2 da licitação)

O Subtrecho 1.2 (Lote 2) tem início no Canal 09.02, imediatamente após o desemboque do túnel Sítio Alto 1, terminando ao final do Canal 15.1, após o sifão Barreiro. Com extensão de 75,16 Km, é composto pelas obras civis de adução, incluindo o fornecimento e montagem dos sifões deste subtrecho e excluindo os túneis Sítio Alto 1 e 2 e Veneza e os respectivos emboques, desemboques destes, e os falsos túneis, que compõem o Lote 5.

As obras deste Subtrecho 1.2 (Lote 2 da licitação) estão discriminadas no **Quadro 2.2**, a seguir. A **Figura 2.4** apresenta a planta e perfil desse subtrecho.

Caracterização Geológica/Geotécnica do Sub-trecho T1.2

O presente item compreende a descrição geológico-geotécnica dos litotipos que ocorrem entre os km 38+750 (montante) e o km 75+140, que para melhor entendimento da distribuição dos litotipos e características geológico-geotécnicas ao longo do traçado, foram subdivididos em trechos crescentes do estaqueamento em quilômetros.

Trecho Km 38+750 até 49+980:

Em sequência ao Subtrecho 1.1 (Lote 1), com final no Km 38+750, até próximo ao emboque do Túnel Veneza, o canal novamente atravessa uma série constante de arenitos com níveis isolados de folhelhos e siltitos pertencentes à Formação Missão Velha. Estes arenitos têm textura fina a grosseira, mal selecionados, às vezes microconglomeráticos, com estratificação cruzada tabular e acanalada.

Pontualmente, esta Formação Missão Velha ocorre recoberta ou capeada por coluviões da Coberturas Sedimentares Neo-Quaternárias (NQc), de texturas argilo-arenosos e areno-argilosos de cores amarelas e avermelhadas. Localmente, ocorrem concentrações de cascalhos e blocos de arenito cimentados, além depósitos aluvionares nas zonas próximas aos riachos.

A Formação Missão Velha apresenta um horizonte de solo residual de espessura de 8 a 10 metros, podendo, localmente, apresentar profundidade superior a 18 m. A espessura diminui significativamente em zonas de topografia abrupta e íngreme, a exemplo dos quilômetros 43+900 a 44+200, 46+560 a 46+820 e 48+200 a 48+800, devido ao processo erosivo.

O solo residual é caracterizado geotecnicamente como areia silto-argilosa (SC-SM) vermelha, de plasticidade baixa a nula, com peso específico seco máximo (Proctor Normal) variando entre $\gamma_{max} = 1,940 \text{ g/cm}^3$ a $1,955 \text{ g/cm}^3$ e umidade ótima de 8,7% a 9,2%. O Índice de Suporte Califórnia (CBR) situa-se entre 39% a 41%, com expansão nula. Apresenta-se nos primeiros 2 a 5 metros de pouca a medianamente compacta, e compacta com o aumento da profundidade. A baixa a nenhuma plasticidade ocasiona no período chuvoso grande susceptibilidade a erosão superficial nos taludes de escavação e aterros com este material.

Figura 2.4

Quadro 2.2 – Localização e Extensão das Obras Componentes do Subtrecho 1.2 - Lote 2

Nº	TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	NA MONT.	NA JUS.
TRECHO 1.2	Canal 09.2	38,750.00	39,013.36	263.36	0.26	479.137	479.124
	Túnel 1 - Sítio Alto 1	39,013.36	39,622.60	609.24	0.61	478.974	478.822
	Canal 10	39,622.60	41,157.26	1534.66	1.53	478.822	478.745
	Comporta de Controle 4	41,154.29	41,181.29	27.00	0.03	478.738	478.737
	Canal 10.2	41,181.29	41,505.32	324.03	0.32	478.737	478.721
	Túnel 2 - Sítio Alto 2	41,505.32	42,295.12	789.80	0.79	478.571	478.373
	Canal 11	42,295.12	43,461.51	1166.39	1.17	478.373	478.315
	Canal 11.1	43,435.52	43,705.00	269.48	0.27	478.316	478.303
	Sifão 8A - Milho	43,705.00	43,875.00	170.00	0.17	478.153	478.068
	Canal 11A	43,875.00	44,331.38	456.38	0.46	478.068	478.045
	Canal 11A.1	44,320.00	46,009.06	1689.06	1.69	478.036	477.952
	Sifão 9 - Boqueirão	46,009.06	46,548.90	539.84	0.54	477.802	477.532
	Canal 12	46,548.90	47,731.23	1182.33	1.18	477.532	477.473
	Canal 12.1	47,669.90	49,698.01	2028.11	2.03	477.473	477.371
	Comporta de Controle 5	49,698.01	49,725.01	27.00	0.03	477.371	477.370
	Canal 12.2	49,725.01	50,056.20	331.19	0.33	477.370	477.353
	Túnel 3 - Veneza	50,056.20	52,454.78	2398.58	2.40	477.203	476.604
	Canal 13.1	52,454.78	53,065.00	610.22	0.61	476.604	476.573
	Sifão Riacho Seco	53,065.00	53,233.72	168.72	0.17	476.573	476.565
	Canal 13.2	53,233.72	54,517.09	1283.37	1.28	476.565	476.501
	Canal 13.3	54,599.81	57,183.77	2583.96	2.58	476.469	476.339
	Canal 13.4	57,069.98	57,134.11	64.13	0.06	476.345	476.342
	Comporta de Controle 6	57,134.11	57,153.21	19.10	0.02	476.342	476.341
	Sifão 10 - CE-153	57,153.21	57,475.47	322.26	0.32	476.191	476.030
	Canal 14	57,475.47	59,037.11	1561.64	1.56	476.030	475.952
	Sifão 11 - Areia	59,037.11	59,467.96	430.85	0.43	475.802	475.586
	Canal 15	59,467.96	68,655.54	9187.58	9.19	475.586	475.127
	Comporta de Controle 7	68,655.54	68,674.64	19.10	0.02	475.127	475.126
Sifão 11A - Barreiro	68,674.64	69,725.07	1050.43	1.05	474.976	474.451	
Canal 15.1	69,725.07	75,140.00	5414.93	5.41	474.451	474.168	
TOTAL TRECHO 1.2				36522.74	36.52	36.523	

Sob os solos residuais ocorrem os arenitos friáveis a pouco coerentes, de cor marrom claro a esbranquiçado. A estratificação se apresenta cruzada de médio porte, tabular a planar e secundariamente acanalada, com espessuras decimétricas a métricas. Interpretadas como de origem fluvial entrelaçado (braided), com escassez acentuada da fração pelítica de planícies de inundação. Sondagens rotativas executadas nas áreas dos Túneis Sítio Alto I e 2, confirmaram inexistência de rocha coerente, em profundidade de até 48 metros.

Do ponto de vista da estabilidade, esta Formação apresenta encostas subverticais, caracterizando regular a boa capacidade de autosuporte, importante para os taludes em corte como para o suporte dos túneis.

Cortes em solos residuais de arenito podem apresentar problemas de pequenas instabilidades em presença de estratificação tipo concha, e sobretudo erosões em períodos de fortes precipitações. Problemas de estabilidade são previsíveis em presença de camadas intercaladas ou níveis isolados de folhelhos com xistosidade desfavorável (aproximado de 15° a 25°), com escorregamento tipo planar. A presença d'água se constitui agravante em potencial de problemas de escoamento, e ainda podendo ocasionar graves problemas de erosão superficial, com formação de sulcos e ravinamentos.

Trecho Km 49+980 até 75+140:

Em continuidade ao Subtrecho 1.2 (Lote 2), o traçado do sistema adutor desenvolve-se, ao longo de mais de setenta quilômetros, sobre a Formação Rio Batateiras. Segundo o Mapa Geológico do Ceará CPRM, o contato entre as formações Missão Velha e Rio Batateiras é tectônico, separado por uma falha normal, próximo ao emboque do Túnel Veneza.

Conforme Assine (1992) a Formação Rio Batateiras é constituída na sua unidade basal da fácies arenítica com intercalações de lamitos avermelhados e amarelados, e de níveis pouco espessos de conglomerados. Os arenitos apresentam texturas finas a médias, subarredondados a subangulares, em geral bastante friáveis, com presenças localizadas de seixos e de feldspatos caulinizados e pelotas de argila. A estratificação é cruzada, de médio a pequeno porte, tabular planar ou tangencial na base, e as vezes em feições sigmoidais. Estes materiais se apresentam em ciclos com granodecrescência ascendente que culminam em intervalos pelíticos. São interpretados como fluvio-lacustres, não só pelas litologias e estruturas sedimentares, mas pela presença de fósseis continentais.

Estudos petrográficos comparativos realizados nos arenitos friáveis da Formação Missão Velha e Rio Batateiras sinalizaram que os arenitos da segunda Formação são mais recentes, tanto mineralógica quanto textural, visto que os feldspatos possuem baixo grau de seleção, baixo grau de arredondamento e maior porcentagem de argilominerais e fragmentos de rocha. Estas Formações ocorrem capeadas ou mascaradas por depósitos coluvionares de vários metros de espessura, e com depósitos aluvionares nos riachos principais: Riacho Seco, Riacho São Francisco e Rio Batateiras. Os arenitos Batateiras apresentam cores amareladas e esbranquiçado, friáveis a pouco coerentes, com as estruturas sedimentares típicas.

A Formação Rio Batateiras apresenta um horizonte de solo residual avermelhado de espessura média de 9 a 10 metros, sendo que no poço de exploração PE-81 atinge 12,70 m, já no trecho entre as estacas 55+540 e 58+520, a espessura é relativamente reduzida certamente devido à declividade das encostas. O solo residual apresenta texturas de areias argilosas ou siltosas, de baixa plasticidade avermelhadas, com boas características geotécnicas para aterros.

Ensaio de resistência a compressão uniaxial nestes materiais moldados da SR-64 do Túnel Veneza apresentaram valores entre 0,54 e 14,56 MPa. Da mesma forma ensaios triaxiais realizados em uma amostra indeformadas coletadas no emboque no Túnel Veneza apresentaram valores coerentes mostrados no **Quadro 2.3**.

Quadro 2.3– Resumo dos ensaios triaxiais CU com medida de por opressão

Túnel Veneza		Coesão (kPa)		Ângulo de atrito (°)	
Amostra	Tipo	Total	Efetiva	Total	Efetivo
22 (0,30m)	CU	250,0	200,00	35,8	35,8
23 (0,60m)	CU	100,0	50,0	43,2	45,0

Em relação à estabilidade dos cortes, os arenitos exibem encostas subverticais com algumas dezenas de metros de altura, a exemplo do desemboque do Sifão Barreiros, referência ao km 69+700. As condições de estabilidade são, entretanto, condicionadas à presença de folhelhos.

Depósitos Coluvionares

As Formações descritas anteriormente, encontram-se em muitos casos com Coberturas de Espraimento Aluvial (NQc) e depósitos de Tálus (NQt), caracterizados como sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos em cores amareladas e avermelhadas, e ainda apresentam concentrações de cascalhos, grânulos lateríticos e grande quantidade de blocos de arenito com tamanho variável, média estimada entre 0,60 a 0,80 m, e máxima de 2,0 a 3,0 m. Material orgânico disseminado e restos vegetais são comuns e localmente com teor elevado. Os poços de exploração PE-19 e PE-20 são representativos do trecho entre o km 37+070 e 49+910, com espessura da ordem de 5,50m destes materiais.

Do ponto de vista geotécnico, os depósitos coluvionares terrosos do Quaternário são os principais causadores de movimentos de terra nas encostas, acompanhados de queda de blocos isolados, a exemplo do trecho entre os km 43+295 e 43+380.

Depósitos Aluvionares

As Aluviões (Q2a) ocorrem com maior expressão ao longo das drenagens cortadas pelo sistema adutor, com destaque para os rios/riachos Porteiras, Pitombeira, Riacho Seco, Olho d'Água, Salamanca, Batateiras e Carás. Nestes ocorrem sedimentos diferenciados em praticamente todas as faixas granulométricas, predominando os blocos e pedregulhos (cascalhos) de tamanho heterométrico, as areias praticamente limpas, areias siltsas e areias argilosas, com diferentes teores de matéria orgânica. A espessura destes materiais pode atingir cerca de 10 metros, a exemplo do riacho Pitombeiras, localizado no km 35+340.

Em menor presença, ocorrem os depósitos siltsos e argilosos orgânicos encontrados nas bordas das planícies de inundação e nos barramentos atravessados pelo canal, a exemplo dos trechos km 7+700 - 8+200, 133+260 - 133+530 e 135+040 - 135+220, com características desfavoráveis para fundações e uso em aterros compactados.

2.2.4.3 - Subtrecho 1.3 – km 75+140 montante / km 111+080 (Lote 3 da licitação)

O Subtrecho 1.3 (Lote 3) tem início no Canal 15A2, e termina ao final do Canal 23.1, com extensão de 35,90 Km. É composto pelas obras civis de adução, incluindo o fornecimento e montagem dos sifões deste subtrecho e excluindo os túneis Cabaceira e Arajara e os respectivos emboques, desemboques e falsos túneis, que compõem o Lote 5 da licitação.

As obras deste Subtrecho 1.3 (Lote 3) estão discriminadas no **Quadro 2.4**, a seguir. A **Figura 2.5** apresenta a planta e o perfil desse subtrecho.

Figura 2.5

Quadro 2.4 – Localização e Extensão das Obras Componentes do Subtrecho 1.3 - Lote 3

Nº	TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	NA MONT.	NA JUS.
TRECHO 1.3	Canal 15A.2	75,140.00	75,169.09	29.09	0.03	474.168	474.167
	Sifão 12 - Santana	75,169.09	75,689.50	520.41	0.52	474.017	473.757
	Canal 16	75,689.50	76,900.31	1210.81	1.21	473.757	473.696
	Sifão 13 - Roncador 1	76,900.31	77,096.15	195.84	0.20	473.546	473.448
	Canal 17	77,096.15	77,133.72	37.57	0.04	473.448	473.446
	Canal 17.1	77,138.05	77,636.51	498.46	0.50	473.438	473.412
	Comporta de Controle 8	77,636.51	77,655.61	19.10	0.02	473.412	473.411
	Sifão 13A - Roncador 2	77,655.61	77,919.78	264.17	0.26	473.262	473.130
	Canal 17A	77,919.78	79,701.54	1781.76	1.78	473.130	473.041
	Sifão 14 - Batoque	79,701.54	79,885.35	183.81	0.18	472.891	472.799
	Canal 18	79,885.35	82,706.71	2821.36	2.82	472.799	472.658
	Sifão 15 - CE-060	82,706.71	82,772.97	66.26	0.07	472.508	472.475
	Canal 19	82,772.97	82,869.03	96.06	0.10	472.475	472.470
	Canal 19.1	82,848.48	88,844.64	5996.16	6.00	472.465	472.165
	Túnel 4 - Cabaceira	88,844.64	89,054.64	210.00	0.21	472.015	471.963
	Canal 20	89,054.64	90,161.73	1107.09	1.11	471.963	471.907
	Comporta de Controle 9	90,161.73	90,180.83	19.10	0.02	471.907	471.906
	Sifão 16 - São Francisco / Salamanca (CE-293)	90,180.83	91,040.79	859.96	0.86	471.756	471.326
	Canal 21	91,040.79	92,077.45	1036.66	1.04	471.326	471.274
	Túnel 5 - Arajara	92,077.45	92,426.45	349.00	0.35	471.124	471.037
	Canal 22	92,426.45	102,840.02	10413.57	10.41	471.037	470.516
	Canal 22.1	102,893.97	103,377.68	483.71	0.48	470.491	470.467
	Comporta de Controle 10	103,377.68	103,396.78	19.10	0.02	470.467	470.466
Sifão 17 - Crato (CE-292 / Metrofor)	103,396.78	109,917.90	6521.12	6.52	470.316	467.055	
Canal 23.1	109,917.90	111,053.00	1135.10	1.14	467.055	466.998	
Comporta de Controle 11	111,053.00	111,080.00	27.00	0.03	466.998	466.997	
TOTAL TRECHO 1.3				35902.27	35.90	35.902	

Caracterização Geológica/Geotécnica do Sub-trecho T1.3

O presente item compreende a descrição geológico-geotécnica dos litotipos que ocorrem entre os km 75+140 (montante) e o km 111+080, que para melhor entendimento da distribuição dos litotipos e características geológico-geotécnicas ao longo do traçado, foram subdivididos em trechos crescentes do estaqueamento em quilômetros.

Trecho Km 75+140 até 111+080:

A Formação Rio Batateiras é constituída por unidade basal predominantemente de fácies arenosas com intercalações de lamitos avermelhados e amarelados, e de níveis delgados de conglomerados. Os arenitos apresentam texturas finas a médias, subarredondados a subangulares, em geral bastante friáveis, argilosos e micáceos, às vezes seixos e/ou portadores de feldspatos caulinizados e pelotas de argila. A estratificação é cruzada, de médio a pequeno porte, tabular planar ou tangencial na base, comparecendo também feições sigmoidais. Estes sedimentos se apresentam em ciclos com granodecrescência ascendente que culminam em intervalos pelíticos, interpretados como fluvio-lacustres, não só pelas litologias e estruturas sedimentares, mas pela presença de fósseis continentais (Assine,1992).

Sondagens e levantamentos estratigráficos realizados nos túneis Veneza (no sub-trecho T1.2), Cabaceira e Arajara (no sub-trecho T1.3) exibem dois ciclos com granodecrescência ascendente. No trecho em referência e se estendendo inclusive no túnel Cabaceira ocorre uma camada de folhelhos pirobetuminosos pretos de aproximadamente oito metros, que se encontra entre o arenito inferior do primeiro ciclo e arenitos superior do segundo ciclo. Este intervalo, em meio ao qual se encontra uma camada decimétrica de

calcário com aspecto brechóide e mineralizada em sulfetos, foi denominada “seqüência plumbífera do Araripe” por Farina (1974) e “camadas Batateiras” por Hashimoto et al. (1987).

Os folhelhos apresentam, em geral, foleação sub-horizontal, mas podem ocorrer inclinações desfavoráveis localizadas, que somente podem ser constatadas e potenciais problemas solucionados com a exposição da escavação dos canais. São plásticos e pegajosos quando molhados, e duro quando secos, podendo localmente apresentar teor de matéria orgânica. Estão sujeitos à contração volumétrica, apresenta estrutura de paralelepípedo, sendo comum a presença de slickensides nas superfícies dos paralelepípedos. Apresentam planos de fraqueza isolados e sem padrão, um pouco espelhados, podendo originar fortes escorregamentos. Além disso, é típico o desprendimento de fragmentos milimétricos a centimétricos, com forma aproximadamente discoide. Quando as litologias dessa unidade estão expostas às condições do intemperismo, este processo é denominado de empastilhamento, sendo mais frequente nos siltitos.

Estudos petrográficos comparativos realizados nos arenitos friáveis da Formação Missão Velha e Rio Batateiras sinalizaram que os arenitos da segunda Formação são mais recentes, tanto mineralógica quanto textural, visto que os feldspatos possuem baixo grau de seleção, baixo grau de arredondamento e maior porcentagem de argilominerais e fragmentos de rocha. Os arenitos da Formação Rio Batateiras apresentam cores amareladas e esbranquiçado, friáveis a pouco coerentes, com as estruturas sedimentares típicas.

Especial atenção para o trecho aproximado entre as estacas do Km 87.000 a 89.000, caracterizado pela presença de folhelho, que adentra no túnel Cabaceira situado entre os km 88+752 (montante) e o km 89+144 (jusante). Os folhelhos são materiais bastante conhecidos no meio técnico, e no trecho citado apresentam texturas predominantemente siltosas, com pouco argila e areia fina, de baixa plasticidade, pouco coesivo e certamente baixo ângulo de atrito, que lhes confere baixa resistência ao cisalhamento. Ou seja nestas litologias com ângulo de atrito baixo, e ainda dependendo da atitude das camadas, no geral, quando saturados podem causar escorregamentos.

Esta Formação ocorre capeada ou mascarada por depósitos coluvionares de vários metros de espessura e com depósitos aluvionares nos riachos principais: Riacho Seco, Riacho São Francisco e Rio Batateiras.

O solo residual de arenitos da Formação Rio Batateiras apresenta texturas de areias argilosas ou siltosas, de baixa plasticidade, avermelhadas, com boas características geotécnicas para aterros.

Em relação à estabilidade dos cortes, os arenitos exibem encostas subverticais com algumas dezenas de metros de altura, conforme referência do Lote 2 (Sifão Barreiros - km 69+700). As condições de estabilidade são, entretanto, condicionadas à presença de folhelhos. A partir do km 77+900 (desemboque Sifão Roncador II) ocorre com maior incidência, a exemplo do corte no km 78+700, com dezenas de metro de altura, de uma jazida de solo de terceiros, ativa.

Análises de Estabilidade do Lote 1.3

Os taludes que compõem as encostas de maior criticidade, ao longo do Subtrecho 1.3, foram objeto de análises de estabilidade, tendo sido selecionados 6 (seis) seções transversais tipo, com a geometria de escavação e aterro compactado. Para cada seção, foram analisadas as seguintes condições: nível de água na condição mais crítica (fundo do canal); nível de água seco (abaixo da linha de referência, El. 460). As análises foram realizadas pelo Método de Bishop Simplificado, utilizando o software GeoSlopeW.

Todas as seções analisadas não apresentaram nenhum problema de estabilidade, com fator de segurança superior a 1,5. Portanto, não foi necessário adotar nenhum ajuste no projeto.

2.2.4.4 - Subtrecho 1.4 (Lote 4 da licitação)

O Subtrecho 1.4 (Lote 4) tem início no Canal 23.2 e termina ao final do Canal 36, que corresponde ao final do Trecho 1 – Jati/Cariús. Com extensão de 34,19 Km, é composto pelas obras civis de adução, incluindo o fornecimento e montagem dos sifões deste subtrecho e excluindo os túneis Boa Vista, Cruzeiro, Pai Mané e Carnaúba e os respectivos emboques, desemboques e falsos túneis, que compõem o Lote 5.

As obras deste Subtrecho 1.4 (Lote 4) estão discriminadas no **Quadro 2.5**, a seguir. A **Figura 2.6** apresenta a planta e o perfil desse subtrecho.

Caracterização Geológica/Geotécnica do Sub-trecho T1.4

O presente item compreende a descrição geológico-geotécnica dos litotipos que ocorrem ao longo do Sub-trecho 1.4, com o canal situado entre os km 111+080 (montante) e o km 145+321 (jusante), que para melhor entendimento da distribuição dos litotipos e características geológico-geotécnicas ao longo do traçado, foram subdivididos em trechos crescentes do estaqueamento em quilômetros.

Trecho Km 111+080 até 113+300:

Neste trecho, situado na borda da bacia sedimentar ocorrem os folhelhos, siltitos e arenitos da Formação Brejo Santo (J3vb). Apresentam estratificação sub-horizontal, com estruturas de acanalamento, que compreende uma estrutura preservada do sedimento original alongada na direção do fluxo, termo também usado em interpretações geofísicas: “efeito é causado pelo acanalamento das correntes ao longo da direção principal da estrutura”.

Os arenitos são pouco coerentes (C3) a incoerentes (C4), portanto friáveis, de cor amarelada, apresentam estratificação cruzada de pouca persistência, em camadas de espessuras centimétricas a métricas com variações laterais, intercalando os siltitos e folhelhos acinzentados e amarelados (quando totalmente intemperizados).

No limite da bacia sedimentar (trecho Km 113+170-113+300), voltam aflorar os litotipos da Formação Mauriti (Sm).

Figura 2.6

Quadro 2.5 – Localização e Extensão das Obras Componentes do Subtrecho 1.4 - Lote 4

Nº	TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	NA MONT.	NA JUS.
TRECHO 1.4	Canal 23.2	111,080.00	111,199.30	119.30	0.12	466.997	466.991
	Túnel 6 - Boa Vista	111,199.30	111,570.00	370.70	0.37	466.841	466.748
	Canal 24.1	111,570.00	112,006.44	436.44	0.44	466.748	466.727
	Canal 24.2	112,060.64	113,654.03	1593.39	1.59	466.722	466.642
	Sifão 18 - Sovado	113,654.03	113,921.19	267.16	0.27	466.492	466.359
	Canal 25	113,921.19	116,034.99	2113.80	2.11	466.359	466.253
	Sifão 19 - Serra do Juá	116,034.99	116,503.70	468.71	0.47	466.103	465.868
	Canal 26.1	116,503.70	118,334.76	1831.06	1.83	465.868	465.777
	Galeria 1	118,334.76	118,540.00	205.24	0.21	465.777	465.767
	Canal 26.2	118,540.00	120,380.00	1840.00	1.84	465.767	465.675
	Canal 27.1	120,380.00	120,500.00	120.00	0.12	465.675	465.669
	Galeria 2	120,500.00	120,700.00	200.00	0.20	465.669	465.659
	Canal 27.2	120,700.00	125,157.68	4457.68	4.46	465.659	465.436
	Comporta de Controle 12	125,157.68	125,184.68	27.00	0.03	465.436	465.434
	Canal 27.2	125,184.68	125,253.85	69.17	0.07	465.434	465.431
	Túnel 7 - Cruzeiro	125,253.85	125,665.85	412.00	0.41	465.281	465.178
	Canal 28	125,665.85	126,240.00	574.15	0.57	465.178	465.149
	Galeria 3	126,240.00	126,500.04	260.04	0.26	465.149	465.136
	Canal 28.1	126,500.04	127,818.62	1318.58	1.32	465.136	465.070
	Sifão 21 - Pai Mané	127,818.62	128,139.20	320.58	0.32	464.920	464.760
	Canal 29	128,139.20	128,741.67	602.47	0.60	464.760	464.730
	Túnel 8 - Pai Mané	128,741.67	129,025.67	284.00	0.28	464.580	464.509
	Canal 30.1	129,025.67	133,280.00	4254.33	4.25	464.509	464.296
	Sifão Carás	133,280.00	133,560.00	280.00	0.28	464.296	464.282
	Canal 30.2	133,560.00	135,798.27	2238.27	2.24	464.282	464.170
	Túnel 9 - Camaúba	135,798.27	136,088.27	290.00	0.29	464.020	463.948
	Canal 31	136,088.27	138,857.49	2769.22	2.77	463.948	463.809
	Comporta de Controle 13	138,857.49	138,876.59	19.10	0.02	463.809	463.808
	Sifão 22 - Caldeirão	138,876.59	139,199.38	322.79	0.32	463.658	463.497
	Canal 32	139,199.38	140,920.97	1721.59	1.72	463.497	463.411
	Sifão 23 - Canoa 1	140,920.97	141,295.35	374.38	0.37	463.261	463.074
	Canal 33	141,295.35	142,565.88	1270.53	1.27	463.074	463.010
	Sifão 24 - Canoa 2	142,565.88	142,775.88	210.00	0.21	462.860	462.755
	Canal 34	142,775.88	143,382.55	606.67	0.61	462.755	462.725
	Comporta de Controle 14	143,382.55	143,401.65	19.10	0.02	462.725	462.724
	Sifão 25 - Fundo 1	143,401.65	143,624.99	223.34	0.22	462.574	462.462
Canal 35	143,624.99	143,864.25	239.26	0.24	462.462	462.450	
Sifão 26 - Fundo 2	143,864.25	143,982.06	117.81	0.12	462.300	462.241	
Canal 36	143,982.06	143,999.90	17.84	0.02	462.241	462.240	
Galeria 4	143,999.90	144,207.47	207.57	0.21	462.240	462.230	
Canal 36.1	144,207.47	145,321.85	1114.38	1.11	462.230	462.174	
TOTAL TRECHO 1.4				34187.65	34.19	34.19	

Trecho Km 113+300 até 119+430:

A partir da estaca 113+300, a litologia muda radicalmente, com novos afloramentos de rochas do complexo cristalino. Ocorre um corpo intrusivo de rocha granítica e granodiorítica, de contato brusco e discordante com as unidades metassedimentares encaixantes, desenvolvendo, nas faixas de contato, auréolas de contato, com hornfels e tectônica ativa de borda. O granodiorito possui uma fácies grosseira, rósea, com encraves básicos e uma fácies mais fina, de coloração mais cinza. Na área existe uma pedreira em exploração comercial (Petrobrita), em plena atividade.

A **Figura 2.7** representa uma alteração diferencial, com blocos e matacões arredondados de tamanho métrico envolvidos no horizonte de solo saprolítico, resultante da ação intempérica que atuou ao longo das faturas ou zonas de menor resistência, representando mais uma condição de instabilidade para os cortes do canal.

Figura 2.7 - Corte Típico da Ação Intempérica nos Granitos do Cristalino



Sondagens rotativas executadas detectaram um horizonte de solo saprolítico de 8m (na SR-102) e 26 m (na SR-103), realizadas no corte do km 119+400. Matacões superficiais são comuns e compõem os depósitos de talus das encostas.

Trecho Km 119+430 até 120+900:

O canal adutor, no trecho em referência, atravessa uma das regiões mais íngremes do CAC. Com geologia simples, continua atravessando o cristalino no limite entre duas Suítes: a primeira os granitóides do trecho anterior, e a segunda um micaxisto mosqueado de metamorfismo de contato, com estrutura porfiroblástica com estauroлите, com presença localizada de migmatitos. Muito comuns, as coberturas coluviais e depósitos de talus.

Estruturalmente, atitudes medidas em micaxistos mosqueados indicaram xistosidade com direção E-W, coincidente com o trend regional da Província de Borborema, com mergulho 45° S, com presença de no mínimo três famílias de diaclases. Considerando que as seções em corte para implantação do canal são inclinados para o Norte, as condições de estabilidade são favoráveis, e o desenvolvimento de eventuais cunhas serão a partir de diaclases secundárias de pequena persistência, portanto de diminuta massa rochosa.

Os granitos apresentam outro padrão de fraturamento, com três diaclases principais de grande persistência e abertas (> 5 mm), planos rugosos. Os granitóides são predominantes, medianamente a pouco alterados e muito coerentes, com pequena espessura de solo residual (saprolítico).

Em termos geomecânicos os taludes projetados são estáveis, embora ocorram depósitos de talus com presença de matacões de granito dispersos ao longo do trecho.

Trecho Km 120+900 até 121+400:

Este trecho o canal desenvolve-se ainda no cristalino, associado à Formação Santana dos Garrotes (NPcsg), pertencente ao Grupo Cachoerinha, representado por metagnaisse medianamente alterado (A3), coerente (C1), apresentando superficialmente juntas abertas.

Trecho Km 121+400 até 130+870:

O canal volta atravessar os filitos e micaxistos mosqueados da Formação Santana dos Garrotes (NPcsg), (Km 121+400 - 123+650) e, da mesma forma dos dois trechos anteriores, são frequentes os matacões de granito e depósitos de tálus, sobretudo entre os km 122+800 e 123+650.

A análise das descontinuidades não apresenta riscos importantes quanto à estabilidade dos cortes para implantação do canal, visto que a estrutura mais importante, a xistosidade, tem atitude média predominante Dip\ DipDiretion (67/147), portanto mergulhando para SE. Os matacões, que persistem ao longo do trecho, deverão ser removidos na escavação obrigatória.

Trecho Km 123+650 até 130+870:

A partir do km 123+650, o canal continua a atravessar a Formação Santana dos Garrotes (NPcsg), mas agora na unidade Neoproterozóica. Neste trecho, observa-se uma sequência vulcanossedimentar metamórfica do embasamento cristalino, representada na área por filitos, micaxistos (sericita, muscovita e biotita), de tonalidade cinzenta e esverdeada (rocha sã), metasiltitos, metarenitos e metarcóseos.

Como exemplo, o Túnel Cruzeiro cruza uma elevação de alinhamento NE-SW, onde ocorrem metasiltitos (ou filitos), coerentes e de cor cinza-esverdeado ou simplesmente acinzentados, com foliação em geral subverticalizada.

Inspeções de campo realizadas ao longo do canal apontam uma espessura solo coluvial e residual pequena (inferior a 5m), com um horizonte de rocha medianamente a muito alterada (A3-A4) métrica, recobrando as citadas rochas sãs e coerentes.

Sondagens realizadas obtiveram baixa recuperação e consequente RQD baixo. Ensaios de compressão simples realizados em testemunho de sondagem mostraram resistências variando entre os valores de 16,50MPa e 35,05 MPa.

O plano de foliação é de menor resistência e o valor obtido poderia mudar substancialmente se as mesmas amostras fossem ensaiadas com outra orientação. A anisotropia da resistência à compressão uniaxial é uma característica importante da natureza do maciço rochoso ocorrente.

Em relação à geologia estrutural, as atitudes medidas ao longo do canal, a partir da análise estereográfica com uso do software DIPs 5.0, mostraram a existência de no mínimo quatro famílias de descontinuidade, incluindo a foliação\xistosidade (F), que tem direção NE-SW e 56° de mergulho para SE, alinhada, portanto, com o “trend” regional da Província Borborema.

Conclui-se que taludes de escavação do canal com orientação NE-SW mergulhando para SE, podem apresentar problemas de instabilidade tipo planar. Mesmo assim, cortes com inclinação de 1 (H): 1 (V) reduz significativamente este risco, visto que o mergulho médio da xistosidade é superior a (56°). Eventuais riscos em locais isolados podem ocorrer onde a foliação tenha mergulho inferior à 45° .

Taludes de escavação alinhados nas direções E-W ou N-S, com a foliação com mergulho menor que 45° podem formar pequenas cunhas a favor da xistosidade, podendo em um dos taludes serem potencialmente instáveis.

Desta forma, os taludes de projeto foram concebidos com base nas informações de campo, considerando a xistosidade com elevada inclinação, entretanto a possibilidade de instabilidades não foi descartada, visto que em rochas metamórficas competentes a direção do plano localmente poderá mudar (por exemplo, com a formação de uma dobra), situações, portanto, previsíveis a serem solucionadas com a exposição das escavações.

Trecho Km 130+870 até 145+321,85:

Os metassedimentos da Formação Santana dos Garrotes voltam a ocorrer, com predominância de filitos de cor cinza esverdeada, com níveis de quartzo branco, e ocorrências localizadas de metasiltitos, metarenitos e metagnaises. O maciço rochoso é composto de rochas medianamente a muito alteradas (A3-A4), medianamente a pouco coerentes (C2-C3) e medianamente a muito fraturadas (F3-F4).

Do ponto de vista estrutural, foram detectadas quatro famílias de descontinuidades importantes, incluindo a xistosidade, com direção seguindo o padrão médio regional NE-SW e mergulho médio predominante 48° SE, com variações entre 30° e 78° . (Figura 6.13 e 6.14).

Ensaio de compressão simples realizados em testemunhos de sondagem apresentaram valores variando entre 4,54MPa e 37,64 MPa (em muitos casos rompeu no plano da xistosidade).

A espessura de solo residual é relativamente pequena, menor que 1,50 m.

Os arenitos Silurianos da Formação Mauriti (Sm), voltam a ocorrer em pequeno trecho (km133+650-133+860), em contato discordante com o cristalino. Trata-se de um trecho de topografia suave, onde o canal se desenvolve em pequenos cortes.

Apresenta solo residual de espessura variável, atingindo 11m na Jazida Umari e praticamente 0,0m no km 132+920, com textura de silte arenoso de média plasticidade (ML, IP 12%), com peso específico seco máximo (Proctor Normal) $\gamma_{\max} = 16,76 \text{ kN/m}^3$, umidade ótima de 18,55%, e ISC=14%. Ocorrem em pequena percentagem seixos de quartzo com diâmetro menor que 2 cm.

O trecho final do canal desenvolve-se por uma região muito abrupta e íngreme em rochas da Formação Santana dos Garrotes (NPcsg), com as características já descritas. No fundo do vale a rocha apresenta-se sã e muito coerente.

Análises de Estabilidade do Sub-trecho 1.4

Os taludes que compõem as encostas de maior criticidade, ao longo do Subtrecho 1.4, foram objeto de análises de estabilidade, tendo sido selecionados 7 (sete) seções transversais tipo, com a geometria de escavação e aterro compactado. Para cada seção, foram analisadas as seguintes condições: nível de água na condição mais crítica (fundo do canal); nível de água seco (abaixo da linha de referência, El. 460). As análises foram realizadas pelo Método de Bishop Simplificado, utilizando o software GeoSlopeW.

Todas as seções analisadas são estáveis, pelo menos para a fase de obras (FS+1,3). Das sete seções de maior criticidade analisadas, três não apresentaram nenhum problema de estabilidade, com fator de segurança superior a 1,5. As seções km 114+ 280, 115+960, 119+380 e 119+180 apresentaram problemas localizados de instabilidade, que foram solucionados com pequenos ajustes. Nas três primeiras, o talude mais superficial foi reprojeto de (0,5H:1,0V) para (1,0H:1,0V); o reaterro deverá ser executado obrigatoriamente até 2m acima da galeria (que já era recomendado por motivos ambientais e de segurança); já a última seção, adotou-se (1,0H:1,0V) no talude mais superficial. O fator de segurança adotado no projeto para a fase de operação é de 1,5.

2.2.4.5 - Lote 5

O Lote 5 compreende as obras civis dos 9 túneis, incluindo os respectivos emboques, desemboques, macrodrenagem e microdrenagem. As obras do Lote 5 estão discriminadas no **Quadro 2.6**, a seguir.

Quadro 2.6 - Localização e Extensão das Obras do Lote 5

Subtrechos	TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	TIPO DE CLASSE	LITOLOGIA
Subtrecho 1.2	Túnel 1 - Sítio Alto 1	39,013.36	39,622.60	609.24	0.60924	II, III, IV, V	Arenito
	Túnel 2 - Sítio Alto 2	41,505.32	42,295.12	789.80	0.78980	II, III, IV, V	Arenito
	Túnel 3 - Veneza	50,056.20	52,454.78	2,398.58	2.39858	III, IV, V	Arenito
Total do Subtrecho 1.2				3,797.62	3.79762		
Subtrecho 1.3	Túnel 4 - Cabaceira	88,844.64	89,054.64	210.00	0.21000	III, IV, V	Arenito
	Túnel 5 - Arajara	92,077.45	92,426.45	349.00	0.34900	II, III, IV, V	Filito
Total do Subtrecho 1.3				559.00	0.55900		
Subtecho 1.4	Túnel 6 - Boa Vista	111,199.30	111,570.00	370.70	0.37070	III, IV, V	Arenito
	Túnel 7 - Cruzeiro	125,253.85	125,665.85	412.00	0.41200	III, IV, V	Filito
	Túnel 8 - Pai Mané	128,741.67	129,025.67	284.00	0.28400	III, IV, V	Granito
	Túnel 9 - Carnaúba	135,798.27	136,088.27	290.00	0.29000	IV, V	Filito
Total do Subtrecho 1.4				1,356.70	1.35670		
TOTAL TRECHO 5				5,713.32	5.71332		

Túnel Sítio Alto 1

O túnel Sítio Alto 1 atravessa a Formação Missão Velha, de idade Jurássica, constituída por arenitos quartzosos, por vezes feldpáticos e/ou caolínicos, localmente conglomeráticos, com estratificação cruzada tabular e/ou acanalada, desenvolvidas em planícies fluviais de sistemas entrelaçados, caracterizado por canais rasos e de alta energia. Localmente, ocorrem troncos e fragmentos de madeira silicificada. Superficialmente, ocorrem coberturas sedimentares de espriamento aluvial (NQC) que inclui capeamento de planaltos e coluviões.

Depósitos coluvionares com espessura máxima de três metros, procedentes da dinâmica das encostas, com maior ocorrência no desemboque, compostos por blocos heterométricos de arenito ferruginoso avermelhado, às vezes de grande tamanho, com matriz de areia argilosa ou siltosa (SC-SM) de plasticidade baixa e restos vegetais.

Os solos residuais caracterizam-se por texturas de areia argilosa ou siltosa (SC-SM), de plasticidade baixa e medianamente compacta a compacta, ocorrentes nas áreas de escavação/cortes do emboque e desemboque.

Há uma única ocorrência superficial de arenitos esbranquiçados no km 49+260, onde foram obtidas informações geotécnicas e geomecânicas importantes do maciço rochoso, em termos de atitudes e persistência de discontinuidades, visto que nas sondagens rotativas realizadas neste túnel houve baixa recuperação, inferior a 25% no perfil do túnel, portanto baixíssimo RQD, típico de rochas friáveis.

1) Túnel Sítio Alto 2

O túnel Sítio Alto 2 atravessa a Formação Missão Velha, de idade Jurássica, constituída por arenitos quartzosos, por vezes feldpáticos e/ou caolínicos, localmente conglomeráticos, com estratificação cruzada tabular e/ou acanalada, desenvolvidas em planícies fluviais de sistemas entrelaçados, caracterizada por canais rasos e de alta energia, com ocorrência local de troncos e fragmentos de madeira silicificada. Superficialmente, ocorrem coberturas sedimentares de espraiamento aluvial (NQc) que inclui capeamento de planaltos e coluviões.

Depósitos coluvionares com espessura de até três metros, compostos por blocos heterométricos de arenito ferruginoso avermelhado, às vezes de grande tamanho, com matriz de areia argilosa ou siltosa (SC-SM) de plasticidade baixa e restos vegetais.

Os solos residuais caracterizam-se com texturas de areia argilosa ou siltosa (SC-SM) de plasticidade baixa e medianamente compacta a compacta, ocorrentes nas áreas de escavação/cortes do emboque e desemboque.

O túnel Sítio Alto 2 será integralmente escavado em arenitos de textura média a grossa, com intercalações de microconglomerados. A zona superficial exhibe uma coloração avermelhada ou amarelada, causada pela oxidação dos minerais, se bem depois muda a esbranquiçado a creme. Os arenitos apresentam-se em camadas decimétricas, com estratificação cruzada tabular e/ou acanalada, desenvolvidas em planícies fluviais de sistemas entrelaçados, caracterizados por canais rasos e de alta energia. São frequentes níveis isolados com pelotas de argila cinza.

Os afloramentos de arenitos são escassos e não ocorrem no alinhamento do túnel, estando completamente mascarados pelos depósitos coluvionares (NQc). Entretanto, a 600 m ao norte do túnel ocorre uma encosta abrupta em arenitos esbranquiçados da mesma formação, apresentando estratificação sub-horizontal de muita persistência, com laminação cruzada e diaclases subverticais de grande persistência.

2) Túnel Veneza

Tendo como referência as investigações para o Projeto Executivo, registrou-se que, a partir do estaqueamento 47+580 até o emboque do Túnel Veneza, o canal atravessa uma série monótona de arenitos com níveis isolados de folhelhos da Formação Missão Velha.

Localmente, a Formação Missão Velha ocorre capeada por coluviões das Coberturas Sedimentares Neo-Quaternárias (NQc), constituídos de sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos de tons amarelados e avermelhados, com áreas de concentrações de cascalhos e sedimentos laterizados e, também, por depósitos aluvionares nos leitos de riachos da região.

Sondagens a percussão, executadas em dois importantes trechos da Formação Missão Velha, apresentaram profundidades máximas, respectivamente de 18 m e 19 m de solos residuais (materiais de primeira categoria) caracterizados como areias siltosas, de baixa a nenhuma plasticidade, pouco a medianamente compactas, de cor marrom.

Sob o nível de solos residuais da Formação Missão Velha, em profundidades de até 48 metros, as sondagens detectaram rocha mediana a extremadamente (A3-A5) alterada, medianamente a pouco coerente (C2-C3) de cor marrom claro, conforme sondagens rotativas executadas no local do Túnel Sitio Alto I, portanto sem ocorrência de rocha sã até a profundidade investigada.

As escavações a partir do terreno natural detectaram solos coluvionares superficiais constituídos por areias argilo-siltosas avermelhadas, com matacões isolados heterométricos de arenito avermelhado ferruginoso. A espessura destes depósitos aumenta significativamente de sul a norte, com espessura mínima de 1,20 m e máxima superior a 7,00 m.

Sob a citada camada superficial, ocorrem rochas sedimentares friáveis da Formação Rio Batateiras. Nos cortes diferenciam-se duas fácies, a saber:

- Abaixo da cota 500 aproximadamente (unidade basal), predominam fácies arenosas de cor creme com intercalações de lamitos avermelhados e amarelados, e de níveis delgados de conglomerados. Os arenitos são finos a médios, subarredondados a subangulares, em geral friáveis, argilosos e micáceos, às vezes seixos quartzosos os e/ou feldspáticos caulinizados e pelotas de argila. A estratificação é cruzada, de médio a pequeno porte, tabular-planar ou tangencial na base, com presença localizadas de feições sigmoidais.
- Acima da cota 500, na crista do talude escavado, ocorrem fragmentos finos de arenito friável com intercalações centimétricas de estratos de siltitos acinzentados a marrom- amarelados, em intervalos pelíticos.

Especificamente na região do Desemboque, em síntese, ocorrem duas formações discordantes. Na zona mais superficial ocorrem depósitos coluvionares do Quaternário, com espessura variável aumentando em direção noroeste. Sob os depósitos coluvionares, observam-se os arenitos friáveis cor creme, às vezes amarelados quando em contato com o talus, com estratificação horizontal e cruzada e com duas famílias de diaclases sub-verticais detectadas. Desta forma, de topo para a base distinguem-se dois tipos de materiais distintos: o primeiro, o mais superficial, constituído de areias siltosas\argilosas marrons a marrons

avermelhadas; o segundo, na base, em contato discordante com a formação de arenitos Rio Batateiras, constituído por blocos heterométricos de arenito ferruginoso em matriz areno-argiloso marrom avermelhado.

3) Túnel Cabaceira

O túnel Cabaceira atravessa a Formação Rio Batateiras, de idade Cretácea, constituída na unidade basal predominantemente de fácies arenosas com intercalações de lamitos avermelhados e amarelados e de níveis delgados de conglomerados (Assine,1992).

Os arenitos são finos a médios, subarredondados a subangulares, em geral bastante friáveis, argilosos e micáceos, às vezes seixosos e\ou portadores de feldspatos caulinizados e bolas de argila. A estratificação é cruzada, de médio a pequeno porte, tabular planar ou tangencial na base, comparecendo também feições sigmoidais. Tais sedimentos se apresentam em ciclos com granodecrescência ascendente que culminam em intervalos pelíticos. São interpretados como fluvio-lacustres, não só pelas litologias e estruturas sedimentares, mas pela presença de fósseis continentais.

Sondagens e levantamentos estratigráficos realizados no local do túnel Cabaceira mostraram dois ciclos com granodecrescência ascendente. O túnel Cabaceira decorre por uma camada de aproximadamente de 11 metros de folhelhos pirobetuminosos pretos, que se encontram entre o arenito inferior do primeiro ciclo e arenitos superior do segundo ciclo. Este intervalo, em meio ao qual se encontra uma camada decimétrica de calcário com aspecto brechóide e mineralizada em sulfetos, foi denominada “seqüência plumbífera do Araripe” por Farina (1974) e “camadas Batateira” por Hashimoto et al. (1987).

Segundo estudo realizado pela Unicamp (N.B. de Avila et al.) estas camadas da Formação Rio Batateiras possuem 0,0085 g/g rocha de matéria orgânica.

Nas imediações do túnel Cabaceira, ocorrem dois níveis de arenito intercalando rochas de textura fina e foliada, predominado os Folhelhos, de forma que a referida estrutura será integralmente escavada nos folhelhos betuminosos incoerentes a pouco coerentes da Formação Rio Batateiras. Trata-se de uma camada de cerca de 11 metros de espessura, intercalada por arenitos friáveis amarelados.

Os folhelhos apresentam coloração cinza a cinza escura, e no contato com o arenito superior exhibe cor marrom amarelada decorrente do intemperismo, com juntas oxidadas com a mesma cor. Na zona central há um intervalo, em meio ao qual se encontra uma camada decimétrica de calcário com aspecto brechóide e mineralizada em sulfetos, as já citadas Seqüência Plumbifera do Araripe” e Camadas Batateira.

Os ensaios em solos residuais de folhelho os caracterizaram como argila plástica (CH). As sondagens rotativas exibiram intenso faturamento e RQD=0% (maciço muito fraco), dificultando sobremaneira a moldagem de corpos de prova. Ensaio simples de resistência à compressão, realizados em amostras indeformadas coletadas no poço PE-144, apresentaram valores relativamente baixos.

Os litotipos rochosos da Formação Rio Batateiras apresentam estratificação sub-horizontal em níveis de 10 a 30 cm de espessura, apresentam estruturas de paralelepípedo e

“slickensides” são frequentes nas superfícies dos planos, sendo comum em folhelhos a presença de planos de fraqueza isolados e sem padrão, um pouco espelhados, potencialmente instáveis. Além disso, é típico o desprendimento de pequenos fragmentos milimétricos a centimétricos, com forma aproximadamente discoide. Este processo denominado empastilhamento, sendo mais frequente nos siltitos e menos nos argilitos, embora também ocorra no folhelho. Estas rochas são notadamente expansivas, fragmentando-se em um período curto de tempo, sobretudo quando expostos a severas condições intempéricas.

Os solos residuais são plásticos e untuosos (pegajosos), quando molhados, e duros quando secos, sujeitos à contração volumétrica, inclusive os saprolitos (solos de alteração com estruturas da rocha mãe). Em superfície natural, apresentam considerável teor de matéria orgânica.

Os arenitos apresentam texturas medias a grossas, pouco a medianamente coerentes (C3-C2), portanto friáveis, em cores marrom amarelado a branco que exibem grano descendência ascendente, mostrando níveis centimétricos de siltitos no topo da encosta.

Os solos residuais de arenitos apresentam textura areno-argilosa (SC) de plasticidade baixa a nula, de pouca a média compacidade, em cores amarela, amarela avermelhada, amarelo-clara tendendo a branca.

Sondagens rotativas executadas apresentaram baixa recuperação e elevado grau de faturamento, com Índice de Qualidade da Rocha - (RQD=0%). A intensa estratificação sub-horizontal dos arenitos, com laminação cruzada de pequeno porte, e diaclases sub-verticais conjugadas são as principais responsáveis pela baixa pontuação geomecânica do índice RMR.

4) Túnel Arajara

O túnel Arajara atravessa a Formação Rio Batateiras, de idade Cretácea, constituída por unidade basal predominantemente de fácies arenosas com intercalações de lamitos avermelhados e amarelados, e de níveis delgados de conglomerados (Assine,1992).

Levantamentos lito-estratigráficos, realizados nas encostas situadas no entorno do túnel Arajara, mostraram dois ciclos com granodecrescência ascendente, que culminam com a Formação Santana, que apresenta na base um folhelho betuminoso fossilífero, recoberto por um siltito argiloso, tendo acima um calcário laminado. Os sedimentos desta Formação são interpretados como fluvio-lacustres, não só pelas litologias e estruturas sedimentares, mas pela presença de fósseis continentais.

Abaixo da fácies de arenito, entre as cotas aproximadas 462 e 450 ocorre uma camada de folhelho do tipo betuminoso, similar à descrita no túnel Cabaceira, mas em decorrência do sistema de falhas normais da bacia do Araripe esta camada não é atravessada pelo túnel Arajara.

O túnel Arajara será integralmente escavado nos arenitos da Formação Rio Batateiras, de textura fina a muito grossa, pouco a medianamente coerentes (C3-C2), portanto friáveis de cor branca a amarelada, com estratificação cruzada de médio porte, planar ou acanalada, em alguns casos sigmoidal. Níveis dessimétricos de ortoconglomerados quartzosos acham-se presentes intercalados aos arenitos.

Sondagens rotativas realizadas nesta formação tiveram recuperação inferior a 25%, com manobras de valor nula, com RQD muito baixo a nulo para este tipo de rochas friáveis e de baixa coerência.

Os litotipos da Formação Rio Batateiras encontram-se superficialmente recobertos pelo depósitos coluvionares, que mascaram os afloramentos dos produtos do intemperismo das rochas.

As coluviões apresentam espessura máxima de 14 m e aparecem capeando os arenitos da Formação Rio Batateiras. Foram diferenciados dois sub-níveis: o mais superficial composto por um solo areno-argiloso (SC) com plasticidade baixa e cor avermelhada; o segundo, subjacente ao primeiro, com espessura média de três metros, em contato discordante com os arenitos, ocorre um nível de matações de arenito esbranquiçado (diâmetro menor que 30 cm), em matriz arenosa de plasticidade muito baixa a nula.

Os ensaios de penetração (SPT), em sondagens realizadas ao longo do alinhamento do túnel, impenetráveis a partir desta camada de blocos, possibilitaram avaliar a espessura do solo mais superficial. Os solos residuais dos arenitos apresentam textura areno-argilosos ou areno-siltosos de plasticidade baixa a nula, e compacidade mediana em cores amarela, amarela clara – tendendo a esbranquiçada e avermelha.

Do ponto de vista estrutural, as camadas ocorrem em planos sub-horizontais, normal nas rochas sedimentares da bacia, com laminação cruzada de médio porte, e com duas diaclases sub-verticais conjugadas.

As amostras deformadas (20) coletadas em poços de exploração foram caracterizadas no laboratório de solos da VBA Tecnologia e Engenharia, S.A., em Juazeiro do Norte - CE.

Foram ainda coletados 4 blocos indeformados em arenitos em poços localizados na encosta do desemboque do túnel Arajara para realização de ensaios especiais (compressão simples e triaxial). Em amostras dos blocos indeformados foram realizados 9 ensaios de compressão simples e dois ensaios triaxial (Tipo CU adensado e não drenado), em solo residual de arenito.

5) Túnel Boa Vista

O túnel Boa Vista localiza-se a poucos quilômetros a oeste de Crato. A zona de emboque do túnel foi completamente escavada para a produção de cerâmica, gerando cortes subverticais, apresentando pequenos escorregamentos de blocos.

O maciço rochoso é constituído de siltitos e folhelhos, com níveis de arenitos amarelados, estratificados, pertencentes à Formação Rio Batateiras.

As sondagens a percussão realizadas, apresentaram um nível superior de 8 a 11 m de profundidade de solo residual fofo a mediamente compacto, passando em profundidade a muito compacto, considerado impenetrável à percussão. A partir deste nível o avanço foi por sondagem rotativa e as recuperações foram inferiores a 10%. As amostras de lavagem mostraram solo arenoso.

6) Túnel Cruzeiro

O Túnel Cruzeiro atravessa um maciço rochoso constituído por filitos e metasiltitos com intercalações de veios milimétricos a centimétricos de quartzo branco, ondulados, concordantes com a foliação, associados à Formação Santana dos Garrotes (NPcsg), pertencente ao Grupo Cachoerinha (Província Borborema). Estes tipos litológicos apresentam tonalidades cinzentas a esverdeadas, em corte de rocha sã, com a presença de sericita, muscovita e biotita.

A projeção estereográfica das atitudes medidas no por ocasião do mapeamento geológico de campo mostrou pelo menos quatro famílias de discontinuidades principais:

- A primeira e mais importante é a foliação\xistosidade, com mergulho de referência predominante de 75° SE, com variações na região de um riacho no emboque do túnel;
- Junta J1, com mergulho subvertical e predominantemente perpendicular à foliação, localmente oxidadas, e com umidade, persistência pequena a média (5 a 10 metros) e espaçamento variável entre 0,20, a 1,2m;
- Junta J2, sub-horizontal, com espaçamento de 20 e 80 cm e persistência entre 2 e 5 metros, e a quarta;
- Junta J3, aleatórias e secundárias, em geral rugosa.

A foliação\xistosidade e a junta J1 foram as principais discontinuidades consideradas nas análises de estabilidade e no dimensionamento das contenções dos taludes.

As sondagens rotativas confirmaram a litologia predominante de metasiltito são a pouco alterado (A1-A2), coerente (C1) e com fraturamento espaçado de 0,50 a 0,80m (F1), com RQD superior a 80%, correspondendo a uma rocha de boa qualidade.

Os traços medidos nos afloramentos e a interpolação das sondagens rotativas realizadas (total de cinco) indicaram a foliação com mergulho elevado, com grande persistência (superior a 20 m), apresentando-se com planos muito variados desde pouco rugoso a liso e até mesmo típico espelho de falha.

Superficialmente, nos primeiros metros, ocorrem solos de alteração e rocha extremadamente a medianamente alterada (A5 - A3), com RQD variável entre 10 a 75%, incoerente a pouco coerente (C4 a C3). A partir de 15m de profundidade na região do túnel (sem considerar emboque e desemboque), o grau de alteração diminui significativamente passando a rocha de pouco alterada a sã e RQD de 100%. O nível d'água, detectado na época das investigações, foi de 16,30 m.

Ensaio de compressão simples, realizados em testemunhos de sondagens rotativas, apresentaram resistência variável com valores na faixa de 20 a 55 MPa.

7) Túnel Pai Mané

O túnel Pai Mané atravessa maciços rochosos constituídos por filitos e metassiltitos com intercalações de veios milimétricos a centimétricos de quartzo branco, ondulados,

concordantes com a foliação, associados à Formação Santana dos Garrotes (NPcsg), pertencente ao Grupo Cachoeirinha (Província Borborema). Os tipos litológicos apresentam tonalidades cinzentas a esverdeadas em cortes recentes, com a presença de sericita, muscovita e biotita.

Relativo aos aspectos estruturais as atitudes do maciço rochoso foram representados em uma projeção estereográfica com uso do programa DIPS de Rocscience (Figuras 7.2-1 e 7.2-2).

A projeção estereográfica das atitudes mostra quatro famílias de descontinuidades principais do túnel Pai Mané. A primeira e a mais importante é a foliação ou xistosidade. Esta mergulha 84° ao SE, sendo bastante monótona. Esta tem uma persistência superior a 20 m e o espaçamento em rocha A2, varia entre 50 a 80 cm. Destaque-se que em ocasiões o plano de foliação apresenta uma rugosidade lisa, quase espelho de falha (JRC 0-2).

Por outro lado, além da xistosidade, apresenta três diaclases principais. A junta J1, é sub-vertical e sempre perpendicular a foliação. Em muitas ocasiões aparece oxidada, possivelmente por infiltrações de água através desta. A persistência é superior a 5 metros e o espaçamento varia entre 20 a 120 cm. A junta J2, é sub-horizontal, com espaçamento de 20 a 80 cm e persistência superior a 2 metros. Por último, a junta J3 e outras que não se representam na projeção, são secundárias e em geral de muita rugosidade.

O alinhamento do túnel é subparalelo ao plano de foliação. A cunhas eventuais certamente serão geradas pela interação das descontinuidades F, J1e J2. A foliação condicionará a geometria das paredes e da junta J2 do teto. O tamanho dos blocos dependerá do espaçamento da foliação (0,50 a 0,80 m).

As sete sondagens rotativas realizadas exibem metassedimentos cinza a esverdeados, com níveis de filitos e metasiltitos e veios irregulares de quartzo branco, dispostos em horizontes de 0,50 a 0,80m. A sondagem SR-78, realizada no topo da elevação apresenta maciço rochoso extremamente a muito alterado (A5-A4), muito fraturado (F4) até uma profundidade de 26 metros. O RQD situou-se, predominantemente, abaixo de 25%.

Ensaio de compressão simples, realizados em testemunhos de sondagens rotativas, apresentaram resistência variável com valores inferiores a 28MPa.

Na zona do túnel, excluindo emboque e desemboque, o maciço rochoso (filito) apresenta-se com variações entre (A2, C2, F2), (A1-A2, C1-C2, F1-F2) e (A1- A2, C1, F1), com presença de juntas oxidadas e localmente com a foliação dobrada e pouco espaçada.

8) Túnel Carnaúba

O túnel Carnaúba atravessa maciços rochosos constituídos por filitos e metassiltitos, com intercalações de veios milimétricos a centimétricos de quartzo branco, ondulados, concordantes com a foliação, associados à Formação Santana dos Garrotes (NPcsg), pertencente ao Grupo Cachoeirinha (Província Borborema). Os tipos litológicos apresentam tonalidades cinzentas a esverdeadas em cortes recentes, com a presença de sericita, muscovita e biotita.

Em relação aos aspectos estruturais, as atitudes e dados geomecânicos do maciço rochoso, mapeados para o Projeto Executivo, foram representados em uma projeção estereográfica com uso do programa DIPS da Rocscience.

A projeção estereográfica das atitudes coletadas no campo exibem ao menos três descontinuidades principais. A primeira e mais importante é a foliação ou xistosidade. Esta mergulha 76° ao SE, sendo bastante monótona, seguindo o trend regional da Província de Borborema. Esta tem uma persistência superior a 20 m e o espaçamento em rocha A2, varia entre 50 a 80 cm. Destaque-se que, ocasionalmente, o plano de foliação apresenta uma rugosidade lisa, quase espelho de falha (JRC 0-2).

Por outro lado, além da xistosidade, apresenta três diaclases principais. A junta J1, é sub-vertical e sempre perpendicular à foliação. Em muitas ocasiões, aparece oxidada, possivelmente por infiltrações de água a través desta. A persistência é superior a 5 metros e o espaçamento varia entre 20 a 120 cm. A junta J2 é sub-horizontal, com espaçamento de 20 a 80 cm e persistência superior a 2 metros. Por último, outras que não se representam na projeção, são secundárias e em geral de muita rugosidade.

2.3 - MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E JAZIDAS NO TRECHO 1

2.3.1 - MATERIAIS TERROSOS E CONTROLE TECNOLÓGICO DOS ATERROS

2.3.1.1 - Características Geotécnicas dos Solos para Aterros Compactados

Os solos para utilização nos aterros compactados, ao longo do Trecho 1, serão predominantemente os de escavação obrigatória e, localmente, de jazidas laterais. As escavações obrigatórias e exigidas, em grande parte, são aquelas necessárias para possibilitar a implantação do canal junto às encostas e ou para estabilização das mesmas (retaludamentos).

Um perfil-tipo dos Lotes 1 e 2, representativo das encostas, em que o traçado do canal adutor foi ajustado à melhor situação técnica-econômica, em termos de estabilidade e balanço de materiais, apresenta as seguintes principais características geotécnicas:

- Cobertura coluvionar: solo arenoso, pouco silto-argiloso, pouco plástico, compacidade média a muito compacto, em cores fortes amarela e amarela avermelhada, fragmentos e blocos de arenito compactos, as vezes silicificados, por vezes fortemente litificados, ou mesmo em processos formacionais mais recentes de laterização, com tamanho que vão desde fragmentos finos a pedras de mão, e mais marcantes nas dimensões de blocos e matacões. Estes últimos podem ocorrer aparentes na superfície do terreno, ou imerso na camada e envoltos pelo solo, típicos dos coluvionamentos, sendo ainda comum o acúmulo destes materiais no pé das encostas, característicos de talus. Embora apresentem pequena espessura, ordem de 1 a 3m, têm importante função de estabilização natural da encosta.
- Solo residual de arenito, com texturas de areia predominantemente fina, pouco silto-argiloso (finos < 20%), pouca a nenhuma plasticidade, compacidade mediana, em cores amarela avermelhada (na transição com o colúvio), amarela em tons tendendo a clara, localmente branca (ou cinza clara), com espessura variável

de poucos até 15m; a partir de 5m são visíveis as estruturas da rocha, crescendo a compactidade, transicionando para a rocha mãe.

- Arenito, de textura fina a média em camadas estratificadas métricas e centimétricas, com matriz e ou cimento diversificados (félsico, carbonático, feldspático, misto ou simplesmente silto-argiloso), que originam a condição de friável, ou rocha branda, com resistência à compressão simples inferior a 25MPa (Soares, L. 1991), citado por Mesquita (2008).

2.3.1.2 - Pistas Experimentais em Solos Arenosos

Em princípio, todos os materiais com características geológico-geotécnicas muito diferenciadas foram objeto de avaliação de controle de compactação, priorizando aqueles que na ocasião se apresentem com maior dispersão dos controles de campo, notadamente os solos residuais de arenitos, caracterizados como “areia fina muito pouco siltosa (<10% passado na peneira 200), não plástica, em tonalidades claras”.

Os principais materiais obtidos dos cortes e jazidas laterais apresentam as seguintes características geotécnicas:

- a) Solos residuais de arenitos, caracterizados como “areia fina muito pouco siltosa (<10% passado na peneira 200), não plástica, em tonalidades claras”.
- b) Solos residuais de arenitos, caracterizados como “areia fina pouco silto-argilosa (>10% e <20% passado na peneira 200), pouco plástica, amareladas.
- c) Solos coluviais e ou residuais de arenitos, caracterizados como “areia fina silto-argilosa (>20% e <30% passado na peneira 200), pouco plástica, amarela avermelhada.
- d) Solos coluviais e ou residuais de micaxistos ou gnaisses, caracterizados como “areia fina siltosa pouco argilosa (20% e 40% passado na peneira 200), medianamente plástica, tonalidades de cinza a amarela-avermelhada.
- e) Solos residuais de metasiltitos/argilitos, caracterizados como “areia muito fina siltosa pouco argilosa (20% e 40% passado na peneira 200), medianamente plástica, tonalidades de cinza a amarela avermelhadas.
- f) Outros materiais, que eventualmente ocorreram, ao longo do traçado do canal, sobretudo na região de contatos dos litotipos mencionados.

Para cada tipo de material deverão ser realizadas pistas experimentais para as espessuras de camadas lançadas, conforme segue, podendo ser alteradas a partir dos primeiros resultados e mobilização de novos rolos compactadores.

Desta forma, para os materiais: (a) e (b): camadas com espessuras de 20,0cm, 23cm e 26cm, com 6, 8 e 10, passadas com uso dos rolos: tipo Hyster ou similar, e composição dos rolos CA25PD – CA25liso (sendo 4-2; 5-3; 6-4 passadas na ordem dos rolos).

Para os materiais: (c) (d) (e): camadas com espessuras de 22,0cm, 25cm e 30cm, com 6, 8 e 10, passadas com uso dos rolos: CA25PD ou similar, e se os resultados não forem satisfatórios adotar a composição dos rolos CA25PD – CA25liso (sendo 4-2; 5-3; 6-4 passadas na ordem dos rolos).

Outras composições de rolos poderão ser testadas, em função do surgimento de outros materiais ou mesmo na mistura destes.

A pista deverá ser demarcada, preferencialmente, na parte central da praça selecionada, com superfície plana, deverá ter sido objeto de liberação, de acordo com as Especificações Técnicas, e deverá ter as seguintes dimensões: comprimento 60,0m, para rolo vibratório de pata tamping “similar ao CA25PD”, ou Liso; comprimento 120,0m, para rolo de impacto tipo Hyster ou similar ou outros adequados solos arenosos; largura correspondente a 3 (três) faixas da largura do respectivo rolo; recobrimento da compactação 0,30m; marcas com cal de demarcação das faixas; cruzetas instaladas a cada 10m e afastadas de 0,5m das bordas da pista, indicando a espessura da camada lançada.

2.3.1.3 - Controle Tecnológico de Campo e Laboratório

Concluída a compactação, deve ser executado ensaio de controle de compactação completo, em cada faixa, preferencialmente na parte central da faixa e sempre nos 40 metros centrais da pista. Recomenda-se dispor, neste momento, de pessoal e materiais para determinação da “densidade”, ou seja, da γ (massa específica aparente seca obtida *in situ*), pelo método mais adequado ao material da referida pista. Recomenda-se, também, coletar, identificar e acondicionar as amostras dos furos para encaminhamento ao laboratório, para determinação da massa específica seca máxima (γ máx) e umidade ótima (hot) no ensaio de Proctor Normal, bem como os demais ensaios de caracterização.

Deverão ser adotadas as seguintes Normas Técnicas da ABNT:

- NBR06457-1986 Preparação da amostra para ensaios de Caracterização e Compactação
- NBR06458 - Determinação da Massa Específica
- NBR06459 - Limite de Liquidez
- NBR07180 - Limite de Plasticidade
- NBR07181 - Análise Granulométrica.
- NBR07182 - Ensaio Compactação
- NBR 12102 - Controle de compactação pelo método de Hilf

2.3.1.4 - Especificações Técnicas do CAC para os Aterros Compactados

Os aterros compactados deverão ser executados preparando-se inicialmente o terreno de fundação por meio de rega e escarificação. Poderá ser utilizado qualquer tipo de equipamento que produza a escarificação necessária. A distância entre os sulcos não deverá exceder 30 cm; os sulcos deverão ter entre 5 e 7 cm de profundidade.

Os materiais deverão estar isentos de pedras e torrões com mais de 10 cm, de raízes, ou de qualquer matéria orgânica, e deverão ser aprovados pela Fiscalização. Os materiais serão umedecidos até se conseguir um teor de umidade próximo à ótima (+2%), seja por espalhamento e secagem do material, quando demasiadamente úmido, seja por umidificação, quando demasiadamente seco. Em seguida, os materiais deverão ser estendidos em camadas

horizontais de espessura máxima entre 20 e 30 cm, em toda a largura do aterro. A umidificação e homogeneização dos materiais deverão ser efetuadas, de preferência, durante a escavação dos mesmos.

Cada camada deverá ser compactada completa e uniformemente em toda sua superfície, e não deverá ter mais de 20 cm de espessura após a compactação.

Após a colocação do material conforme estipulado anteriormente, sua compactação deverá ser executada até que se tenha obtido uma densidade relativa entre 97% e 100% da densidade seca máxima de laboratório, determinada pelo ensaio da compactação Proctor Normal. O equipamento de compactação utilizado deverá ser adequado ao tipo de material colocado e aprovado previamente pela Fiscalização.

Os seguintes ensaios serão realizados nos aterros executados e nos materiais para aterro e seu número será definido pela Fiscalização:

- Ensaio de compactação, segundo o método Proctor Normal, para cada 1.000 m³ de material colocado.
- Ensaio para a determinação da massa específica aparente seca, *in situ*, para cada 100 m³ de camada de aterro, alternadamente no eixo e nas bordas, correspondente ao ensaio de compactação supramencionado.
- Ensaio de granulometria (DNER-A4E-44-64), e ensaios de limites de liquidez e plasticidade (DNER-A4E-83-63), para o corpo do aterro, para cada grupo de dez amostras submetidas ao ensaio de compactação.
- Ensaio do Índice de Suporte Califórnia, com a energia do método Proctor Normal, para cada grupo de quatro amostras das camadas superiores.

Durante todo o tempo que durar a construção, até o recebimento do aterro, os materiais e os serviços devem estar protegidos contra ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. A responsabilidade desta conservação é da Contratada e não é objeto de medição.

2.3.1.5 - Controle Geométrico:

As seguintes tolerâncias serão admitidas relativamente aos valores especificados no projeto:

- Variação da altura de ± 3 cm para eixo e bordas, a partir da seção transversal dos desenhos sendo respeitadas as declividades de projeto para a plataforma.
- Variação da largura de 20 cm para a plataforma, a partir da seção transversal dos desenhos, não se admitindo variações negativas. O controle será efetuado mediante a verificação das cotas, nos eixos e nas bordas, a cada duas estacas.

2.3.2 - PEDREIRAS

Foram investigadas e catalogadas, para uso nas obras do CAC, três pedreiras, estando seus dados gerais apresentados **Quadro 2.7**.

Quadro 2.7 – Pedreiras para uso nas obras do CAC.

Numero controle	Jazida Pétreia	Área Estimada (m ²)	Prof. Média Útil (m)	Volume Disp. (m ³)	Volume Utilizável (m ³)	TDD-484 (Km)	Distância Eixo (m)	Referência Eixo
1	Pedreira 01	38.619,30	10,00	386.193,00	386.193,00	5,35	2.389,25	Esquerda
2	Pedreira 02	68.807,63	10,00	688.076,29	688.076,29	45,00	18.631,94	Direita
3	Pedreira 03	39.919,21	10,00	399.192,10	399.192,10	120,42	88,20	Esquerda
Total		147.346,14		1.473.461,39	1.473.461,39			

2.3.3 - MATERIAIS GRANULARES E ARENOSOS

As jazidas de materiais granulares localizam-se nos leitos e margens das drenagens naturais (córregos e riachos), tendo sido investigados todos os córregos e riachos que cruzam o canal adutor e as planícies de inundação destes situadas um pouco mais distante, quando comparadas com as jazidas laterais, havendo necessidade de pequenas desapropriações, por ocasião do uso.

Os areais foram materializados no campo e investigados em malha regular de 100m, por meio de coordenadas UTM, com uso de GPS. Nos vértices da malha, foram executadas sondagens a pá e picareta, tendo sido investigadas e catalogadas onze jazidas de materiais granulares (areais), estando os dados gerais das mesmas apresentados **Quadro 2.8**.

Quadro 2.8 - Jazidas de Materiais Granulares

Numero controle	Jazida de Areia	Área Estimada (m ²)	Prof. Média Útil (m)	Volume Disp. (m ³)	Volume Utilizável (m ³)	TDD-484 (Km)	Distância Eixo (m)	Referência Eixo
1	JA - 01	27079,14	1,00	27.079,14	27.079,14	21,54	602,02	Esquerda
2	JA - 02	43597,10	2,00	87.194,20	87.194,20	31,23	366,77	Direita
3	JA - 03	33567,98	1,00	33.567,98	33.567,98	34,68	29,34	Direita
4	JA - 04	29578,28	1,00	29.578,28	29.578,28	37,37	290,57	Direita
5	JA - 05	43328,08	1,00	43.328,08	43.328,08	43,81	323,63	Direita
6	JA - 06	185557,65	1,00	185.557,65	185.557,65	53,36	Eixo	Eixo
7	JA - 07	34087,84	1,00	34.087,84	34.087,84	78,68	Eixo	Eixo
8	JA - 08	75709,67	1,00	75.709,67	75.709,67	90,7	75,70	Direita
9	JA - 09	112655,00	1,00	112.655,00	112.655,00	93,26	81,80	Direita
10	JA - 10	140469,82	1,00	140.469,82	140.469,82	93,26	Eixo	Eixo
11	JA - 11	168267,33	1,00	168.267,33	168.267,33	131,4	Eixo	Eixo
Total		893.897,89		937.494,99	937.494,99			

2.3.4 - JAZIDAS TERROSAS

Os materiais de construção para execução dos canais e obras correlatas e de apoio logístico, como as estradas de acesso, serão preferencialmente procedentes das escavações obrigatórias, sendo secundariamente obtidos em empréstimos laterais, dentro da faixa de domínio desapropriada, portanto junto aos canais.

Com base nas sondagens mecânicas e manuais realizadas ao longo do traçado foi elaborado o perfil geotécnico longitudinal e pelo eixo do canal, bem como seções transversais espaçadas de 20m, e localmente de 10m. A partir da geometria de escavação e dos aterros que compõem o corpo do canal foi elaborado o balanço dos volumes de escavação e aterro, similar ao adotado em estradas. Desta forma, com base nas informações geológica-geotécnicas obtidas nas sondagens e nos ensaios de caracterização e compactação, foi estimado o volume necessário a ser obtido nas jazidas terrosas, identificadas lateralmente por km linear do canal, tendo sido cubados volumes de, no mínimo, duas vezes o previsto no projeto dos aterros compactados.

As jazidas de materiais terrosos foram materializadas no campo e investigadas em malha regular de 100m, por meio de coordenadas UTM com uso de GPS. Nos vértices da malha foram executadas sondagens a pá e picareta. Desta forma, foram investigadas e catalogadas oitenta e seis jazidas de solo, estando suas informações gerais apresentadas no **Quadro 2.9**.

2.4 - SOLOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO TRECHO 1 – JATI/CARIÚS

A faixa de domínio do Trecho 1 - (Jati-Cariús) do CAC desenvolve-se, predominantemente, na área de encosta (zona de pediplano) da Chapada do Araripe, onde se observa, na região de Brejo Santo – Crato, a presença de solos profundos favoráveis à exploração agrícola intensiva, representados por Argissolos Vermelho-Amarelos (Podzólicos) em associação com Latossolos.

Nas áreas de domínio do embasamento cristalino, que estão associadas ao início e final deste trecho, observa-se a ocorrência de solos medianamente profundos a rasos, Luvisolos e ou Neossolos (Bruno não Cálcicos e ou Litólicos), que se caracterizam pela presença de pedregosidade superficial, constituída por calhaus e às vezes matacões, formando o que se denomina pavimento desértico. São solos bastante suscetíveis à erosão.

Faixas estreitas de Vertissolos estão associadas às várzeas de afluentes do riacho dos Porcos no início deste trecho. Apresentam elevado potencial agrícola, embora tenham problemas relacionados com as suas condições físicas: encharcamento, fendilhamento, presença de pedregosidade superficial, além de riscos de halomorfização e de erosão.

As Aluviões (Neossolos) aparecem com maior expressão ao longo dos principais eixos de drenagem que interceptam o traçado do sistema adutor, com destaque para os rios/riachos, Porteiras, Olho d'Água, Salamanca, Batateiras, Carás e Cariús. Ocorrem, em geral, formando associações com Planossolos (Solonets solodizado) e ou Vertissolos.

A **Figura 2.8**, a seguir, constitui o mapa de solos da região. Este mapa dá um indicativo técnico do potencial de ocorrência de materiais construtivos em jazidas para as obras do CAC, bem como dos locais de futuras demandas de água para irrigação (solos irrigáveis), ao longo do Trecho 1.

2.5 - ESTUDOS E CONDICIONAMENTOS AMBIENTAIS

Os estudos ambientais assumem primordial importância para a avaliação de um projeto hídrico, tendo em vista que a degradação dos fatores ambientais pode interferir na eficiência e eficácia do empreendimento. A avaliação ambiental dos efeitos derivados da construção do CAC constituiu uma etapa importante no processo de concepção do sistema, de formulação e seleção de alternativas e de elaboração e detalhamento do projeto.

A metodologia empregada para quantificar e hierarquizar os impactos ambientais adotou o uso de conceitos para cada um dos fatores ambientais considerados relevantes na área do estudo, os quais compõem a matriz de avaliação. A estes fatores foram atribuídos pesos específicos, de acordo com os critérios relacionados. O somatório dos pesos dos fatores determina o potencial do projeto em alterar o meio natural ou sofrer influência do meio.

Figura 2.8. Mapa de Solos do Cariri

Quadro 2.9 - Jazidas de Materiais Terrosos para Empréstimos

Numero controle	Jazida de Solo	Area Estimada (m²)	Prof. Média Útil (m)	Volume Disp. (m³)	Volume Utilizável (m³)	TDD-484 (Km)	Distância Eixo (m)	Referência Eixo
1	JS-00	25.093,97	1,10	27.603,37	27.603,37	0,05	1519,13	Esquerdo
2	JS-01	6.640,07	1,03	6.861,40	6.861,40	2,67	52,79	Direito
3	JS-02	23.686,62	3,80	90.009,15	90.009,15	3,54	416,07	Direito
4	JS-02 A	23.687,62	3,80	90.012,96	90.012,96	4,68	416,07	Direito
5	JS-03	14.131,67	2,80	39.568,68	39.568,68	4,58	107,31	Direito
6	JS-04	30.107,93	1,30	39.140,31	39.140,31	5,6	42,18	Esquerdo
7	JS-04 A	38.619,30	2,80	108.134,04	108.134,04	5,4	1386,05	Esquerdo
8	JS-05	13.312,86	0,62	8.253,98	8.253,98	6,6	3,50	Direito
9	JS-05A	57.770,33	1,00	57.770,33	57.770,33	6,7	134,74	Esquerdo
10	JS-05B	64.775,33	0,70	45.342,73	45.342,73	6,72	Eixo	Eixo
11	JS-06	55.710,53	2,55	142.061,86	142.061,86	7,08	Eixo	Eixo
12	JS-06A	205.617,94	2,50	514.044,85	514.044,85	7,4	840,72	Direito
13	JS-06B	168.107,75	0,70	117.675,43	117.675,43	7,24	Eixo	Eixo
14	JS-07	13.951,92	1,60	22.323,08	22.323,08	8,7	Eixo	Eixo
15	JS-08	149.357,64	2,94	439.538,21	439.538,21	9,4	Eixo	Eixo
16	JS-08A	17.348,76	2,00	34.697,52	34.697,52	11,3	Eixo	Eixo
17	JS-09	14.948,46	2,30	34.381,45	34.381,45	11,64	Eixo	Eixo
18	JS-09A	81.543,10	3,00	244.629,30	244.629,30	11,88	263,69	Direito
19	JS-10	16.880,65	1,80	30.385,16	30.385,16	14,06	69,91	Direito
20	JS-11	29.864,50	2,05	61.222,22	61.222,22	14,34	98,52	Direito
21	JS-12	85.268,36	4,80	409.288,11	409.288,11	14,76	26,91	Direito
22	JS-13	295.309,95	5,00	1.476.549,75	1.476.549,75	17,4	38,22	Direito
23	JS-14	253.245,84	5,00	1.266.229,20	1.266.229,20	22,45	Eixo	Eixo
24	JS-15	136.342,76	1,80	245.416,97	245.416,97	24,84	Eixo	Eixo
25	JS-16	163.364,78	2,80	457.421,39	457.421,39	27,3	Eixo	Eixo
26	JS-17	141.762,01	2,80	396.933,62	396.933,62	28,14	Eixo	Eixo
27	JS-17A	393.633,17	4,80	1.889.439,20	1.889.439,20	32,82	Eixo	Eixo
28	JS-18	117.168,61	5,00	585.843,05	585.843,05	33,8	Eixo	Eixo
29	JS-18A	28.865,44	5,00	144.327,20	144.327,20	33,58	203,21	Direito
30	JS-18B	10.824,83	5,00	54.124,15	54.124,15	33,9	198,14	Direito
31	JS-19	7.943,83	1,43	11.319,95	11.319,95	36,14	17,76	Direito
32	JS-19A	82.682,47	1,80	148.828,44	148.828,44	36,8	Eixo	Eixo
33	JS-19B	63.785,38	4,80	306.169,82	306.169,82	37,5	1013,49	Direito
34	JS-19C	25.494,67	1,80	45.890,41	45.890,41	39,65	Eixo	Direito
35	JS-19D	178.268,70	5,00	891.343,50	891.343,50	38,12	415,40	Direito
36	JS-20	72.493,46	5,00	362.467,28	362.467,28	42,24	315,95	Direito
37	JS-21	44.244,02	3,05	134.944,25	134.944,25	46	211,60	Direito
38	JS-21A	28.098,46	5,00	140.492,30	140.492,30	45,56	6,25	Esquerdo
39	JS-21B	179.316,75	2,00	358.633,50	358.633,50	47,78	310,11	Direito
40	JS-21C	41.340,59	2,00	82.681,18	82.681,18	48,29	145,89	Esquerdo
41	JS-22	52.863,50	5,00	264.317,50	264.317,50	50,7	Eixo	Eixo
42	JS-23	102.110,54	5,00	510.552,69	510.552,69	52,9	470,21	Esquerdo
43	JS-24	62.002,34	5,00	310.011,72	310.011,72	55,75	Eixo	Eixo
44	JS-25	88.119,61	5,00	440.598,06	440.598,06	56,8	Eixo	Eixo
45	JS-26	204.778,26	5,00	1.023.891,29	1.023.891,29	58,5	Eixo	Eixo
46	JS-27	36.813,20	5,00	184.065,99	184.065,99	60,33	Eixo	Eixo
47	JS-28	69.389,46	4,80	333.069,43	333.069,43	61,25	Eixo	Eixo
48	JS-28A	152.088,28	5,00	760.441,40	760.441,40	62,84	Eixo	Eixo
49	JS-29	66.486,76	5,00	332.433,78	332.433,78	65,45	Eixo	Eixo
50	JS-30	137.792,45	5,00	688.962,23	688.962,23	68,65	Eixo	Eixo
51	JS-31	46.933,40	5,00	234.666,98	234.666,98	70,32	18,35	Esquerdo
52	JS-31A	197.138,77	5,00	985.693,85	985.693,85	73,8	Eixo	Eixo
53	JS-32	1.093.637,87	5,00	5.468.189,35	2.000.000,00	75	522,91	Direito
54	JS-32A	189.444,13	5,00	947.220,65	947.220,65	76,2	101,91	Direito
55	JS-33	242.429,56	1,80	436.373,21	436.373,21	77,95	Eixo	Eixo
56	JS-33A	82.308,12	3,00	246.924,36	246.924,36	80,7	98,68	Direito
57	JS-34	54.234,55	2,80	151.856,74	151.856,74	81,66	Eixo	Eixo

Quadro 2.9 - Jazidas de Materiais Terrosos para Empréstimos (continuação)

Numero controle	Jazida de Solo	Area Estimada (m ²)	Prof. Média Útil (m)	Volume Disp. (m ³)	Volume Utilizável (m ³)	TDD-484 (Km)	Distância Eixo (m)	Referência Eixo
58	JS-35	54.919,48	5,00	274.597,40	274.597,40	82,83	Eixo	Eixo
59	JS-36	92.232,90	5,00	461.164,51	461.164,51	84,7	343,95	Direito
60	JS-37	29.092,40	5,00	145.462,01	145.462,01	91,78	461,86	Direito
61	JS-37A	164.117,53	5,00	820.587,65	820.587,65	92,36	168,90	Esquerdo
62	JS-38	110.509,17	3,13	346.262,06	346.262,06	94,8	Eixo	Eixo
63	JS-39	127.561,70	5,00	637.808,48	637.808,48	95,5	Eixo	Eixo
64	JS-40	514.869,65	1,97	1.012.576,98	1.012.576,98	97	Eixo	Eixo
65	JS-41	91.695,80	5,00	458.478,99	458.478,99	99,15	50,28	Esquerdo
66	JS-42	201.690,29	5,00	1.008.451,45	1.008.451,45	100	Eixo	Eixo
67	JS-43	40.000,00	3,80	152.000,00	152.000,00	101,2	Eixo	Eixo
68	JS-44	794.571,98	5,00	3.972.859,90	2.000.000,00	103,21	377,78	Esquerdo
69	JS-45	54.048,40	5,00	270.242,01	270.242,01	105,55	76,77	Direito
70	JS-46	60.683,26	2,30	139.571,49	139.571,49	112,4	280,09	Direito
71	JS-47	28.890,74	5,00	144.453,68	144.453,68	112,71	32,65	Esquerdo
72	JS-48	216.416,23	5,00	1.082.081,16	1.082.081,16	114	100,03	Direito
73	JS-49	225.963,45	3,40	768.275,72	768.275,72	117,3	275,47	Direito
74	JS-50	158.126,62	2,20	347.878,56	347.878,56	120,5	549,86	Direito
75	JS-51	146.783,25	2,80	410.993,11	410.993,11	123,1	726,98	Direito
76	JS-51A	40.650,88	4,00	162.603,52	162.603,52	122,8	887,54	Direito
77	JS-51B	102.148,80	5,00	510.744,00	510.744,00	122,73	760,22	Direito
78	JS-52	54.125,28	1,80	97.425,51	97.425,51	125	276,39	Direito
79	JS-53	167.152,22	1,80	300.873,99	300.873,99	130,8	Eixo	Eixo
80	JS-54	126.949,70	4,80	609.358,57	609.358,57	131,3	Eixo	Eixo
81	JS-55	66.437,00	1,50	99.655,50	99.655,50	132,7	696,92	Esquerdo
82	JS-56	124.283,82	2,10	260.996,01	260.996,01	134	Eixo	Eixo
83	JS-57	381.206,77	5,00	1.906.033,85	1.906.033,85	138,4	Eixo	Eixo
84	JS-58	364.142,09	2,30	837.526,80	837.526,80	140	434,76	Direito
85	JS-59	74.044,00	1,80	133.279,20	133.279,20	144,95	83,60	Esquerdo
86	JS-60	34.827,85	4,80	167.173,67	167.173,67	145,5	124,83	Esquerdo
Total		10.927.323,05		42.420.684,28	36.979.635,03			

Fatores como riscos de poluição da água aduzida não foram considerados, tendo em vista que não há previsão de adução da vazão captada através de leitos de drenagem, nem o uso de reservatórios como caixa de passagem e na travessia direta de centros urbanos, como na cidade do Crato, onde está prevista a passagem em tubulação fechada.

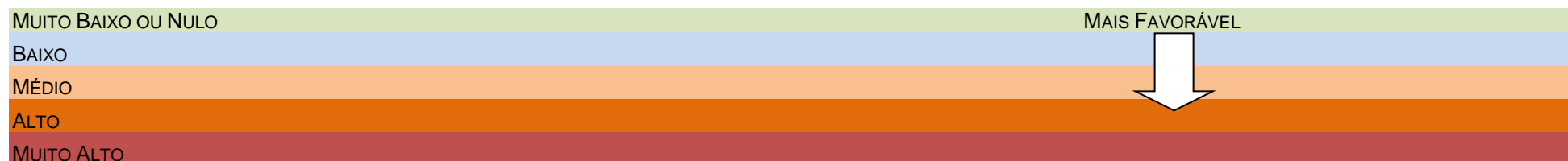
Os impactos ambientais associados a cada alternativa foram qualificados e quantificados, através de um sistema de *ranking* com base nos seguintes fatores: danos a Flora e a Fauna; interferências com Áreas de Unidades de Conservação; impactos decorrentes da intersecção com Áreas Urbanizadas; riscos de danos ao Patrimônio Paleontológico; riscos de danos ao Patrimônio Arqueológico.

Em termos da Análise Ambiental, a matriz apresentada no **Quadro 2.10** adiante ilustra as alternativas estudadas. A **Alternativa A5** (Alternativa com Declividade Disponível com Captação na Barragem Jati e Travessia de Crato em Sifão) foi a que apresentou melhor nível de pontuação atingindo 21,0 pontos, apresentando como vantagem, em relação às demais alternativas, riscos nulos ou baixos de interferências com áreas urbanizadas, unidades de conservação e de danos ao patrimônio arqueológico. Além disso, a alternativa de referência não obteve conceito Alto ou Muito Alto em nenhum dos quesitos analisados.

Quadro 2.10 – Condicionamentos Ambientais - Matriz de Comparação das Alternativas do Trecho 1

Alternativas		Danos à Flora e à Fauna	Interferência com Áreas de Unidades de Conservação	Interferência com Áreas Urbanizadas	Danos ao Patrimônio Paleontológico	Danos ao Patrimônio Arqueológico
A1	Alternativa com Declividade Otimizada Gravitária	Alto	Baixo	Muito Alto	Médio	Baixo
A2	Alternativa com Declividade Otimizada e Bombeamento	Médio	Alto	Médio	Alto	Muito Alto
A3	Alternativa com Declividade Disponível com Captação no Canal e Travessia de Crato em Túnel	Médio	Muito Alto	Alto	Muito Alto	Alto
A4	Alternativa com Declividade Disponível com Captação no Canal e Travessia de Crato em Sifão	Médio	Alto	Nulo	Muito Alto	Baixo
A5	Alternativa com Declividade Disponível com Captação na Barragem Jati e Travessia de Crato em Sifão	Médio	Baixo	Nulo	Médio	Baixo

Legenda de Cores:



O risco de danos ao patrimônio paleontológico apresenta-se relativamente menor ou no máximo igual ao apresentado pelas demais alternativas. Já os danos a flora e fauna, associados ao desmatamento da sua faixa de domínio, apresentam-se iguais ou maiores que os incorridos pela maioria das alternativas, sendo esta sobrepujada neste quesito apenas pela Alternativa A1.

Além das medidas mitigadoras normalmente adotadas em obras hidráulicas, tais como reassentamento da população desalojada, relocação de infraestruturas de uso público atingidas e reconstituição paisagística das áreas de empréstimos exploradas, sugeriu-se a adoção das seguintes medidas durante a implantação das obras e operação do empreendimento:

- Adoção de normas de segurança no trabalho durante a implantação e operação do empreendimento;
- Programa de Comunicação Social fundamentado em duas vertentes básicas: contato com a população para apresentar informações sobre as obras e seus impactos potenciais e treinamento do contingente obreiro;
- Desvios temporários de tráfego e aposição de sinalização ostensiva nas áreas das obras durante a implantação do empreendimento, principalmente nos pontos de intersecção com a malha viária existente;
- Implementação de um plano de identificação e resgate dos patrimônios paleontológico e arqueológico, sendo previsto inclusive procedimentos para salvamento ao acaso destes tipos de patrimônios durante a implantação das obras;
- Desmatamento racional da faixa de domínio do sistema adutor, restringindo a erradicação da cobertura vegetal aos limites do off-set da faixa de domínio, e implementação de um plano de manejo da fauna;
- Controle da disseminação de espécies piscícolas daninhas e do molusco vetor da esquistossomose.

Monitoramento periódico da qualidade da água aduzida, visando o controle da prática de atividades poluidoras nos trechos em canal e na fonte hídrica, entre outros.

Foi implementado um Programa de Gerenciamento Ambiental das Obras, ou seja, uma estrutura gerencial específica capaz de garantir que as técnicas de proteção, de prevenção e de recuperação ambientais indicadas para cada situação das obras sejam aplicadas da forma adequada, criando as condições operacionais necessárias para a implantação e acompanhamento dos programas ambientais propostos. Este tipo de estrutura já vem sendo eficientemente experimentado em obras deste tipo, com know-how desenvolvido pela SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos em empreendimentos de grande porte, durante os quais está sendo gradualmente aperfeiçoada.

2.6 - O RICO PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO E PALEONTOLÓGICO DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE

O Trecho 1 - Jati-Cariús do CAC está sendo implantado sobre a Bacia Sedimentar do Araripe, que é reconhecida no meio científico como um dos sítios paleontológicos mais importantes do mundo por abrigar uma grande concentração de fósseis de espécies vegetais e

animais, todos representativos do período Cretáceo Superior, datados no intervalo entre 110 e 65 milhões de anos do passado, abrangendo desde microorganismos até dinossauros.

A região abriga uma das maiores concentrações de pterossauros do mundo, os famosos répteis alados do passado, dando grande destaque ao Brasil e, particularmente, ao Estado do Ceará.

O grau de preservação (fossilização) desses organismos extintos, também, é algo de extraordinário. São encontrados fósseis preservados tanto em duas como em três dimensões, incrivelmente completos, sendo possível se fazer estudos inclusive do conteúdo estomacal de certos animais, como os peixes. A grande quantidade de indivíduos de uma mesma espécie possibilita estudos de paleopopulações, paleoecologia, paleobiogeografia e evolução das espécies. Os fósseis ali encontrados também testemunham uma época que os continentes africano e sul americano eram um só, já que espécies fósseis semelhantes as aqui existentes foram encontradas em bacias sedimentares no continente africano.

Em 2012, foi encontrado no distrito de Jamacaru, no município de Missão Velha, um achado fóssil inédito no mundo - um fóssil de camarão do período Cretáceo, que é semelhante ao crustáceo do gênero que se conhece atualmente. Dessa escavação controlada, da pesquisa "Estudos Sistemáticos e Paleocológicos da Fauna de Vertebrados das Formações Crato e Romualdo (Grupo Santana) da Bacia do Araripe", foram encontrados mais dois grandes exemplares de fósseis - a asa de um pterossauro gigante e uma tartaruga.

Pode-se afirmar que a Bacia Sedimentar do Araripe é a região paleontológica brasileira mais importante e mais divulgada no exterior. Todos os anos, centenas de trabalhos científicos são produzidos por pesquisadores do Brasil e também de diversos países, cujos resultados estão nas mais conceituadas revistas científicas mundiais. Os fósseis dali resgatados subsidiam museus diversos e dão significativa contribuição à indústria do turismo.

De acordo com o mapeamento dos riscos paleontológicos, as perspectivas para a faixa de domínio do Trecho 1 são:

- Risco Nulo: todas as áreas de predominância de rochas cristalinas;
- Risco Baixo: Formações Brejo Santo, Mauriti e Arajara, além de coberturas aluviais, coluviais e depósitos de tálus;
- Risco Médio: Formação Abaiara; essa unidade não é diretamente interceptada pelo canal, mas há um trecho, entre os km 46 e 47, que há uma maior aproximação;
- Risco Alto: Formações Santana, Missão Velha e Rio Batateiras; as formações Missão Velha e Santana concentram mais de 90,0% dos fósseis conhecidos na Bacia do Araripe. A **Figura 2.9**, ilustra o levantamento feito na aérea atingida.

Figura 2.9. Riscos Paleontológicos 1/2

Figura 2.9. Riscos Paleontológicos 2/2

A formação geológica que estará mais exposta aos impactos das obras do CAC é a Formação Missão Velha, onde ocorrem os famosos troncos silicificados de árvores, de idade jurássica e a Formação Batateiras. A Formação Santana, principal preocupação paleontológica, não será muito afetada pelas obras, já que essa unidade só será interceptada na região da Serra da Mãozinha, onde foi projetado um túnel. Tal situação se deve ao fato do traçado se desenvolver pela cota altimétrica de 480m, em média, e das rochas da referida formação geológica geralmente aflorarem acima desta cota, o que reduz a ocorrência de impactos sobre a área fóssilífera.

É importante ressaltar que as formações geológicas da Bacia do Araripe estão empilhadas umas sobre as outras, de maneira quase vertical, e que, dependendo da profundidade das escavações a serem feitas durante a implantação do sistema adutor, trechos em que o risco paleontológico é baixo ou médio poderão se tornar alto. Isto significa que deverá ocorrer um cuidadoso monitoramento paleontológico durante a fase de implantação das obras, principalmente nas etapas que envolvem movimentos de terra.

Com relação ao patrimônio arqueológico, a região do Cariri abriga várias ocorrências de achados arqueológicos, testemunhos da passagem do homem pré-histórico pelo território da região, os quais são encontrados em quase todos os municípios. Encontram-se representados por vestígios de pinturas e gravuras rupestres, cerâmicas, ferramentas líticas, urnas funerárias, carvão e sambaquis. Segundo informações do IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, os municípios interceptados pelo traçado do Lote A contam com 42 sítios arqueológicos tombados por este órgão. Observa-se uma maior concentração da ocorrência destes sítios nos territórios dos municípios de Abaiara, Brejo Santo, Porteiras e Jati, que juntos abrigam quase 93% dos sítios arqueológicos identificados nesta região.

Assim sendo, os riscos de dilapidação do patrimônio arqueológico durante a implantação das obras, também, podem ser considerados relevantes. Com efeito, nos levantamentos desenvolvidos para licenciamento do empreendimento junto ao IPHAN, foram identificadas oito ocorrências arqueológicas ao longo do traçado do Sub-trecho 1 e 2 do Techo 1 - Jati-Cariús do CAC e áreas lindeiras de impacto indireto, onde se fará necessária a execução de prospecções intensivas, com sondagens no sub-solo. As referidas ocorrências arqueológicas encontram-se distribuídas pelos municípios de Jati (pelo menos três ocorrências de artefatos líticos), Brejo Santo (pelo menos três ocorrências, sendo duas de pinturas / gravuras rupestres e uma de artefato lítico) e Missão Velha (pelo menos duas ocorrências de fragmentos de cerâmica). Destas oito ocorrências identificadas, duas das encontradas no município de Jati provavelmente são integrantes de um sítio arqueológico, dado estar posicionadas relativamente próximas (dispersão dos vestígios de 100m). Assim sendo, devem, tanto antes como ao longo da implantação das obras, ser desenvolvidos monitoramentos mais acurados, inclusive com a execução de prospecções arqueológicas para satisfazer as exigências do IPHAN.

Para que o acompanhamento arqueológico e paleontológico das obras seja possível e eficaz, uma recomendação básica diz respeito à comunicação entre as equipes de engenharia e de arqueologia/paleontologia. Para isso, é importante que cada uma das equipes demonstre interesse em adequar os seus respectivos planos de trabalho às expectativas e exigências de

uma obra que pretende gerar benefícios para a comunidade sem causar grandes impactos negativos sobre os patrimônios arqueológico e paleontológico.



3 - ESTUDOS DE OTIMIZAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DO TRAÇADO E DAS OBRAS ESPECIAIS PARA O PROJETO EXECUTIVO

3 - ESTUDOS DE OTIMIZAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DO TRAÇADO E DAS OBRAS ESPECIAIS PARA O PROJETO EXECUTIVO

3.1 - OTIMIZAÇÃO DOS TRAÇADOS PRELIMINARES

Os traçados e alternativas das fases de Anteprojeto e do Projeto Básico Licitado serviram de referência para a otimização final dos traçados a serem consolidados no âmbito dos estudos de engenharia do Projeto Executivo, a partir da aplicação do conceito metodológico de desenvolvimento das obras lineares e com base em modelo de curvas de forma que viabilizou a percepção clara das melhores soluções para trechos e obras localizadas, mas nesta etapa de Projeto Executivo fazendo estimativa de volumes com base na cartografia 1:2000.

A partir dos traçados preliminares, estabeleceu-se que os traçados definitivos seriam consolidados com base nos principais critérios, condicionantes e metodologia, a seguir, relacionados:

- a) Declividade Ótima (coincidentemente e de aproximadamente 0,10m/km para canais do porte do presente projeto)

Declividade $i = 0,10\text{m/km}$, adotada para se avaliar a viabilidade de se ter um traçado de referência com declividade ótima, mesmo que fosse necessário bombeamento, pois o conceito de otimização das declividades das obras lineares tem o objetivo não só de se conservar energia, mas reduzir o custo global de investimento e operação do sistema em toda a sua vida útil.

- b) Declividade Disponível Inferior à Ótima, por Condições de Relevo e condicionante de operação totalmente gravitatoria do CAC

Traçados condicionados por condições médias de declividades disponíveis inferiores às ótimas para tipo de componente destas obras, como é o caso do Trecho 1 e Trecho 2, em que as cargas disponíveis são limitadas, respectivamente, pelos condicionantes dos comprimentos dos túneis do primeiro e segundo trechos do CAC.

- c) Condições de Relevo para Adoção de Declividades Superiores à Ótima e Localização das Demandas favoráveis a tal decisão

Quando não existe condicionamento de cotas em determinado trecho ou subtrecho, nem redução de benefícios (redução de áreas atendidas) podem ser desenvolvidos traçados com declividades acima da ótima, sendo esta limitada apenas em relação aos condicionantes de operação hidráulica.

Além das condições mencionadas, para a otimização do traçado da alternativa pré-selecionada foram considerados dados de campo a respeito de interferências locais, redução das alturas de corte e aterro ao longo do eixo e traçados alternativos localizados, verificados e otimizados, a partir das curvas paramétricas de custo.

3.2 - DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES PARA ATENDIMENTO DAS DEMANDAS

Na concepção e utilização dos componentes, a otimização foi iniciada a partir das vazões a serem aduzidas, determinadas pela análise prospectiva das demandas d'água nas bacias de interesse, pela avaliação das potencialidades e disponibilidades hídricas e pela elaboração do balanço hídrico, planejamento e pré-estudo otimizado de estimativas possíveis das vazões máximas transpostas e distribuídas em cada trecho.

As vazões a serem aduzidas em cada trecho do CAC foram pré-definidas com base em dois condicionantes: os déficits hídricos possivelmente atendidos por cada trecho e as vazões máximas transpostas desde o Rio São Francisco para o Ceará.

Os déficits hídricos na área beneficiável pelo CAC foram determinados mediante a simulação de balanço hídrico, que foi elaborado contrapondo-se todas as demandas hídricas previstas para o horizonte de 2040 com a oferta hídrica local com elevada garantia (referente à vazão regularizada por reservatórios com capacidade de acumulação superior a 50 hm³). Tal procedimento permitiu identificar as regiões com maiores déficits e que, portanto, devem ser priorizadas com maiores vazões transpostas pelo CAC, que para viabilizar tal finalidade deverá ter em seu primeiro trecho a capacidade de vazão de 30m³/s.

Por outro lado, a vazão máxima do PISF representa uma limitação à vazão de dimensionamento do CAC, visto que essa será a fonte hídrica do projeto. Apesar do referido limite, os trechos finais do CAC (Ramais 1, 2, Oeste e Leste) devem ser dimensionados para vazões cuja soma seja preferencialmente superior à vazão máxima do PISF para o Ceará. Esse critério proporcionará maior flexibilidade de operação ao sistema, permitindo que durante os períodos de bombeamento máximo, as águas transpostas sejam destinadas a uma ou outra bacia, de acordo com a situação hídrica no momento.

3.3 - ATENDIMENTO DAS DEMANDAS E OPERAÇÃO DO PROJETO

Os critérios de definição das vazões em cada trecho do CAC foram baseados não somente em um balanço estático entre ofertas e demandas hídricas locais, mas principalmente levando-se em conta a possibilidade de operação do sistema, considerando-se a sazonalidade dos déficits hídricos na área beneficiária do CAC.

Os canais e obras locais foram concebidos com capacidade de transporte com as vazões moduladas dos componentes imediatamente superiores às partições nominais para cada trecho, para que a operação do sistema pudesse ser flexível o suficiente para otimizar o atendimento das demandas.

Tal flexibilidade na operação permitirá a partição de vazões de forma diferenciada para as bacias e sub-bacias, em função das demandas efetivas em dado momento e da possibilidade de armazenamento da água nos açudes.

A otimização da operação do sistema decorre da própria concepção do sistema adutor e da forma de distribuição das vazões transpostas:

- foram considerados, para fins de armazenamento d'água, os reservatórios com capacidade de acumulação superior a 50 milhões de metros cúbicos e os traçados sempre levam a um destes açudes;

- a partição das vazões é flexível, pois será possível reforçar a transposição para bacias e sub-bacias momentaneamente com maiores déficits ou com açudes mais depletidos e, portanto, com maior capacidade de armazenamento.

O grande desafio da operação do projeto será distribuir as vazões disponibilizadas pela transposição do rio São Francisco entre as diversas sub-bacias, de acordo com suas necessidades e em função da capacidade de estoque da água nos reservatórios. A otimização da operação do CAC estará na dependência do equilíbrio entre estas variáveis, ressaltando-se que sempre deverá ser seguida a prioridade de atendimento ao consumo humano, industrial e turístico.

A **Figura 3.1**, a seguir, é o mapa do Ceará com a divisão das diversas bacias hidrográficas, onde está plotado o CAC, com a especificação das vazões para cada trecho, com a vazão do trecho definida em $30\text{m}^3/\text{s}$, para viabilizar a flexibilidade e otimização operacional pretendidas. Pode ser verificado que a soma das vazões nos pontos de derivação é superior à vazão do trecho anterior. Esta concepção da engenharia tem por objetivo, exatamente, a possibilidade de transferir vazões maiores para uma dada bacia, quando a outra não está a necessitar da vazão limite para atendimento de sua demanda. Esta concepção permite flexibilidade da operação e otimização do uso das vazões transpostas. BAC

3.4 - ESTUDOS DE CONCEPÇÃO E OTIMIZAÇÃO DAS OBRAS PRINCIPAIS (ELABORADOS NAS FASES ANTERIORES E CONSOLIDADOS NO PROJETO EXECUTIVO)

Os critérios norteadores das definições das obras-tipo do CAC, a partir de uma determinada faixa de vazões abrangidas no estudo, foram estabelecidos com a finalidade de atender a todos os condicionantes hidráulicos, construtivos, geotécnicos e operacionais, tanto para as obras lineares (canais em aterro, canais em corte, túneis, adutoras/sifões e aquedutos), quanto para as obras localizadas de controle operacional (comportas de setor, comportas planas verticais, descargas de segurança e galerias para travessia de interferências) e do sistema viário (pontes, pontilhões, passarelas e bueiros).

3.4.1 - OBRAS TIPO LINEARES COMPONENTES DO CAC

O desenvolvimento da concepção e a otimização hidráulica de cada uma das obras-tipo estudadas, para o sistema adutor do CAC, basearam-se nas condições de relevo e geológicas/geotécnicas, que exercem influência direta na declividade disponível em cada trecho ou cada obra estudada.

Para as obras lineares, no caso específico dos canais e túneis, foi aplicada a equação de *Manning-Strickler*, enquanto que para as tubulações (sifões) utilizou-se a equação de *Hazen-Williams*, com seus respectivos coeficientes padrões, difundidos em bibliografia específica e em trabalhos similares.

O **Quadro 3.1**, a seguir, apresenta em resumo o conjunto de obras-tipo lineares concebidas para compor a solução final do sistema adutor, com as principais características das seções hidráulicas: tipos de revestimento, coeficientes hidráulicos adotados, inclinação dos taludes dos canais e declividades ótima e reduzida.

**Figura 3.1 – CAC - Partição de Vazões para os Trechos e Ramais
(Layout Geral)**

Quadro 3.1 – Características Principais das Seções Tipo Estudadas

ID	OBRA	SEÇÃO HIDRÁULICA	COEFICIENTE	TALUDES DA SEÇÃO HIDRÁULICA: (H:V)	DECLIVIDADE	
					ÓTIMA	REDUZIDA(*)
01	CANAIS EM ATERRO	revestida em concreto	K=70	3:2	i=0.00010m/m	i=0.00005m/m
02	CANAIS EM CORTE 1ª e 2ª Cat	revestida em concreto	K=70	3:2	i=0.00010m/m	i=0.00005m/m
03	CANAIS EM CORTE 1ª (40%), 2ª (30%) e 3ª (30%) Cat	revestida em concreto	K=70	3:2	i=0.00010m/m	i=0.00005m/m
04	CANAIS EM CORTE 3ª Cat (ROCHA SÃ OU ALTERADA)	revestida em concreto	K=70	3:2	i=0.00010m/m	i=0.00005m/m
05	CANAIS EM CORTE 3ª Cat (ROCHA ALTERADA)	revestida no fundo em concreto poroso e nos talude em concreto projetado	K=70	3:2	i=0.00010m/m	i=0.00005m/m
06	CANAIS EM CORTE 3ª Cat (ROCHA SÃ)	revestida no fundo em concreto poroso e sem revestimento nos taludes	variável p/ cada seção: $K_{\text{médio}}=44.39$	1:1	i=0.00010m/m	i=0.00005m/m
07	TÚNEIS (Classes I e II)	Escavação em ROCHA SÃ: uso EVENTUAL de tratamento	variável p/ cada seção: $K_{\text{médio}}=46.82$ (h/H=85%)	-	i=0.00050m/m	i=0.00025m/m
08	TÚNEIS (Classes III e IV)	Escavação em ROCHA BRANDA: uso REGULAR de tratamento	K=70	-	i=0.00050m/m	i=0.00025m/m
09	TÚNEIS (Classe V)	Escavação em SOLO: uso INTENSIVO de tratamento	K=70	-	i=0.00050m/m	i=0.00025m/m
10	ADUTORAS (SIFÕES)	Aço Carbono	C=140	-	j=1.0m/km	j=0.5m/km

(*) Declividades adotadas no Projeto Licitado do Trecho 1, em razão do condicionante de declividade disponível entre a captação em Jati e o túnel do trecho já na bacia do rio Cariús.

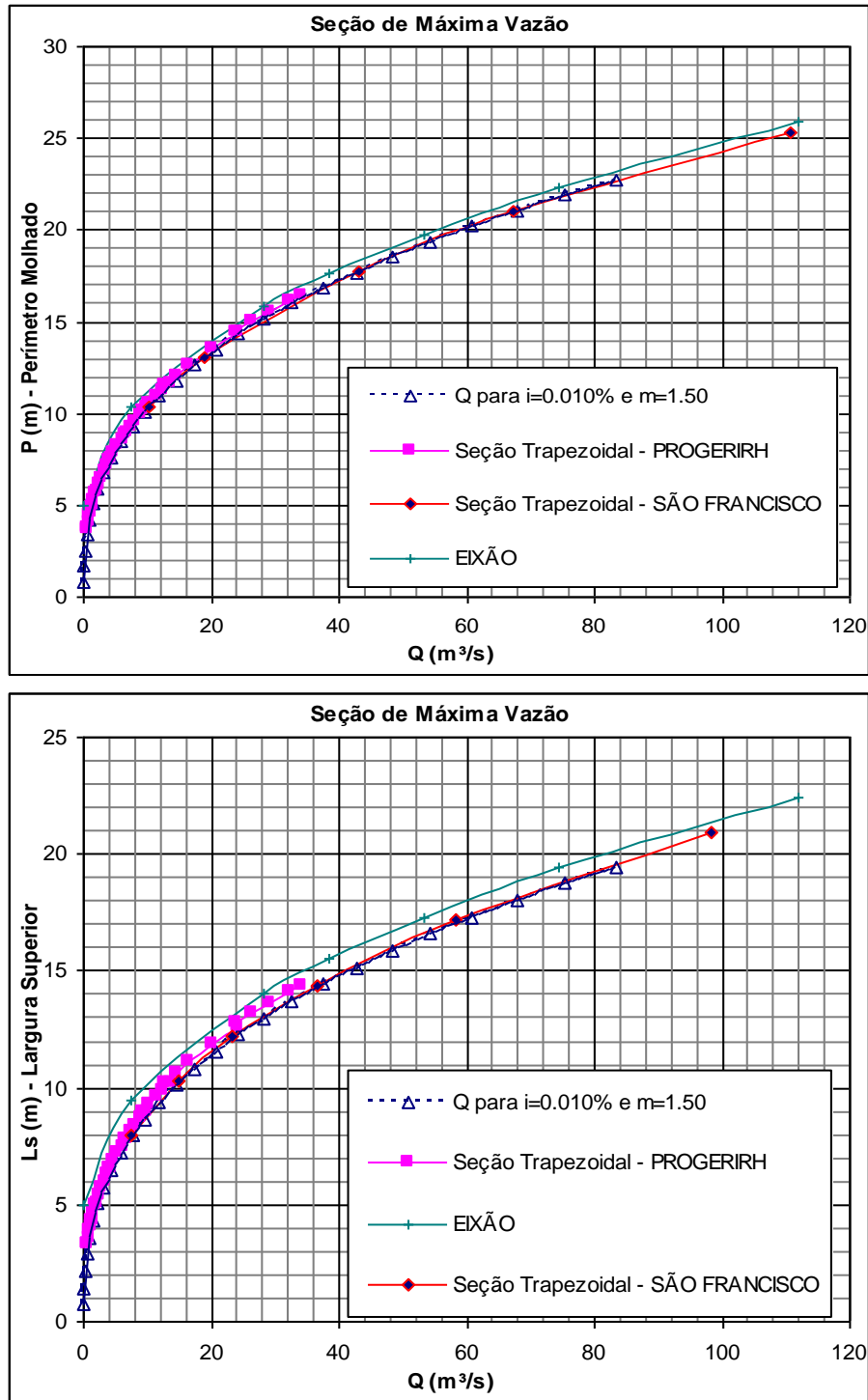
3.4.1.1 - Seções-Tipo dos Canais

Com a finalidade de servir como referência e atender a todos os condicionantes hidráulicos, construtivos, de custos mínimos, geológico/geotécnicos e operacionais, de acordo com o Quadro 3.1, foram definidas para o CAC as seções-tipo otimizadas de canais. Para confecção destas seções foram feitas adequações hidráulicas e estudos comparativos de aplicação das vazões de projeto e de declividade, como também a comparação e adequação a estudos anteriores, como é caso do PROGERIRH, do Projeto de Transposição do São Francisco para o Nordeste Setentrional (PISF) e do Eixão das Águas da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

Ainda para a composição de cada seção-tipo de projeto, foi considerada uma série evolutiva de vazões e adotou-se também como referência o conjunto de seções-tipo revestidas em concreto ($k=70$), similares às recomendadas na publicação Design of Small Canal Structures do Bureau of Reclamation e no Manual de Drenagem também do BUREC, e em estudos desenvolvidos pela VBA, citados anteriormente.

Além da otimização em termos hidráulicos, a escolha das seções-tipo buscou atender tanto o aspecto construtivo, bem como também foram dimensionadas com taludes de corte e aterro variando em função da geologia/geotecnia e das alturas de corte e aterro de cada trecho.

Figura 3.2 – Estudo Comparativo com Seções Ótimas de Referência



Para a definição das seções-tipo para as obras de aterro e corte, foram analisados os aspectos geológicos-geotécnicos que melhor caracterizam as feições morfológicas atravessadas, materiais disponíveis para terraplanagem e soluções construtivas exequíveis. Priorizando a estabilidade e tendo em conta a facilidade construtiva, foram adotadas três seções-tipo (duas em corte e uma em aterro). Nas seções em corte de solo ou rocha alterada,

previu-se que a cada 5 m de altura de corte serão construídas bermas de 5m de largura e que a inclinação dos taludes seria de 1.5H:1.0V. Nas seções em rocha, que conservadoramente se considerou ser branda, seria adotada a mesma altura de corte de 5 m, largura de bermas de 5m e taludes com inclinação de 1.0H:1.0V. Nas seções em aterro, foi projetada uma seção-tipo com taludes com inclinação variável em função da altura de aterro. Quando a seção em aterro atingir até 10m de altura a inclinação de talude deverá ser de 1.5H:1.0V, para os taludes de aterro entre 10m e 20m a inclinação deverá ser de 2.0H:1.0V e para os taludes com mais de 30m de altura a inclinação deverá ser de 2.5H:1.0V.

Paralelamente à seção hidráulica, foram previstas duas pistas com 6 m de largura que têm como objetivo a manutenção e o fluxo de tráfego, facilitando assim também o aspecto operacional e construtivo.

3.4.1.2 - Seções Tipo dos Túneis

Foram considerados no Anteprojeto três tipos de seções construtivas em função da classificação de maciços rochosos, estabelecida por *Bieniawski* (1979 e atualizações), contidas no Manual de Geologia de Engenharia da ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia), conforme **Quadro 3.2**, a seguir.

Para os 5 tipos de classe de maciço do Quadro 3.2, foram estabelecidas três seções tipo em termos geológicos/geotécnicos, definidas a partir da composição das classes I e II, III e IV e V, semelhante à solução adotada no PISF, que diz que para os túneis do trecho I do eixo norte foram consideradas escoramento e revestimento definitivo, onde o escoramento (ou revestimento primário) são as medidas necessárias à estabilização da abóbada e paredes dos túneis durante a construção, enquanto que o revestimento (ou revestimento secundário) são todas as medidas adicionais para garantir a estabilidade do túnel em longo prazo, durante sua vida útil.

Quadro 3.2 – Classes de Maciços – RMR (1989)

Peso global	100-81	80-61	60-41	40-21	< 21
Classe	I	II	III	IV	V
Descrição	Maciço rochoso muito bom	Maciço rochoso bom	Maciço rochoso razoável	Maciço rochoso fraco	Maciço rochoso muito fraco
Tempo médio para aguentar sem suporte	20 anos para 15 m de vão	1 ano para 10 m de vão	1 semana para 5 m de vão	10 horas para 2,5 m de vão	30 minutos para 1 m de vão
Coesão da massa rochosa (kPa)	> 400	300-400	200-300	100-200	<100
Ângulo de atrito da massa rochosa (°)	> 45	35-45	25-35	15-25	<15

Fonte: Adaptado de *Bieniawski* (1989)

Seguindo os mesmos critérios, a seção final de cada túnel foi definida em função da declividade e rugosidade média de suas paredes e piso. Esta composição fez com que as seções tipos construtivas tivessem suas características bastante distintas, conforme segue:

- Seção Tipo 1: Escavação em Rocha com uso eventual de Tratamento – escavação em rocha com (classe I) ou sem (classe II) regularização do piso com CCR

(concreto compactado por rolo), uso esporádico de tirantes (3,0m) e concreto projetado padrão (CPP) no teto (3,0 a 5,0 cm).

- Seção Tipo 2: Escavação em Rocha com uso regular de tratamento – escavação em rocha com regularização do piso, aplicação sistemática de tirantes em malha com espaçamento variando de 2,0 x 2,0m a possivelmente 1,5 x 1,5m, aplicação de CPP com adição de fibras e com espessuras variando de 5,0 a 15,0 cm (até 30 cm casos mais graves) no teto e nas paredes do túnel, eventualmente cambotas em locais de rocha decomposta.
- Seção Tipo 3: Escavação em Solo com uso intensivo de tratamento – escavação em solo, concreto projetado (20 cm a 40cm) com tela metálica (grampeada e com ancoragens nas bordas e no centro de cada módulo de tela), uso de cambotas metálicas de 6” espaçadas a cada 60cm ou 80cm.

Nos **Quadros 3.3** e **3.4**, são apresentadas, respectivamente, as características hidráulicas das seções tipo dos túneis para as classes (I e II) com coeficiente de Strickler médio $K=45.82$ por apenas o fundo ser revestido de concreto e (III e IV) e V ambas com coeficientes K iguais a 70 por serem totalmente revestidas em concreto.

3.4.1.3 - Seções Tipo das Adutoras (Sifões Invertidos)

Para a composição dos critérios definidores das características das adutoras, objeto de estudo com possível aplicação no sistema adutor CAC e de acordo com as faixas de vazões estudadas no sistema ou em determinado trecho localizado, foi levada em consideração a análise de custo mínimo de investimentos de adutoras ou sifões, em função da variação dos diâmetros para o material em aço carbono, classes de pressão e variantes de soluções construtivas (enterrada, semi-enterrada e aérea).

Em termos de pressão admissível nas tubulações, foram estudadas situações de colapso para os diâmetros aplicáveis no CAC. Nestes estudos verificou-se a pressão admissível para colapso de tubulação em aço carbono com a aplicação ou adição de anéis de reforço ao longo da tubulação.

No **Quadro 3.5** é apresentada tabela de dimensionamento de tubulações de aço carbono.

Com os critérios hidráulicos estabelecidos adotando-se a declividade de referência para parametrização associada às perdas de carga unitárias de 1,0 m/km ao longo da tubulação, valor de referência, a partir do qual se pôde calcular através da equação de *Hazen-Williams*, utilizado o coeficiente C igual a 140, a vazão e a velocidade para cada diâmetro estudado. Neste sentido, também foram estudadas as composições de duas e três tubulações operando em paralelo para a declividade de referência, o que de fato é recomendável para grandes tubulações, tanto em termos operacionais e econômicos, pois o sistema torna-se flexível do ponto de vista operacional com possibilidades de implantação em mais de uma fase.

No **Quadro 3.6** é apresentada a verificação das condições hidráulicas de vazão e velocidade para as perdas de carga localizadas de 1,0m/km e 0,50m/km nas adutoras, de acordo com a faixa de possível utilização de diâmetros.

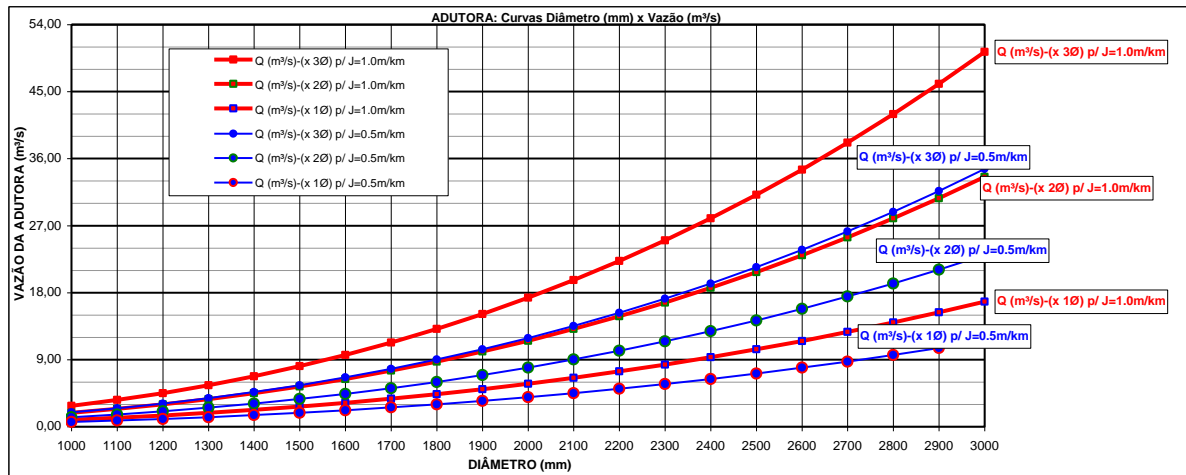
Quadro 3.3

Quadro 3.4

Quadro 3.5

Quadro 3.6 - Verificação Hidráulica (Curvas de Diâmetro x Vazão - por Perda de Carga Unitária - Aço Carbono)

Diâmetro (mm)	J = 0.5m/km e C=140			J = 1.0m/km e C=140		
	Q (m³/s) - (x 1Ø)	Q (m³/s) - (x 2Ø)	Q (m³/s) - (x 3Ø)	Q (m³/s) - (x 1Ø)	Q (m³/s) - (x 2Ø)	Q (m³/s) - (x 3Ø)
1000	0,64	1,28	1,92	0,93	1,86	2,79
1100	0,82	1,64	2,47	1,20	2,39	3,59
1200	1,03	2,07	3,10	1,50	3,01	4,51
1300	1,28	2,55	3,83	1,86	3,71	5,57
1400	1,55	3,10	4,65	2,26	4,51	6,77
1500	1,86	3,72	5,58	2,71	5,41	8,12
1600	2,20	4,41	6,61	3,21	6,41	9,62
1700	2,59	5,17	7,76	3,76	7,52	11,28
1800	3,01	6,01	9,02	4,37	8,74	13,11
1900	3,47	6,93	10,40	5,04	10,08	15,12
2000	3,97	7,93	11,90	5,77	11,54	17,31
2100	4,51	9,02	13,53	6,56	13,12	19,68
2200	5,10	10,19	15,29	7,41	14,83	22,24
2300	5,73	11,46	17,19	8,33	16,67	25,00
2400	6,41	12,82	19,23	9,32	18,65	27,97
2500	7,14	14,27	21,41	10,38	20,76	31,14
2600	7,91	15,83	23,74	11,51	23,02	34,53
2700	8,74	17,48	26,22	12,71	25,42	38,13
2800	9,62	19,23	28,85	13,99	27,98	41,97
2900	10,55	21,10	31,64	15,34	30,68	46,03
3000	11,53	23,07	34,60	16,77	33,55	50,32



3.4.2 - OBRAS LOCALIZADAS DE CONTROLE OPERACIONAL, DE SEGURANÇA E DE DRENAGEM DO CANAL

As obras localizadas de controle operacional, de segurança e de drenagem do canal estão inseridas nas composições dos custos unitários das obras tipo lineares correspondentes, através de um percentual aplicado em cada uma delas, tomando-se como referência os estudos supracitados (PROGERIRH, PISF e Eixão das Águas), quando dos estudos de alternativas e do anteprojeto. A aplicação de cada obra foi feita em consonância com a escolha da solução otimizada, observando-se as características específicas de cada uma delas.

3.4.2.1 - Comportas Planas Verticais

Para o sistema de controle de níveis e vazões são previstas comportas planas corredeiras, verticais, motorizadas e automatizadas, pois este tipo é o mais recomendado para as condições de pequenas cargas hidráulicas, tanto pelo custo do equipamento como da própria obra civil, e até da facilidade de fornecimento e manutenção, por se tratar de um equipamento de maior padronização no mercado.

3.4.2.2 - Descarga de Segurança

As descargas são obras extravasoras projetadas nas laterais, localizadas ao longo do canal adutor em trechos específicos, e constituídas de vertedouros de superfície, para alívio das vazões e volumes acidentais que transitoriamente poderiam fazer transbordar um trecho específico do canal a montante de uma obra como sifão ou comporta de controle. São estruturas em concreto armado com tubo de concreto e bacia de dissipação que descarrega verticalmente em bueiro projetado para a drenagem normal do canal.

3.4.2.3 - Bueiros ou Galerias

Os bueiros são constituídos por tubulações ou células (os chamados celulares) pré-moldados ou em concreto armado que atravessam o canal ou estrada e que servem para dar escoamento às águas pluviais, quando a obra (canal adutor) intercepta os riachos principais da área.

3.4.2.4 - Pontes ou Pontilhões

São obras em concreto armado destinadas à passagem de veículos, pedestres e animais sobre o canal adutor, sem interferir na seção de escoamento, quando o mesmo intercepta vias de acesso ou rodovias.

3.4.2.5 - Passarelas

São obras em concreto armado sobre o canal, destinadas à passagem de pedestres e animais. As passarelas são localizadas a partir do levantamento de campo das interferências com os caminhos locais existentes

3.4.2.6 - Drenagem Superficial

O projeto de drenagem superficial constitui-se basicamente na verificação do dimensionamento hidráulico da seção arbitrada para atender a descarga líquida da bacia de contribuição. As obras de drenagem superficial têm o objetivo de captar as águas que normalmente chegariam ao corpo do canal e conduzi-las para o local de deságue seguro, resguardando a estabilidade dos maciços e ou cortes. Apresentam-se, a seguir, as principais obras de drenagem superficial.

- Valeta de proteção de corte em seção trapezoidal revestida;
- Valeta de proteção de pé de aterro em seção trapezoidal revestida;
- Banquetas de aterro (meio fio);
- Descida d'água em seção trapezoidal;
- Proteção de talude de aterro com brita produzida com rocha de escavação obrigatória dos canais, nos locais indicados no projeto executivo;
- Proteção de taludes com revegetação, nos locais indicados no projeto executivo.

3.4.2.7 - Drenagem Profunda

O dreno profundo destina-se a esgotar e rebaixar as águas do lençol freático, de forma a garantir o alívio de pressão e estabilidade do canal, principalmente nos trechos em corte e de encosta, onde o sistema adutor CAC predominantemente se desenvolve.

O projeto contempla a implantação de um dreno subterrâneo de fundo ao longo de toda extensão do canal em corte e em aterro. Além do dreno subterrâneo está prevista a colocação de geocomposto drenante em todo o fundo do canal e em faixa com 20cm de largura a cada 4m nas laterais da seção hidráulica. **Ver figura 3.3.**

Figura 3.3 - Detalhe da drenagem profunda do canal



4 – DESCRITIVO DO PROJETO EXECUTIVO DO TRECHO 1 - JATI/CARIÚS

Características Gerais	
Coef.de Strickler (médio)	46.82
Declividade (m/m)	0.00050
Comp.do Túnel (m)	1.00

$K_{Fundos}=70$

$K_{Laterais}=30$

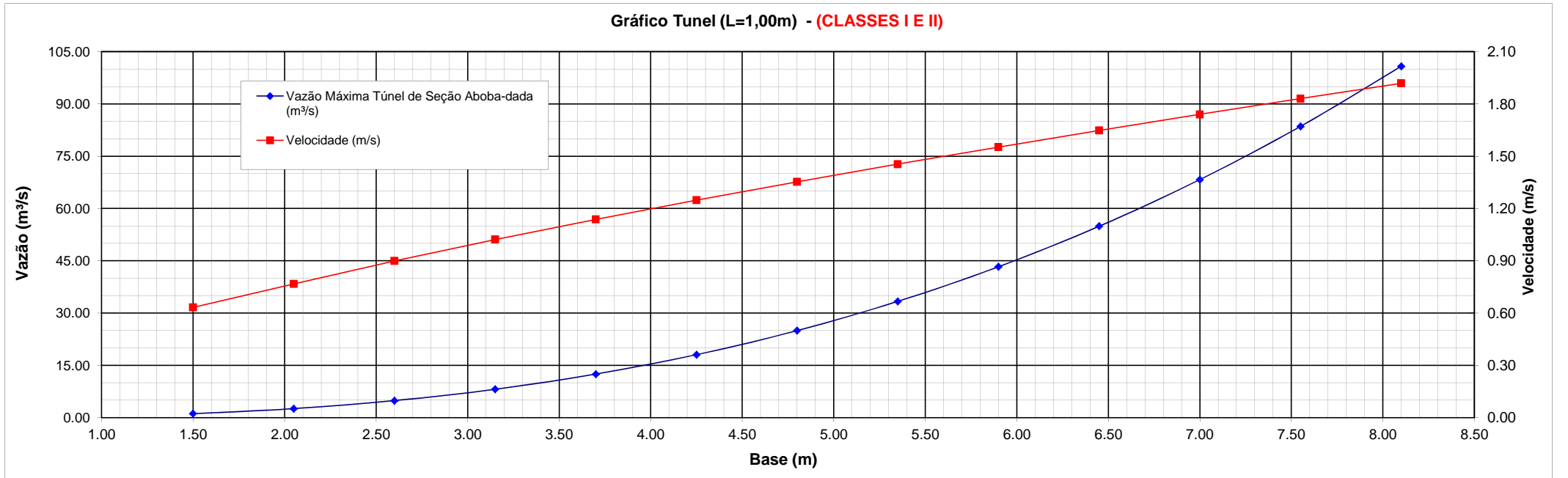
TÚNEIS - $i=0.0005m/m$

Quadro 3.3 - Dimensionamento e Verificação da Condições Hidráulicas do Túnel (Classes I e II)

DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DAS SEÇÕES (CLASSES I E II)

Seção-Tipo (ID)	Base (m)	Raio (m)	Vazão Seção Retangular Cheia (m³/s)	Vazão Seção Circular Parcialmente Cheia														Vazão da Seção Circular (m³/s) - h/H=85%	Vazão Seção Circular Cheia (m³/s)	Vazão Máxima Túnel de Seção Abobadada (m³/s)	Velocidade (m/s)	Área Molhada (m²)	Vazão da Seção Retang. (m³/s) - h/H=85%	Perímetro Interno (m)
				(h-R)/R	0.500	0.600	0.700	0.800	0.850	0.900	0.910	0.920	0.950	0.960	0.970	0.980	0.990							
				h/H	0.750	0.800	0.850	0.900	0.925	0.950	0.955	0.960	0.975	0.980	0.985	0.990	0.995							
				α	0.5236	0.6435	0.7754	0.9273	1.0160	1.1198	1.1433	1.1681	1.2532	1.2870	1.3252	1.3705	1.4293							
$\pi/2+\alpha+se$ $n\alpha.\cos\alpha$	2.5274	2.6943	2.8461	2.9781	3.0345	3.0829	3.0914	3.0994	3.1207	3.1266	3.1318	3.1363	3.1397											
1	1.50	0.75	0.6125	0.75	0.877	0.940	0.991	1.025	1.034	1.034	1.033	1.031	1.021	1.017	1.010	1.002	0.991	0.9914	0.9621	1.1228	0.6323	1.9202	1.2142	5.356
2	2.05	1.03	1.4088	1.03	2.018	2.163	2.280	2.359	2.378	2.378	2.375	2.371	2.350	2.338	2.324	2.306	2.280	2.2804	2.2130	2.5827	0.7673	3.5865	2.7521	7.320
3	2.60	1.30	2.6553	1.30	3.803	4.077	4.298	4.445	4.481	4.482	4.476	4.469	4.428	4.407	4.381	4.346	4.297	4.2979	4.1709	4.8677	0.8991	5.7692	5.1870	9.284
4	3.15	1.58	4.4294	1.58	6.345	6.801	7.169	7.415	7.475	7.476	7.467	7.454	7.387	7.352	7.308	7.250	7.168	7.1695	6.9577	8.1200	1.0218	8.4682	8.6526	11.248
5	3.70	1.85	6.8033	1.85	9.745	10.446	11.012	11.390	11.482	11.483	11.469	11.449	11.346	11.293	11.224	11.135	11.009	11.0119	10.6866	12.4720	1.1375	11.6834	13.2901	13.212
6	4.25	2.13	9.8451	2.13	14.102	15.116	15.935	16.482	16.615	16.617	16.597	16.568	16.419	16.341	16.243	16.114	15.931	15.9354	15.4647	18.0482	1.2476	15.4151	19.2322	15.176
7	4.80	2.40	13.6195	2.40	19.508	20.911	22.045	22.801	22.985	22.988	22.960	22.920	22.714	22.606	22.470	22.291	22.039	22.0446	21.3934	24.9674	1.3531	19.6630	26.6054	17.140
8	5.35	2.68	18.1884	2.68	26.053	27.926	29.440	30.450	30.696	30.699	30.662	30.609	30.334	30.190	30.007	29.769	29.432	29.4399	28.5702	33.3432	1.4546	24.4273	35.5308	19.104
9	5.90	2.95	23.6114	2.95	33.820	36.253	38.218	39.529	39.848	39.852	39.804	39.736	39.378	39.191	38.954	38.645	38.208	38.2177	37.0887	43.2848	1.5526	29.7079	46.1248	21.068
10	6.45	3.23	29.9463	3.23	42.894	45.980	48.471	50.135	50.539	50.545	50.484	50.397	49.944	49.706	49.406	49.013	48.459	48.4714	47.0395	54.8979	1.6477	35.5048	58.5001	23.032
11	7.00	3.50	37.2487	3.50	53.354	57.192	60.291	62.360	62.863	62.870	62.794	62.686	62.122	61.827	61.453	60.965	60.276	60.2912	58.5102	68.2849	1.7401	41.8180	72.7657	24.996
12	7.55	3.78	45.5731	3.78	65.278	69.973	73.765	76.296	76.912	76.920	76.827	76.695	76.006	75.645	75.187	74.590	73.747	73.7652	71.5861	83.5452	1.8301	48.6476	89.0277	26.960
13	8.10	4.05	54.9722	4.05	78.741	84.404	88.979	92.032	92.775	92.785	92.673	92.513	91.681	91.246	90.694	89.974	88.956	88.9787	86.3502	100.7759	1.9179	55.9935	107.3893	28.923

Gráfico Túnel (L=1,00m) - (CLASSES I E II)



Quadro 3.5 - Tabela de Dimensionamento de Tubulações de Aço-Carbono

Tipo de Aço: ASTM A-36

Tensão Limite de Ruptura: 58,000 psi = 4078 kg/cm²

Tensão Limite de Escoam: 36,000 psi = 2531 kg/cm²

Tensão Limite de Ruptura: 18,000 psi = 1266 kg/cm²

Pressão de Vácuo: 1.000 atm = 1.033 kg/cm²

EQUAÇÕES UTILIZADAS (AWWA M11)	
Pressão Interna: $P=2st/d$	Pressão de Colapso: $P_c=50.200.000(t/d_n)^3$
onde: s = tensão de projeto do aço	onde: d _n = diâmetro nominal da tubulação
d = diâmetro interno da tubulação	t = espessura da parede do tubo
t = espessura da parede do tubo	"d _n " e "t" nas mesmas dimensões

LEGENDA:		- Pressão de Colapso superior a 100% do Vácuo
		- Pressão de Colapso entre 70 e 100% do Vácuo
		- Pressão de Colapso entre 50 e 70% do Vácuo
		- Pressão de Colapso entre 20 e 50% do Vácuo
		- Pressão de Colapso inferior a 20% do Vácuo

ESP	(pol)	3/16	1/4	5/16	21/64	3/8	13/32	7/16	1/2	9/16	19/32	5/8	21/32	11/16	3/4	13/16	27/32	7/8	15/16	1
	(pol)	0.188	0.250	0.313	0.328	0.375	0.406	0.438	0.500	0.563	0.594	0.625	0.656	0.688	0.750	0.813	0.844	0.875	0.938	1.000
	(mm)	4.763	6.350	7.938	8.334	9.525	10.319	11.113	12.700	14.288	15.081	15.875	16.669	17.463	19.050	20.638	21.431	22.225	23.813	25.400
DIAM (mm)	Pressão Máxima Interna (kg/cm ²)																			
	Pressão de Colapso (kg/cm ²) / % do Vácuo																			
300	40	54	67	70	80	87	94	107	121	127	134	141	147	161	174	181	188	201	214	
	15 1421	35 3367	68 6577	79 7614	117 11365	149 14450	186 18047	278 26940	396 38357	466 45112	544 52616	629 60910	723 70032	939 90921	1194 115598	1337 129456	1491 144379	1834 177580	2226 215516	
350	34	46	57	60	69	75	80	92	103	109	115	121	126	138	149	155	161	172	184	
	9 895	22 2121	43 4142	50 4795	74 7157	94 9100	117 11365	175 16965	250 24155	293 28409	342 33134	396 38357	456 44102	591 57256	752 72796	842 81523	939 90921	1155 111829	1402 135719	
400	30	40	50	53	60	65	70	80	90	95	100	105	110	121	131	136	141	151	161	
	6 599	15 1421	29 2775	33 3212	50 4795	63 6096	79 7614	117 11365	167 16182	197 19032	229 22197	265 25696	305 29545	396 38357	504 48768	564 54614	629 60910	774 74917	939 90921	
450	27	36	45	47	54	58	63	71	80	85	89	94	98	107	116	121	125	134	143	
	4 421	10 998	20 1949	23 2256	35 3367	44 4281	55 5347	82 7982	117 11365	138 13366	161 15590	186 18047	214 20750	278 26940	354 34251	396 38357	442 42779	544 52616	660 63857	
500	24	32	40	42	48	52	56	64	72	76	80	84	88	96	104	108	113	121	129	
	3 307	8 727	15 1421	17 1645	25 2455	32 3121	40 3898	60 5819	86 8285	101 9744	117 11365	136 13157	156 15127	203 19639	258 24969	289 27962	322 31186	396 38357	481 46551	
600	20	27	33	35	40	44	47	54	60	64	67	70	74	80	87	90	94	100	107	
	2 178	4 421	8 822	10 952	15 1421	19 1806	23 2256	35 3367	50 4795	58 5639	68 6577	79 7614	90 8754	117 11365	149 14450	167 16182	186 18047	229 22197	278 26940	
700	17	23	29	30	34	37	40	46	52	55	57	60	63	69	75	77	80	86	92	
	1 112	3 265	5 518	6 599	9 895	12 1137	15 1421	22 2121	31 3019	37 3551	43 4142	50 4795	57 5513	74 7157	94 9100	105 10190	117 11365	144 13979	175 16965	
800	15	20	25	26	30	33	35	40	45	48	50	53	55	60	65	68	70	75	80	
	1 75	2 178	4 347	4 402	6 599	8 762	10 952	15 1421	21 2023	25 2379	29 2775	33 3212	38 3693	50 4795	63 6096	71 6827	79 7614	97 9365	117 11365	
900	13	18	22	23	27	29	31	36	40	42	45	47	49	54	58	60	63	67	71	
	1 53	1 125	3 244	3 282	4 421	6 535	7 668	10 998	15 1421	17 1671	20 1949	23 2256	27 2594	35 3367	44 4281	50 4795	55 5347	68 6577	82 7982	
1000	12	16	20	21	24	26	28	32	36	38	40	42	44	48	52	54	56	60	64	
	0 38	1 91	2 178	2 206	3 307	4 390	5 487	8 727	11 1036	13 1218	15 1421	17 1645	20 1891	25 2455	32 3121	36 3495	40 3898	50 4795	60 5819	
1100	11	15	18	19	22	24	26	29	33	35	37	38	40	44	47	49	51	55	58	
	0 29	1 68	1 133	2 154	2 231	3 293	4 366	6 546	8 778	9 915	11 1067	13 1236	15 1421	19 1844	24 2345	27 2626	30 2929	37 3602	45 4372	
1200	10	13	17	18	20	22	23	27	30	32	33	35	37	40	44	45	47	50	54	
	0 22	1 53	1 103	1 119	2 178	2 226	3 282	4 421	6 599	7 705	8 822	10 952	11 1094	15 1421	19 1806	21 2023	23 2256	29 2775	35 3367	
1300	9	12.36	15	16	19	20	22	25	28	29	31	32	34	37	40	42	43	46	49	
	0 17	0 41	1 81	1 94	1 140	2 178	2 222	3 331	5 471	6 554	7 647	8 749	9 861	12 1117	15 1421	16 1591	18 1774	23 2182	27 2649	
1400	9	11	14	15	17	19	20	23	26	27	29	30	32	34	37	39	40	43	46	
	0 14	0 33	1 65	1 75	1 112	1 142	2 178	3 265	4 377	5 444	5 518	6 599	7 689	9 895	12 1137	13 1274	15 1421	18 1747	22 2121	
1500	8	11	13	14	16	17	19	21	24	25	27	28	29	32	35	36	38	40	43	
	0 11	0 27	1 53	1 61	1 91	1 116	1 144	2 216	3 307	4 361	4 421	5 487	6 560	8 727	10 925	11 1036	12 1155	15 1421	18 1724	
1600	8	10	13	13	15	16	18	20	23	24	25	26	28	30	33	34	35	38	40	
	0 9	0 22	0 43	1 50	1 75	1 95	1 119	2 178	3 253	3 297	4 347	4 402	5 462	6 599	8 762	9 853	10 952	12 1171	15 1421	
1700	7	9	12	12	14	15	17	19	21	22	24	25	26	28	31	32	33	35	38	
	0 8	0 19	0 36	0 42	1 62	1 79	1 99	2 148	2 211	3 248	3 289	3 335	4 385	5 500	7 635	7 711	8 793	10 976	12 1184	
1800	7	9	11	12	13	15	16	18	20	21	22	23	25	27	29	30	31	33	36	
	0 7	0 16	0 30	0 35	1 53	1 67	1 84	1 125	2 178	2 209	3 244	3 282	3 324	4 421	6 535	6 599	7 668	8 822	10 998	
1900	6	8	11	11	13	14	15	17	19	20	21	22	23	25	27	29	30	32	34	
	0 6	0 13	0 26	0 30	0 45	1 57	1 71	1 106	2 151	2 178	2 207	2 240	3 276	4 358	5 455	5 510	6 568	7 699	9 848	
2000	6	8	10	11	12	13	14	16	18	19	20	21	22	24	26	27	28	30	32	
	0 5	0 11	0 22	0 26	0 38	1 49	1 61	1 91	1 129	2 152	2 178	2 206	2 236	3 307	4 390	5 437	5 487	6 599	8 727	
2100	6	8	10	10	11	12	13	15	17	18	19	20	21	23	25	26	27	29	31	
	0 4	0 10	0 19	0 22	0 33	0 42	1 53	1 79	1 112	1 132	2 153	2 178	2 204	3 265	3 337	4 377	4 421	5 518	6 628	
2200	5	7	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	22	24	25	26	27	29	
	0 4	0 9	0 17	0 19	0 29	0 37	0 46	1 68	1 97	1 114	1 133	2 154	2 178	2 231	3 293	3 328	4 366	5 450	6 546	
2300	5	7	9	9	10	11	12	14	16	17	17	18	19	21	23	24	24	26	28	
	0 3	0 7	0 15	0 17	0 25	0 32	0 40	1 60	1 85	1 100	1 117	1 135	2 155	2 202	3 257	3 287	3 320	4 394	5 478	
2400	5	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	18	20	22	23	23	25	27	
	0 3	0 7	0 13	0 15	0 22	0 28	0 35	1 53	1 75	1 88	1 103	1 119	1 137	2 178	2 226	3 253	3 282	4 347	4 421	
2500	5	6	8	8	9	10	10	11	13	14	15	16	17	18	19	21	22	23	26	
	0 2																			

4 - DESCRITIVO DO PROJETO EXECUTIVO DO TRECHO 1 - JATI/CARIÚS

4.1 - CARACTERIZAÇÃO GERAL E ABRANGÊNCIA DO TRAÇADO

4.1.1 - DIRETRIZES E CONDICIONANTES PARA A DEFINIÇÃO DO TRAÇADO

As principais condicionantes seguidas na consolidação do traçado do Projeto Executivo do Trecho 1- Jati/Cariús foram as seguintes:

- Transporte gravitário em toda a extensão do Trecho 1 – Jati/Cariús e demais trechos de jusante;
- O traçado segue a alternativa de declividade disponível entre Jati e Cariús e ainda, sequencialmente, as condicionantes de cotas para início do Trecho 2, em função da travessia da bacia do Jaguaribe para a do Poti, ou seja, o túnel após o açude Várzea do Boi, situado a mais de 400km a jusante da captação da barragem Jati;
- O processo de otimização e ajustes levou em conta as características físicas e ambientais, integradamente com as condições topográficas locais do trecho;
- Foi levada em consideração a possibilidade de faseamento na implantação da obra, para componentes passíveis de serem modulados, como tubulações de sifões e comportas de controle, tanto com o objetivo de adiar investimentos, como de futuras facilidades e conveniências operacionais e de reduzir custos de operação e manutenção;
- Foram analisados exaustivamente os locais de maior complexidade que poderiam conduzir à formulação de variantes locais, por meio de realização de estudos de gabinete interativamente com inspeções detalhadas de campo, para o ajuste do traçado, tanto do ponto de vista técnico e de dificuldades construtivas, quanto do ponto de vista de menores custos, consideradas as condicionantes locais de relevo, geotecnia, drenagem, meio ambiente e interferências com obras e população.

Muitos passos do processo metodológico de ajustes e otimização interativos são inviáveis de serem aqui apresentados, visto que são utilizados *softwares* (Civil 3D, Solid Works) integradamente com planilhas customizadas de otimização local de custos de seções construtivas, em função da declividade transversal do topo rochoso e da altura de corte e aterro em cada local, sem desconsiderar as condições de estabilidade e o balanço de utilização dos materiais.

Pode-se afirmar que este processo adotado não consistiu de estudos de alternativas ou variantes discretas, mas sim de uma modelagem contínua das soluções sempre convergindo para uma situação de menor custo que, se viável tecnicamente, adota-se como solução de projeto.

4.1.2 - DESCRIÇÃO DO TRAÇADO DO PROJETO EXECUTIVO (BARRAGEM JATI / RIO CARIUS)

O Trecho 1 começa na tomada d'água, na margem esquerda do lago da barragem Jati, na cota normal de operação 484,50 m, onde haverá a captação das vazões transpostas pelo Projeto de Transposição do rio São Francisco para o Nordeste Setentrional - PISF. O trecho

tem extensão total de 145,334 km. Foi projetado com declividade de 5 cm/km nos trechos em canal, 25cm/km nos túneis e 50 cm/km nos sifões, mantendo-se, praticamente, a cota final do Anteprojeto, com apenas 40 cm de diferença a menor, para continuidade do Trecho 2 a jusante.

4.1.3 - CAPTAÇÃO: TOMADA D'ÁGUA NA BARRAGEM JATI

A barragem Jati pertence ao Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco – PISF e situa-se a jusante do túnel Jati, entre Pernambuco e Ceará, no final do Trecho 1 do referido Eixo Norte. Considerada a primeira obra do Trecho 2 para servir de ligação e controle operacional entre o Trecho – Cabrobó-Pe/Jati-Ce) e o Trecho 2 (Jati-Ce/Caiçara-Pb), mostrou-se naturalmente o melhor local para a localização da Tomada d'Água do CAC. Tal condição favorável pode ser observada e comprovada na **Figura 4.1** – Traçado do Trecho 1 do CAC com a Localização da Tomada d'Água do CAC na Barragem Jati do PISF. A **Figura 4.2** apresenta o layout geral da captação.

4.1.3.1 - Dados e Informações do Projeto Executivo da Barragem Jati

Apresentam-se, a seguir, os dados básicos do Projeto Executivo da Barragem Jati, que condicionaram a concepção final da Tomada d'Água do CAC.

- a) Localização: no final do Trecho 1 – km 141 do Eixo Norte do PISF, onde se inicia a bacia hidráulica, ficando o eixo do barramento a 1,2 km a jusante, na direção NE, onde se inicia o Trecho 2 do PISF.
- b) Dados Geométricos e Operacionais:
 - Tipo de Barramento: barragem de terra com um vertedouro; a seção-tipo máxima do maciço está representada na **Figura 4.3**, com o detalhe que interessa ao projeto do CAC; na **Figura 4.4**, está representada a curva cota x área x volume.
 - Vazão afluente máxima no final do Trecho1 do PISF: 92,95 m³/s.
 - Vazão efluente máxima para o inicial do Trecho 2 do PISF: 89 m³/s.
 - Cotas do barramento e níveis operacionais na bacia hidráulica da barragem:
 - Cota do coroamento da barragem = 488,80m (cota mínima da plataforma da Tomada d'Água do CAC);
 - NA máximo maximorum = 487,79m (com revanche de 1,01m para a cota de coroamento de 3,06m sobre o nível mínimo operacional.
 - NA máximo normal operacional = 486,72 (com revanche de 2,08m para o coroamento e de 1,99m para o nível mínimo operacional.
 - NA mínimo operacional para o PISF = m 484,73m (considerado como cota mínima de montante para derivação de até 30m³/s na obra de Tomada d'Água do CAC.
 - NA mínimo operacional adotado para o CAC = 484,50m

Figura 4.1 - Localização e Arranjo Geral da Tomada d'Água do CAC

Quadro 4.1 - Síntese da Localização e comprimento das obras componentes do 1º trecho - Traçado Projeto Executivo Lote 1

Nº	TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	CANAIS	SIFÕES	TÚNEIS
						L (km)	L (km)	L (km)
TRECHO 1.1	Captação	-210.10	0.00					
	Canal 01	0.00	506.87	506.87	0.51	0.507		
	Sifão 1 - BR-116 (1)	506.87	1,108.60	601.73	0.60		0.602	
	Canal 02	1,108.60	1,794.94	686.34	0.69	0.686		
	Sifão 2 - Jardim	1,794.94	2,029.03	234.09	0.23		0.234	
	Canal 03	2,029.03	2,395.45	366.42	0.37	0.366		
	Canal 03	2,405.51	4,667.41	2261.90	2.26	2.262		
	Sifão 3 - Beleza	4,667.41	5,387.09	719.68	0.72		0.720	
	Canal 04	5,387.09	8,519.21	3132.12	3.13	3.132		
	Comporta de Controle 1	8,519.21	8,538.31	19.10	0.02	0.019		
	Sifão 4 - BR-116 (2)	8,538.31	8,662.00	123.69	0.12		0.124	
	Canal 05	8,662.00	10,736.00	2074.00	2.07	2.074		
	Sifão 5 - BR-116 (3)	10,736.00	10,856.00	120.00	0.12		0.120	
	Canal 06	10,856.00	12,965.40	2109.40	2.11	2.109		
	Sifão 6 - Ferrovia (TLISA)	12,965.40	13,925.39	959.99	0.96		0.960	
	Canal 07	13,925.39	16,973.89	3048.50	3.05	3.049		
	Canal 07	16,997.75	19,232.04	2234.29	2.23	2.234		
	Comporta de Controle 2	19,232.04	19,251.14	19.10	0.02	0.019		
	Sifão 7 - Porteiras (CE-397)	19,251.14	21,734.34	2483.20	2.48		2.483	
	Canal 08.1	21,734.34	30,348.80	8614.46	8.61	8.424		
Comporta de Controle 3	30,348.80	30,375.80	27.00	0.03	0.027			
Canal 08.2	30,375.80	32,800.00	2424.20	2.42	2.615			
Canal 09	32,800.00	37,298.48	4498.48	4.50	4.498			
Canal 09.1	37,292.47	38,750.00	1457.53	1.46	1.458			
TOTAL TRECHO 1.1				38722.09	38.72	33.480	5.242	
TRECHO 1.2	Canal 09.2	38,750.00	39,013.36	263.36	0.26	0.263		
	Túnel 1 - Sítio Alto 1	39,013.36	39,622.60	609.24	0.61			0.609
	Canal 10	39,622.60	41,157.26	1534.66	1.53	1.535		
	Comporta de Controle 4	41,154.29	41,181.29	27.00	0.03	0.027		
	Canal 10.2	41,181.29	41,505.32	324.03	0.32	0.324		
	Túnel 2 - Sítio Alto 2	41,505.32	42,295.12	789.80	0.79			0.790
	Canal 11	42,295.12	43,461.51	1166.39	1.17	1.166		
	Canal 11.1	43,435.52	43,705.00	269.48	0.27	0.269		
	Sifão 8A - Milho	43,705.00	43,875.00	170.00	0.17		0.170	
	Canal 11A	43,875.00	44,331.38	456.38	0.46	0.456		
	Canal 11A.1	44,320.00	46,009.06	1689.06	1.69	1.689		
	Sifão 9 - Boqueirão	46,009.06	46,548.90	539.84	0.54		0.540	
	Canal 12	46,548.90	47,731.23	1182.33	1.18	1.182		
	Canal 12.1	47,669.90	49,698.01	2028.11	2.03	2.028		
	Comporta de Controle 5	49,698.01	49,725.01	27.00	0.03	0.027		
	Canal 12.2	49,725.01	50,056.20	331.19	0.33	0.331		
	Túnel 3 - Veneza	50,056.20	52,454.78	2398.58	2.40			2.399
	Canal 13.1	52,454.78	53,065.00	610.22	0.61	0.610		
	Sifão Riacho Seco	53,065.00	53,233.72	168.72	0.17		0.169	
	Canal 13.2	53,233.72	54,517.09	1283.37	1.28	1.283		
	Canal 13.3	54,599.81	57,183.77	2583.96	2.58	2.584		
	Canal 13.4	57,069.98	57,134.11	64.13	0.06	0.064		
	Comporta de Controle 6	57,134.11	57,153.21	19.10	0.02	0.019		
	Sifão 10 - CE-153	57,153.21	57,475.47	322.26	0.32		0.322	
	Canal 14	57,475.47	59,037.11	1561.64	1.56	1.562		
	Sifão 11 - Areia	59,037.11	59,467.96	430.85	0.43		0.431	
Canal 15	59,467.96	68,655.54	9187.58	9.19	9.188			
Comporta de Controle 7	68,655.54	68,674.64	19.10	0.02	0.019			
Sifão 11A - Barreiro	68,674.64	69,725.07	1050.43	1.05		1.050		
Canal 15.1	69,725.07	75,140.00	5414.93	5.41	5.415			
TOTAL TRECHO 1.2				36522.74	36.52	30.043	2.682	3.798

Nº	TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	CANAIS	SIFÕES	TÚNEIS
						L (km)	L (km)	L (km)
TRECHO 1.3	Canal 15A.2	75,140.00	75,169.09	29.09	0.03	0.029		
	Sifão 12 - Santana	75,169.09	75,689.50	520.41	0.52		0.520	
	Canal 16	75,689.50	76,900.31	1210.81	1.21	1.211		
	Sifão 13 - Roncador 1	76,900.31	77,096.15	195.84	0.20		0.196	
	Canal 17	77,096.15	77,133.72	37.57	0.04	0.038		
	Canal 17.1	77,138.05	77,636.51	498.46	0.50	0.498		
	Comporta de Controle 8	77,636.51	77,655.61	19.10	0.02	0.019		
	Sifão 13A - Roncador 2	77,655.61	77,919.78	264.17	0.26		0.264	
	Canal 17A	77,919.78	79,701.54	1781.76	1.78	1.782		
	Sifão 14 - Batoque	79,701.54	79,885.35	183.81	0.18		0.184	
	Canal 18	79,885.35	82,706.71	2821.36	2.82	2.821		
	Sifão 15 - CE-060	82,706.71	82,772.97	66.26	0.07		0.066	
	Canal 19	82,772.97	82,869.03	96.06	0.10	0.096		
	Canal 19.1	82,848.48	88,844.64	5996.16	6.00	5.996		
	Túnel 4 - Cabaceira	88,844.64	89,054.64	210.00	0.21			0.210
	Canal 20	89,054.64	90,161.73	1107.09	1.11	1.107		
	Comporta de Controle 9	90,161.73	90,180.83	19.10	0.02	0.019		
	Sifão 16 - São Francisco / Salamanca (CE-293)	90,180.83	91,040.79	859.96	0.86		0.860	
	Canal 21	91,040.79	92,077.45	1036.66	1.04	1.037		
	Túnel 5 - Arajara	92,077.45	92,426.45	349.00	0.35			0.349
Canal 22	92,426.45	102,840.02	10413.57	10.41	10.414			
Canal 22.1	102,893.97	103,377.68	483.71	0.48	0.484			
Comporta de Controle 10	103,377.68	103,396.78	19.10	0.02	0.019			
Sifão 17 - Crato (CE-292 / Metrofor)	103,396.78	109,917.90	6521.12	6.52		6.521		
Canal 23.1	109,917.90	111,053.00	1135.10	1.14	1.135			
Comporta de Controle 11	111,053.00	111,080.00	27.00	0.03	0.027			
TOTAL TRECHO 1.3				35902.27	35.90	26.732	8.612	0.559
TRECHO 1.4	Canal 23.2	111,080.00	111,199.30	119.30	0.12	0.119		
	Túnel 6 - Boa Vista	111,199.30	111,570.00	370.70	0.37			0.371
	Canal 24.1	111,570.00	112,006.44	436.44	0.44	0.436		
	Canal 24.2	112,060.64	113,654.03	1593.39	1.59	1.593		
	Sifão 18 - Sovado	113,654.03	113,921.19	267.16	0.27		0.267	
	Canal 25	113,921.19	116,034.99	2113.80	2.11	2.114		
	Sifão 19 - Serra do Juá	116,034.99	116,503.70	468.71	0.47		0.469	
	Canal 26.1	116,503.70	118,334.76	1831.06	1.83	1.831		
	Galeria 1	118,334.76	118,540.00	205.24	0.21	0.205		
	Canal 26.2	118,540.00	120,380.00	1840.00	1.84	1.840		
	Canal 27.1	120,380.00	120,500.00	120.00	0.12	0.120		
	Galeria 2	120,500.00	120,700.00	200.00	0.20	0.200		
	Canal 27.2	120,700.00	125,157.68	4457.68	4.46	4.458		
	Comporta de Controle 12	125,157.68	125,184.68	27.00	0.03	0.027		
	Canal 27.2	125,184.68	125,253.85	69.17	0.07	0.069		
	Túnel 7 - Cruzeiro	125,253.85	125665.85	412.00	0.41			0.412
	Canal 28	125,665.85	126,240.00	574.15	0.57	0.574		
	Galeria 3	126,240.00	126,500.04	260.04	0.26	0.260		
	Canal 28.1	126,500.04	127,818.62	1318.58	1.32	1.319		
	Sifão 21 - Pai Mané	127,818.62	128,139.20	320.58	0.32		0.321	
	Canal 29	128,139.20	128,741.67	602.47	0.60	0.602		
	Túnel 8 - Pai Mané	128,741.67	129,025.67	284.00	0.28			0.284
	Canal 30.1	129,025.67	133,280.00	4254.33	4.25	4.254		
	Sifão Carás	133,280.00	133,560.00	280.00	0.28		0.280	
	Canal 30.2	133,560.00	135,798.27	2238.27	2.24	2.238		
	Túnel 9 - Carnaúba	135,798.27	136,088.27	290.00	0.29			0.290
	Canal 31	136,088.27	138,857.49	2769.22	2.77	2.769		
	Comporta de Controle 13	138,857.49	138,876.59	19.10	0.02	0.019		
	Sifão 22 - Caldeirão	138,876.59	139,199.38	322.79	0.32		0.323	
	Canal 32	139,199.38	140,920.97	1721.59	1.72	1.722		
	Sifão 23 - Canoa 1	140,920.97	141,295.35	374.38	0.37		0.374	
	Canal 33	141,295.35	142,565.88	1270.53	1.27	1.271		
	Sifão 24 - Canoa 2	142,565.88	142,775.88	210.00	0.21		0.210	
Canal 34	142,775.88	143,382.55	606.67	0.61	0.607			
Comporta de Controle 14	143,382.55	143,401.65	19.10	0.02	0.019			
Sifão 25 - Fundo 1	143,401.65	143,624.99	223.34	0.22		0.223		
Canal 35	143,624.99	143,864.25	239.26	0.24	0.239			
Sifão 26 - Fundo 2	143,864.25	143,982.06	117.81	0.12		0.118		
Canal 36	143,982.06	143,999.90	17.84	0.02	0.018			
Galeria 4	143,999.90	144,207.47	207.57	0.21	0.208			
Canal 36.1	144,207.47	145,321.85	1114.38	1.11	1.114			
TOTAL TRECHO 1.4				34187.65	34.19	30.246	2.585	1.357
TOTAL TRECHO 1				145,334.75	145.33	120.50	19.12	5.71

Quadro 4.2 – Canais do Trecho 1 – Jati/Cariús

Nº	TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSAO (m)	EXTENSAO (Km)
TRECHO 1.1	Captação	-210.10	0.00		
	Canal 01	0.00	506.87	506.87	0.51
	Canal 02	1,108.60	1,794.94	686.34	0.69
	Canal 03	2,029.03	2,395.45	366.42	0.37
	Canal 03	2,405.51	4,667.41	2261.90	2.26
	Canal 04	5,387.09	8,519.21	3132.12	3.13
	Comporta de Controle 1	8,519.21	8,538.31	19.10	0.02
	Canal 05	8,662.00	10,736.00	2074.00	2.07
	Canal 06	10,856.00	12,965.40	2109.40	2.11
	Canal 07	13,925.39	16,973.89	3048.50	3.05
	Canal 07	16,997.75	19,232.04	2234.29	2.23
	Comporta de Controle 2	19,232.04	19,251.14	19.10	0.02
	Canal 08.1	21,734.34	30,348.80	8614.46	8.61
	Comporta de Controle 3	30,348.80	30,375.80	27.00	0.03
	Canal 08.2	30,375.80	32,800.00	2424.20	2.42
	Canal 09	32,800.00	37,298.48	4498.48	4.50
	Canal 09.1	37,292.47	38,750.00	1457.53	1.46
TOTAL TRECHO 1.1				33479.71	33.48
TRECHO 1.2	Canal 09.2	38,750.00	39,013.36	263.36	0.26
	Canal 10	39,622.60	41,157.26	1534.66	1.53
	Comporta de Controle 4	41,154.29	41,181.29	27.00	0.03
	Canal 10.2	41,181.29	41,505.32	324.03	0.32
	Canal 11	42,295.12	43,461.51	1166.39	1.17
	Canal 11.1	43,435.52	43,705.00	269.48	0.27
	Canal 11A	43,875.00	44,331.38	456.38	0.46
	Canal 11A.1	44,320.00	46,009.06	1689.06	1.69
	Canal 12	46,548.90	47,731.23	1182.33	1.18
	Canal 12.1	47,669.90	49,698.01	2028.11	2.03
	Comporta de Controle 5	49,698.01	49,725.01	27.00	0.03
	Canal 12.2	49,725.01	50,056.20	331.19	0.33
	Canal 13.1	52,454.78	53,065.00	610.22	0.61
	Canal 13.2	53,233.72	54,517.09	1283.37	1.28
	Canal 13.3	54,599.81	57,183.77	2583.96	2.58
	Canal 13.4	57,069.98	57,134.11	64.13	0.06
	Comporta de Controle 6	57,134.11	57,153.21	19.10	0.02
	Canal 14	57,475.47	59,037.11	1561.64	1.56
Canal 15	59,467.96	68,655.54	9187.58	9.19	
Comporta de Controle 7	68,655.54	68,674.64	19.10	0.02	
Canal 15.1	69,725.07	75,140.00	5414.93	5.41	
TOTAL TRECHO 1.2				30043.02	30.04

TRECHO 1.3	Canal 15A.2	75,140.00	75,169.09	29.09	0.03
	Canal 16	75,689.50	76,900.31	1210.81	1.21
	Canal 17	77,096.15	77,133.72	37.57	0.04
	Canal 17.1	77,138.05	77,636.51	498.46	0.50
	Comporta de Controle 8	77,636.51	77,655.61	19.10	0.02
	Canal 17A	77,919.78	79,701.54	1781.76	1.78
	Canal 18	79,885.35	82,706.71	2821.36	2.82
	Canal 19	82,772.97	82,869.03	96.06	0.10
	Canal 19.1	82,848.48	88,844.64	5996.16	6.00
	Canal 20	89,054.64	90,161.73	1107.09	1.11
	Comporta de Controle 9	90,161.73	90,180.83	19.10	0.02
	Canal 21	91,040.79	92,077.45	1036.66	1.04
	Canal 22	92,426.45	102,840.02	10413.57	10.41
	Canal 22.1	102,893.97	103,377.68	483.71	0.48
	Comporta de Controle 10	103,377.68	103,396.78	19.10	0.02
Canal 23.1	109,917.90	111,053.00	1135.10	1.14	
Comporta de Controle 11	111,053.00	111,080.00	27.00	0.03	
TOTAL TRECHO 1.3				26731.70	26.73
TRECHO 1.4	Canal 23.2	111,080.00	111,199.30	119.30	0.12
	Canal 24.1	111,570.00	112,006.44	436.44	0.44
	Canal 24.2	112,060.64	113,654.03	1593.39	1.59
	Canal 25	113,921.19	116,034.99	2113.80	2.11
	Canal 26.1	116,503.70	118,334.76	1831.06	1.83
	Galeria 1	118,334.76	118,540.00	205.24	0.21
	Canal 26.2	118,540.00	120,380.00	1840.00	1.84
	Canal 27.1	120,380.00	120,500.00	120.00	0.12
	Galeria 2	120,500.00	120,700.00	200.00	0.20
	Canal 27.2	120,700.00	125,157.68	4457.68	4.46
	Comporta de Controle 12	125,157.68	125,184.68	27.00	0.03
	Canal 27.2	125,184.68	125,253.85	69.17	0.07
	Canal 28	125,665.85	126,240.00	574.15	0.57
	Galeria 3	126,240.00	126,500.04	260.04	0.26
	Canal 28.1	126,500.04	127,818.62	1318.58	1.32
	Canal 29	128,139.20	128,741.67	602.47	0.60
	Canal 30.1	129,025.67	133,280.00	4254.33	4.25
	Canal 30.2	133,560.00	135,798.27	2238.27	2.24
	Canal 31	136,088.27	138,857.49	2769.22	2.77
	Comporta de Controle 13	138,857.49	138,876.59	19.10	0.02
	Canal 32	139,199.38	140,920.97	1721.59	1.72
	Canal 33	141,295.35	142,565.88	1270.53	1.27
	Canal 34	142,775.88	143,382.55	606.67	0.61
	Comporta de Controle 14	143,382.55	143,401.65	19.10	0.02
Canal 35	143,624.99	143,864.25	239.26	0.24	
Canal 36	143,982.06	143,999.90	17.84	0.02	
Galeria 4	143,999.90	144,207.47	207.57	0.21	
Canal 36.1	144,207.47	145,321.85	1114.38	1.11	
TOTAL TRECHO 1.4				30246.18	30.25
TOTAL TRECHO 1				120,500.61	120.50

Quadro 4.4 - Localização de Passagens Molhadas, Bueiros Especiais e Envolvimento de Sifões

Lote	Bacia	Obra	Estaca	Bueiro Tipo	Passagem Molhada	Bueiros Ø 1,0m	LÂMINAS OBTIDAS PELA FÓRMULA DO VERTEDOURO										LÂMINAS OBTIDAS NO HEGRAS					Local. da Passagem Molhada (m)	Compr. da Passagem Molhada (m)	Compr. do Envolvimento (m)					
							Qpico (m³/s) Tr = 2 anos	Qpico (m³/s) Tr = 5 anos	Qpico (m³/s) Tr = 10 anos	Qpico (m³/s) Tr = 25 anos	Qpico (m³/s) Tr = 50 anos	Qpico (m³/s) Tr = 100 anos	LÂMINA (m) Tr = 2 anos	LÂMINA (m) Tr = 5 anos	LÂMINA (m) Tr = 10 anos	LÂMINA (m) Tr = 25 anos	LÂMINA (m) Tr = 50 anos	LÂMINA (m) Tr = 100 anos	LÂMINA (m) Tr = 2 anos	LÂMINA (m) Tr = 5 anos	LÂMINA (m) Tr = 10 anos				LÂMINA (m) Tr = 25 anos	LÂMINA (m) Tr = 50 anos	LÂMINA (m) Tr = 100 anos		
LOTE 1	B - 001	Sifão 1 - BR-116.1	750.00		PM	5.00	38.22	51.28	59.00	67.92	74.11	124.20	0.41	0.55	0.62	0.70	0.76	1.14	0.40	0.53	0.60	0.67	0.73	1.08	720.00	- 780.00	60.00	60.00	
	B - 002	Sifão 2 - Jardim	1,900.00		PM	30.00	587.42	757.87	858.73	974.82	1,055.68	1,470.24	2.58	3.14	3.45	3.79	4.02	5.10	4.43	5.31	5.77	6.26	6.60	8.08	1,860.00	- 1,940.00	80.00	80.00	
	B-004	Sifão 3 - Beleza	4,940.00		PM	4.00	28.93	38.72	44.47	51.07	55.64	88.46	0.30	0.40	0.46	0.52	0.56	0.81	0.30	0.40	0.45	0.51	0.55	0.78	4,900.00	- 4,970.00	70.00	70.00	
	B-006D.5	Sifão 4 - BR-116.2	8,620.00																										
	B-008.1	Sifão 5 - BR-116.3	10,780.00																										
	B-009.1	Sifão 6 - Ferrovia	13,180.00	BDTC (1,0m)																									
	B-009.2		13,200.00	BSCC (2,0x2,0m)																									
	B-009		13,708.80	BSTC (1,0m)																									
B-009.3	13,708.80		BSTC (1,0m)																										
B-012	Sifão 7 - Porteiras	20,490.00		PM	15.00	319.18	410.10	462.69	522.92	564.77	805.40	1.19	1.45	1.58	1.73	1.83	2.36	1.12	1.35	1.50	1.64	1.73	2.18	20,420.00	- 20,560.00	140.00	140.00		
TOTAL						54.00																							

Lote	Bacia	Obra	Estaca	Bueiro Tipo	Passagem Molhada	Bueiros Ø 1,0m	LÂMINAS OBTIDAS PELA FÓRMULA DO VERTEDOURO										LÂMINAS OBTIDAS NO HEGRAS					Local. da Passagem Molhada (m)	Compr. da Passagem Molhada (m)	Compr. Do Envolvimento (m)				
							Qpico (m³/s) Tr = 2 anos	Qpico (m³/s) Tr = 5 anos	Qpico (m³/s) Tr = 10 anos	Qpico (m³/s) Tr = 25 anos	Qpico (m³/s) Tr = 50 anos	Qpico (m³/s) Tr = 100 anos	LÂMINA (m) Tr = 2 anos	LÂMINA (m) Tr = 5 anos	LÂMINA (m) Tr = 10 anos	LÂMINA (m) Tr = 25 anos	LÂMINA (m) Tr = 50 anos	LÂMINA (m) Tr = 100 anos	LÂMINA (m) Tr = 2 anos	LÂMINA (m) Tr = 5 anos	LÂMINA (m) Tr = 10 anos				LÂMINA (m) Tr = 25 anos	LÂMINA (m) Tr = 50 anos	LÂMINA (m) Tr = 100 anos	
LOTE 2	B - 027.1	Sifão 8A - Milho	43,800.00	BDTC (1,0m)																								
	B-028.3	Sifão 9 - Boqueirão	46,260.00	BSTC (1,0m)																								
	B-028		PM	4.00	29.09	37.14	41.60	46.68	50.19	68.97	0.47	0.61	0.68	0.76	0.81	1.06	0.50	0.63	0.69	0.77	0.82	1.04	46,230.00	- 46,265.00	35.00	35.00		
	B-033	Sifão 9B - Riacho Seco	53,170.00		PM	15.00	230.45	285.53	316.90	352.03	375.69	556.77	1.15	1.37	1.49	1.61	1.69	2.27	0.88	1.24	1.43	1.62	1.75	2.61	53,100.00	- 53,200.00	100.00	100.00
	B-037.1.1	Sifão 10 - CE-153	57,300.00		PM	3.00	18.75	23.15	25.62	28.34	30.17	44.46	0.47	0.61	0.67	0.75	0.79	1.12	0.46	0.58	0.63	0.69	0.73	0.98	57295.00	- 57,315.00	20.00	20.00
	B-037																											
	B-037.2.1																											
	B-037.2																											
B-039	Sifão 11 - Areia	59,360.00		PM	4.00	31.16	38.51	42.66	47.26	50.35	76.04	0.40	0.50	0.55	0.60	0.64	0.90	0.39	0.49	0.53	0.58	0.60	0.84	59,337.50	- 59,387.50	50.00	50.00	
B-047	Sifão 11A - Barreiro	69,050.00		PM	15.00	188.21	233.37	259.16	288.11	307.63	467.04	1.36	1.64	1.78	1.94	2.04	2.80							69,040.00	- 69,100.00	60.00	60.00	
B-047.3		69,048.44	BSCC (2,0x2,0m)																									
TOTAL						41.00																						

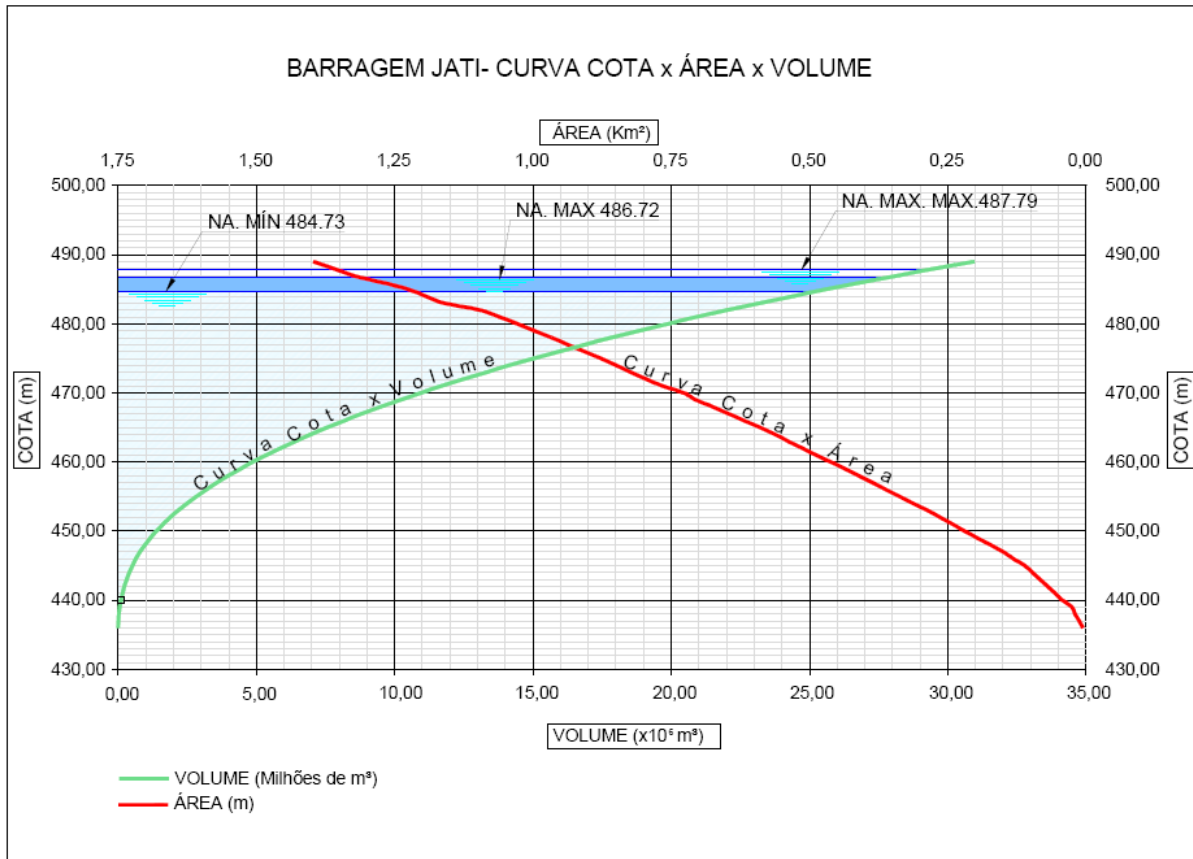
Lote	Bacia	Obra	Estaca	Bueiro Tipo	Passagem Molhada	Bueiros Ø 1,0m	LÂMINAS OBTIDAS PELA FÓRMULA DO VERTEDOURO										LÂMINAS OBTIDAS NO HEGRAS					Local. da Passagem Molhada (m)	Compr. da Passagem Molhada (m)	Compr. Do Envolvimento (m)					
							Qpico (m³/s) Tr = 2 anos	Qpico (m³/s) Tr = 5 anos	Qpico (m³/s) Tr = 10 anos	Qpico (m³/s) Tr = 25 anos	Qpico (m³/s) Tr = 50 anos	Qpico (m³/s) Tr = 100 anos	LÂMINA (m) Tr = 2 anos	LÂMINA (m) Tr = 5 anos	LÂMINA (m) Tr = 10 anos	LÂMINA (m) Tr = 25 anos	LÂMINA (m) Tr = 50 anos	LÂMINA (m) Tr = 100 anos	LÂMINA (m) Tr = 2 anos	LÂMINA (m) Tr = 5 anos	LÂMINA (m) Tr = 10 anos				LÂMINA (m) Tr = 25 anos	LÂMINA (m) Tr = 50 anos	LÂMINA (m) Tr = 100 anos		
LOTE 3	B-054	Sifão 12 - Santana	75,390.00		PM	15.00	135.17	166.92	184.74	204.55	218.02	321.34	1.00	1.22	1.34	1.46	1.55	2.11	1.20	1.60	1.82	1.73	1.80	2.14	75,375.00	- 75,435.00	60.00	60.00	
	B-055	Sifão 13 - Roncador I	77,000.00		PM	4.00	30.98	38.13	42.10	46.45	49.40	69.66	0.56	0.70	0.76	0.84	0.88	1.18							76,965.00	- 76,995.00	30.00	30.00	
	B-056	Sifão 13A - Roncador II	77,757.23	BSCC (2,0x2,0m)																									
	B-058	Sifão 14 - Batoque	79,767.92		PM	4.00	30.91	38.07	42.05	46.43	49.39	70.67	0.63	0.78	0.86	0.94	1.00	1.35	0.65	0.78	0.84	0.92	0.96	1.24	79,765.00	- 79,790.00	25.00	25.00	
	B-061.4	Sifão 15 - CE 060	82,731.83																										
	B-068	Sifão 16 - São Francisco Salamanca	90,590.00		PM	15.00	198.98	245.95	272.38	301.86	321.95	468.69	1.18	1.41	1.53	1.66	1.75	2.32	1.42	1.80	1.99	2.20	2.34	3.28	90,552.50	- 90,632.50	80.00	80.00	
	B-079D.2	Sifão 17 - Crato	103,530.61	BSTC (0,8m)																									
	B-079D.1		103,722.32	BDTC (1,0m)																									
	B-079		105,217.38		PM	8.00	73.18	91.51	102.74	115.97	125.52	195.96	0.60	0.74	0.83	0.92	0.98	1.39	0.61	0.74	0.82	0.89	0.95	1.32	105,192.50	- 105,262.50	70.00	70.00	
	B-080		105,391.75		PM	20.00	182.08	228.51	257.19	291.27	315.87	490.38	0.70	0.86	0.96	1.07	1.14	1.61	0.76	0.94	1.03	1.14	1.21	1.69	105,320.00	- 105,460.00	140.00	140.00	
	B-080.1		105,918.66	BDTC (1,0m)																									
	B-080D.4		106,688.83	BSTC (1,0m)																									
	B-080.4		107,345.00	BSTC (1,0m)																									
	B-081.1.1		107,901.79	BSTC (0,8m)																									
	B-081.1	108,242.70	BSTC (0,8m)																										
	B-081	108,640.00		PM	4.00	29.09	34.77	38.92	43.74	47.22	67.71	0.43	0.52	0.59	0.65	0.70	0.95	0.42	0.49	0.55	0.61	0.65	0.88	108,620.00	- 108,660.00	40.00	40.00		
	TOTAL						70.00																						

Lote	Bacia	Obra	Estaca	Bueiro Tipo	Passagem Molhada	Bueiros Ø 1,0m	LÂMINAS OBTIDAS PELA FÓRMULA DO VERTEDOURO										LÂMINAS OBTIDAS NO HEGRAS					Local. da Passagem Molhada (m)	Compr. da Passagem Molhada (m)	Compr. Do Envolvimento (m)				
							Qpico (m³/s) Tr = 2 anos	Qpico (m³/s) Tr = 5 anos	Qpico (m³/s) Tr = 10 anos	Qpico (m³/s) Tr = 25 anos	Qpico (m³/s) Tr = 50 anos	Qpico (m³/s) Tr = 100 anos	LÂMINA (m) Tr = 2 anos	LÂMINA (m) Tr = 5 anos	LÂMINA (m) Tr = 10 anos	LÂMINA (m) Tr = 25 anos	LÂMINA (m) Tr = 50 anos	LÂMINA (m) Tr = 100 anos	LÂMINA (m) Tr = 2 anos	LÂMINA (m) Tr = 5 anos	LÂMINA (m) Tr = 10 anos				LÂMINA (m) Tr = 25 anos	LÂMINA (m) Tr = 50 anos	LÂMINA (m) Tr = 100 anos	
LOTE 4	B-084	Sifão 18 - Sovado	113,725.00		PM	6.00	49.40	74.10	90.20	109.90	124.40	138.00	0.51	0.75	0.89	1.04	1.15	1.25	0.57	0.82	0.95	1.11	1.21	1.30	113,710.00	- 113,772.50	57.50	35.00
	B-086	Sifão 19 - Serra do Juá	116,220.00		PM	3.00	17.74	22.12	24.79	27.92	30.17	31.73	0.34	0.44	0.50	0.56	0.60	0.63	0.35	0.45	0.47	0.53	0.56	0.59	116,204.00	- 116,234.00	30.00	30.00
	B-099	Sifão 21 - Pai Mané	127,937.00		PM	8.00	66.61	99.05	120.14	145.90	164.89	182.86	0.46	0.68	0.80	0.93	1.03	1.11	0.56	0.76	0.89	1.04	1.13	1.22	127,890.00	- 127,980.00	90.00	90.00
	B-105	Sifão 21A -																										

Figura 4.2 – CAC – Layout Geral da Captação

Figura 4.3 – Seção Tipo Barragem

Figura 4.4 – Curva Cota x Área x Volume



4.1.3.2 - Alternativas de Localização Estudadas Preliminarmente para a Captação do CAC

Para localização da captação e início do canal do CAC, foram estudadas, preliminarmente, duas possibilidades. A primeira com a saída na ombreira esquerda do maciço da barragem Jati, obra já componente do Trecho 2 do PISF. Naquela ocasião ainda não havia projeto executivo da barragem, cuja concepção, futura contratação e construção estavam na dependência do cronograma de projeto e da própria implantação do barramento.

A segunda possibilidade para o local de captação seria o próprio canal do PISF, no final do Trecho 1 – Eixo Norte, km 138, antes de afluir ao reservatório Jati, ficando a captação do CAC independente do projeto e da construção da barragem.

A concepção de saída do canal, a partir de uma tomada d'água a montante da barragem, foi pensada de modo a evitar problemas operacionais para o CAC, que poderiam ser ocasionados por eventual nível reduzido d'água da barragem em conjunto com a necessidade de se obter cotas mais altas de saída para evitar a redução da declividade do Trecho 1. Embora de fato tenha-se conseguido subir a cota de início do sistema adutor, nesta concepção, o canal também se alongaria em cerca de 4 km, e os custos indicarem a seleção de captação na própria barragem Jati, porém afastando-se a tomada para não interferir com a construção da barragem Jati, já que foi encontrado novo local favorável numa sela topográfica na margem esquerda da bacia hidráulica da barragem.

4.1.3.3 - Concepção de Anteprojeto e do Projeto Licitado e Contratado

A captação direta da bacia hidráulica do reservatório, mas com projeto independente do Projeto Executivo da Barragem, mostrou-se viável pelo aproveitamento de uma sela no divisor hidrográfico da margem esquerda da bacia, localizada entre dois locais estudados inicialmente.

Este local foi selecionado para concepção e detalhamento do anteprojeto da Tomada d'Água do CAC, para uma vazão máxima de 30 m³/s.

Em termos hidráulicos operacionais, a obra consistia de uma captação em canal em seção retangular, encravado em escavação em rocha, com concordância convergente tipo canal de aproximação a montante e concordância divergente a jusante para se ligar ao início da seção hidráulica padrão do canal de 30m³/s definida para o Trecho 1 do CAC.

Para controle operacional, em função dos condicionantes dos níveis do reservatório Jati, e para viabilizar a modulação das vazões do CAC em três etapas de 10, 20 e 30 m³/s, previu-se no trecho de montante do canal da tomada d'água uma obra de controle composta de três células independentes, cada uma com uma comporta tipo corredeira vertical de 2,80mx4,0m (HxV), com previsão de stop-log a montante e a jusante para manutenção e até possibilitar seu uso como controle auxiliar estático de vazões, para evitar-se desgaste das comportas.

A concepção hidráulica de anteprojeto foi definida para cada uma das células/comportas contra vazões de zero a 10 m³/s, podendo cada uma operar com até 15m³/s, sem maiores problemas.

Para as condições de nível mínimo do PISF (484,74m), para a captação de 30 m³/s, as comportas deveriam estar totalmente abertas e todo o sistema funcionaria como canais de superfície livre, passando teoricamente 10 m³/s em cada célula com comportas totalmente abertas.

No caso de elevação do nível do reservatório e de se desejar derivar vazões inferiores a 10 m³/s, o controle poderia ser realizado pelo fechamento parcial e progressivo das comportas, que funcionariam como modelo hidráulico de descarga de fundo de um reservatório, com a dissipação e tranquilização sendo feitas no trecho de jusante até a concordância de ligação com o início do canal do CAC. Também poderiam ser utilizados os stop-logs para controle auxiliar de vazão para a situação em que a vazão seja mantida constante por longos períodos, e deste modo não seja necessário o acionamento das comportas para este controle de vazões.

Esta concepção em canal retangular aberto foi consolidada com o projeto estrutural para compor o projeto licitado, porém teve sua concepção otimizada no detalhamento do Projeto Executivo.

4.1.3.4 - A Tomada d'Água no Projeto Executivo Final

Na fase inicial do Projeto Executivo manteve-se, na íntegra, a concepção do Projeto Licitado e Contratado para execução, fazendo-se a locação definitiva, a geometria complementar, o projeto estrutural executivo e a análise das condições operacionais.

Praticamente, na fase de conclusão do Projeto Executivo, quando estavam sendo realizadas as análises de verificação operacional e as condições de segurança para detalhamento do Projeto Executivo de Automação, considerando-se as três etapas de 10, 20 e 30 m³/s, percebeu-se certa fragilidade e até insegurança em relação ao sistema de captação diretamente do lago da barragem Jati que, exatamente em seu volume superior útil, com variações de níveis superiores a 3,0m, deverá funcionar como reservatório de compensação entre o Trecho 1 e o Trecho 2 do Eixo Norte do PISF, sendo previsto, ainda, a futura alimentação de uma PCH para operação em horas de pico de demanda de energia, não havendo ainda regra conhecida da variação temporal dos níveis no reservatório Jati e não se sabendo também que entidade irá operar o sistema.

Considerando-se tais condicionamentos e os riscos associados, decidiu-se melhorar as condições de controle, segurança e manutenção nesta obra de complexa interface operacional, projetando-se a duplicação da torre de controle com três comportas, projetando-se outra idêntica a jusante, que deverá operar alternativamente, sempre com uma de reserva, quando o reservatório estiver em nível normal, ou mesmo simultaneamente em série, facilitando o controle operacional das vazões de captação e de turbulência remanescente a jusante.

No processo de ajuste do projeto da obra em canal aberto, para a implantação de outro conjunto de três comportas de 2,80m x 4,00m, evidenciou-se que nesta nova condição de duas torres de controle a obra poderia ser melhorada e simplificada, adotando-se a solução de uma galeria celular tripla (3 de 2,80x4,00m), ao invés de canal aberto com muros contínuos laterais de contenção de reaterro, de até 8m de altura, portanto, obra complexa quando comparada à uma obra similar a um bueiro celular padrão triplo do DENIT, já em utilização no projeto de macrodrenagem do canal.

Tal solução não mudará em nada as condições hidráulicas operacionais previstas na solução em um único canal operando em superfície livre, no nível operacional do reservatório Jati, visto que a galeria tripla 3(2,80m x 4,00m), com sua altura de 4,00m, também permite o funcionamento como canal livre para o nível mínimo de operação normal do reservatório Jati e para níveis mais elevados, até facilitando a dissipação a jusante das comportas.

Como a área será totalmente reaterrada sobre a galeria (tipo solução *cut and cover*), ganha-se mais área para acesso e manobras das comportas e maior segurança quanto ao reaterro das escavações para execução da obra.

Na **Figura 4.5**, a seguir, apresenta-se em planta e perfil a concepção geral da obra, onde constam os níveis operacionais do reservatório que condicionam a projeção da obra.

O **Quadro 4.1**, a seguir, apresenta a localização em relação à captação, de todas as obras do Trecho 1 – Jati/Cariús. A extensão total de 145,33 km é composta por 120,50 km de canais, 19,12 km em adutoras (sifões) e 5,71 km em túneis. Na realidade, são 61 subtrechos em canais, entremeados por 29 subtrechos em sifões e 9 subtrechos em túneis.

Figura 4.5 - Concepção Geral da Obra

Quadro 4.1 - Síntese da Localização e comprimento das obras componentes do 1º trecho - Traçado Projeto Executivo Lote 1

Nº	TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	CANAIS	SIFÕES	TÚNEIS
						L (km)	L (km)	L (km)
TRECHO 1.1	Captação	-210.10	0.00					
	Canal 01	0.00	506.87	506.87	0.51	0.507		
	Sifão 1 - BR-116 (1)	506.87	1,108.60	601.73	0.60		0.602	
	Canal 02	1,108.60	1,794.94	686.34	0.69	0.686		
	Sifão 2 - Jardim	1,794.94	2,029.03	234.09	0.23		0.234	
	Canal 03	2,029.03	2,395.45	366.42	0.37	0.366		
	Canal 03	2,405.51	4,667.41	2261.90	2.26	2.262		
	Sifão 3 - Beleza	4,667.41	5,387.09	719.68	0.72		0.720	
	Canal 04	5,387.09	8,519.21	3132.12	3.13	3.132		
	Comporta de Controle 1	8,519.21	8,538.31	19.10	0.02	0.019		
	Sifão 4 - BR-116 (2)	8,538.31	8,662.00	123.69	0.12		0.124	
	Canal 05	8,662.00	10,736.00	2074.00	2.07	2.074		
	Sifão 5 - BR-116 (3)	10,736.00	10,856.00	120.00	0.12		0.120	
	Canal 06	10,856.00	12,965.40	2109.40	2.11	2.109		
	Sifão 6 - Ferrovia (TLISA)	12,965.40	13,925.39	959.99	0.96		0.960	
	Canal 07	13,925.39	16,973.89	3048.50	3.05	3.049		
	Canal 07	16,997.75	19,232.04	2234.29	2.23	2.234		
	Comporta de Controle 2	19,232.04	19,251.14	19.10	0.02	0.019		
	Sifão 7 - Porteiras (CE-397)	19,251.14	21,734.34	2483.20	2.48		2.483	
	Canal 08.1	21,734.34	30,348.80	8614.46	8.61	8.424		
Comporta de Controle 3	30,348.80	30,375.80	27.00	0.03	0.027			
Canal 08.2	30,375.80	32,800.00	2424.20	2.42	2.615			
Canal 09	32,800.00	37,298.48	4498.48	4.50	4.498			
Canal 09.1	37,292.47	38,750.00	1457.53	1.46	1.458			
TOTAL TRECHO 1.1				38722.09	38.72	33.480	5.242	
TRECHO 1.2	Canal 09.2	38,750.00	39,013.36	263.36	0.26	0.263		
	Túnel 1 - Sítio Alto 1	39,013.36	39,622.60	609.24	0.61			0.609
	Canal 10	39,622.60	41,157.26	1534.66	1.53	1.535		
	Comporta de Controle 4	41,154.29	41,181.29	27.00	0.03	0.027		
	Canal 10.2	41,181.29	41,505.32	324.03	0.32	0.324		
	Túnel 2 - Sítio Alto 2	41,505.32	42,295.12	789.80	0.79			0.790
	Canal 11	42,295.12	43,461.51	1166.39	1.17	1.166		
	Canal 11.1	43,435.52	43,705.00	269.48	0.27	0.269		
	Sifão 8A - Milho	43,705.00	43,875.00	170.00	0.17		0.170	
	Canal 11A	43,875.00	44,331.38	456.38	0.46	0.456		
	Canal 11A.1	44,320.00	46,009.06	1689.06	1.69	1.689		
	Sifão 9 - Boqueirão	46,009.06	46,548.90	539.84	0.54		0.540	
	Canal 12	46,548.90	47,731.23	1182.33	1.18	1.182		
	Canal 12.1	47,669.90	49,698.01	2028.11	2.03	2.028		
	Comporta de Controle 5	49,698.01	49,725.01	27.00	0.03	0.027		
	Canal 12.2	49,725.01	50,056.20	331.19	0.33	0.331		
	Túnel 3 - Veneza	50,056.20	52,454.78	2398.58	2.40			2.399
	Canal 13.1	52,454.78	53,065.00	610.22	0.61	0.610		
	Sifão Riacho Seco	53,065.00	53,233.72	168.72	0.17		0.169	
	Canal 13.2	53,233.72	54,517.09	1283.37	1.28	1.283		
	Canal 13.3	54,599.81	57,183.77	2583.96	2.58	2.584		
	Canal 13.4	57,069.98	57,134.11	64.13	0.06	0.064		
	Comporta de Controle 6	57,134.11	57,153.21	19.10	0.02	0.019		
	Sifão 10 - CE-153	57,153.21	57,475.47	322.26	0.32		0.322	
Canal 14	57,475.47	59,037.11	1561.64	1.56	1.562			
Sifão 11 - Areia	59,037.11	59,467.96	430.85	0.43		0.431		
Canal 15	59,467.96	68,655.54	9187.58	9.19	9.188			
Comporta de Controle 7	68,655.54	68,674.64	19.10	0.02	0.019			
Sifão 11A - Barreiro	68,674.64	69,725.07	1050.43	1.05		1.050		
Canal 15.1	69,725.07	75,140.00	5414.93	5.41	5.415			
TOTAL TRECHO 1.2				36522.74	36.52	30.043	2.682	3.798

Nº	TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	CANAIS	SIFÕES	TÚNEIS
						L (km)	L (km)	L (km)
TRECHO 1.3	Canal 15A.2	75,140.00	75,169.09	29.09	0.03	0.029		
	Sifão 12 - Santana	75,169.09	75,689.50	520.41	0.52		0.520	
	Canal 16	75,689.50	76,900.31	1210.81	1.21	1.211		
	Sifão 13 - Roncador 1	76,900.31	77,096.15	195.84	0.20		0.196	
	Canal 17	77,096.15	77,133.72	37.57	0.04	0.038		
	Canal 17.1	77,138.05	77,636.51	498.46	0.50	0.498		
	Comporta de Controle 8	77,636.51	77,655.61	19.10	0.02	0.019		
	Sifão 13A - Roncador 2	77,655.61	77,919.78	264.17	0.26		0.264	
	Canal 17A	77,919.78	79,701.54	1781.76	1.78	1.782		
	Sifão 14 - Batoque	79,701.54	79,885.35	183.81	0.18		0.184	
	Canal 18	79,885.35	82,706.71	2821.36	2.82	2.821		
	Sifão 15 - CE-060	82,706.71	82,772.97	66.26	0.07		0.066	
	Canal 19	82,772.97	82,869.03	96.06	0.10	0.096		
	Canal 19.1	82,848.48	88,844.64	5996.16	6.00	5.996		
	Túnel 4 - Cabaceira	88,844.64	89,054.64	210.00	0.21			0.210
	Canal 20	89,054.64	90,161.73	1107.09	1.11	1.107		
	Comporta de Controle 9	90,161.73	90,180.83	19.10	0.02	0.019		
	Sifão 16 - São Francisco / Salamanca (CE-293)	90,180.83	91,040.79	859.96	0.86		0.860	
	Canal 21	91,040.79	92,077.45	1036.66	1.04	1.037		
	Túnel 5 - Arajara	92,077.45	92,426.45	349.00	0.35			0.349
Canal 22	92,426.45	102,840.02	10413.57	10.41	10.414			
Canal 22.1	102,893.97	103,377.68	483.71	0.48	0.484			
Comporta de Controle 10	103,377.68	103,396.78	19.10	0.02	0.019			
Sifão 17 - Crato (CE-292 / Metrofor)	103,396.78	109,917.90	6521.12	6.52		6.521		
Canal 23.1	109,917.90	111,053.00	1135.10	1.14	1.135			
Comporta de Controle 11	111,053.00	111,080.00	27.00	0.03	0.027			
TOTAL TRECHO 1.3				35902.27	35.90	26.732	8.612	0.559
TRECHO 1.4	Canal 23.2	111,080.00	111,199.30	119.30	0.12	0.119		
	Túnel 6 - Boa Vista	111,199.30	111,570.00	370.70	0.37			0.371
	Canal 24.1	111,570.00	112,006.44	436.44	0.44	0.436		
	Canal 24.2	112,060.64	113,654.03	1593.39	1.59	1.593		
	Sifão 18 - Sovado	113,654.03	113,921.19	267.16	0.27		0.267	
	Canal 25	113,921.19	116,034.99	2113.80	2.11	2.114		
	Sifão 19 - Serra do Juá	116,034.99	116,503.70	468.71	0.47		0.469	
	Canal 26.1	116,503.70	118,334.76	1831.06	1.83	1.831		
	Galeria 1	118,334.76	118,540.00	205.24	0.21	0.205		
	Canal 26.2	118,540.00	120,380.00	1840.00	1.84	1.840		
	Canal 27.1	120,380.00	120,500.00	120.00	0.12	0.120		
	Galeria 2	120,500.00	120,700.00	200.00	0.20	0.200		
	Canal 27.2	120,700.00	125,157.68	4457.68	4.46	4.458		
	Comporta de Controle 12	125,157.68	125,184.68	27.00	0.03	0.027		
	Canal 27.2	125,184.68	125,253.85	69.17	0.07	0.069		
	Túnel 7 - Cruzeiro	125,253.85	125665.85	412.00	0.41			0.412
	Canal 28	125,665.85	126,240.00	574.15	0.57	0.574		
	Galeria 3	126,240.00	126,500.04	260.04	0.26	0.260		
	Canal 28.1	126,500.04	127,818.62	1318.58	1.32	1.319		
	Sifão 21 - Pai Mané	127,818.62	128,139.20	320.58	0.32		0.321	
	Canal 29	128,139.20	128,741.67	602.47	0.60	0.602		
	Túnel 8 - Pai Mané	128,741.67	129,025.67	284.00	0.28			0.284
	Canal 30.1	129,025.67	133,280.00	4254.33	4.25	4.254		
	Sifão Carás	133,280.00	133,560.00	280.00	0.28		0.280	
	Canal 30.2	133,560.00	135,798.27	2238.27	2.24	2.238		
	Túnel 9 - Carnaúba	135,798.27	136,088.27	290.00	0.29			0.290
	Canal 31	136,088.27	138,857.49	2769.22	2.77	2.769		
	Comporta de Controle 13	138,857.49	138,876.59	19.10	0.02	0.019		
	Sifão 22 - Caldeirão	138,876.59	139,199.38	322.79	0.32		0.323	
	Canal 32	139,199.38	140,920.97	1721.59	1.72	1.722		
	Sifão 23 - Canoa 1	140,920.97	141,295.35	374.38	0.37		0.374	
	Canal 33	141,295.35	142,565.88	1270.53	1.27	1.271		
	Sifão 24 - Canoa 2	142,565.88	142,775.88	210.00	0.21		0.210	
	Canal 34	142,775.88	143,382.55	606.67	0.61	0.607		
Comporta de Controle 14	143,382.55	143,401.65	19.10	0.02	0.019			
Sifão 25 - Fundo 1	143,401.65	143,624.99	223.34	0.22		0.223		
Canal 35	143,624.99	143,864.25	239.26	0.24	0.239			
Sifão 26 - Fundo 2	143,864.25	143,982.06	117.81	0.12		0.118		
Canal 36	143,982.06	143,999.90	17.84	0.02	0.018			
Galeria 4	143,999.90	144,207.47	207.57	0.21	0.208			
Canal 36.1	144,207.47	145,321.85	1114.38	1.11	1.114			
TOTAL TRECHO 1.4				34187.65	34.19	30.246	2.585	1.357
TOTAL TRECHO 1				145,334.75	145.33	120.50	19.12	5.71

Quadro 4.2 – Canais do Trecho 1 – Jati/Cariús

Nº	TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSAO (m)	EXTENSAO (Km)
TRECHO 1.1	Captação	-210.10	0.00		
	Canal 01	0.00	506.87	506.87	0.51
	Canal 02	1,108.60	1,794.94	686.34	0.69
	Canal 03	2,029.03	2,395.45	366.42	0.37
	Canal 03	2,405.51	4,667.41	2261.90	2.26
	Canal 04	5,387.09	8,519.21	3132.12	3.13
	Comporta de Controle 1	8,519.21	8,538.31	19.10	0.02
	Canal 05	8,662.00	10,736.00	2074.00	2.07
	Canal 06	10,856.00	12,965.40	2109.40	2.11
	Canal 07	13,925.39	16,973.89	3048.50	3.05
	Canal 07	16,997.75	19,232.04	2234.29	2.23
	Comporta de Controle 2	19,232.04	19,251.14	19.10	0.02
	Canal 08.1	21,734.34	30,348.80	8614.46	8.61
	Comporta de Controle 3	30,348.80	30,375.80	27.00	0.03
	Canal 08.2	30,375.80	32,800.00	2424.20	2.42
	Canal 09	32,800.00	37,298.48	4498.48	4.50
	Canal 09.1	37,292.47	38,750.00	1457.53	1.46
TOTAL TRECHO 1.1				33479.71	33.48
TRECHO 1.2	Canal 09.2	38,750.00	39,013.36	263.36	0.26
	Canal 10	39,622.60	41,157.26	1534.66	1.53
	Comporta de Controle 4	41,154.29	41,181.29	27.00	0.03
	Canal 10.2	41,181.29	41,505.32	324.03	0.32
	Canal 11	42,295.12	43,461.51	1166.39	1.17
	Canal 11.1	43,435.52	43,705.00	269.48	0.27
	Canal 11A	43,875.00	44,331.38	456.38	0.46
	Canal 11A.1	44,320.00	46,009.06	1689.06	1.69
	Canal 12	46,548.90	47,731.23	1182.33	1.18
	Canal 12.1	47,669.90	49,698.01	2028.11	2.03
	Comporta de Controle 5	49,698.01	49,725.01	27.00	0.03
	Canal 12.2	49,725.01	50,056.20	331.19	0.33
	Canal 13.1	52,454.78	53,065.00	610.22	0.61
	Canal 13.2	53,233.72	54,517.09	1283.37	1.28
	Canal 13.3	54,599.81	57,183.77	2583.96	2.58
	Canal 13.4	57,069.98	57,134.11	64.13	0.06
	Comporta de Controle 6	57,134.11	57,153.21	19.10	0.02
Canal 14	57,475.47	59,037.11	1561.64	1.56	
Canal 15	59,467.96	68,655.54	9187.58	9.19	
Comporta de Controle 7	68,655.54	68,674.64	19.10	0.02	
Canal 15.1	69,725.07	75,140.00	5414.93	5.41	
TOTAL TRECHO 1.2				30043.02	30.04

TRECHO 1.3	Canal 15A.2	75,140.00	75,169.09	29.09	0.03
	Canal 16	75,689.50	76,900.31	1210.81	1.21
	Canal 17	77,096.15	77,133.72	37.57	0.04
	Canal 17.1	77,138.05	77,636.51	498.46	0.50
	Comporta de Controle 8	77,636.51	77,655.61	19.10	0.02
	Canal 17A	77,919.78	79,701.54	1781.76	1.78
	Canal 18	79,885.35	82,706.71	2821.36	2.82
	Canal 19	82,772.97	82,869.03	96.06	0.10
	Canal 19.1	82,848.48	88,844.64	5996.16	6.00
	Canal 20	89,054.64	90,161.73	1107.09	1.11
	Comporta de Controle 9	90,161.73	90,180.83	19.10	0.02
	Canal 21	91,040.79	92,077.45	1036.66	1.04
	Canal 22	92,426.45	102,840.02	10413.57	10.41
	Canal 22.1	102,893.97	103,377.68	483.71	0.48
	Comporta de Controle 10	103,377.68	103,396.78	19.10	0.02
Canal 23.1	109,917.90	111,053.00	1135.10	1.14	
Comporta de Controle 11	111,053.00	111,080.00	27.00	0.03	
TOTAL TRECHO 1.3				26731.70	26.73
TRECHO 1.4	Canal 23.2	111,080.00	111,199.30	119.30	0.12
	Canal 24.1	111,570.00	112,006.44	436.44	0.44
	Canal 24.2	112,060.64	113,654.03	1593.39	1.59
	Canal 25	113,921.19	116,034.99	2113.80	2.11
	Canal 26.1	116,503.70	118,334.76	1831.06	1.83
	Galeria 1	118,334.76	118,540.00	205.24	0.21
	Canal 26.2	118,540.00	120,380.00	1840.00	1.84
	Canal 27.1	120,380.00	120,500.00	120.00	0.12
	Galeria 2	120,500.00	120,700.00	200.00	0.20
	Canal 27.2	120,700.00	125,157.68	4457.68	4.46
	Comporta de Controle 12	125,157.68	125,184.68	27.00	0.03
	Canal 27.2	125,184.68	125,253.85	69.17	0.07
	Canal 28	125,665.85	126,240.00	574.15	0.57
	Galeria 3	126,240.00	126,500.04	260.04	0.26
	Canal 28.1	126,500.04	127,818.62	1318.58	1.32
	Canal 29	128,139.20	128,741.67	602.47	0.60
	Canal 30.1	129,025.67	133,280.00	4254.33	4.25
	Canal 30.2	133,560.00	135,798.27	2238.27	2.24
	Canal 31	136,088.27	138,857.49	2769.22	2.77
	Comporta de Controle 13	138,857.49	138,876.59	19.10	0.02
	Canal 32	139,199.38	140,920.97	1721.59	1.72
	Canal 33	141,295.35	142,565.88	1270.53	1.27
	Canal 34	142,775.88	143,382.55	606.67	0.61
Comporta de Controle 14	143,382.55	143,401.65	19.10	0.02	
Canal 35	143,624.99	143,864.25	239.26	0.24	
Canal 36	143,982.06	143,999.90	17.84	0.02	
Galeria 4	143,999.90	144,207.47	207.57	0.21	
Canal 36.1	144,207.47	145,321.85	1114.38	1.11	
TOTAL TRECHO 1.4				30246.18	30.25
TOTAL TRECHO 1				120,500.61	120.50

Quadro 4.1 - Síntese da Localização e comprimento das obras componentes do 1º trecho

(1/2)

(2/2)

4.2 - TRECHOS EM CANAIS

4.2.1 - TRECHOS E SUBTRECHOS DE CANAIS

No Trecho 1 - Jati/Cariús, a extensão dos diversos subtrechos em canais somam 120,5 quilômetros. A disposição e as extensões dos referidos trechos em canais encontram-se no **Quadro 4.2** a seguir.

4.2.2 - SEÇÕES TIPO DOS CANAIS: HIDRÁULICA E TERRAPLENAGEM

4.2.2.1 - Considerações Gerais sobre os tipos de seções consolidadas e utilizadas no Projeto Executivo

Considerado o amplo conhecimento adquirido, tanto nas etapas anteriores (Estudos de Otimização, de Alternativas, Anteprojeto e Ajustes e Consolidação do Projeto Executivo), decidiu-se simplificar, ao nível deste Relatório de Memorial Descritivo, a representação gráfica das possíveis seções tipo recorrentes, com maior ou menor frequência, ao longo de todo o traçado do Trecho 1 do CAC.

Diferentemente das etapas anteriores, onde apresentaram-se inúmeros tipos de seções tipo definidas em função do relevo e das condições geológico-geotécnicas, em que algumas delas praticamente não foram utilizadas, procurou-se, nesta etapa final quando ficaram disponíveis informações bem mais detalhadas, simplificar a representação gráfica das seções a menor número de tipos padrões possíveis, porém com grande representatividade quanto à ocorrência ao longo dos diferentes trechos do canal.

Desta forma, definiu-se, conceitualmente quanto à seção hidráulica, somente um tipo padrão de referência. Quanto à geometria da seção de terraplenagem, foram definidas uma para aterro e duas para corte, sendo uma para escavação em solo e outra para escavação em rocha. As seções mistas, quanto a condição geométrica de terraplenagem, de corte e aterro e ocorrência de solo e rocha, em escavação num mesmo local, são seções derivadas em que são aplicadas os mesmos conceitos quanto as alturas de escalonamento e inclinação dos taludes.

Observa-se que, para os casos especiais de condicionantes geológico-geotécnicos e de relevo, foram feitos localmente os devidos ajustes sobre as seções tipo padrões, conforme já descrito na caracterização geológico-geotécnica dos diferentes trechos de canais, ajustes estes consolidados e apresentados nas seções do projeto geométrico/terraplenagem a cada 20m..

Nos itens a seguir, apresentam-se os dados básicos e a geometria das seções padrões de referência utilizados no Projeto Executivo.

4.2.2.2 - Seção Hidráulica Padrão e Casos Especiais (Seção de escoamento + Revanche)

Foi estabelecida uma única seção hidráulica tipo para a geometria transversal do canal, seja ele implantado em escavação em solo, aterro ou rocha, tendo em vista a inviabilidade de se mudar constantemente de seções em trechos localizados e conseqüentemente as plataformas de corte/aterro da terraplenagem, o que praticamente não leva a nenhuma redução real de custos, podendo até aumentá-los pela necessidade eventual de serviços especiais nos taludes.

Quadro 4.2 – Canais do Trecho 1 – Jati/Cariús

(1/2)

(2/2)

A seção hidráulica padrão do canal adotada para o Projeto Executivo do Trecho 1 tem formato geométrico trapezoidal com 5 m de largura do fundo, 4,20 m de altura total, taludes com inclinação de 1,5:1;(H:V) e largura superior total de 17,60m que, somada às duas bermas laterais de 6,20m, totaliza uma plataforma construtiva mínima de 30m de largura independentemente de ser em corte ou aterro. A altura útil do canal, altura normal H_n do escoamento, correspondente à vazão de 30 m³/s, é igual a 3,60 m. Desta forma, a revanche do canal foi estabelecida em 0,60 m. A declividade de projeto dos canais foi estabelecida em 5cm/km, mantendo-se os parâmetros de Anteprojeto para que se chegasse, ao final, o mais próximo possível da cota 462,5m, para continuidade do Trecho 2.

Esta seção hidráulica padrão foi prevista para utilização, tanto em trechos em solos (aterro ou corte), como em trechos escavados em materiais de 2ª e 3ª categorias (solo rochoso ou mesmo rocha, onde se previu escavação especial em seção controlada em vala e ainda a possibilidade de regularização de *overbreak* até 25cm com concreto poroso, preparando-se a superfície para a seção tipo padrão e minimizando os efeitos da subpressão sob o manto de impermeabilização projetada sob o revestimento de concreto.

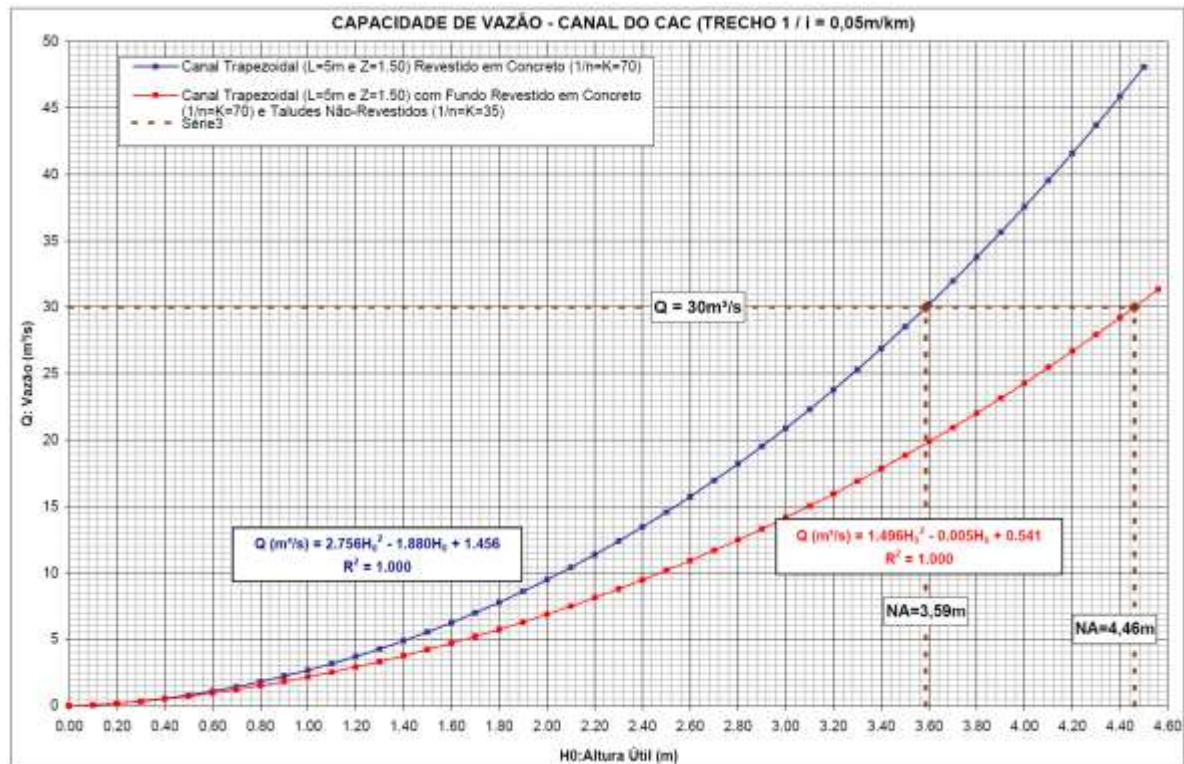
Todo este procedimento foi previsto para se evitar a solução tradicional, que virou “moda”, de se fazer uma grande sobre-escavação em material de 2ª. ou 3ª. categorias e reaterrar com solo transportado de longa distância em caixão retangular para, em seguida, se reescavar na seção padrão, solução que se considera a pior possível, tanto no que se refere a custo, como a eventuais futuros problemas de subpressão nos cortes e de estabilidade destes reaterros.

A seção hidráulica do canal será revestida com manta impermeabilizante, composta de geocomposto, manta de PEAD texturizada de 1mm de espessura ou PVC (geomembrana de PVC de 1mm de espessura, de geotêxtil de prolipropileno), ou outra solução similar que apresente as mesmas características de trabalhabilidade, resistência e impermeabilização. Como proteção mecânica, fixação e estabilidade foi prevista, no fundo e nos taludes do canal, uma camada de concreto ($f_{ck}=15\text{Mpa}$) de 0,08 m de espessura.

Embora se tenha previsto, até forçosamente, apenas um tipo de seção hidráulica padrão para todos os trechos em canal, propõe-se seção alternativa, já citada anteriormete, para situações especiais de escavação totalmente em rocha, com acabamento muito irregular, onde não for possível a execução da regularização final com concreto de 8cm de espessura nos taludes. Tal seção terá somente o fundo revestido, com 5,0m de largura, e a sua altura total de escavação passaria de 420cm para 510cm, mantendo-se os taludes 1,5:1 (H:V), totalizando uma largura superior de 20,30m, conseqüentemente reduzindo-se as bermas laterais de 6,20m para 4,85m, mantendo-se assim uma plataforma padrão de 30metros.

A **Figura 4.6**, a seguir, apresenta a curva de capacidade de vazão do canal para diversas alturas de lâmina d'água (H_n :altura normal) em escoamento normal, para seção hidráulica tipo adotada para todos os trechos em canal. Também está representada no gráfico a curva de alturas normais para a seção em trecho rochoso, com taludes não revestidos, usados apenas em casos especiais em que a regularização da seção escavada, mesmo com pré-fissuramento e fogo controlado, se torne inviável com aplicação de concreto poroso ($f_{ck}\geq 8\text{MPa}$) para sanar as irregularidades e permitir a utilização da seção normal com aplicação da manta e o revestimento final de 8cm de espessura.

Figura 4.6 - Curva de Capacidade de Vazão do Canal



Para melhorar as características hidráulicas, propõe-se que as irregularidades maiores sejam preenchidas com até 25cm de concreto poroso sobre os taludes rochosos 1,5:1 (H:V). A regularização do fundo deverá ser feita preenchendo-se as irregularidades com brita 1, definindo uma camada horizontal plana compactada sobre a qual será lançado o concreto de 8cm ($f_{ck} \geq 15\text{MPa}$) nos 5,0 metros de largura do fundo.

Apenas como referência e para utilização em situações em que seria impraticável técnica e economicamente a aplicação/execução de concreto poroso para regularização e drenagem subsuperficial, apresenta-se também na Figura 4.5, apresentada anteriormente, um gráfico de uma seção alternativa, somente com o fundo de 5,0m revestido e os taludes com 1,5:1 (H:V) sem nenhum revestimento o que elevará em 0,56m a altura normal H_n , passando de 3,60m para 4,16m, mas mantendo-se a revanche de 0,60, com altura total de 4,76m (4,20+0,56).

4.2.3 - SEÇÕES TIPO DE TERRAPLENAGEM DE ATERRO E CORTE

4.2.3.1 - Seção Tipo em Aterro

Os trechos em aterro terão taludes com inclinação variável de acordo com a altura do maciço de aterro. Desta forma, os primeiros cinco metros a partir do topo da seção hidráulica serão executados com inclinação de 1,5:1,0 (H:V), os cinco metros seguintes com inclinação de 2,0:1,0 e a partir de dez metros a declividade será de 2,5:1,0.

Ao lado do topo da seção hidráulica existirá uma berma de 6,20 m de largura de cada lado do canal, (onde está incluído espaço para uma valeta de pé de corte de até 1,2m de largura). A berma será revestida com pedrisco ou cascalho e até a solução mista com solo-

cimento, para ser utilizada como estrada de Operação e Manutenção. Estas duas bermas laterais de 6,20m, somadas à largura superior do canal (boca do canal de 17,60m), totalizam a largura de 30,0m, definindo-se assim uma plataforma padrão mínima de terraplenagem, seja em aterro, seja em corte.

A proteção dos taludes em aterro será executada a partir do revestimento dos mesmos com uma camada de 0,30 m de material inerte (brita, cascalho ou mesmo rocha explodida selecionada proveniente de escavações obrigatórias).

Alternativamente ao revestimento em material inerte, alguns trechos poderão ser revestidos com revegetação, a ser feita com aplicação de terra vegetal (proveniente de expurgo), manta sintética de proteção e hidrossemeadura e, até mesmo, solo-cimento, se for aceito pela Fiscalização e com custo inferior às outras soluções.

A **Figura 4.7**, a seguir, apresenta a seção do canal em aterro.

4.2.3.2 - Seções Tipo em Corte (Solo e Rocha)

Seção de Corte em Solo

Os taludes de corte da seção padrão em solo terão uma inclinação de 1,5:1,0 (H:V) e escalonamentos a cada 5m de altura. Nos escalonamentos existirão bermas com 5 m de largura e declividade 2% na direção das valetas de drenagem.

A **Figura 4.8**, a seguir, apresenta a seção do canal em corte em solo.

Seção de Corte em Rocha

Os taludes de corte da seção padrão (acima da berma / seção hidráulica) em rocha terão uma inclinação de 1:1 e escalonamentos a cada 5m de altura. Nos escalonamentos existirão bermas com 5 m de largura e declividade 2% na direção das valetas de drenagem.

A **Figura 4.9**, a seguir, apresenta a seção padrão do canal em corte em rocha.

Seção de Corte Mista Quanto ao Tipo de Material Escavado (Solo e Rocha)

Os taludes de corte seção mista solo/rocha terão uma inclinação de 1,5:1,0 em solo e 1:1 em rocha, e escalonamentos a cada 5m de altura, mantendo-se portanto os mesmos parâmetros das seções específicas para solo e rocha. Nos escalonamentos existirão bermas com 5 m de largura e declividade 2% na direção das valetas de drenagem.

Seção Mista de Corte e Aterro

As seções típicas mistas (corte e aterro) dos canais terão inclinação de 1:1,5, com bermas de 6,20 m de largura, de cada lado do canal, a ser utilizada como estrada de Operação e Manutenção. A declividade será de 2% na direção das valetas de drenagem ou bordo dos aterros.

A **Figura 4.10**, a seguir, apresenta a seção mista do canal em corte e aterro.

Figura 4.7 – Seção Típica dos Canais em Aterro

Figura 4.8 – Seção Típica dos Canais em Corte (1ª e 2ª Categoria)

Figura 4.9 - Seção Típica dos Canais em Corte (3ª Categoria)

Figura 4.10 – Seção Típica Mista

4.2.3.3 - Seções Especiais para Situações Complexas

As seções-tipo padrões foram definidas, como a própria terminologia indica, para utilização em situações padrões de ocorrência predominante ao longo do traçado do CAC.

Em função das características geológico-geotécnicas e condicionantes de relevo em alguns locais do traçado, ficou bastante evidenciado que não seria possível a utilização das seções tipo padrões, evidenciando-se a necessidade de soluções específicas para os casos mais complexos, mantendo-se, porém, os parâmetros adotados na concepção das seções tipo e, quando não possível, adotando-se até parâmetros diferenciados quanto às alturas de escalonamento e inclinação dos taludes de corte, mas todas estas definições sendo feitas a partir dos resultados dos estudos geológico-geotécnicos, ressaltando-se que é necessária a inspeção local por geólogo, para melhor avaliação das condições combinadas de otimização de estabilidade dos taludes das seções a serem escavadas ou aterradas.

A quantidade de situações diferenciadas em campo torna praticamente impossível a apresentação detalhada de todas as soluções apresentadas que constam nas seções transversais e notas de serviços definidas a cada 20m (em alguns casos até a cada 10m), onde podem ser observadas tanto as seções tipo padrões, como o detalhamento de suas variações em desenhos das seções de 20 em 20 metros ou todos os escalonamentos, bermas e taludes ajustados para cada local do canal.

Para várias situações especiais foram feitos estudos de estabilidade das seções, que sempre foram ajustadas para se conseguir um coeficiente de segurança de 1,5 para piores condições durante a vida útil da obra.

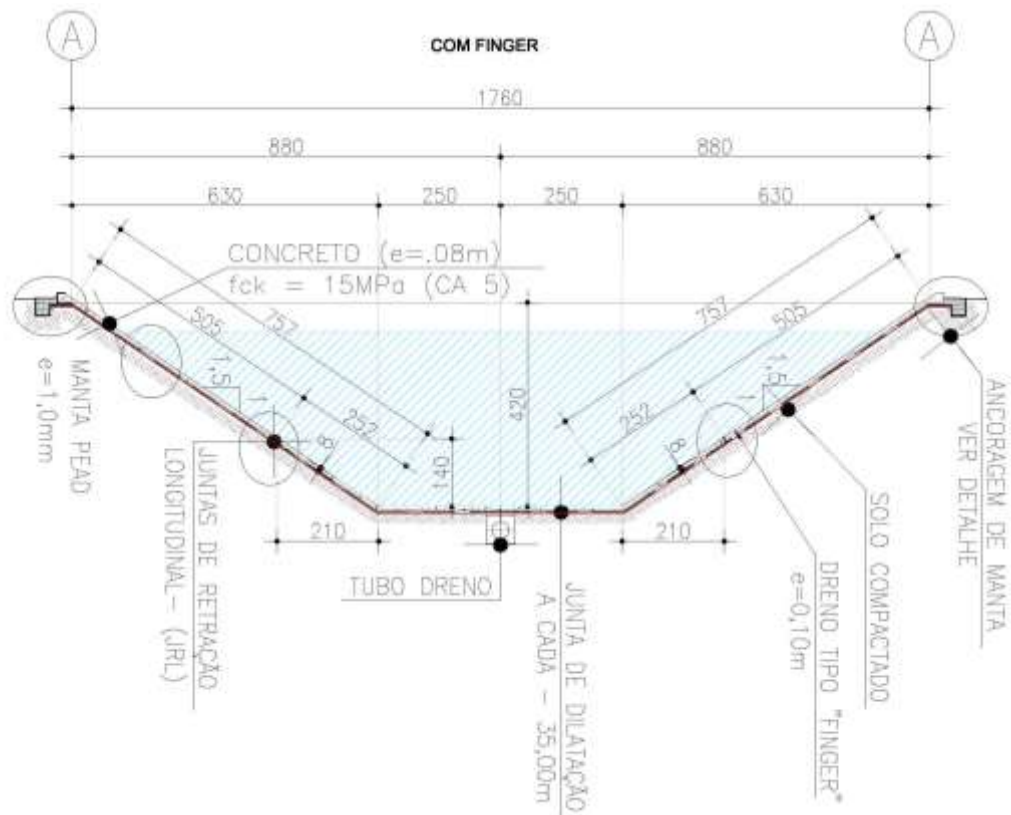
4.2.3.4 - Dados Básicos Complementares e Detalhes Construtivos da Seção Hidráulica Padrão com Revestimento Manta PEAD + Concreto

Em razão da sua utilização em mais de 120km, a “obra simples” como a seção hidráulica evidencia-se, entretando, como a obra mais importante do canal, em termos técnico, financeiro, executivo e futura segurança operacional, principalmente no que se refere à potencialidade de ocorrência de subpressão sob o manto PEA.

Considerando-se tal relevância, apresentam-se logo neste item, relativo às seções tipo, todos os dados e informações básicas e detalhes construtivos pertinentes à seção hidráulica padrão, seja ela executada em solo/aterro, solo/escavação ou rocha/escavação, já contemplando também os detalhes executivos do sistema de drenagem sub-superficial e profundo contra potenciais danos de sub-pressão pela elevação do lençol freático sob o revestimento impermeável composto da manta PEAD e a camada de concreto de 8cm de espessura.

A **Figura 4.11** traz, para a seção construída sobre solo escavado ou em aterro, todos os detalhes geométricos e construtivos, para os quais se apresenta uma descrição detalhada, a seguir.

Figura 4.11- Detalhe da Seção Típica do Canal



a) Dados geométricos e hidráulicos para vazão de $30\text{m}^3/\text{s}$

Largura de fundo: $F=5,00\text{m}$

Altura total da seção: $H_t=4,20\text{m}$

Altura útil normal: $H_n=3,60\text{m}$

Área de seção hidráulica = $37,44\text{m}^2$

Velocidade = $0,80\text{m/s}$

Revanche operacional: $0,60\text{m}$

Taludes: Inclinação= $(1,5:1,0; H:V)$

Comprimento total do paramento inclinado: $7,57\text{m}$ (cada lado)

Projeção horizontal do talude: $6,30\text{m}$ ($4,20\text{m} \times 1,5$)

Largura superior da seção: $17,60\text{m}$

Largura no nível d'água normal: $15,80\text{m}$

Perímetro total até altura de $4,20\text{m}$: $20,14$

Perímetro molhado normal até altura de $3,60\text{m}$: $17,98\text{m}$

Área da seção total ($H=4,20\text{m}$): $47,46\text{m}^2$

Área da seção hidráulica normal ($H_n=3,60\text{m}$): $37,44\text{m}^2$

b) Dados do revestimento (manta PEAD + concreto)

Componente impermeabilizante: manta PEAD de 1,0mm de espessura, ou outra solução equivalente, revestindo toda a seção interna construtiva e prolongando-se para os dois lados, para fixação e selagem terminal, através de duas pequenas trincheiras laterais de ancoragem, conforme **Figuras 4.12 e 4.13**.

Revestimento em concreto: com 8cm de espessura, $f_{ck} \geq 15\text{MPa}$, tendo tanto o objetivo de proteção mecânica e fixação e estabilidade da manta, como de manter a seção hidráulica com geometria superficial bem definida, com bom acabamento, que pode ser normalmente obtido com fator $k=70$ (Strickler-Manning = $1/70 \approx 0,14$).

Ainda no que se refere ao “acabamento” da geometria do revestimento, previu-se o reforço de 10cm na espessura nas bordas, que resulta na redução da fragilidade das bordas e na ampliação da revanche operacional do canal em 10cm, ou seja, passando de 0,60m para 0,70m. Este reforço de 10cm na espessura das bordas ainda minimiza o escoamento superficial de detritos das bermas para o interior da seção hidráulica do canal.

Juntas de dilatação: Prevendo-se a funcionalidade técnica, tanto na construção, como na futura manutenção do canal, projetaram-se juntas secas de dilatação e contração no sentido transversal do canal, sendo as de retração a cada 3,5 m e as de dilatação a cada 35 m, ou seja, uma em cada dez juntas transversais será de dilatação. No sentido longitudinal foram previstas duas juntas de retração (uma em cada talude lateral) no terço médio da altura do canal, ou seja, a 1,40m medido do fundo da seção hidráulica e 2,52m medindo-se no paramento inclinado do talude.

Drenagem sub-superficial e profunda: A subpressão nos cortes e a perda d’água e saturação dos aterros mesmo em canais revestidos em concreto, sempre foram um problema persistente para a vida útil operacional destas obras.

A solução tradicional para subpressão nos cortes sempre tem sido a construção de drenos profundos como solução semelhante à drenagem dos pavimentos de rodovias. Tal solução funciona como um paliativo, reduzindo a subpressão, mas potencializa a perda d’água nos canais pela própria rede profunda de drenagem, quando ocorrem pequenos defeitos de impermeabilização no revestimento de concreto, ficando desta forma evidenciadas funções conflitantes desta solução de drenagem profunda em canais em corte.

Para minimizar as perdas d’água foi adotado, em passado recente (em termos históricos do conhecimento da funcionalidade dos canais), a solução de utilização de manta plástica flexível (PEAD ou material similar) para impermeabilização total da seção hidráulica dos canais. Tal solução se, por um lado, elimina praticamente as perdas d’água e a saturação dos aterros e a sua deteriorização, por outro lado, potencializa o problema de subpressão e conseqüentes acidentes nos revestimentos rígidos de concreto, pois não sendo possível qualquer alívio, pela existência da manta, pelas juntas ou pequenas fissuras preliminares de deformação, a atuação de pequenas subpressões já destrói o fundo de um canal, como seria o caso do revestimento dos canais do CAC de 8cm de espessura, que com diferencial de 20cm de coluna d’água de subpressão já estaria em risco de rompimento. Tal condição pode acontecer até em trechos em aterros pela pressão que se transmite entre a manta e o solo, mesmo em situação de saturação parcial do aterro.

Figura 4.12 – Revestimento do Canal – Juntas de dilatação e contração

Figura 4.13 – Drenagem dos Segmentos dos Canais Seção em Solo/Brita

QUADRO 4.15a - LIMITE TRECHO 5 - COMPARAÇÃO ENTRE OS EIXOS

LIMITE INICIAL	LIMITE FINAL	OBRA	ESTAQUEAMENTO DO PROJETO BÁSICO LICITADO			ESTAQUEAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO FINAL				DIFERENÇA [PROJ. EXEC. FINAL - PROJ. BÁS. LICIT.]			OBRA	
			LIMITE FÍSICO CONTRATUAL			LIMITE FÍSICO CONTRATUAL				[PROJ. EXEC. FINAL - PROJ. BÁS. LICIT.]				
			Km Inicial	Km Final	L (m)	Km Inicial	Km Final	Extensão	L (m) Entre os Limites Físicos	Δ => Km Inicial	Δ => Km Final	Δ => L (m)		
Lote 1 - 1.1	Lote 5 - 1.2	TRECHO ANTES DO TÚNEL	0+000.00	37+979.25	37,979.25	0+000.00	38+750.00	38,750.00		-	770.75	- 770.75	CANAL - SUB-TRECHO 1.1	
Canal Emboque	Sub-Trecho - 1.2	TÚNEL SÍTIO ALTO 1	37+979.25	38+246.50	267.25	38+750.00	39+070.00	320.00	1,007.41	770.75	823.50	- 52.75	CANAL EMBOQUE - TRECHO EXTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Falso Túnel			38+246.50	38+320.00	73.50	39+070.00	39+096.55	26.55		823.50	776.55	- 46.95	CANAL EMBOQUE - TRECHO INTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Lote 5 - 1.2			38+320.00	38+800.00	480.00	39+096.55	39+559.92	463.37		776.55	759.92	- 16.63	TÚNEL	
Falso Túnel			38+800.00	38+891.50	91.50	39+559.92	39+622.60	62.68		759.92	731.10	- 28.82	FALSO TÚNEL DESEMBOQUE	
Canal Desemboque			38+891.50	38+979.29	87.79	39+622.60	39+757.41	134.81		731.10	778.12	- 47.02	CANAL DESEMBOQUE - TRECHO INTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Total Sítio Alto 1			TOTAL TÚNEL P. BÁSICO =>			TOTAL TÚNEL P. EXEC =>				=<= TOTAL TÚNEL P. E. - LIMITES =>			7.37	<= DIFERENÇA TOTAL NESTE TÚNEL (m)
Sub-Trecho - 1.2	Lote 5 - 1.2	TRECHO ENTRE TÚNEIS	38+979.29	40+453.78	1,474.49	39+757.41	41+160.00	1,402.59		-	-	-	CANAL - SUB-TRECHO 1.2	
Canal Emboque	Sub-Trecho - 1.2	TÚNEL SÍTIO ALTO 2	40+453.78	40+757.00	303.22	41+160.00	41+205.06	45.06	1,369.02	751.28	848.32	- 97.04	CANAL EMBOQUE - TRECHO EXTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Falso Túnel			40+757.00	40+880.00	123.00	41+605.32	41+642.30	36.98		848.32	762.30	- 86.02	CANAL EMBOQUE - TRECHO INTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Lote 5 - 1.2			40+880.00	41+492.00	612.00	41+642.30	42+226.00	583.70		762.30	734.00	- 28.30	FALSO TÚNEL EMBOQUE	
Falso Túnel			41+492.00	41+547.00	55.00	42+226.00	42+275.00	49.00		734.00	728.00	- 6.00	TÚNEL	
Canal Desemboque			41+547.00	41+824.84	277.84	42+275.00	42+574.08	299.08		728.00	749.24	- 21.24	FALSO TÚNEL DESEMBOQUE	
Total Sítio Alto 2			TOTAL TÚNEL P. BÁSICO =>			TOTAL TÚNEL P. EXEC =>				=<= TOTAL TÚNEL P. E. - LIMITES =>			2.04	<= DIFERENÇA TOTAL NESTE TÚNEL (m)
Sub-Trecho - 1.2	Lote 5 - 1.2	TRECHO ENTRE TÚNEIS	41+824.84	49+960.32	8,135.48	42+574.08	49+725.03	7,150.95		-	-	-	CANAL - SUB-TRECHO 1.2	
Canal Emboque	Sub-Trecho - 1.2	TÚNEL VENEZA	49+960.32	50+162.00	201.68	49+725.03	50+056.20	331.17	2,967.70	235.29	105.80	- 129.49	CANAL EMBOQUE - TRECHO EXTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Falso Túnel			50+162.00	50+300.00	138.00	50+056.20	50+086.20	30.00		105.80	213.80	- 108.00	CANAL EMBOQUE - TRECHO INTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Lote 5 - 1.2			50+300.00	52+625.00	2,325.00	50+086.20	52+408.56	2,322.36		213.80	216.44	- 2.64	FALSO TÚNEL EMBOQUE	
Falso Túnel			52+625.00	52+700.00	75.00	52+408.56	52+454.78	46.22		216.44	245.22	- 28.78	TÚNEL	
Canal Desemboque			52+700.00	52+909.25	209.25	52+454.78	52+692.73	237.95		245.22	216.52	- 28.70	FALSO TÚNEL DESEMBOQUE	
Total Veneza			TOTAL TÚNEL P. BÁSICO =>			TOTAL TÚNEL P. EXEC =>				=<= TOTAL TÚNEL P. E. - LIMITES =>			18.77	<= DIFERENÇA TOTAL NESTE TÚNEL (m)
Sub-Trecho - 1.2	Lote 3 - 1.3	TRECHO ENTRE TÚNEIS	52+909.25	76+653.06	23,743.81	52+692.73	76+653.06	23,960.33		-	-	-	CANAL - SUB-TRECHO 1.2	
Lote 3 - 1.3	Lote 5 - 1.3	TRECHO ENTRE TÚNEIS	76+653.06	91+477.67	14,824.62	76+653.06	88+713.24	12,060.19		-	-	-	CANAL - SUB-TRECHO 1.3	
Canal Emboque	Sub-Trecho - 1.3	TÚNEL CABACEIRA	91+477.67	91+571.00	93.33	88+713.24	88+752.10	38.86	392.13	2,725.57	2,726.36	- 0.79	CANAL EMBOQUE - TRECHO EXTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Falso Túnel			88+752.10	88+844.64	92.54	88+844.64	88+853.80	9.16		88,844.64	88,853.80	- 9.16	CANAL EMBOQUE - TRECHO INTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Lote 5 - 1.3			91+571.00	91+751.00	180.00	88+853.80	89+024.64	170.84		2,717.20	2,726.36	- 9.16	FALSO TÚNEL EMBOQUE	
Falso Túnel			91+751.00	91+781.00	30.00	89+024.64	89+054.64	30.00		2,726.36	2,726.36	-	TÚNEL	
Canal Desemboque			91+781.00	91+870.34	89.34	89+054.64	89+144.23	89.59		2,726.36	2,726.11	- 0.25	FALSO TÚNEL DESEMBOQUE	
Total Cabaceira			TOTAL TÚNEL P. BÁSICO =>			TOTAL TÚNEL P. EXEC =>				=<= TOTAL TÚNEL P. E. - LIMITES =>			0.54	<= DIFERENÇA TOTAL NESTE TÚNEL (m)
Sub-Trecho - 1.3	Lote 5 - 1.3	TRECHO ENTRE TÚNEIS	91+870.34	93+976.30	2,105.96	89+144.23	91+307.30	2,163.07		-	-	-	CANAL - SUB-TRECHO 1.3	
Canal Emboque	Sub-Trecho - 1.3	TÚNEL ARAJARA	93+976.30	94+680.00	703.70	91+307.30	92+077.45	770.15	1,286.90	2,669.00	2,602.55	- 66.45	CANAL EMBOQUE - TRECHO EXTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Falso Túnel			94+680.00	94+780.00	100.00	92+077.45	92+107.45	30.00		2,602.55	2,672.55	- 70.00	CANAL EMBOQUE - TRECHO INTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Lote 5 - 1.3			94+780.00	95+099.00	319.00	92+107.45	92+418.60	311.15		2,672.55	2,680.40	- 7.85	FALSO TÚNEL EMBOQUE	
Falso Túnel			95+099.00	95+264.95	165.95	92+418.60	92+426.45	7.85		2,672.55	2,670.75	- 1.80	TÚNEL	
Canal Desemboque			95+264.95	95+264.95	0.00	92+426.45	92+594.20	167.75		2,670.75	2,670.75	-	FALSO TÚNEL DESEMBOQUE	
Total Arajara			TOTAL TÚNEL P. BÁSICO =>			TOTAL TÚNEL P. EXEC =>				=<= TOTAL TÚNEL P. E. - LIMITES =>			1.75	<= DIFERENÇA TOTAL NESTE TÚNEL (m)
Sub-Trecho - 1.3	Lote 5 - 1.4	TRECHO ENTRE TÚNEIS	95+264.95	113+982.31	18,717.36	92+594.20	111+085.09	18,490.89		-	-	-	CANAL - SUB-TRECHO 1.4	
Canal Emboque	Sub-Trecho - 1.4	TÚNEL BOA VISTA	113+982.31	114+111.50	129.19	111+085.09	111+199.30	114.21	921.35	2,897.22	2,912.20	- 14.98	CANAL EMBOQUE - TRECHO EXTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Falso Túnel			114+111.50	114+448.00	336.50	111+199.30	111+214.30	15.00		111,199.30	111,214.30	- 15.00	CANAL EMBOQUE - TRECHO INTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Lote 5 - 1.4			114+448.00	114+488.00	40.00	111+214.30	111+550.78	336.48		2,897.22	2,897.22	-	FALSO TÚNEL EMBOQUE	
Falso Túnel			114+488.00	114+880.00	392.00	111+550.78	111+570.00	19.22		2,897.22	2,918.00	- 20.78	TÚNEL	
Canal Desemboque			114+880.00	114+902.59	22.59	111+570.00	112+006.44	36.44		2,918.00	2,896.15	- 21.85	FALSO TÚNEL DESEMBOQUE	
Total Boa Vista			TOTAL TÚNEL P. BÁSICO =>			TOTAL TÚNEL P. EXEC =>				=<= TOTAL TÚNEL P. E. - LIMITES =>			1.07	<= DIFERENÇA TOTAL NESTE TÚNEL (m)
Sub-Trecho - 1.4	Lote 5 - 1.4	TRECHO ENTRE TÚNEIS	114+902.59	128+440.00	13,537.41	112+006.44	125+177.00	13,170.56		-	-	-	CANAL - SUB-TRECHO 1.4	
Canal Emboque	Sub-Trecho - 1.4	TÚNEL CRUZEIRO	128+440.00	128+498.00	58.00	125+177.00	125+186.68	9.68	513.43	3,253.32	3,240.00	- 13.32	CANAL EMBOQUE - TRECHO EXTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Falso Túnel			125+186.68	125+258.00	71.32	125+258.00	125+272.80	14.80		125,258.00	125,272.80	- 14.80	CANAL EMBOQUE - TRECHO INTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Lote 5 - 1.4			128+498.00	128+863.00	365.00	125+272.80	125+618.85	346.05		3,225.20	3,244.15	- 18.95	FALSO TÚNEL EMBOQUE	
Falso Túnel			128+863.00	128+910.00	47.00	125+618.85	125+665.85	47.00		3,244.15	3,244.15	-	TÚNEL	
Canal Desemboque			128+910.00	128+944.77	34.77	125+665.85	125+700.11	34.26		3,244.15	3,244.66	- 0.51	FALSO TÚNEL DESEMBOQUE	
Total Cruzeiro			TOTAL TÚNEL P. BÁSICO =>			TOTAL TÚNEL P. EXEC =>				=<= TOTAL TÚNEL P. E. - LIMITES =>			8.66	<= DIFERENÇA TOTAL NESTE TÚNEL (m)
Sub-Trecho - 1.4	Lote 5 - 1.4	TRECHO ENTRE TÚNEIS	128+944.77	131+909.06	2,964.29	125+782.00	128+637.00	2,855.00		-	-	-	CANAL - SUB-TRECHO 1.4	
Canal Emboque	Sub-Trecho - 1.4	TÚNEL PAI MANÉ	131+909.06	131+932.00	22.94	128+637.00	128+720.79	83.79	316.79	3,188.27	3,188.32	- 0.05	CANAL EMBOQUE - TRECHO EXTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Falso Túnel			131+932.00	131+960.00	28.00	128+720.79	128+743.68	22.89		3,188.32	3,187.56	- 0.76	CANAL EMBOQUE - TRECHO INTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Lote 5 - 1.4			131+960.00	132+212.00	252.00	128+743.68	128+772.44	28.76		3,187.56	3,200.69	- 13.13	FALSO TÚNEL EMBOQUE	
Falso Túnel			132+212.00	132+225.89	13.89	128+772.44	129+011.31	38.87		3,187.56	3,188.31	- 0.75	TÚNEL	
Canal Desemboque			132+225.89	132+225.89	0.00	129+011.31	129+023.67	12.36		3,188.31	3,188.31	-	FALSO TÚNEL DESEMBOQUE	
Total Pai Mané			TOTAL TÚNEL P. BÁSICO =>			TOTAL TÚNEL P. EXEC =>				=<= TOTAL TÚNEL P. E. - LIMITES =>			0.04	<= DIFERENÇA TOTAL NESTE TÚNEL (m)
Sub-Trecho - 1.4	Lote 5 - 1.4	TRECHO ENTRE TÚNEIS	132+225.89	139+848.95	7,623.06	129+147.00	135+577.23	6,430.23		-	-	-	CANAL - SUB-TRECHO 1.4	
Canal Desemboque	Sub-Trecho - 1.4	TÚNEL CARNAÚBA	139+848.95	140+070.00	221.05	135+577.23	135+790.48	213.25	750.92	4,271.72	4,279.52	- 7.80	CANAL EMBOQUE - TRECHO EXTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Falso Túnel			140+070.00	140+360.00	290.00	135+790.48	135+798.28	7.80		135,790.48	135,798.28	- 7.80	CANAL EMBOQUE - TRECHO INTERIOR AOS LIMITES FÍSICOS	
Lote 5 - 1.4			140+360.00	140+360.00	0.00	135+798.28	136+088.28	290.00		4,271.72	4,271.72	-	FALSO TÚNEL EMBOQUE	
Falso Túnel			140+360.00	140+600.00	240.00	136+088.28	136+096.18	7.90		4,271.72	4,271.72	-	TÚNEL	
Canal Desemboque			140+600.00	140+600.00	0.00	136+096.18	136+328.15	231.97		4,271.72	4,271.85	- 0.13	FALSO TÚNEL DESEMBOQUE	
Total Carnaúba			TOTAL TÚNEL P. BÁSICO =>			TOTAL TÚNEL P. EXEC =>				=<= TOTAL TÚNEL P. E. - LIMITES =>			0.13	<= DIFERENÇA TOTAL NESTE TÚNEL (m)
TOTAL P. BÁSICO =>			9,494.28			TOTAL P. EXECUTIVO =>			10,009.20	9,525.65			31.37	<= DIFERENÇA TOTAL GERAL DOS TÚNEIS (m)
Lote 4 - 1.4	Lote 4 - 1.4	TRECHO APÓS TÚNEL	140+600.00	149+442.00	8,842.00	136+443.00	145+321.85	8,878.85		-	-	-	CANAL - SUB-TRECHO 1.4	

OBS. 1: TRECHO DENTRO DOS LIMITES FÍSICOS DO LOTE 5 - CANAL A EXECUTAR
TRECHO DE CANAL FORA DOS LIMITES FÍSICOS DO LOTE 5 - NÃO PRECISA MAIS EXECUTAR

PROJETO BÁSICO LICITADO	
OBRA	L (m)
Canais Emboque	2,000.36
Falsos Túneis Emboque	462.50
Túneis	5,159.50
Falsos Túneis Desemboque	338.50
Canais Desemboque	1,533.42
TOTAL	9,494.28

PROJETO EXECUTIVO COMPLETO	
L (m)	OBRA
177.39	Canais Emboque
2,335.79	Trecho exterior aos Limites Físicos
199.05	Canais Emboque
5,062.82	Trecho interior aos Limites Físicos
282.23	Falso Túneis Emboque
1,645.76	Túneis
306.16	Falsos Túneis Desemboque
10,009.20	Canais Desemboque
	Trecho interior aos Limites Físicos
	Canais Desemboque
	Trecho exterior aos Limites Físicos
TOTAL	TOTAL

PROJETO EXECUTIVO A IMPLANTAR DENTRO DOS LIMITES		
L (m)	DIFERENÇA PARA O BÁSICO	OBRA
		Canais Emboque
		Trecho exterior Limites Físicos
2,335.79		

Quadro 4.19 - Vazões nos Cursos d'água interceptados pelo CAC

Bacia	Área (km ²)	Rio principal (km)	Q _{pico} (m ³ /s)					
			Tr=2 anos	Tr=5 anos	Tr=10 anos	Tr=25 anos	Tr=50 anos	Tr=100 anos
B-001.1	0.01	0.139	0.1535	0.2060	0.2370	0.2726	0.2973	0.3026
B-001.2	0.01	0.130	0.1330	0.1785	0.2054	0.2362	0.2576	0.2622
B-001	16.64	7.990	38.2169	51.2769	58.9966	67.9188	74.1109	124.2099
B-002	1645.18	101.315	587.4183	757.8693	858.7342	974.8244	1055.6820	1470.2421
B-002.1	0.01	0.064	0.0693	0.0930	0.1070	0.1231	0.1342	0.1366
B-003.1.1	0.02	0.208	0.2619	0.3513	0.4042	0.4649	0.5071	0.5161
B-003.1.2	0.01	0.105	0.1084	0.1454	0.1673	0.1924	0.2099	0.2136
B-003.1	0.04	0.213	0.5241	0.7032	0.8091	0.9305	1.0149	1.0329
B-003	0.25	0.877	2.7741	3.7155	4.2683	4.9012	5.3400	5.5165
B-003.1.3	0.01	0.207	0.1378	0.1848	0.2127	0.2446	0.2668	0.2715
B-003.2	0.12	0.553	1.4656	1.9664	2.2625	2.6021	2.8381	2.8885
B-003.2.1	0.00	0.116	0.0566	0.0760	0.0874	0.1006	0.1097	0.1116
B-003.3	0.02	0.188	0.2005	0.2690	0.3095	0.3560	0.3883	0.3951
B-003.4	0.01	0.233	0.1291	0.1732	0.1993	0.2292	0.2500	0.2544
B-003.4.1	0.03	0.365	0.3337	0.4477	0.5151	0.5925	0.6462	0.6577
B-003.4.2	0.02	0.294	0.2171	0.2913	0.3351	0.3854	0.4204	0.4278
B-003.4.3	0.01	0.235	0.1759	0.2359	0.2715	0.3122	0.3405	0.3466
B-004.1	0.0045	0.109	0.0557	0.0747	0.0860	0.0989	0.1079	0.1098
B-004.2	0.0025	0.094	0.0305	0.0410	0.0471	0.0542	0.0591	0.0602
B-004	9.27	5.9974	28.9255	38.7236	44.4656	51.0692	55.6406	88.4633
B-004.4	0.02	0.220	0.2589	0.3474	0.3997	0.4597	0.5014	0.5103
B-005.1.1	0.06	0.440	0.7185	0.9640	1.1091	1.2756	1.3913	1.4160
B-005.1.2	0.00	0.121	0.0402	0.0539	0.0620	0.0713	0.0778	0.0792
B-005.1	0.02	0.187	0.2535	0.3402	0.3914	0.4502	0.4910	0.4997
B-005.1.3	0.00	0.051	0.0469	0.0629	0.0724	0.0833	0.0908	0.0924
B-005.2	0.00	0.056	0.0221	0.0297	0.0342	0.0393	0.0429	0.0436
B-005.3	0.02	0.274	0.2964	0.3977	0.4576	0.5263	0.5740	0.5842
B-005	0.13	0.621	1.5208	2.0382	2.3429	2.6920	2.9342	3.0136
B-006D.1	0.09	0.616	0.9300	1.2447	1.4289	1.6398	1.7858	1.8560
B-006D.2	0.11	0.571	1.2314	1.6490	1.8940	2.1745	2.3689	2.4511
B-006D	0.30	0.855	2.7456	3.6702	4.2090	4.8247	5.2503	5.5135
B-006D.3	0.12	0.670	1.2474	1.6696	1.9170	2.2000	2.3961	2.4883
B-006D.5	0.1396	1.6275	0.8724	1.1642	1.3331	1.5256	1.6585	1.7669
B-006	14.01	7.568	36.5195	48.9580	56.2864	64.7407	70.6024	115.9727
B-007	2.52	3.526	11.6748	15.5669	17.8116	20.3689	22.1306	32.2529
B-007.1	0.02	0.189	0.2068	0.2775	0.3193	0.3672	0.4005	0.4076
B-008.1.1	0.06	0.283	0.7370	0.9888	1.1377	1.3085	1.4272	1.4525
B-008.1	0.0704	0.4824	0.8171	1.0497	1.1800	1.3288	1.4351	1.4506
B-008.1.2	0.21	0.520	2.6555	3.5627	4.0992	4.7146	5.1422	5.2334
B-008.2.1	0.03	0.371	0.4002	0.5370	0.6178	0.7106	0.7750	0.7888
B-008.2	0.33	0.941	3.4706	4.6445	5.3317	6.1178	6.6622	6.9303
B-008	11.59	6.381	36.8542	49.3301	56.6367	65.0366	70.8505	112.3114
B-009.1	0.3248	1.6969	2.4041	3.0714	3.4407	3.8602	4.1532	4.3454
B-009.2	0.2034	1.2590	1.8772	2.4026	2.6946	3.0268	3.2607	3.3730
B-009	0.5504	2.0176	3.8951	4.9748	5.5720	6.2501	6.7232	7.0467
B-009.3	0.1282	1.2653	1.1643	1.4898	1.6707	1.8765	2.0213	2.0931
B-009.4.1	0.07	0.405	0.8521	1.1433	1.3154	1.5129	1.6501	1.6794
B-009.4	0.03	0.253	0.3453	0.4633	0.5330	0.6130	0.6686	0.6805
B-010.1	0.02	0.149	0.3053	0.4095	0.4712	0.5420	0.5911	0.6016
B-010.2	0.30	1.164	2.9762	3.9815	4.5691	5.2410	5.7060	5.9539
B-010	0.40	0.995	4.3879	5.8749	6.7470	7.7452	8.4369	8.7402
B-010.5	0.12	0.601	1.5408	2.0673	2.3786	2.7357	2.9838	3.0367
B-010.5.1	0.02	0.268	0.2521	0.3382	0.3891	0.4475	0.4881	0.4968
B-010.6	0.13	0.652	1.5582	2.0906	2.4054	2.7665	3.0174	3.0709
B-010.6.1	0.05	0.510	0.6822	0.9153	1.0531	1.2112	1.3211	1.3445

Quadro 4.19 - Vazões nos Cursos d'água interceptados pelo CAC

Bacia	Área (km ²)	Rio principal (km)	Q _{pico} (m ³ /s)					
			Tr=2 anos	Tr=5 anos	Tr=10 anos	Tr=25 anos	Tr=50 anos	Tr=100 anos
B-010.7	0.04	0.476	0.5425	0.7278	0.8374	0.9631	1.0504	1.0691
B-011.2.1	0.02	0.212	0.2013	0.2701	0.3107	0.3574	0.3898	0.3967
B-011.2.2	0.04	0.477	0.4579	0.6143	0.7068	0.8129	0.8867	0.9024
B-011.2	0.09	0.523	1.0599	1.4221	1.6362	1.8819	2.0525	2.0890
B-011	0.12	0.917	1.3168	1.7626	2.0238	2.3226	2.5296	2.6266
B-011.3	0.32	1.240	2.9050	3.8835	4.4538	5.1055	5.5561	5.8322
B-011.4	0.12	0.450	1.4599	1.9565	2.2488	2.5837	2.8161	2.8942
B-011.4.1	0.03	0.061	0.3858	0.5177	0.5956	0.6850	0.7472	0.7604
B-012	219.56	23.7448	277.3575	434.7276	531.7394	646.5743	728.1290	804.2618
B-012.1	0.0339	0.1198	0.4060	0.5221	0.5872	0.6617	0.7151	0.7185
B-012.2	0.1256	0.6078	1.3041	1.6716	1.8765	2.1100	2.2753	2.3320
B-013.1.2	0.01	0.058	0.0742	0.0954	0.1073	0.1209	0.1306	0.1313
B-013.1.3	0.0028	0.044	0.0334	0.0430	0.0484	0.0545	0.0589	0.0592
B-013	0.09	0.430	1.0468	1.3460	1.5140	1.7059	1.8436	1.8525
B-013.1.1	0.01	0.153	0.0932	0.1198	0.1348	0.1518	0.1641	0.1649
B-014.1	0.38	0.812	3.6465	4.6693	5.2384	5.8862	6.3431	6.5419
B-014.2	0.56	0.978	4.7141	6.0283	6.7573	7.5861	8.1674	8.4941
B-014	2.91	1.732	18.0062	22.9806	25.7274	28.8444	31.0117	35.8657
B-015.1	0.04	0.304	0.4462	0.5737	0.6453	0.7271	0.7857	0.7896
B-015	0.31	0.392	3.6489	4.6904	5.2748	5.9423	6.4204	6.4642
B-016	0.40	0.903	3.7174	4.7588	5.3379	5.9968	6.4610	6.6753
B-017.1.1	0.09	0.667	0.9439	1.2112	1.3606	1.5310	1.6522	1.6818
B-017.1	0.19	0.647	2.1425	2.7502	3.0902	3.4781	3.7545	3.8126
B-017.1.2	0.05	0.401	0.6121	0.7870	0.8853	0.9975	1.0780	1.0832
B-017.2	0.32	0.729	3.2301	4.1387	4.6450	5.2215	5.6292	5.7833
B-017.2.1	0.02	0.249	0.2978	0.3829	0.4307	0.4853	0.5244	0.5270
B-017	2.08	2.678	11.6011	14.7989	16.5627	18.5634	19.9515	24.0667
B-017.2.2	0.11	0.496	1.3149	1.6907	1.9017	2.1428	2.3157	2.3269
B-018.1	0.03	0.284	0.3411	0.4385	0.4933	0.5558	0.6007	0.6036
B-018	0.70	1.769	5.2095	6.6559	7.4567	8.3662	9.0018	9.6821
B-019	9.02	5.180	44.0850	56.2086	62.8877	70.4599	75.7020	96.2064
B-019.1	0.13	0.683	1.5423	1.9831	2.2306	2.5134	2.7162	2.7294
B-019.2	0.01	0.197	0.0778	0.1001	0.1126	0.1269	0.1371	0.1378
B-020.1.1	0.01	0.087	0.0730	0.0938	0.1055	0.1189	0.1285	0.1291
B-020.1	0.02	0.141	0.2127	0.2735	0.3077	0.3467	0.3746	0.3764
B-020.1.2	0.14	0.613	1.7309	2.2257	2.5035	2.8208	3.0484	3.0632
B-020.1.3	0.32	1.419	2.7275	3.4879	3.9098	4.3894	4.7258	4.9142
B-020	3.55	4.108	19.0220	24.2615	27.1504	30.4266	32.6982	40.0569
B-020.1.2.1	0.07	0.315	0.8413	1.0817	1.2168	1.3710	1.4816	1.4888
B-020.1.2.2	0.01	0.057	0.1002	0.1288	0.1449	0.1633	0.1765	0.1773
B-020.1.2.3	0.01	0.176	0.0938	0.1206	0.1357	0.1529	0.1652	0.1660
B-021.1	0.02	0.171	0.2023	0.2602	0.2926	0.3297	0.3563	0.3581
B-021.2	0.05	0.292	0.5854	0.7528	0.8467	0.9541	1.0311	1.0361
B-021.3.1	0.05	0.383	0.6509	0.8370	0.9414	1.0608	1.1464	1.1519
B-021.3	0.01	0.266	0.1480	0.1903	0.2141	0.2412	0.2607	0.2619
B-021.3.2	0.02	0.369	0.2702	0.3474	0.3908	0.4403	0.4759	0.4782
B-021	0.30	0.428	3.5829	4.6069	5.1820	5.8389	6.3100	6.3406
B-022.1	0.13	0.611	2.0035	2.4818	2.7608	3.0651	3.2770	3.2770
B-022.1.5	0.01	0.136	0.0756	0.0973	0.1094	0.1233	0.1332	0.1339
B-022.1.1.1	0.01	0.109	0.0817	0.1050	0.1181	0.1331	0.1438	0.1445
B-022.1.1	0.03	0.372	0.3443	0.4427	0.4980	0.5611	0.6064	0.6093
B-022.1.2	0.01	0.141	0.0756	0.0973	0.1094	0.1233	0.1332	0.1339
B-022.1.3	0.00	0.131	0.0585	0.0752	0.0845	0.0953	0.1029	0.1034
B-022.1.3.1	0.00	0.073	0.0458	0.0589	0.0663	0.0747	0.0807	0.0811
B-022.1.4	0.05	0.297	0.5866	0.7543	0.8485	0.9560	1.0332	1.0382

Quadro 4.19 - Vazões nos Cursos d'água interceptados pelo CAC

Bacia	Área (km ²)	Rio principal (km)	Q _{pico} (m ³ /s)					
			Tr=2 anos	Tr=5 anos	Tr=10 anos	Tr=25 anos	Tr=50 anos	Tr=100 anos
B-022.3	0.03	0.172	0.3225	0.4147	0.4664	0.5255	0.5680	0.5707
B-022	5.76	4.560	38.3652	47.2725	52.2586	57.7176	61.3717	80.0959
B-022.4.1.1	0.03	0.359	0.3078	0.3958	0.4452	0.5017	0.5421	0.5448
B-022.4.1	0.46	1.447	4.4704	5.7249	6.4232	7.2179	7.7788	8.0173
B-022.4	0.08	0.671	1.0120	1.3013	1.4637	1.6492	1.7823	1.7910
B-022.4.3	0.06	0.681	0.7611	0.9786	1.1008	1.2403	1.3404	1.3469
B-022.4.2	0.05	0.628	0.6181	0.7948	0.8940	1.0073	1.0886	1.0938
B-022.5	0.05	0.611	0.5840	0.7509	0.8446	0.9517	1.0285	1.0335
B-023.1	0.41	1.375	4.0194	5.1479	5.7762	6.4914	6.9964	7.2057
B-023.2.2	0.05	0.520	0.6569	0.8446	0.9500	1.0705	1.1568	1.1624
B-023.2.2.1	0.01	0.147	0.0716	0.0921	0.1036	0.1167	0.1262	0.1268
B-023.2.1	0.03	0.282	0.3127	0.4021	0.4523	0.5096	0.5507	0.5534
B-023.2.3	0.01	0.226	0.1674	0.2153	0.2421	0.2728	0.2948	0.2963
B-023.2	0.56	1.598	5.2055	6.6626	7.4726	8.3941	9.0430	9.3522
B-024.1.1	0.05	0.447	0.5699	0.7328	0.8243	0.9288	1.0037	1.0086
B-024.1.2	0.01	0.244	0.1493	0.1919	0.2159	0.2432	0.2629	0.2641
B-024.1.3	0.03	0.364	0.3696	0.4752	0.5345	0.6023	0.6508	0.6540
B-024.1.4	0.16	0.875	1.8220	2.3411	2.6321	2.9643	3.2020	3.2321
B-024.1	0.03	0.406	0.3680	0.4731	0.5322	0.5997	0.6480	0.6512
B-024	4.66	3.779	35.5477	43.8184	48.4633	53.5470	56.9611	70.5171
B-024.2	0.08	0.504	0.9640	1.2395	1.3943	1.5710	1.6978	1.7060
B-025	0.60	2.258	4.34	5.54	6.20	6.96	7.49	7.84
B-025.2	0.13	0.617	1.5680	2.0162	2.2678	2.5553	2.7615	2.7749
B-025.3	0.04	0.264	0.4602	0.5917	0.6656	0.7500	0.8105	0.8144
B-025.1.1	0.11	0.844	1.1829	1.5183	1.7058	1.9198	2.0721	2.1060
B-025.1	0.07	0.564	0.8391	1.0790	1.2137	1.3675	1.4779	1.4850
B-026.1.1	0.02	0.240	0.1835	0.2360	0.2654	0.2991	0.3232	0.3248
B-026.1.2	0.00	0.086	0.0220	0.0282	0.0318	0.0358	0.0387	0.0389
B-026.1	0.08	0.593	1.0046	1.2917	1.4529	1.6371	1.7692	1.7778
B-026.2	0.10	0.984	1.0443	1.3397	1.5047	1.6929	1.8266	1.8622
B-026.3	0.12	1.038	1.2865	1.6494	1.8520	2.0828	2.2464	2.2982
B-026.3.1	0.03	0.510	0.3337	0.4291	0.4826	0.5438	0.5877	0.5905
B-026.4	0.06	0.767	0.7275	0.9345	1.0504	1.1828	1.2773	1.2920
B-026	0.71	1.8181	5.7876	7.40	8.29	9.31	10.02	10.44
B-027.2	0.04	0.3886	0.5254	0.68	0.76	0.86	0.93	0.93
B-027D.1	0.03	0.2471	0.3895	0.50	0.56	0.63	0.69	0.69
B-027D.2	0.10	0.3879	1.2248	1.57	1.77	2.00	2.16	2.17
B-027.3	0.19	0.8694	2.1911	2.8128	3.1606	3.5574	3.8401	3.8988
B-027.4	0.05	0.5444	0.5624	0.7231	0.8134	0.9165	0.9904	0.9952
B-027	5.97	3.8719	35.8494	45.7467	51.2102	57.4091	61.7167	72.2648
B-027.1.1	0.10	0.4844	1.2085	1.5539	1.7479	1.9694	2.1284	2.1387
B-027.1.2	0.15	1.1003	1.5278	1.9580	2.1978	2.4709	2.6642	2.7336
B-027.1.3	0.21	1.2208	2.1061	2.6980	3.0277	3.4030	3.6682	3.7733
B-027.1.3.1	0.13	0.9885	1.4425	1.8504	2.0782	2.3380	2.5226	2.5729
B-027.1	0.32	1.6628	2.6162	3.3450	3.7491	4.2085	4.5305	4.7165
B-027.1.4	0.05	0.7215	0.6300	0.8098	0.9107	1.0259	1.1084	1.1163
B-027.1.5	0.07	0.6426	0.8231	1.0583	1.1904	1.3413	1.4495	1.4566
B-027.1.6.1	0.09	0.7092	1.0650	1.3694	1.5403	1.7356	1.8756	1.8847
B-027.1.6	0.20	0.6818	2.4211	3.1131	3.5017	3.9456	4.2640	4.2847
B-028.1.1	0.01	0.2046	0.1720	0.2212	0.2488	0.2803	0.3029	0.3044
B-028.1	0.03	0.3275	0.4035	0.5189	0.5836	0.6576	0.7107	0.7141
B-028.2	0.09	0.5277	1.0583	1.3608	1.5307	1.7247	1.8639	1.8729
B-028.3	0.16	1.7592	1.3380	1.7107	1.9173	2.1522	2.3169	2.4122
B-028	7.48	6.2072	29.0931	37.1353	41.6041	46.6792	50.1906	68.9710

Quadro 4.19 - Vazões nos Cursos d'água interceptados pelo CAC

Bacia	Área (km ²)	Rio principal (km)	Q _{pico} (m ³ /s)					
			Tr=2 anos	Tr=5 anos	Tr=10 anos	Tr=25 anos	Tr=50 anos	Tr=100 anos
B-029	0.18	0.8256	2.1027	2.7029	3.0397	3.4244	3.7000	3.7246
B-029.1	0.10	0.6781	1.1931	1.5342	1.7257	1.9444	2.1013	2.1115
B-029.1.1	0.04	0.2466	0.4206	0.5408	0.6083	0.6854	0.7407	0.7443
B-029.1.2	0.01	0.0685	0.1221	0.1570	0.1766	0.1990	0.2151	0.2161
B-030	0.96	1.9858	6.3735	8.1370	9.1116	10.2179	10.9883	12.3588
B-030.1	0.02	0.2011	0.2581	0.3318	0.3733	0.4206	0.4545	0.4567
B-030.2	0.01	0.1559	0.0812	0.1044	0.1174	0.1323	0.1430	0.1437
B-030.2A	0.00	0.0812	0.0460	0.0592	0.0666	0.0750	0.0810	0.0814
B-030.3	0.06	0.3578	0.7704	0.9906	1.1142	1.2555	1.3568	1.3633
B-031.1	0.05	0.3393	0.5511	0.7086	0.7970	0.8980	0.9705	0.9752
B-031	2.03	2.2225	16.1062	20.5862	23.0685	25.8892	27.8633	29.2874
B-031.5	0.02	0.2233	0.2277	0.2928	0.3293	0.3711	0.4010	0.4030
B-031.6	0.13	1.0291	1.4149	1.8162	2.0407	2.2968	2.4792	2.5182
B-031.6D	0.04	0.1400	0.5337	0.6862	0.7719	0.8697	0.9399	0.9445
B-031.7	0.03	0.3874	0.4187	0.54	0.61	0.68	0.74	0.74
B-032.1	0.10	0.5838	1.2117	1.56	1.75	1.97	2.13	2.14
B-032.1.1	0.11	0.7262	1.7247	2.14	2.38	2.64	2.82	2.82
B-032.2	0.23	1.0129	3.3282	4.12	4.58	5.07	5.42	5.45
B-032	0.19	1.1415	2.5654	3.17	3.52	3.90	4.16	4.22
B-032.6	0.24	1.1896	3.0196	3.73	4.14	4.59	4.89	4.98
B-032.5	0.02	0.2031	0.2396	0.30	0.33	0.37	0.39	0.39
B-032.3.1	0.03	0.2868	0.4046	0.50	0.56	0.62	0.66	0.66
B-032.3	0.02	0.3225	0.3621	0.45	0.50	0.55	0.59	0.59
B-032.3.2	0.05	0.3633	0.7420	0.92	1.02	1.14	1.21	1.21
B-032.4	0.03	0.2082	0.4546	0.56	0.63	0.70	0.74	0.74
B-032.4.1	0.02	0.1592	0.2458	0.30	0.34	0.38	0.40	0.40
B-033.1	1.80	3.6935	12.1153	14.9286	16.5038	18.2284	19.3831	25.1772
B-033	83.36	13.9679	230.4478	285.5286	316.8988	352.0265	375.6948	556.7694
B-033.2	2.45	4.3542	16.3302	20.1217	22.2443	24.5681	26.1237	34.0560
B-033.3	0.17	0.6781	2.6375	3.2672	3.6345	4.0351	4.3141	4.3141
B-033.4.1	0.02	0.2341	0.2475	0.3066	0.3411	0.3787	0.4048	0.4048
B-033.4	0.01	0.2235	0.1071	0.1326	0.1475	0.1638	0.1751	0.1751
B-034	0.08	0.4553	1.2272	1.5201	1.6910	1.8774	2.0072	2.0072
B-034.1	0.15	0.8369	2.2823	2.8272	3.1450	3.4917	3.7331	3.7331
B-035.3.1	0.02	0.3090	0.3134	0.3883	0.4319	0.4795	0.5127	0.5127
B-035.3	0.02	0.2942	0.3695	0.4578	0.5092	0.5654	0.6044	0.6044
B-035	2.63	4.4969	17.2744	21.2842	23.5283	25.9852	27.6293	36.2423
B-035.2.1	0.01	0.1703	0.1544	0.1912	0.2127	0.2362	0.2525	0.2525
B-035.2	0.04	0.5357	0.6689	0.8286	0.9218	1.0234	1.0941	1.0941
B-035.1	0.05	0.3983	0.8249	1.0218	1.1367	1.2619	1.3492	1.3492
B-036.2	0.02	0.1988	0.3031	0.3754	0.4176	0.4637	0.4957	0.4957
B-036	0.09	0.6426	1.4000	1.7342	1.9291	2.1418	2.2899	2.2899
B-036.3	0.03	0.3391	0.4020	0.4980	0.5540	0.6151	0.6576	0.6576
B-036.1.1	0.00	0.1147	0.0731	0.0905	0.1007	0.1118	0.1195	0.1195
B-036.1	0.01	0.1695	0.1486	0.1840	0.2047	0.2273	0.2430	0.2430
B-037.1.2	0.01	0.1705	0.1677	0.2077	0.2311	0.2566	0.2743	0.2743
B-037.1	0.01	0.0544	0.0854	0.1058	0.1177	0.1306	0.1397	0.1397
B-037	4.24	7.7353	18.7506	23.1451	25.6155	28.3446	30.1717	44.4616
B-037.3	0.06	0.3852	0.8772	1.0866	1.2087	1.3419	1.4347	1.4347
B-037.4	0.01	0.1979	0.1927	0.2387	0.2656	0.2949	0.3153	0.3153
B-037.4.1	0.02	0.2619	0.3185	0.3945	0.4389	0.4872	0.5209	0.5209
B-038.1.1	0.01	0.1956	0.1349	0.1671	0.1859	0.2064	0.2206	0.2206
B-038.1	0.04	0.3125	0.6027	0.7466	0.8306	0.9221	0.9859	0.9859
B-038	0.30	0.9887	4.2435	5.2499	5.8313	6.4661	6.9042	6.9566
B-038.2	0.03	0.2850	0.5174	0.6410	0.7130	0.7916	0.8463	0.8463

Quadro 4.19 - Vazões nos Cursos d'água interceptados pelo CAC

Bacia	Área (km ²)	Rio principal (km)	Q _{pico} (m ³ /s)					
			Tr=2 anos	Tr=5 anos	Tr=10 anos	Tr=25 anos	Tr=50 anos	Tr=100 anos
B-039.1	0.07	0.6732	1.0653	1.3196	1.4680	1.6298	1.7425	1.7425
B-039	7.99	9.0563	31.1645	38.5135	42.6619	47.2648	50.3526	76.0417
B-039.2	0.04	0.4183	0.5927	0.7342	0.8167	0.9068	0.9695	0.9695
B-040.1.5	0.01	0.1667	0.1289	0.1597	0.1777	0.1972	0.2109	0.2109
B-040.1	0.01	0.2470	0.1987	0.2461	0.2738	0.3039	0.3249	0.3249
B-040.1.2	0.03	0.2038	0.3923	0.4859	0.5406	0.6001	0.6416	0.6416
B-040.1.1	0.01	0.1579	0.1238	0.1533	0.1706	0.1894	0.2024	0.2024
B-040.1.3	0.01	0.1980	0.2105	0.2607	0.2900	0.3220	0.3443	0.3443
B-040.1.4	0.03	0.2188	0.3851	0.4770	0.5306	0.5891	0.6298	0.6298
B-040	0.11	0.5897	1.7449	2.1615	2.4045	2.6695	2.8541	2.8541
B-040.2	0.05	0.3686	0.7415	0.9185	1.0218	1.1344	1.2128	1.2128
B-040.3	0.11	0.5105	1.7376	2.1524	2.3944	2.6583	2.8421	2.8421
B-041	0.63	1.2084	7.8047	9.6443	10.6977	11.8485	12.6362	12.9573
B-042	0.61	1.1761	7.3732	9.1091	10.1016	11.1859	11.9269	12.4138
B-042.1	0.04	0.2023	0.5375	0.6658	0.7407	0.8223	0.8792	0.8792
B-043.1.1	0.16	0.7133	2.3369	2.8932	3.2162	3.5687	3.8132	3.8163
B-043.1	0.11	0.5283	1.6500	2.0439	2.2737	2.5243	2.6988	2.6988
B-043	0.38	1.0119	5.0919	6.2960	6.9888	7.7454	8.2656	8.3726
B-044	12.42	6.0859	64.8169	79.8634	88.2666	97.4870	103.6395	147.1262
B-045.1	0.33	1.4690	3.7022	4.5711	5.0656	5.6060	5.9737	6.1358
B-045	2.69	3.7514	19.7420	24.3324	26.9080	29.7272	31.6186	39.6436
B-045.2	0.17	0.2939	2.5503	3.1592	3.5143	3.9017	4.1715	4.1715
B-045.2.1	0.07	0.5987	1.0591	1.3120	1.4595	1.6203	1.7324	1.7324
B-046.1	0.34	1.1244	4.4025	5.4418	6.0382	6.6896	7.1365	7.2525
B-046.1.1	0.05	0.5897	0.8004	0.9915	1.1029	1.2245	1.3092	1.3092
B-046	1.01	1.8673	9.6876	11.9521	13.2329	14.6339	15.5813	17.9259
B-046.1.3	0.03	0.2211	0.4856	0.6015	0.6692	0.7429	0.7943	0.7943
B-047.1.3	0.02	0.1951	0.3573	0.4427	0.4924	0.5467	0.5845	0.5845
B-047.1	0.07	0.3613	1.1135	1.3793	1.5344	1.7035	1.8213	1.8213
B-047	75.90	15.0056	194.9062	282.2910	334.6874	395.0759	436.5544	475.0046
B-047.3	0.79	2.6741	6.2339	7.6851	8.5009	9.3937	9.9939	10.4180
B-047.5	0.21	0.6967	3.0433	3.7660	4.1844	4.6411	4.9569	4.9820
B-048.3	0.05	0.2640	0.7087	0.8778	0.9765	1.0842	1.1591	1.1591
B-048	0.85	1.9190	7.9385	9.7931	10.8411	11.9875	12.7621	14.8097
B-049.1	0.22	0.9750	2.9527	3.6510	4.0528	4.4916	4.7933	4.8548
B-049.2	15.20	7.1131	71.5243	88.2313	97.6016	107.9292	114.8354	167.0082
B-050	4.61	8.4781	18.5569	22.9268	25.3911	28.1228	29.9544	44.4960
B-051.1	0.70	1.9016	6.5338	8.0602	8.9227	9.8661	10.5036	12.0434
B-051.1.1	0.17	0.5833	2.2294	2.7562	3.0591	3.3898	3.6170	3.6683
B-051.2	0.44	1.6179	4.5855	5.6596	6.2691	6.9356	7.3877	7.6144
B-052	0.62	1.6097	6.2175	7.6722	8.4963	9.3974	10.0077	11.2131
B-053	0.44	1.3790	5.1261	6.3311	7.0183	7.7694	8.2815	8.4818
B-053.D.1	0.01	0.1231	0.0910	0.1127	0.1254	0.1392	0.1488	0.1488
B-054.1.1	0.04	0.2807	0.5595	0.6931	0.7710	0.8560	0.9151	0.9151
B-054	35.41	9.1856	130.1537	190.4183	226.2268	267.3720	295.9579	321.3012
B-054.1	0.02	0.1814	0.2560	0.3171	0.3518	0.3916	0.4179	0.4179
B-055.1	0.01	0.1575	0.1863	0.2308	0.2561	0.2850	0.3041	0.3041
B-055.1.1	0.01	0.1136	0.1180	0.1462	0.1622	0.1805	0.1926	0.1926
B-055.2	0.01	0.0822	0.0959	0.1188	0.1318	0.1467	0.1565	0.1565
B-055.4	0.07	0.2965	0.9943	1.2319	1.3668	1.5210	1.6234	1.6234
B-055.4.1	0.02	0.2549	0.3240	0.4014	0.4454	0.4957	0.5290	0.5290
B-055	5.92	6.1966	30.9776	38.1314	42.0974	46.4538	49.4027	69.6624
B-055.5	0.10	0.5679	1.5012	1.8601	2.0637	2.2966	2.4511	2.4511
B-056	0.53	1.0724	7.1720	8.8695	9.8263	10.9091	11.6310	11.7467

Quadro 4.19 - Vazões nos Cursos d'água interceptados pelo CAC

Bacia	Área (km ²)	Rio principal (km)	Q _{pico} (m ³ /s)					
			Tr=2 anos	Tr=5 anos	Tr=10 anos	Tr=25 anos	Tr=50 anos	Tr=100 anos
B-056.2.1	0.03	0.4951	0.4814	0.5964	0.6617	0.7364	0.7859	0.7859
B-056.2.1.1	0.04	0.4829	0.5751	0.7126	0.7906	0.8798	0.9390	0.9390
B-056.3	0.03	0.3210	0.4130	0.5117	0.5677	0.6318	0.6743	0.6743
B-056.4	0.01	0.2366	0.1823	0.2259	0.2507	0.2789	0.2977	0.2977
B-057D.2	0.06	0.2472	0.8376	1.0378	1.1514	1.2813	1.3675	1.3675
B-057	1.03	2.1705	11.6102	14.3321	15.8567	17.5634	18.7071	17.1656
B-057.1	0.04	0.6447	0.4550	0.5617	0.6214	0.6883	0.7331	0.7514
B-057.2	0.04	0.3398	0.5641	0.6990	0.7755	0.8630	0.9210	0.9210
B-058	6.17	6.1983	30.9139	38.0728	42.0492	46.4259	49.3911	70.6685
B-058.1	0.01	0.2167	0.1755	0.2175	0.2413	0.2685	0.2866	0.2866
B-059	0.06	0.4304	0.8557	1.0602	1.1763	1.3090	1.3971	1.3971
B-059.2	0.06	0.6449	0.9187	1.1383	1.2629	1.4054	1.5000	1.5000
B-059.1.2	0.03	0.5160	0.5145	0.6375	0.7072	0.7871	0.8400	0.8400
B-059.1	0.07	0.6676	1.0998	1.3626	1.5118	1.6824	1.7956	1.7956
B-059.1.3	0.01	0.2692	0.1599	0.1981	0.2198	0.2446	0.2611	0.2611
B-059.1.1	0.06	0.5403	0.9509	1.1783	1.3072	1.4547	1.5526	1.5526
B-060.1	0.35	0.7824	5.2382	6.4898	7.1998	8.0115	8.5503	8.5503
B-060.2	0.09	0.6367	1.3153	1.6297	1.8081	2.0122	2.1476	2.1476
B-060.2.1	0.11	0.6723	1.6211	2.0085	2.2284	2.4799	2.6467	2.6467
B-060	3.67	6.1920	18.8867	23.2529	25.6753	28.3382	30.1413	42.6764
B-061.4	0.06	0.5921	0.8633	1.0697	1.1867	1.3207	1.4095	1.4095
B-061.5	0.01	0.2596	0.2064	0.2557	0.2837	0.3157	0.3370	0.3370
B-061.6	0.01	0.2340	0.1986	0.2461	0.2730	0.3038	0.3243	0.3243
B-061	7.00	6.3781	35.2766	43.4431	47.9782	52.9686	56.3492	80.2094
B-061.1	0.08	0.5524	1.2087	1.4977	1.6616	1.8491	1.9735	1.9735
B-061.2	0.12	0.4615	1.7499	2.1682	2.4055	2.6769	2.8571	2.8571
B-061.3	0.04	0.3022	0.6663	0.8255	0.9159	1.0193	1.0878	1.0878
B-062.1	0.04	0.2779	0.5953	0.7376	0.8184	0.9107	0.9720	0.9720
B-062.1.1	0.01	0.1915	0.1986	0.2461	0.2730	0.3038	0.3243	0.3243
B-062.2	0.02	0.3643	0.3030	0.3754	0.4165	0.4635	0.4946	0.4946
B-062	0.35	1.0032	4.4573	5.5074	6.0975	6.7617	7.2057	7.3295
B-063	0.57	1.6206	5.2147	6.4285	7.1051	7.8562	8.3615	8.6619
B-063.1.2	0.04	0.3386	0.5895	0.7304	0.8103	0.9018	0.9625	0.9625
B-063.1.1	0.06	0.3645	0.9813	1.2159	1.3490	1.5012	1.6022	1.6022
B-063.1	0.03	0.3147	0.4019	0.4980	0.5525	0.6148	0.6562	0.6562
B-064.1	0.13	0.5843	2.0021	2.4807	2.7522	3.0628	3.2689	3.2689
B-064	1.15	2.4720	9.9115	12.2152	13.4981	14.9196	15.8767	18.7891
B-065.1	0.11	0.5710	1.6589	2.0555	2.2805	2.5378	2.7086	2.7086
B-065.2	0.43	1.3257	5.0752	6.2672	6.9356	7.6854	8.1874	8.3673
B-065	3.55	3.9861	25.6294	31.5639	34.8598	38.4956	40.9485	51.3001
B-065.2.2	0.31	0.8323	4.5377	5.6179	6.2291	6.9252	7.3880	7.3951
B-065.2.1	0.06	0.4273	0.8539	1.0580	1.1738	1.3063	1.3942	1.3942
B-066	0.23	0.7104	3.5047	4.3425	4.8178	5.3615	5.7223	5.7223
B-066.2	0.01	0.1296	0.1363	0.1689	0.1873	0.2085	0.2225	0.2225
B-066.2.1	0.01	0.1302	0.1147	0.1421	0.1577	0.1754	0.1873	0.1873
B-066.3	0.01	0.1002	0.0841	0.10	0.12	0.13	0.14	0.14
B-067.1.1	0.00	0.0896	0.0745	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12
B-067.1.2	0.01	0.1287	0.0821	0.1017	0.1129	0.1256	0.1341	0.1341
B-067.1	0.09	0.4990	1.3249	1.6416	1.8213	2.0269	2.1632	2.1632
B-067	0.28	0.6587	3.7466	4.6324	5.1314	5.6954	6.0717	6.1417
B-067.2	0.10	0.3893	1.4997	1.8582	2.0616	2.2943	2.4486	2.4486
B-068	58.08	9.2886	198.9813	245.9469	272.3781	301.8612	321.9478	468.6917
B-069.1.2	0.02	0.1054	0.2919	0.3617	0.4013	0.4465	0.4766	0.4766
B-069.1	0.03	0.2764	0.4584	0.5679	0.6301	0.7012	0.7484	0.7484
B-069.1.3	0.02	0.2180	0.2360	0.2924	0.3244	0.3610	0.3853	0.3853

Quadro 4.19 - Vazões nos Cursos d'água interceptados pelo CAC

Bacia	Área (km ²)	Rio principal (km)	Q _{pico} (m ³ /s)					
			Tr=2 anos	Tr=5 anos	Tr=10 anos	Tr=25 anos	Tr=50 anos	Tr=100 anos
B-069.1.4	0.06	0.4462	0.9478	1.1743	1.3029	1.4499	1.5475	1.5475
B-069	0.14	1.0772	1.6635	2.0544	2.2737	2.5198	2.6845	2.7415
B-069.2.1	0.02	0.2024	0.3201	0.3966	0.4400	0.4897	0.5226	0.5226
B-069.2	0.13	0.7252	1.9199	2.38	2.63	2.93	3.12	3.13
B-070	0.83	1.6166	8.5339	10.5277	11.6419	12.8842	13.7182	15.2466
B-071	3.98	5.1379	23.8322	29.3326	32.3806	35.7298	37.9934	51.2956
B-071.1	2.02	3.5479	15.0561	18.5445	20.4828	22.6227	24.0659	29.8071
B-071.1.1	0.03	0.1617	0.4378	0.5425	0.6018	0.6698	0.7148	0.7148
B-071.2	0.04	0.3516	0.6695	0.8295	0.9203	1.0242	1.0931	1.0931
B-072.1	0.10	0.8229	1.2846	1.5879	1.7587	1.9513	2.0799	2.1083
B-072	0.12	0.8655	1.5536	1.9201	2.1263	2.3587	2.5139	2.5519
B-072.2.1	0.01	0.1695	0.1230	0.1524	0.1691	0.1882	0.2009	0.2009
B-072.2	0.06	0.3970	0.9777	1.2114	1.3440	1.4957	1.5964	1.5964
B-073.1	0.02	0.2099	0.2888	0.3579	0.3971	0.4419	0.4716	0.4716
B-073.1.1	0.09	0.6710	1.3160	1.6293	1.8067	2.0087	2.1430	2.1443
B-073.3.1	0.12	0.7746	1.6911	2.0929	2.3199	2.5780	2.7497	2.7604
B-073.3	0.03	0.5328	0.4512	0.5590	0.6202	0.6902	0.7367	0.7367
B-073	1.06	2.0587	10.5412	13.0013	14.3750	15.9045	16.9320	19.0750
B-073.4	0.05	0.2993	0.8124	1.0066	1.1167	1.2428	1.3264	1.3264
B-074	0.86	2.5113	7.8327	9.6559	10.6722	11.8005	12.5594	14.5937
B-075.1.3.1	0.01	0.1573	0.1393	0.1726	0.1915	0.2131	0.2274	0.2274
B-075.1.3	0.01	0.1789	0.1662	0.2059	0.2284	0.2542	0.2713	0.2713
B-075.1.3.2	0.01	0.2426	0.1620	0.2008	0.2227	0.2479	0.2646	0.2646
B-075.1	0.15	0.7019	2.3449	2.9054	3.2234	3.5872	3.8285	3.8285
B-075	1.29	2.5421	11.7625	14.5005	16.0266	17.7208	18.8605	21.9220
B-076	7.91	6.1320	40.8683	50.3143	55.5541	61.3134	65.2129	94.3826
B-076.1	0.05	0.3857	0.8243	1.0214	1.1332	1.2611	1.3459	1.3459
B-076.1.1	0.05	0.5471	0.7394	0.9161	1.0164	1.1311	1.2072	1.2072
B-076.2.3	0.05	0.3705	0.7703	0.9544	1.0588	1.1783	1.2576	1.2576
B-076.2	0.02	0.0691	0.2845	0.3526	0.3911	0.4353	0.4646	0.4646
B-076.2.1	0.04	0.3934	0.6300	0.7806	0.8661	0.9638	1.0287	1.0287
B-076.2.2	0.03	0.2407	0.3880	0.4865	0.5476	0.6201	0.6726	0.6780
B-077	10.04	6.8149	44.8753	55.9459	62.6920	70.5678	76.2509	112.5687
B-077.1	0.12	0.6690	1.7025	2.1334	2.4003	2.7168	2.9456	2.9818
B-078.1.2	0.24	0.9015	2.8429	3.5539	3.9914	4.5066	4.8787	5.0306
B-078.1.1.1	0.01	0.1178	0.2101	0.2634	0.2964	0.3357	0.3641	0.3670
B-078.1.1.2	0.00	0.1111	0.0632	0.0792	0.0892	0.1010	0.1095	0.1104
B-078.1.3.1	0.01	0.1116	0.0843	0.1057	0.1189	0.1347	0.1461	0.1472
B-078.1.3	0.01	0.1413	0.2093	0.2624	0.2954	0.3345	0.3628	0.3657
B-078	0.41	0.8886	4.9971	6.2493	7.0205	7.9298	8.5868	8.8283
B-078.2	0.22	0.5927	3.0363	3.8042	4.2798	4.8434	5.2508	5.3208
B-078.2.1	0.07	0.6057	0.8466	1.0584	1.1887	1.3422	1.4531	1.4978
B-078.1	0.31	1.4035	2.4775	3.0885	3.4614	3.8968	4.2111	4.4367
B-078.1.1	0.24	1.1148	2.1882	2.7298	3.0609	3.4485	3.7283	3.9070
B-079D.4	0.07	0.2455	0.9765	1.2242	1.3780	1.5605	1.6925	1.7061
B-079D.4	0.08	0.2514	1.1350	1.4231	1.6018	1.8140	1.9674	1.9832
B-079D.2	0.06	0.3487	0.9135	1.1453	1.2891	1.4599	1.5834	1.5961
B-079D.1	0.16	0.5670	2.3049	2.8898	3.2527	3.6836	3.9952	4.0272
B-079	21.73	10.1565	73.1773	91.5053	102.7434	115.9718	125.5183	195.9600
B-080	87.63	17.2583	182.0751	228.5118	257.1921	291.2731	315.8715	490.3792
B-080D.1	0.01	0.1409	0.1046	0.1312	0.1476	0.1672	0.1813	0.1828
B-080D.2	0.23	0.6144	2.6315	3.2885	3.6923	4.1674	4.5106	4.6635
B-080.1	0.22	0.5142	2.6783	3.3494	3.7627	4.2499	4.6019	4.7324
B-080D.4	0.08	0.2041	1.1568	1.4503	1.6325	1.8488	2.0051	2.0212
B-080.4	0.08	0.3427	1.1974	1.5013	1.6898	1.9137	2.0756	2.0922

Quadro 4.19 - Vazões nos Cursos d'água interceptados pelo CAC

Bacia	Área (km ²)	Rio principal (km)	Q _{pico} (m ³ /s)					
			Tr=2 anos	Tr=5 anos	Tr=10 anos	Tr=25 anos	Tr=50 anos	Tr=100 anos
B-081.1	0.06	0.4274	0.8572	1.0748	1.2097	1.3700	1.4859	1.4978
B-081	5.53	4.8784	23.9082	36.3604	44.7223	54.9344	62.5227	69.2912
B-081D.1	0.65	1.5627	5.1765	6.4528	7.2315	8.1407	8.7971	9.2722
B-082.1.1	0.08	0.4206	1.1892	1.4910	1.6782	1.9005	2.0613	2.0778
B-082.1	0.17	0.5871	2.3246	2.9123	3.2760	3.7071	4.0187	4.0756
B-82.1.2.1	0.01	0.5871	0.1803	0.2260	0.2544	0.2880	0.3123	0.3153
B-082.1.2	0.05	0.3915	0.7810	0.9792	1.1022	1.2482	1.3537	1.3646
B-082.1.3	0.08	0.4868	1.1865	1.4876	1.6744	1.8963	2.0567	2.0731
B-082	3.74	3.3552	19.2816	29.7442	36.5855	44.8966	51.1283	56.7103
B-082.2.1	0.05	0.59	0.7017	0.8795	0.9898	1.1207	1.2153	1.2272
B-082.2	0.11	0.7119	1.5409	1.9306	2.1719	2.4579	2.6647	2.7004
B-082.3	0.05	0.4674	0.7352	0.9218	1.0375	1.1750	1.2744	1.2846
B-082.4	0.05	0.2017	0.7325	0.9184	1.0337	1.1707	1.2697	1.2799
B-083	1.08	3.0789	5.5896	8.6275	10.6143	13.0280	14.8278	16.4569
B-084	15.41	9.5909						
B-084.1	0.02	0.0971	0.2665	0.3341	0.3761	0.4259	0.4619	0.4656
B-085.1	0.04	0.1337	0.6186	0.7755	0.8729	0.9886	1.0722	1.0808
B-085.1.1	0.01	0.2194	0.1613	0.2023	0.2277	0.2579	0.2797	0.2819
B-085.2	0.02	0.2208	0.2254	0.2826	0.3181	0.3603	0.3908	0.3939
B-085.3.2	0.01	0.1980	0.1173	0.1471	0.1656	0.1875	0.2034	0.2050
B-085.3	0.01	0.1159	0.1313	0.1646	0.1853	0.2099	0.2276	0.2294
B-085.3.1	0.12	0.4255	1.6645	2.0869	2.3490	2.6602	2.8852	2.9083
B-085	0.29	0.5550	4.2002	5.2661	5.9274	6.7126	7.2804	7.3387
B-085.4	0.04	0.2718	0.5103	0.6398	0.7202	0.8156	0.8846	0.8917
B-086	2.11	2.6339	17.7370	22.1164	24.7906	27.9159	30.1721	31.7328
B-086.2	0.05	0.4802	0.7253	0.9094	1.0236	1.1592	1.2572	1.2673
B-086.3	0.07	0.5670	1.0703	1.3419	1.5104	1.7105	1.8551	1.8700
B-086.4	0.03	0.3641	0.4826	0.6050	0.6810	0.7712	0.8365	0.8432
B-087	0.15	0.5818	2.1318	2.6727	3.0083	3.4069	3.6951	3.7247
B-087.1	0.02	0.3512	0.3375	0.4232	0.4763	0.5394	0.5850	0.5897
B-087.2	0.01	0.2173	0.2086	0.2615	0.2943	0.3333	0.3615	0.3644
B-087.3	0.01	0.2017	0.1629	0.2042	0.2298	0.2603	0.2823	0.2846
B-088.1	0.04	0.3633	0.5411	0.6784	0.7636	0.8648	0.9379	0.9455
B-088	0.84	1.5858	5.2689	8.5104	10.7620	13.5533	15.6547	17.0917
B-088.1.2	0.08	0.5937	1.1872	1.4884	1.6753	1.8973	2.0578	2.0743
B-088.1.1	0.05	0.3501	0.7067	0.8861	0.9974	1.1295	1.2250	1.2348
B-088.2	0.03	0.2412	0.3830	0.4802	0.5405	0.6121	0.6639	0.6692
B-089.1.1	0.01	0.0726	0.1068	0.1339	0.1507	0.1706	0.1851	0.1866
B-089	0.16	0.7932	2.2280	2.7934	3.1442	3.5608	3.8620	3.8929
B-089.1	0.02	0.3098	0.3414	0.4281	0.4819	0.5457	0.5918	0.5966
B-089.2	0.06	0.4856	0.9288	1.1645	1.3107	1.4844	1.6099	1.6228
B-089.2.2	0.03	0.4798	0.4226	0.5299	0.5964	0.6754	0.7326	0.7384
B-089.2.1	0.02	0.4414	0.2651	0.3324	0.3742	0.4237	0.4596	0.4633
B-090.2	0.12	1.0383	1.6157	2.0245	2.2778	2.5780	2.7951	2.8299
B-090.2.1	0.02	0.2380	0.2529	0.3171	0.3569	0.4042	0.4383	0.4419
B-090.3	0.02	0.4626	0.3070	0.3850	0.4333	0.4907	0.5322	0.5365
B-090.3.1	0.05	0.6067	0.6959	0.8725	0.9821	1.1122	1.2062	1.2159
B-090.4.1	0.06	0.5640	0.8246	1.0338	1.1637	1.3178	1.4293	1.4407
B-090.4	0.04	0.5175	0.5574	0.6989	0.7866	0.8909	0.9662	0.9740
B-090.4.2	0.05	0.6228	0.6624	0.8306	0.9349	1.0587	1.1483	1.1574
B-090	0.27	1.0383	3.7723	4.7270	5.3184	6.0197	6.5266	6.6065
B-090.5.1	0.21	0.7903	3.0408	3.8124	4.2911	4.8596	5.2707	5.3129
B-090.5	0.24	0.9475	3.4965	4.3838	4.9343	5.5880	6.0606	6.1092
B-090.6.2	0.01	0.1341	0.1461	0.1831	0.2061	0.2335	0.2532	0.2552

Quadro 4.19 - Vazões nos Cursos d'água interceptados pelo CAC

Bacia	Área (km ²)	Rio principal (km)	Q _{pico} (m ³ /s)					
			Tr=2 anos	Tr=5 anos	Tr=10 anos	Tr=25 anos	Tr=50 anos	Tr=100 anos
B-090.6	0.18	1.0995	2.5066	3.1395	3.5310	3.9946	4.3297	4.3993
B-090.6.1	0.08	0.7185	1.0770	1.3503	1.5199	1.7212	1.8668	1.8818
B-091.2	0.04	0.6240	0.6144	0.7704	0.8671	0.9820	1.0650	1.0736
B-091.1	0.05	0.5765	0.7855	0.9849	1.1085	1.2554	1.3616	1.3725
B-091	0.12	0.7710	1.6753	2.1005	2.3642	2.6775	2.9039	2.9272
B-091.2.1	0.02	0.4804	0.3458	0.4335	0.4879	0.5526	0.5993	0.6041
B-091.3	0.03	0.4586	0.4841	0.6069	0.6832	0.7737	0.8391	0.8458
B-091.4	0.06	0.5487	0.8434	1.0575	1.1902	1.3479	1.4620	1.4737
B-092.1	0.06	0.6373	0.8799	1.1032	1.2417	1.4062	1.5251	1.5374
B-092.2	0.03	0.3834	0.4559	0.5715	0.6433	0.7286	0.7902	0.7965
B-092	2.85	2.4996	16.3840	25.8694	32.1361	39.7975	45.5217	50.2753
B-093	0.03	0.3755	0.4110	0.5153	0.5801	0.6569	0.7125	0.7182
B-093.3	0.03	0.3816	0.4114	0.5158	0.5806	0.6575	0.7131	0.7188
B-093.2	0.06	0.4861	0.8758	1.0981	1.2360	1.3997	1.5181	1.5303
B-093.1	0.06	0.4886	0.8775	1.1002	1.2384	1.4024	1.5211	1.5332
B-093.4	0.05	1.3285	0.5606	0.7008	0.7871	0.8887	0.9621	0.9921
B-093.4.1	1.53	2.4485	9.0560	14.4563	18.0431	22.4445	25.7397	28.3457
B-094	0.16	0.8251	2.0908	2.6162	2.9403	3.3230	3.5996	3.6849
B-095.1	0.03	0.2843	0.4180	0.5241	0.5899	0.6680	0.7245	0.7303
B-095.1.1	0.08	0.4541	1.1218	1.4065	1.5831	1.7928	1.9444	1.9600
B-095.1.2	0.03	0.3248	0.4505	0.5648	0.6357	0.7200	0.7809	0.7871
B-095	4.31	4.9196	19.3157	29.3224	36.1257	44.4394	50.6232	56.0797
B-095.2	0.01	0.0954	0.0953	0.1194	0.1344	0.1522	0.1651	0.1664
B-096	2.48	5.5633	10.4372	15.8954	19.5270	23.9607	27.2528	30.2106
B-097.2	0.09	0.3800	1.2223	1.5325	1.7249	1.9534	2.1187	2.1356
B-097	2.96	4.4617	12.7808	19.4390	23.9077	29.3649	33.4199	37.0386
B-097.1.1	0.01	0.0938	0.1787	0.2241	0.2522	0.2856	0.3098	0.3123
B-097.1.2	0.03	0.3106	0.4543	0.5696	0.6412	0.7261	0.7875	0.7938
B-097.1	0.00	0.3278	0.0655	0.0821	0.0924	0.1046	0.1135	0.1144
B-097.2.1	0.01	0.1474	0.1536	0.1926	0.2168	0.2455	0.2663	0.2684
B-098.1	0.01	0.6762	0.0935	0.1168	0.1311	0.1479	0.1600	0.1661
B-098.2	0.12	0.6746	1.5252	1.9093	2.1466	2.4271	2.6299	2.6829
B-098	0.27	1.0764	2.8716	3.5859	4.0241	4.5384	4.9099	5.1050
B-099.1.1	0.02	0.1746	0.3182	0.3990	0.4491	0.5086	0.5516	0.5561
B-099	24.03	12.0071						
B-099.1.2	0.03	0.3065	0.3835	0.4808	0.5411	0.6128	0.6647	0.6700
B-099.1.3	0.02	0.1877	0.3381	0.4238	0.4771	0.5403	0.5860	0.5907
B-099.1	0.06	0.2939	0.7932	0.9945	1.1194	1.2677	1.3750	1.3860
B-100.1	0.11	0.6236	1.3438	1.6806	1.8880	2.1325	2.3092	2.3741
B-100	0.54	1.2308	4.9638	6.1925	6.9440	7.8235	8.4586	8.8612
B-101	5.87	5.2056	23.3952	35.7140	43.7843	53.6345	60.9391	67.5704
B-101.1	0.06	0.3246	0.8115	1.0174	1.1451	1.2969	1.4066	1.4178
B-101.2	0.04	0.3594	0.5883	0.7376	0.8303	0.9403	1.0198	1.0279
B-102	0.15	1.0418	1.6184	2.0212	2.2684	2.5586	2.7682	2.8757
B-102.1.1	0.25	0.8976	2.9228	3.6533	4.1026	4.6314	5.0134	5.1753
B-102.1	0.11	0.4693	1.4781	1.8521	2.0837	2.3584	2.5569	2.5893
B-102.2	0.11	0.2842	1.5035	1.8850	2.1217	2.4028	2.6060	2.6269
B-103.1	0.15	0.6796	1.8639	2.3309	2.6185	2.9576	3.2025	3.2934
B-103	0.47	1.3475	3.9138	4.8799	5.4699	6.1592	6.6569	7.0030
B-104	1.53	2.6938	6.8803	10.4428	12.8677	15.8312	18.0357	19.9788
B-105	88.10	14.6786	207.8846	328.9213	404.2133	493.0822	554.9690	612.8227
B-105.1	0.02	0.1451	0.2967	0.3861	0.4391	0.4992	0.5413	0.5448
B-106.1	0.75	1.5007	4.4734	7.5082	9.4040	11.6390	13.1964	14.4966
B-106.2	1.20	2.4749	5.9626	9.6883	12.0737	14.9193	16.9061	18.5874
B-106.2.1	0.26	0.9397	2.9396	3.8140	4.3230	4.8987	5.2939	5.4852

Quadro 4.19 - Vazões nos Cursos d'água interceptados pelo CAC

Bacia	Área (km ²)	Rio principal (km)	Q _{pico} (m ³ /s)					
			Tr=2 anos	Tr=5 anos	Tr=10 anos	Tr=25 anos	Tr=50 anos	Tr=100 anos
B-107.1	0.07	0.5097	1.0722	1.3955	1.5869	1.8043	1.9563	1.9691
B-107.1.1	0.13	0.8546	1.4953	1.9411	2.2013	2.4957	2.6985	2.7833
B-107	2.12	2.2412	11.2478	18.4505	22.9111	28.2825	32.1140	35.2723
B-107.2	0.20	0.6984	2.6596	3.4575	3.9268	4.4589	4.8284	4.9147
B-108.1	0.01	0.1617	0.1938	0.2523	0.2869	0.3262	0.3537	0.3560
B-108.2	0.01	0.1423	0.1204	0.1568	0.1783	0.2027	0.2198	0.2212
B-108	0.30	0.9904	3.3750	4.3797	4.9650	5.6273	6.0825	6.2921
B-109.1.1	0.01	0.1249	0.1687	0.2196	0.2497	0.2839	0.3078	0.3098
B-109.1.2	0.03	0.1869	0.3908	0.5087	0.5785	0.6577	0.7131	0.7178
B-109.1	0.05	0.3059	0.6702	0.8723	0.9920	1.1279	1.2229	1.2309
B-109.1.4	0.02	0.2111	0.2470	0.3214	0.3655	0.4156	0.4506	0.4536
B-109.1.3	0.02	0.3076	0.3491	0.4544	0.5167	0.5874	0.6369	0.6411
B-109	1.49	2.8387	9.2257	11.9396	13.4971	15.2527	16.4395	17.4331
B-109.2.2	0.03	0.3223	0.3682	0.4792	0.5450	0.6196	0.6718	0.6762
B-109.2	0.10	0.6206	1.4480	1.8847	2.1432	2.4368	2.6420	2.6594
B-109.2.1	0.01	0.1658	0.1933	0.2517	0.2862	0.3254	0.3528	0.3551
B-109.3	0.03	0.2875	0.5057	0.6582	0.7485	0.8510	0.9227	0.9288
B-109.4	0.05	0.3622	0.6918	0.9005	1.0240	1.1642	1.2623	1.2706
B-109.4.1	0.01	0.1416	0.1307	0.1701	0.1934	0.2199	0.2384	0.2400
B-109.4.2	0.01	0.1433	0.0788	0.1026	0.1167	0.1327	0.1438	0.1448
B-110.1	0.06	0.3949	0.9252	1.2042	1.3693	1.5569	1.6880	1.6991
B-110.2	0.01	0.1107	0.0838	0.1091	0.1241	0.1411	0.1529	0.1539
B-110.3	0.01	0.1776	0.1525	0.1985	0.2258	0.2567	0.2783	0.2802
B-110	10.83	8.1268						
B-110.4	0.04	0.3436	0.6000	0.7810	0.8881	1.0098	1.0948	1.1020
B-110.5	0.10	0.6062	1.4241	1.8536	2.1078	2.3965	2.5983	2.6154
B-110.6	0.09	0.3257	1.2576	1.6368	1.8613	2.1163	2.2945	2.3096
B-110.7	0.04	0.2650	0.5627	0.7324	0.8329	0.9470	1.0267	1.0335
B-110.8	0.03	0.3143	0.4357	0.5670	0.6448	0.7331	0.7949	0.8001
B-111	1.01	2.2657	7.4843	9.6914	10.9619	12.3952	13.3675	14.1041
B-111.1.1	0.04	0.2883	0.5427	0.7063	0.8032	0.9132	0.9901	0.9966
B-111.1.2	0.03	0.3394	0.4591	0.5976	0.6795	0.7726	0.8377	0.8432
B-111.1	0.04	0.3877	0.6362	0.8281	0.9416	1.0706	1.1608	1.1684
B-112.1.1	0.03	0.2932	0.3903	0.5080	0.5777	0.6569	0.7122	0.7169
B-112	7.50	6.8070						
B-112.2.1	0.01	0.1317	0.1078	0.1403	0.1595	0.1814	0.1966	0.1979
B-112.2	0.14	0.9671	1.7898	2.3255	2.6397	2.9958	3.2423	3.3161
B-112.3	0.01	0.0792	0.1238	0.1612	0.1833	0.2084	0.2260	0.2274
B-112.4	0.04	0.3012	0.6338	0.8249	0.9380	1.0665	1.1563	1.1639
B-112.5	0.13	0.6362	1.8809	2.4482	2.7840	3.1653	3.4319	3.4544
B-112.5.1	0.02	0.2034	0.2534	0.3298	0.3750	0.4264	0.4623	0.4653
B-112.6	0.08	0.5112	1.1558	1.5044	1.7107	1.9451	2.1089	2.1227
B-112.7	0.03	0.3563	0.5069	0.6598	0.7503	0.8531	0.9249	0.9310
B-112.7.2	0.01	0.0961	0.0841	0.1094	0.1244	0.1415	0.1534	0.1544

Quadro 4.20 - LISTAGEM DE BUEIROS LOTE 1

Nº	Estaca	Obra	Bacia		VAZÃO (m³/s)	VAZÃO ADOTADA (m³/s)	TIPO DE BUEIROS	TIPO DE BUEIROS AJUSTADOS	Comprimento Bueiro (m)	Altura Máx. de Aterro* (m)	Altura Efetiva de Aterro (m)
			ID	Área (Km²)							
Frente 1	0+041.89	CANAL 1	B-001.1	0.01	0.30		BSTC (0,8 m)		63.27	6.62	5.82
	0+214.01	CANAL 1	B-001.2	0.01	0.26		BSTC (0,8 m)		56.36	7.94	7.14
		Sifão 1 - BR 116.1	B-001	16.64	124.21		SIFÃO				
		Sifão 2 - Jardim	B-002	1.645.18	1.470.24		SIFÃO (PASS. MOLH.)				
	2+235.85	CANAL 3	B-002.1	0.01	0.14		BSTC (0,8 m)		40.02	7.44	6.64
	2+732.68	CANAL 3	B-003.1.1	0.02	0.52		BSTC (0,8 m)		54.73	8.47	7.67
	2+935.48	CANAL 3	B-003.1.2	0.01	0.21		BSTC (0,8 m)		36.62	6.91	6.11
	3+133.64	CANAL 3	B-003.1	0.04	1.03		BSCC (1,0x1,0 m)		76.76	14.79	13.79
	3+478.35	CANAL 3	B-003	0.25	5.52		BSCC (1,0x1,5 m)		120.96	23.47	21.97
	3+658.32	CANAL 3	B-003.1.3	0.01	0.27		BSTC (0,8 m)		52.44	6.69	5.89
	3+813.03	CANAL 3	B-003.2	0.12	2.89		BSCC (1,0x1,0 m)		85.64	14.21	13.21
	3+946.31	CANAL 3	B-003.2.1	0.0045	0.11		BSTC (0,8 m)		33.62	7.20	6.40
	4+039.05	CANAL 3	B-003.3	0.02	0.40		BSTC (0,8 m)		47.58	8.93	8.13
	4+112.59	CANAL 3	B-003.4	0.01	0.25		BSTC (0,8 m)				
	4+265.27	CANAL 3	B-003.4.1	0.03	0.66		BSTC (0,8 m)				
	4+312.80	CANAL 3	B-003.4.2	0.02	0.43		BSTC (0,8 m)				
	4+355.84	CANAL 3	B-003.4.3	0.01	0.35		BSTC (0,8 m)				
	4+505.08	CANAL 3	B-004.1	0.0045	0.11		BSTC (0,8 m)		35.35	6.99	6.19
	4+602.53	CANAL 3	B-004.2	0.0025	0.51		BSTC (0,8 m)		32.72	7.26	6.46
	Frente 2	4+627.20	Sifão 3 - Beleza	B-004	9.27	88.46		SIFÃO			
4+627.20		CANAL 3	B-004.4	0.02	0.06		BSTC (0,8 m)		69.11	11.14	10.34
5+727.69		CANAL 4	B-005.1.1	0.06	1.42		BSTC (0,8 m)		78.87	11.59	10.79
5+868.74		CANAL 4	B-005.1.2	0.00	0.08		BSTC (0,8 m)		48.73	7.29	6.49
5+909.36		CANAL 4	B-005.1	0.02	0.50		BSTC (0,8 m)		50.04	7.13	6.33
5+992.94		CANAL 4	B-005.1.3	0.00	0.09		BSTC (0,8 m)		56.94	7.11	6.31
6+135.70		CANAL 4	B-005.2	0.00	0.04		BSTC (0,8 m)		32.94	6.75	5.95
6+211.48		CANAL 4	B-005.3	0.02	0.58	3.60	BSTC (0,8 m)	BDTC (1,0 m)	66.66	11.35	10.35
		CANAL 4	B-006	0.13	3.04		BSTC (1,0 m)		0.00		
7+096.00		CANAL 4	B-006D.1	0.09	1.86		BSTC (0,8 m)		34.70	6.37	5.57
7+230.02		CANAL 4	B-006D.2	0.11	2.45		BSTC (1,0 m)		39.41	6.64	5.64
7+781.48		CANAL 4	B-006D	0.30	5.51		BDTC (1,0 m)		62.91	4.65	3.65
8+186.93		CANAL 4	B-006D.3	0.12	2.49		BSTC (1,0 m)		50.76	6.00	5.00
		Sifão 5 - BR 116.2	B-006D.5	0.14	1.77		SIFÃO		0.00		
8+858.78		CANAL 5	B-006	14.01	115.97		2 X BDCC (3,0x3,0 m)		63.47	12.64	9.64
9+866.78		CANAL 5	B-007	2.52	32.25		BSCC (3,0x3,0 m)		68.01	9.37	6.37
10+092.29		CANAL 5	B-007.1	0.02	0.41		BSTC (0,8 m)		39.89	6.91	6.11
10+496.83		CANAL 5	B-008.1.1	0.06	1.45		BSTC (0,8 m)		54.18	8.88	8.08
		Sifão 5 - BR 116.3	B-008	0.07	1.45		SIFÃO		0.00	9.41	
10+890.68		CANAL 6	B-008.1.2	0.21	5.23		BDTC (1,0 m)		52.72	8.67	7.67
10+978.45	CANAL 6	B-008.2.1	0.03	0.79		BSTC (0,8 m)		46.53	6.58	5.78	
11+102.94	CANAL 6	B-008.2	0.33	6.93		BTTC (1,0 m)		56.09	8.42	7.42	
11+632.95	CANAL 6	B-008	11.59	112.31		2 X BDCC (3,0x3,0 m)		46.83	8.15	5.15	
Frente 3		Sifão 6 - Ferrovia	B-009.1	0.32	4.35		SIFÃO		0.00		
		Sifão 6 - Ferrovia	B-009.2	0.20	3.37		SIFÃO		0.00		
		Sifão 6 - Ferrovia	B-009	0.55	7.05		SIFÃO		0.00		
		Sifão 6 - Ferrovia	B-009.3	0.13	2.09		SIFÃO		0.00		
	14+121.20	CANAL 7	B-009.4.1	0.07	1.68		BSTC (0,8 m)		35.90	7.35	6.55
	14+420.71	CANAL 7	B-009.4	0.03	0.68		BSTC (0,8 m)		34.48	6.95	6.15
	14+540.94	CANAL 7	B-010.1	0.02	0.60		BSTC (0,8 m)		43.34	7.23	6.43
	14+886.74	CANAL 7	B-010.2	0.30	5.95		BDTC (1,0 m)		55.63	9.34	8.34
	15+268.23	CANAL 7	B-010	0.40	8.74		BTTC (1,0 m)		70.41	13.81	12.81
	15+748.07	CANAL 7	B-010.5	0.12	3.04		BDTC (1,0 m)		68.25	11.08	10.08
	16+024.45	CANAL 7	B-010.5.1	0.02	0.50		BSTC (0,8 m)		32.46	6.77	5.97
	16+169.29	CANAL 7	B-010.6	0.13	3.07		BDTC (1,0 m)		50.08	8.14	7.14
	16+351.33	CANAL 7	B-010.6.1	0.05	1.34		BSTC (0,8 m)		33.03	6.90	6.10
	16+699.51	CANAL 7	B-010.7	0.04	1.07		BSTC (0,8 m)		52.28	8.88	8.08
	16+892.43	CANAL 7	B-011.2.1	0.02	0.40		BSTC (0,8 m)		24.42	9.47	8.67
	16+987.76	CANAL 7	B-011.2.2	0.04	0.90		BSTC (0,8 m)		31.99	6.84	6.04
	17+276.22	CANAL 7	B-011.2	0.09	2.09		BSTC (1,0 m)		35.59	6.82	5.82
	17+488.89	CANAL 7	B-011	0.12	2.63		BSTC (1,0 m)		42.16	6.72	5.72
	17+902.32	CANAL 7	B-011.3	0.32	5.83		BDTC (1,0 m)		49.05	7.74	6.74
	18+431.27	CANAL 7	B-011.4	0.12	2.89		BSTC (1,0 m)		43.64	6.70	5.70
19+054.88	CANAL 7	B-011.4.1	0.03	0.76		BSTC (0,8 m)		65.06	12.07	11.27	
Frente 4		Sifão 7 - Porteiras	B-012	219.56	804.26		SIFÃO (PASS. MOLH.)		0.00		
	22+254.40	CANAL 8	B-013.1.2	0.01	0.13		BSTC (0,8 m)		51.90	8.98	8.18
	22+375.28	CANAL 8	B-013.1.3	0.00	0.06		BSTC (0,8 m)		44.23	7.09	6.29
	22+677.85	CANAL 8	B-013	0.09	1.85		BSTC (0,8 m)		51.46	8.13	7.33
	22+831.36	CANAL 8	B-013.1.1	0.01	0.16		BSTC (0,8 m)		46.11	6.59	5.79
	23+487.28	CANAL 8	B-014.1	0.38	6.54		BTTC (1,0 m)		43.82	5.60	4.60
	24+179.95	CANAL 8	B-014.2	0.56	8.49		BTTC (1,0 m)		43.67	6.74	5.74
	25+269.11	CANAL 8	B-014	2.91	35.87		BTCC (2,0x2,0 m)		55.00	9.96	7.96
	26+263.83	CANAL 8	B-015.1	0.04	0.79		BSTC (0,8 m)		55.15	9.38	8.58
	26+800.00	CANAL 8	B-015	0.31	6.46		BTTC (1,0 m)		42.30	6.71	5.71
	28+256.35	CANAL 8	B-016	0.40	6.68		BTTC (1,0 m)		43.11	6.72	5.72
	28+700.83	CANAL 8	B-017.1.1	0.09	1.68		BSTC (0,8 m)		44.15	6.61	5.81
	28+922.79	CANAL 8	B-017.1	0.19	3.81		BDTC (1,0 m)		45.34	6.73	5.73
	29+242.79	CANAL 8	B-017.1.2	0.05	1.08		BSTC (0,8 m)		48.02	6.63	5.83
	29+360.35	CANAL 8	B-017.2	0.32	5.78		BDTC (1,0 m)		45.86	6.69	5.69
	29+546.29	CANAL 8	B-017.2.1	0.02	0.53		BSTC (0,8 m)		44.58	6.76	5.96
	29+794.69	CANAL 8	B-017	2.08	24.07		BTCC (1,5x1,5 m)		50.52	8.10	6.6
	29+877.01	CANAL 8	B-017.2.2	0.11	2.33		BSTC (1,0 m)		53.60	7.88	6.88
	30+394.25	CANAL 8	B-018.1	0.03	0.60		BSTC (0,8 m)		47.77	7.04	6.24
	30+821.86	CANAL 8	B-018	0.70	9.68		BSCC (2,0x2,0 m)		47.29	4.07	2.07
	31+101.62	CANAL 8	B-019	9.02	96.21		BTCC (3,0x3,0 m)		52.60	9.61	6.61
	31+344.28	CANAL 8	B-019.1	0.13	2.73		BSTC (1,0 m)		53.81	9.43	8.43
	31+508.45	CANAL 8	B-019.2	0.01	0.14		BSTC (0,8 m)		41.48	7.14	6.34
	31+737.98	CANAL 8	B-020.1.1	0.01	0.13		BSTC (0,8 m)		37.95	6.76	5.96
	31+881.66	CANAL 8	B-020.1	0.02	0.38		BSTC (0,8 m)		41.76	6.80	6.00
	32+007.82	CANAL 8	B-020.1.2	0.14	3.06		BDTC (1,0 m)		45.78	6.76	5.76
	32+228.58	CANAL 8	B-020.1.3	0.32	4.91		BDTC (1,0 m)		53.24	7.82	6.82
	32+334.52	CANAL 8	B-020	3.55	40.06		BTCC (2,0x2,0 m)		53.79	9.18	7.18
	32+543.93	CANAL 8	B-020.1.2.1	0.07	1.49		BSTC (0,8 m)		47.34	7.07	6.27
	32+920.86	CANAL 9.1	B-020.1.2.2	0.01	0.18		BSTC (0,8 m)		32.95	6.80	6.00
	33+045.55	CANAL 9.1	B-020.1.2.3	0.01	0.17		BSTC (0,8 m)		33.85	6.84	6.04
	33+260.39	CANAL 9.1	B-021.1	0.02	0.36		BSTC (0,8 m)		45.68	6.56	5.76
	33+452.25	CANAL 9.1	B-021.2	0.05	1.04		BSTC (0,8 m)		47.15	7.08	6.28
	33+604.13	CANAL 9.1	B-021.3.1	0.05	1.15		BSTC (0,8 m)		45.50	6.68	5.88
	33+705.28	CANAL 9.1	B-021.3	0.01	0.26	0.74	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	35.40	6.81	6.01
	33+793.58	CANAL 9.1	B-021.3.2	0.02	0.48		BSTC (0,8 m)		36.65	6.70	5.90
	33+863.89	CANAL 9.1	B-021	0.30	6.34		BTTC (1,0 m)		45.59	6.82	5.82
	33+924.80	CANAL 9.1	B-022.1	0.13	3.28	9.62	BDTC (1,0 m)	BTTC (1,0 m)	47.56	6.76	5.76
	34+026.51	CANAL 9.1	B-022.1.6	0.01	0.13		BSTC (0,8 m)		36.92	6.86	6.06
	34+184.07	CANAL 9.1	B-022.1.1.1	0.01	0.14	0.28	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	36.65		

Quadro 4.21 - Listagem de Bueiros Lote 2

Nº	Estaca	Obra	Bacia		VAZÃO (m³/s)	VAZÃO ADOTADA (m³/s)	TIPO DE BUEIROS	TIPO DE BUEIROS AJUSTADOS	Comprimento Bueiro (m)	Comprimento Escada (m)	Altura Máx. de Aterro* (m)	Altura Efetiva de Aterro (m)
			ID	Área (Km²)								
Lote 5		Canal 10	B-024.2	0.08	1.71		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
		Túnel 1 - Sítio Alto I	B-025	0.60	7.84		Túnel		0.00	0.00		
		Canal 10	B-025.2	0.13	2.77		BSTC (1,0 m)		0.00	0.00		
Frete 1	39+749,70	Canal 10	B-025.3	0.04	0.81		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
	40+273,85	Canal 10	B-025.1.1	0.11	2.11		BSTC (1,0 m)		37.02	5.81	8.40	7.40
	40+407,23	Canal 10	B-025.1	0.07	1.49		BSTC (0,8 m)		45.72	0.00	9.13	8.33
	40+690,67	Canal 10	B-026.1.1	0.02	0.32	0.36	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	52.33	9.20	9.74	8.94
	40+836,96	Canal 10	B-026.1.2	0.00	0.04		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
	40+901,18	Canal 10	B-026.1	0.08	1.78	3.64	BSTC (0,8 m)	BDTC (1,0 m)	62.43	0.00	10.69	9.69
Lote 5	40+982,02	Canal 10	B-026.2	0.10	1.86		BSTC (0,8 m)		51.29	0.00	11.66	10.86
		Canal 10.1	B-026.3	0.12	2.30		BSTC (1,0 m)		0.00	0.00		
		Canal 10.1	B-026.3.1	0.03	0.59		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
		Canal 10.1	B-026.4	0.06	1.29		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
		Túnel 2 - Sítio Alto II	B-026	0.71	10.44		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 2 - Sítio Alto II	B-027.2	0.04	0.93		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 2 - Sítio Alto II	B-027D.1	0.03	0.69		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 2 - Sítio Alto II	B-027D.2	0.10	2.17		Túnel		0.00	0.00		
		Canal 11	B-027.3	0.19	3.90		BDTC (1,0 m)		0.00	0.00		
		Canal 11	B-027.4	0.05	1.00		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
	Frete 1	42+598,62	Canal 11	B-027	5.97	72.26		BTCC (3,0x3,0 m)		57.36	0.00	11.42
42+892,20		Canal 11	B-027.1.1	0.10	2.14		BSTC (1,0 m)		79.80	0.00	15.33	14.33
		Galeria APA 3	B-027.1.2	0.15	2.73		BSTC (1,0 m)		0.00	0.00		
43+454,53		Canal 11	B-027.1.3	0.21	3.77		BDTC (1,0 m)		60.94	0.00	10.41	9.41
43+589,28		Canal 11.1	B-027.1.3.1	0.13	2.57		BSTC (1,0 m)		41.58	6.18	7.85	6.85
		Sifão 8A - Milho	B-027.1	0.32	4.72		Sifão		-	-		
		Galeria APA 4	B-027.1.4	0.05	1.12		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
44+268,64		Canal 11A.1	B-027.1.5	0.07	1.46		BSTC (0,8 m)		45.09	0.00	7.02	6.22
44+517,40		Canal 11A.1	B-027.1.6.1	0.09	1.88		BSTC (0,8 m)		75.51	0.00	10.57	9.77
44+919,27		Canal 11A.1	B-027.1.6	0.20	4.28		BDTC (1,0 m)		46.13	0.00	7.37	6.37
45+451,38		Canal 11A.1	B-028.1.1	0.01	0.30		BSTC (0,8 m)		54.21	0.00	11.41	10.61
45+566,16		Canal 11A.1	B-028.1	0.03	0.71		BSTC (0,8 m)		62.61	0.00	15.13	14.33
45+723,28		Canal 11A.1	B-028.2	0.09	1.87	2.59	BSTC (0,8 m)	BSTC (1,0 m)	60.62	0.00	11.93	10.93
		Sifão 9 - Boqueirão	B-028.3	0.16	2.41		Sifão		-	-		
		Sifão 9 - Boqueirão	B-028	7.48	68.97		Sifão		-	-		
		Galeria APA 5	B-029	0.18	3.72		BDTC (1,0 m)		0.00	0.00		
47+318,36		Canal 12	B-029.1	0.10	2.11		BSTC (1,0 m)		66.03	0.00	13.02	12.02
47+731,75		Canal 12.1	B-029.1.1	0.04	0.74	0.96	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	47.90	0.00	7.77	6.97
47+820,99		Canal 12.1	B-029.1.2	0.01	0.22		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
47+984,46		Canal 12.1	B-030	0.96	12.36		BSCC (2,0x2,0 m)		52.19	0.00	9.60	7.6
48+490,23		Canal 12.1	B-030.1	0.02	0.46		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
48+629,27		Canal 12.1	B-030.2	0.01	0.14	0.60	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	58.61	0.00	9.86	9.06
48+718,23		Canal 12.1	B-030.2A	0.00	0.08		BSTC (0,8 m)		46.05	0.00	7.36	6.56
48+841,92		Canal 12.1	B-030.3	0.06	1.36		BSTC (0,8 m)		78.45	0.00	16.98	16.18
48+945,06		Canal 12.1	B-031.1	0.05	0.98		BSTC (0,8 m)		70.77	0.00	14.01	13.21
49+156,63		Canal 12.1	B-031	2.03	29.29		BDCC (2,0x2,0 m)		117.17	0.00	20.16	18.16
49+598,22		Canal 12.1	B-031.5	0.02	0.40		BSTC (0,8 m)		45.00	0.00	6.52	5.72
49+683,26	Canal 12.1	B-031.6	0.13	2.52		BSTC (1,0 m)		60.50	0.00	10.21	9.21	
Lote 5		Túnel 3 - Veneza	B-031.7	0.03	0.74		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 3 - Veneza	B-032.1	0.10	2.14		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 3 - Veneza	B-032.1.1	0.11	2.82		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 3 - Veneza	B-032.2	0.23	5.45		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 3 - Veneza	B-032	0.19	4.22		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 3 - Veneza	B-032.6	0.24	4.98		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 3 - Veneza	B-032.5	0.02	0.39		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 3 - Veneza	B-032.3.1	0.03	0.66		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 3 - Veneza	B-032.3	0.02	0.59		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 3 - Veneza	B-032.3.2	0.05	1.21		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 3 - Veneza	B-032.4	0.03	0.74		Túnel		0.00	0.00		
		Túnel 3 - Veneza	B-032.4.1	0.02	0.40		Túnel		0.00	0.00		
	Frete 2	52+700,63	Canal 13	B-033.1	1.80	25.18		BDCC (2,0x2,0 m)		45.72	0.00	7.64
		Canal 13	B-033	83.36	556.77		5 X BSCC (6,0x6,0 m)**		-	-	-	-
53+379,53		Canal 13	B-033.2	2.45	34.06		BTCC (2,0x2,0 m)		75.86	0.00	12.35	10.35
53+892,54		Canal 13	B-033.3	0.17	4.31		BDTC (1,0 m)		48.55	0.00	7.24	6.24
54+177,52		Canal 13	B-033.4.1	0.02	0.40	0.58	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	48.95	0.00	8.75	7.95
54+239,33		Canal 13	B-033.4	0.01	0.18		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
54+475,91		Canal 13.1	B-034	0.08	2.01		BSTC (1,0 m)		46.70	0.00	6.69	5.69
54+922,91		Canal 13.1	B-034.1	0.15	3.73		BDTC (1,0 m)		72.26	0.00	14.59	13.59
55+157,51		Canal 13.1	B-035.3.1	0.02	0.51	1.12	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	45.83	0.00	7.49	6.69
55+222,71		Canal 13.1	B-035.3	0.02	0.60		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
55+414,05		Canal 13.1	B-035	2.63	36.24		BTCC (2,0x2,0 m)		66.36	0.00	12.78	10.78
55+627,80		Canal 13.1	B-035.2.1	0.01	0.25		BSTC (0,8 m)		47.13	0.00	7.06	6.26
55+775,48		Canal 13.1	B-035.2	0.04	1.09		BSTC (0,8 m)		61.62	7.85	14.23	13.43
		Galeria APA 6	B-035.1	0.05	1.35		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00	5.83	5.03
		Galeria APA 6	B-036.2	0.02	0.50		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00	4.87	4.07
		Galeria APA 6	B-036	0.09	2.29	2.95	BSTC (1,0 m)	BSTC (1,0 m)	0.00	0.00	6.00	5.00
		Galeria APA 6	B-036.3	0.03	0.66		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
56+753,36		Canal 13.1	B-036.1.1	0.00	0.12		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
56+829,31		Canal 13.1	B-036.1	0.01	0.24	0.36	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	49.12	0.00	9.67	8.87
56+995,15		Canal 13.1	B-037.1.2	0.01	0.27	0.41	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	56.11	0.00	8.82	8.02
57+094,08		Canal 13.1	B-037.1	0.01	0.14		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00		
		Sifão 10 - CE 153	B-037	4.24	44.46		Sifão		-	-		
57+649,88		Canal 14	B-037.3	0.06	1.43		BSTC (0,8 m)		49.97	0.00	6.45	5.65
57+815,47		Canal 14	B-037.4	0.01	0.32		BSTC (0,8 m)		64.83	0.00	12.56	11.76
58+051,07		Canal 14	B-037.4.1	0.02	0.52		BSTC (0,8 m)		62.53	0.00	8.17	7.37
58+284,71		Canal 14	B-038.1.1	0.01	0.22		BSTC (0,8 m)		46.47	0.00	7.39	6.59
58+432,44		Canal 14	B-038.1	0.04	0.99	1.21	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	55.82	0.00	11.17	10.37
58+563,12	Canal 14	B-038	0.30	6.96	9.55	BTTC (1,0 m)	BSCC (1,5x1,5 m)	57.14	0.00	10.72	9.22	
58+683,01	Canal 14	B-038.2	0.03	0.85		BSTC (0,8 m)		35.88	8.84	7.41	6.61	
58+875,98	Canal 14	B-039.1	0.07	1.74		BSTC (0,8 m)		0.00	0.00			
Frete 3	59+726,54	Sifão 11 - Areia	B-039	7.99	76.04		Sifão		-	-		
		Canal 15	B-039.2	0.04	0.97		BSTC (0,8 m)		33.73	7.60	6.64	5.84
	59+929,87	Canal 15	B-040.1.5	0.01	0.21		BSTC (0,8 m)		44.77	0.00	7.08	6.28
	60+069,67	Canal 15	B-040.1	0.01	0.32		BSTC (0,8 m)		62.55	0.00	12.34	11.54
	60+252,39	Canal 15	B-040.1.2	0.03	0.64		BSTC (0,8 m)		36.61	7.18	7.11	6.31
	60+383,32	Canal 15	B-040.1.1	0.01	0.20		BSTC (0,8 m)		58.24	0.00	7.01	6.21
	60+438,40	Canal 15	B-040.1.3	0.01	0.34		BSTC (0,8 m)		37.03	7.50	6.72	5.92
	60+581,04	Canal 15	B-040.1.4	0.03	0.63		BSTC (0,8 m)		46.09	0.00	7.70	6.90
	60+674,01	Canal 15	B									

Quadro 4.22 - Listagem de Bueiros Lote 3

Nº	Estaca	Obra	Bacia		VAZÃO (m³/s)	VAZÃO ADOTADA (m³/s)	TIPO DE BUEIROS	TIPO DE BUEIROS ADOTADOS	Comprimento Bueiro (m)	Altura Máx. de Aterro*	Altura Efetiva de Aterro	
			ID	Área								
Frente 1	0+000.00	Sifão 12 - Santana	B-054	35.41	321.30		SIFÃO					
	75+842.70	Canal 16	B-055.1	0.01	0.30		BSTC (0,8 m)		32.88	7.15	6.35	
	76+083.18	Canal 16	B-055.1.1	0.01	0.19		BSTC (0,8 m)		71.63	11.51	10.71	
	76+162.83	Canal 16	B-055.2	0.01	0.16	0.35	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	74.98	14.06	13.26	
	76+471.41	Canal 16	B-055.4	0.07	1.62		BSTC (0,8 m)		65.76	12.41	11.61	
	76+793.55	Canal 16	B-055.4.1	0.02	0.53		BSTC (0,8 m)		28.76	6.92	6.12	
	0+000.00	Sifão 13 - Rocandor 1	B-055	5.92	69.66		SIFÃO		0.00	-	-	-
	77+403.76	Canal 17	B-055.5	0.10	2.45		BSTC (1,0 m)		62.10	10.52	9.52	
	0+000.00	Sifão 13A - Rocandor 2	B-056	0.53	11.75		SIFÃO		0.00	-	-	-
	78+276.19	Canal 17A	B-056.2.1	0.03	0.79		BSTC (0,8 m)		59.33	10.70	9.90	
	78+362.32	Canal 17A	B-056.2.1.1	0.04	0.94	1.72	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	36.34	7.46	6.66	
	78+438.17	Canal 17A	B-056.3	0.03	0.67		BSTC (0,8 m)		43.92	6.73	5.93	
	78+624.32	Canal 17A	B-056.4	0.01	0.30		BSTC (0,8 m)		32.91	6.55	5.75	
	78+934.48	Canal 17A	B-057D.2	0.06	1.37		BSTC (0,8 m)		51.95	6.84	6.04	
	79+185.54	Canal 17A	B-057	1.03	17.17		BSCC (2,5x2,5 m)		92.71	21.02	18.52	
	79+270.86	Canal 17A	B-057.4	0.04	0.76		BSTC (0,8 m)		34.13	8.09	7.29	
	79+382.53	Canal 17A	B-057.2	0.04	0.92	1.67	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	46.07	6.91	6.11	
	0+000.00	Sifão 14 - Batoque	B-058	6.17	70.67		SIFÃO		0.00	-	-	-
	79+977.39	Canal 18	B-058.1	0.01	0.29		BSTC (0,8 m)		32.66	6.75	5.95	
	80+222.74	Canal 18	B-059	0.06	1.40		BSTC (0,8 m)		43.92	6.74	5.94	
	80+407.45	Canal 18	B-059.2	0.06	1.50	2.34	BSTC (0,8 m)	BSTC (1,0 m)	70.42	12.80	11.80	
	80+488.24	Canal 18	B-069.1.2	0.03	0.84		BSTC (0,8 m)		32.68	6.81	6.01	
	80+629.71	Canal 18	B-059.1	0.07	1.80		BSTC (0,8 m)		54.51	7.26	6.46	
	80+810.76	Canal 18	B-059.1.3	0.01	0.26		BSTC (0,8 m)		54.33	6.90	6.10	
	80+955.68	Canal 18	B-059.1.1	0.06	1.55	1.81	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	69.51	9.97	9.17	
	81+403.44	Canal 18	B-060.1	0.35	8.55		BTTC (1,0 m)		94.43	17.71	16.71	
	81+917.70	Canal 18	B-060.2	0.09	2.15		BSTC (1,0 m)		48.10	7.45	6.45	
	82+066.60	Canal 18	B-060.2.1	0.11	2.65		BSTC (1,0 m)		47.40	7.39	6.39	
	82+148.29	Canal 18	B-060	3.67	42.68	45.32	BTCC (2,0x2,0 m)	BDCC (3,0x3,0 m)	62.87	9.49	6.49	
	0+000.00	Sifão 15 - CE 060	B-061.4	0.06	1.41		SIFÃO		0.00	-	-	-
	82+804.75	Canal 19	B-061.5	0.01	0.34		BSTC (0,8 m)		42.45	6.66	5.86	
	82+980.01	Canal 19	B-061.6	0.01	0.32		BSTC (0,8 m)		33.84	6.61	5.81	
	83+077.36	Canal 19	B-061	7.00	80.21	80.53	BTCC (3,0x3,0 m)	BTCC (3,0x3,0 m)	60.75	13.86	10.86	
	83+269.23	Canal 19	B-061.1	0.08	1.97		BSTC (1,0 m)		45.23	6.86	5.86	
	83+408.46	Canal 19	B-061.2	0.12	2.86		BSTC (1,0 m)		74.99	13.80	12.80	
	83+611.70	Canal 19	B-061.3	0.04	1.09		BSTC (0,8 m)		42.78	6.95	6.15	
	84+100.45	Canal 19	B-062.1	0.04	0.97		BSTC (0,8 m)		60.10	9.00	8.20	
	84+205.10	Canal 19	B-062.1.1	0.01	0.32		BSTC (0,8 m)		32.66	7.00	6.20	
	84+347.27	Canal 19	B-062.2	0.02	0.49	0.82	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	41.04	6.97	6.17	
	84+530.95	Canal 19	B-062	0.35	7.33		BTTC (1,0 m)		67.13	13.07	12.07	
	85+113.23	Canal 19	B-063	0.57	8.66		BTTC (1,0 m)		44.26	7.00	6.00	
	85+506.34	Canal 19	B-063.1.2	0.04	0.96		BSTC (0,8 m)		33.43	6.89	6.09	
	85+625.96	Canal 19	B-063.1.1	0.06	1.60		BSTC (0,8 m)		36.33	6.94	6.14	
	85+907.27	Canal 19	B-063.1	0.03	0.66		BSTC (0,8 m)		35.96	6.73	5.93	
	86+277.44	Canal 19	B-064.1	0.13	3.27		BDTC (1,0 m)		63.99	6.97	5.97	
86+369.10	Canal 19	B-064	1.15	18.79		BSCC (2,5x2,5 m)		96.25	20.14	17.64		
86+943.23	Canal 19	B-065.1	0.11	2.71		BSTC (1,0 m)		34.11	6.81	5.81		
87+162.37	Canal 19	B-065.2	0.43	8.37		BTTC (1,0 m)		34.43	6.47	5.47		
87+407.22	Canal 19	B-065	3.55	51.30		BDCC (3,0x3,0 m)		49.06	9.80	6.80		
87+764.21	Canal 19	B-065.2.2	0.31	7.40		BTTC (1,0 m)		73.39	13.75	12.75		
87+979.48	Canal 19	B-065.2.1	0.06	1.39		BSTC (0,8 m)		45.69	6.77	5.97		
88+273.39	Canal 19	B-066	0.23	5.72		BDTC (1,0 m)		135.31	22.25	21.25		
88+672.95	Canal 19	B-066.2	0.01	0.22		BSTC (0,8 m)		48.18	9.45	8.65		
88+726.82	Canal 19	B-066.2.1	0.01	0.19	0.41	BSTC (0,8 m)	BSTC (0,8 m)	45.31	7.28	6.48		
Lote 5	0+000.00	Túnel 4 - Cabaceira	B-066.3	0.01	0.14		TUNEL		0.00	-	-	
	0+000.00	Túnel 4 - Cabaceira	B-067.1.1	0.00	0.12		TUNEL		0.00	-	-	
	89+099.95	Canal 20	B-067.1.2	0.01	0.13		BSTC (0,8 m)		47.70	7.07	6.27	
Frente 2	89+153.08	Canal 20	B-067.1	0.09	2.16	2.30	BSTC (1,0 m)	BSTC (1,0 m)	47.70	7.07	6.07	
	89+453.75	Canal 20	B-067	0.28	6.14		BTTC (1,0 m)		47.35	6.75	5.75	
	89+622.41	Canal 20	B-067.2	0.10	2.45		BSTC (1,0 m)		41.52	6.44	5.44	
	0+000.00	Sifão 16 - São Fran.	B-068	58.08	468.69		SIFÃO		0.00	-	-	
Lote 5	91+305.14	Canal 21	B-069.1.2	0.02	0.48		BSTC (0,8 m)		43.70	6.92	6.12	
	91+487.24	Canal 21	B-069.1	0.03	0.75		BSTC (0,8 m)		0.00	-	-	
	91+624.79	Canal 21	B-069.1.3	0.02	0.39		BSTC (0,8 m)		0.00	-	-	
	91+702.60	Canal 21	B-069.1.4	0.06	1.55		BSTC (0,8 m)		0.00	-	-	
	91+949.46	Canal 21	B-069	0.14	2.74		BSTC (1,0 m)		0.00	-	-	
	91+989.31	Canal 21	B-069.2.1	0.02	0.52		BSTC (0,8 m)		0.00	-	-	
	0+000.00	Túnel 5 - Arajara	B-069.2	0.13	3.13		TUNEL		0.00	-	-	
Frente 3	92+540.01	Canal 22	B-070	0.83	15.25		BDCC (1,5x1,5 m)		106.81	22.70	21.20	
	93+010.88	Canal 22	B-071	3.98	51.30		BDCC (3,0x3,0 m)		78.17	17.92	14.92	
	93+527.48	Canal 22	B-071.1	2.02	29.81		BSCC (3,0x3,0 m)		73.74	15.76	12.76	
	93+789.21	Canal 22	B-071.1.1	0.03	0.71		BSTC (0,8 m)		53.89	8.47	7.67	
	93+980.06	Canal 22	B-071.2	0.04	1.09		BSTC (0,8 m)		49.00	8.72	7.92	
	94+388.93	Canal 22	B-072.1	0.10	2.11		BSTC (1,0 m)		33.38	6.65	5.65	
	94+524.66	Canal 22	B-072	0.12	2.55		BSTC (1,0 m)		34.80	6.78	5.78	
	94+778.32	Canal 22	B-072.2.1	0.01	0.20		BSTC (0,8 m)		34.16	6.69	5.89	
	94+879.44	Canal 22	B-072.2	0.06	1.60		BSTC (0,8 m)		48.81	8.14	7.34	
	95+059.44	Canal 22	B-073.1	0.02	0.47		BSTC (0,8 m)		41.47	6.84	5.84	
	95+275.61	Canal 22	B-073.1.1	0.09	2.14		BSTC (1,0 m)		47.75	7.16	6.16	
	95+445.06	Canal 22	B-073.3.1	0.12	2.76		BSTC (1,0 m)		55.73	11.88	10.88	
	95+548.94	Canal 22	B-073.3	0.03	0.74		BSTC (0,8 m)		32.52	6.67	5.87	
	95+771.31	Canal 22	B-073	1.06	19.08		BSCC (2,5x2,5 m)		61.97	13.44	10.94	
	96+038.73	Canal 22	B-073.4	0.05	1.33		BSTC (0,8 m)		29.96	6.30	5.50	
	96+501.41	Canal 22	B-074	0.86	14.59		BSCC (2,0x2,0 m)		76.30	15.01	13.01	
	96+721.45	Canal 22	B-075.1.3.1	0.01	0.23		BSTC (0,8 m)		31.73	6.65	5.85	
	96+869.06	Canal 22	B-075.1.3	0.01	0.27		BSTC (0,8 m)		38.77	6.15	5.35	
	96+977.70	Canal 22	B-075.1.3.2	0.01	0.26		BSTC (0,8 m)		40.68	5.95	5.15	
	97+099.94	Canal 22	B-075.1	0.15	3.83		BDTC (1,0 m)		65.60	13.14	12.14	
	97+717.89	Canal 22	B-075	1.29	21.92		BSCC (2,5x2,5 m)		92.24	21.02	18.52	
	97+990.25	Canal 22	B-076	7.91	94.38		BTCC (3,0x3,0 m)		93.41	17.92	14.92	
	98+234.47	Canal 22	B-076.1	0.05	1.35		BSTC (0,8 m)		39.99	6.78	5.98	
	98+469.62	Canal 22	B-076.1.1	0.05	1.21		BSTC (0,8 m)		34.07	6.95	6.15	
	98+588.53	Canal 22	B-076.2.3	0.05	1.26		BSTC (0,8 m)		43.21	6.72	5.92	
	98+675.77	Canal 22	B-076.2	0.02	0.46		BSTC (0,8 m)		47.98	7.23	6.43	
	98+995.38	Canal 22	B-076.2.1	0.04	1.03		BSTC (0,8 m)		55.12	12.48	11.68	
	99+084.07	Canal 22	B-076.2.2	0.03	0.68		BSTC (0,8 m)		48.63	9.66	8.86	
	99+498.62	Canal 22	B-077	10.04	112.57		2XBDCC (3,0x3,0 m)		51.37	10.49	7.49	
	99+646.23	Canal 22	B-077.1	0.12	2.98		BSTC (1,0 m)		57.38	8.49	7.49	
	99+794.13	Canal 22	B-078.1.2	0.24	5.03		BDTC (1,0 m)		56.03	10.88	9.88	
	99+910.42	Canal 22	B-078.1.1.1	0.01	0.37							

Quadro 4.23 - Listagem de Bueiros Lote 4

Nº	Estaca	OBRA	BACIA		VAZÃO (m³/s)	VAZÃO ADOTADA (m³/s)	TIPO DE BUEIROS	TIPO DE BUEIROS AJUSTADOS	COMPRIMENTO DO BUEIRO (m)	ALTURA MÁX. DE ATERRO *	ALTURA EFETIVA DE ATERRO
			ID	Área							
Lote 5		Túnel 5 - Boa Vista	B-082.1.1	0.01	0.32		TÚNEL		-	-	-
	111+672.69	Canal 24.1	B-082.1.2	0.05	1.36		BSTC (0,8 m)	43.86	6.75	-	
	111+759.62	Canal 24.1	B-082.1.3	0.08	2.07		BSTC (1,0 m)	50.07	6.91	-	
Frente 1	112+080.00	Canal 24.2	B-082	3.74	56.71		BDCC (3,0x3,0 m)	52.48	8.79	-	
	112+285.77	Canal 24.2	B-082.2.1	0.05	1.23		BSTC (0,8 m)	48.76	6.92	-	
	112+535.76	Canal 24.2	B-082.2	0.11	2.70		BSTC (1,0 m)	54.03	7.41	-	
	112+617.27	Canal 24.2	B-082.3	0.05	1.28		BSTC (0,8 m)	54.17	8.49	-	
	112+766.48	Canal 24.2	B-082.4	0.05	1.28		BSTC (0,8 m)	50.71	9.96	-	
	113+312.19	Canal 24.2	B-083	1.08	16.46		BSCC (2,5x2,5 m)	104.14	20.80	-	
		Sifão 18 - Sovado	B-084	15.41	0.00		SIFÃO	-	-	-	
	114+181.81	Canal 25	B-084.1	0.02	0.47		BSTC (0,8 m)	-	-	-	
	114+451.16	Canal 25	B-085.1	0.04	1.08		BSTC (0,8 m)	76.68	11.33	-	
	114+751.42	Canal 25	B-085.1.1	0.01	0.28		BSTC (0,8 m)	43.46	6.64	-	
	114+974.09	Canal 25	B-085.2	0.02	0.39		BSTC (0,8 m)	35.58	6.88	-	
	115+098.17	Canal 25	B-085.3.2	0.01	0.21		BSTC (0,8 m)	41.11	-	-	
	115+155.53	Canal 25	B-085.3	0.01	0.23		BSTC (0,8 m)	68.45	8.50	-	
	115+362.85	Canal 25	B-085.3.1	0.12	2.91		BSTC (1,0 m)	65.29	9.84	-	
	115+469.99	Canal 25	B-085	0.29	7.34		BTTC (1,0 m)	70.03	11.39	-	
	115+851.47	Canal 25	B-085.4	0.04	0.89		BSTC (0,8 m)	65.42	9.07	-	
		Sifão 19 - Serra do Juá	B-086	2.11	31.73		SIFÃO	-	-	-	
	116+538.42	Canal 26	B-086.2	0.05	1.27		BSTC (0,8 m)	47.44	6.62	-	
	116+682.32	Canal 26	B-086.3	0.07	1.87		BSTC (0,8 m)	41.94	6.79	-	
	116+782.04	Canal 26	B-086.4	0.03	0.84		BSTC (0,8 m)	47.64	6.91	-	
	117+227.10	Canal 26	B-087	0.15	3.72		BDTC (1,0 m)	99.63	9.37	-	
	117+500.13	Canal 26	B-087.1	0.02	0.59		BSTC (0,8 m)	36.54	6.97	-	
	117+578.27	Canal 26	B-087.2	0.01	0.36		BSTC (0,8 m)	46.79	7.42	-	
	117+690.90	Canal 26	B-087.3	0.01	0.28		BSTC (0,8 m)	43.61	7.08	-	
	117+907.06	Canal 26	B-088.1	0.04	0.95		BSTC (0,8 m)	46.43	7.69	-	
	118+013.59	Canal 26	B-088	0.84	17.09		BSCC (2,5x2,5 m)	49.75	-	-	
	118+089.02	Canal 26	B-088.1.2	0.08	2.07		BSTC (1,0 m)	6.06	7.03	-	
	118+168.78	Canal 26	B-088.1.1	0.05	1.23		BSTC (0,8 m)	34.65	7.01	-	
	118+315.10	Canal 26	B-088.2	0.03	0.67		BSTC (0,8 m)	56.50	8.33	-	
	118+560.45	Canal 26	B-089.1.1	0.01	0.19		BSTC (0,8 m)	-	-	-	
	118+827.02	Canal 26	B-089	0.16	3.89		BDTC (1,0 m)	48.21	7.50	-	
	119+003.16	Canal 26	B-089.1	0.02	0.60		BSTC (0,8 m)	39.28	6.85	-	
	119+091.09	Canal 26	B-089.2	0.06	1.62		BSTC (0,8 m)	36.31	7.24	-	
	119+220.48	Canal 26	B-089.2.2	0.03	0.74		BSTC (0,8 m)	-	-	-	
	119+293.41	Canal 26	B-089.2.1	0.02	0.46		BSTC (0,8 m)	-	-	-	
	119+580.94	Canal 26	B-090.2	0.12	2.83		BSTC (1,0 m)	-	-	-	
	119+791.24	Canal 26	B-090.2.1	0.02	0.44		BSTC (0,8 m)	35.23	6.81	-	
	119+877.22	Canal 26	B-090.3	0.02	0.54		BSTC (0,8 m)	39.16	6.88	-	
	119+933.70	Canal 26	B-090.3.1	0.05	1.22		BSTC (0,8 m)	35.75	6.99	-	
	120+162.02	Canal 26	B-090.4.1	0.06	1.44		BSTC (0,8 m)	-	-	-	
	120+324.07	Canal 26	B-090.4	0.04	0.97		BSTC (0,8 m)	-	-	-	
	120+498.32	Canal 27	B-090.4.2	0.05	1.16		BSTC (0,8 m)	-	-	-	
	120+659.39	Canal 27	B-090	0.27	6.61		BTTC (1,0 m)	-	-	-	
	120+867.16	Canal 27	B-090.5.1	0.21	5.31		BDTC (1,0 m)	36.32	7.07	-	
	121+021.55	Canal 27	B-090.5	0.24	6.11		BTTC (1,0 m)	43.80	6.77	-	
	121+115.51	Canal 27	B-090.6.2	0.01	0.26		BSTC (0,8 m)	-	-	-	
	121+432.19	Canal 27	B-090.6	0.18	4.40		BDTC (1,0 m)	62.56	8.51	-	
121+674.39	Canal 27	B-090.6.1	0.08	1.88		BSTC (0,8 m)	48.20	7.92	-		
121+845.85	Canal 27	B-091.2	0.04	1.07		BSTC (0,8 m)	48.81	7.19	-		
121+908.24	Canal 27	B-091.1	0.05	1.37		BSTC (0,8 m)	55.51	9.40	-		
122+018.34	Canal 27	B-091	0.12	2.93		BSTC (1,0 m)	43.73	6.93	-		
122+070.38	Canal 27	B-091.2.1	0.02	0.60		BSTC (0,8 m)	38.44	6.71	-		
122+188.37	Canal 27	B-091.3	0.03	0.85		BSTC (0,8 m)	36.72	7.38	-		
122+337.80	Canal 27	B-091.4	0.06	1.47		BSTC (0,8 m)	46.46	6.59	-		
122+599.90	Canal 27	B-092.1	0.06	1.54		BSTC (0,8 m)	51.91	8.29	-		
122+873.36	Canal 27	B-092.2	0.03	0.80		BSTC (0,8 m)	36.05	6.96	-		
122+969.48	Canal 27	B-092	2.85	50.28		BDCC (3,0x3,0 m)	60.71	8.71	-		
123+076.99	Canal 27	B-093.4	0.03	0.72		BSTC (0,8 m)	43.95	****	-		
123+169.25	Canal 27	B-093.3	0.03	0.72		BSTC (0,8 m)	58.40	9.52	-		
123+333.04	Canal 27	B-093.2	0.06	1.53		BSTC (0,8 m)	48.05	7.75	-		
123+474.50	Canal 27	B-093.1	0.06	1.53		BSTC (0,8 m)	48.68	6.73	-		
123+560.53	Canal 27	B-093.1.1	0.05	0.99		BSTC (0,8 m)	69.27	12.92	-		
123+660.90	Canal 27	B-093	1.53	28.35		BDCC (2,0x2,0 m)	-	-	-		
123+919.35	Canal 27	B-094	0.16	3.68		BDTC (1,0 m)	53.32	8.37	-		
124+265.51	Canal 27	B-095.1	0.03	0.73		BSTC (0,8 m)	62.28	8.18	-		
124+472.53	Canal 27	B-095.1.1	0.08	1.96		BSTC (1,0 m)	56.09	10.41	-		
124+534.13	Canal 27	B-095.1.2	0.03	0.79		BSTC (0,8 m)	58.86	10.59	-		
124+669.81	Canal 27	B-095	4.31	56.08		BDCC (3,0x3,0 m)	100.97	22.82	-		
124+942.94	Canal 27	B-095.2	0.01	0.17		BSTC (0,8 m)	43.10	6.71	-		
125+218.95	Túnel 6 - Cruzeiro	B-096	2.48	30.21		BSCC (3,0x3,0 m)	-	20.87	-		
125+768.89	Canal 28	B-097.2	0.09	2.14		BSTC (1,0 m)	54.98	9.45	-		
126+095.90	Canal 28	B-097	2.96	37.04		BTCC (2,0x2,0 m)	104.47	19.96	-		
126+337.22	Canal 28	B-097.1.1	0.01	0.31		BSTC (0,8 m)	-	-	-		
126+688.16	Canal 28	B-097.1.2	0.03	0.79		BSTC (0,8 m)	-	-	-		
126+833.98	Canal 28	B-097.1	0.00	0.11		BSTC (0,8 m)	53.33	10.43	-		
126+910.20	Canal 28	B-097.2.1	0.01	0.27		BSTC (0,8 m)	37.25	7.09	-		
127+213.09	Canal 28	B-098.1	0.01	0.17		BSTC (0,8 m)	-	-	-		
127+338.47	Canal 28	B-098.2	0.12	2.68		BSTC (1,0 m)	-	-	-		
127+526.84	Canal 28	B-098	0.27	5.11		BSCC (1,0x1,5 m)	129.92	26.76	-		
127+716.43	Canal 28	B-099.1.1	0.02	0.56		BSTC (0,8 m)	65.57	11.32	-		
	Sifão Pai Mané	B-099	24.03	0.00		SIFÃO	-	-	-		
128+226.07	Canal 29	B-099.1.2	0.03	0.67		BSTC (0,8 m)	64.05	11.50	-		
128+523.10	Canal 29	B-099.1.3	0.02	0.59		BSTC (0,8 m)	55.89	10.47	-		
128+695.96	Canal 29	B-099.1	0.06	1.39		BSTC (0,8 m)	67.83	11.55	-		
129+080.49	Túnel 7 - Pai mané	B-100.1	0.11	2.37		TÚNEL	61.86	9.70	-		
129+345.89	Canal 30	B-100	0.54	8.86		BTTC (1,0 m)	88.66	14.78	-		
130+306.54	Canal 30	B-101	5.87	67.57		BTCC (3,0x3,0 m)	96.57	19.90	-		
130+721.63	Canal 30	B-101.1	0.06	1.42		BSTC (0,8 m)	51.78	6.66	-		
130+936.00	Canal 30	B-101.2	0.04	1.03		BSTC (0,8 m)	49.59	7.80	-		
131+181.57	Canal 30	B-102	0.15	2.88		BSTC (1,0 m)	54.02	8.60	-		
131+248.75	Canal 30	B-102.1.1	0.25	5.18		BDTC (1,0 m)	52.88	-	-		
131+537.16	Canal 30	B-102.1	0.11	2.59		BSTC (1,0 m)	56.33	8.09	-		
131+831.21	Canal 30	B-102.2	0.11	2.63		BSTC (1,0 m)	56.97	10.16	-		
132+581.22	Canal 30	B-103.1	0.15	3.29		BDTC (1,0 m)	51.95	7.58	-		
133+019.33	Canal 30	B-103	0.47	7.00		BTTC (1,0 m)	81.40	14.90	-		
133+331.29	Canal 30	B-104	1.53	19.98		BSCC (2,5x2,5 m)	85.25	17.43	-		
133+472.28	Canal 30	B-105	88.10	612.82		OBRA ESPECIAL	-	-	-		
133+885.65	Canal 30	B-105.1	0.02	0.54		BSTC (0,8 m)	48.32	6.61	-		
134+577.95	Canal 30	B-106.1	0.75	14.50		BSCC (2,0x2,0 m)	53.24	8.72	-		
135+120.12	Canal 30	B-106.2	1.20	18.59		BSCC (2,5x2,5 m)	49.76	9.05	-		
135+575.53	Túnel 8 - Cabaceira	B-106.2.1	0.26	5.49		TÚNEL	47.45	6.78	-		
136+413.92	Túnel 8 - Cabaceira	B-107.1	0.07	1.97		TÚNEL	50.95	6.73	-		
136+608.09	Canal 31	B-107.1.1	0.13	2.78		BSTC (1,0 m)	87.36	14.97	-		
136+790.53	Canal 31	B-107	2.12	35.27		BTCC (2,0x2,0 m)	92.77	19.98	-		
137+216.64	Canal 31	B-107.2	0.20	4.91		BDTC (1,0 m)	90.18	15.77	-		
137+617.18	Canal 31	B-108.1	0.01	0.36		BSTC (0,8 m)	46.03	7.45	-		
137+688.62	Canal 31	B-108.2	0.01	0.22		BSTC (0,8 m)	49.54				

A solução com impermeabilização total com manta implica em novas soluções para a drenagem sub-superficial e profunda dos canais e exigem soluções preventivas que já vem sendo adotadas progressivamente nos projetos recentes de canais, como por exemplo no PISF e no Eixão Castanhão/Fortaleza implantado pela SRH.

Considerando-se esta realidade de reconhecer a potencialização dos efeitos da subpressão pela existência da manta, decidiu-se prever drenos profundos ao longo de todo o canal, seja seção em corte, seja seção em aterro.

Como drenagem subsuperficial previu-se um sistema complexo de drenagem composto de faixas/drenos de geocomposto específico de drenagem, de 0,50 de largura, espaçados de 2,5m de eixo a eixo, e uma manta de geocomposto em todo o fundo, para garantir a coleta pelo dreno profundo sem atingir o diferencial de 0,20m de subpressão na interface manta/terreno escavado, seja no fundo ou nos taludes.

4.3 - TRECHOS EM TUBULAÇÕES GRAVITÁRIAS (SIFÕES)

4.3.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

A adução gravitatoria, entre a tomada d'água no açude Jati e a travessia do rio Cariús, extensão que constitui o Trecho 1, é composta de trechos de canais, nove túneis, intercalados por 29 trechos de tubulações que funcionam como sifões invertidos para travessia dos talwegues mais importantes com vazões superiores a 100 m³/s e ou longas depressões que exigiriam aterros com alturas superiores a 12 metros.

Existem situações em que se projetou um trecho em sifão, porque era inviável a implantação e futura manutenção de canal em superfície livre na encosta que se mostrou inviável, mesmo que se tentasse implantar uma solução alternativa com galeria de concreto armado em seção fechada, como foi o caso do sifão Ferrovia de 0,96 km (do km 12,97 ao km 13,93).

Os diâmetros nominais das tubulações projetados, na fase de Anteprojeto, a partir da análise de otimização de custos, foram mantidos no Projeto Licitado e no Projeto Executivo, sendo adotada a solução otimizada de faseamento em três tubulações de 2.800 mm de diâmetro, a serem implantadas em três etapas (inicial, dez anos e vinte anos), em aço-carbono (ASTM A36), com espessura de 3/8", adequada e suficiente para as condições de pressão interna de 80m (com coeficiente de segurança de 1,5), e reforçadas com anéis de enrijecimento, a cada 4,0m, com 20cm de altura e espessura de 3/8", para suportar vácuo total e cargas externas de projeto, como aterros de até 4,00m sobre geratriz superior dos tubos.

Para casos especiais de tráfego pesado sobre os tubos, foi projetado envelopamento em concreto ou solução não destrutiva com tubos suporte tipo camisa ARMCO, deixando-se os sifões em seu interior livre de carga.

Para atendimento da vazão máxima de final de projeto de 30 m³/s, definida no Estudo de Viabilidade, e ainda segundo as análises de otimização desta fase inicial do Projeto CAC, os trechos em sifão foram concebidos com três tubulações, operando em paralelo no final do plano, cada uma com vazão de 10 m³/s, e implantadas em três etapas defasadas de 10 anos (ou

mesmo até de 15 anos). Projetou-se que a linha do lado direito (no sentido do fluxo) deverá ser implantada na primeira etapa, enquanto a linha central e a da esquerda corresponderiam, respectivamente, à segunda e terceira etapas.

A linha do lado direito foi selecionada para implantação na etapa inicial porque quase sempre se situa em cotas inferiores às outras duas linhas, observando-se também que predominantemente o fluxo d'água, tanto superficial, quanto sub-superficial ocorre no sentido da declividade dominante da linha esquerda para a direita.

Considerando-se tais condicionamentos, decidiu-se implantar a linha direita, que situa-se, de forma mais freqüente, em cotas inferiores, garantindo-se que as futuras obras de escavação das valas estejam em cotas superiores às da linha já implantada, minimizando-se assim a potencialidade de deslizamentos da obra já implantada (que neste caso estará em cotas inferiores), e ainda a possibilidade de *piping*, nos aterros e reaterros já construídos, pelo fluxo predominante no sentido da esquerda para a direita.

O sifão Crato, que atravessa parcialmente zona urbana, será uma exceção, pois projetou-se implantar a linha central na primeira etapa. Por se desenvolver em terrenos de várzea, praticamente planos, transversalmente ao eixo, a ordem temporal de implantação seria indiferente. Diante de tal fato, a decisão de se implantar a linha central do sifão Crato, como primeira etapa, justifica-se pelo objetivo de se encontrar uma solução que melhor protegesse a faixa de domínio construtivo contra ocupações com construções irregulares a faixa de 60m de largura desapropriada pelo Estado para a implantação das três linhas, que ficariam parcialmente desocupadas e em terreno natural pelos próximos 10 a 20 anos. A desocupação parcial do terreno seria um chamariz para ocupações irregulares da forma como ocorreu em Fortaleza, na faixa de domínio da antiga REFESA, que tem dificultado a implantação do VLT Parangaba/Mucuripe.

A melhor solução para evitar-se este futuro e previsível problema foi definir a tubulação central como primeira etapa e construir logo, em conjunto com ela, as plataformas finais de aterro das duas linhas laterais, correspondentes à segunda e terceira etapa, ficando construtivamente demarcada a ocupação para posterior implantação, que foi definida com 30 metros de largura (60m no total), que é o mínimo suficiente para quase todo o traçado do sifão Crato que, só em raríssimas situações poderia ser reduzida para 2x25m (50m), não compensando tais variações localizadas, a não ser nas vizinhanças da Avenida Padre Cícero e da linha férrea do METROFOR.

Para demarcar fisicamente, de forma a demonstrar utilização da área construtiva total, previu-se nas faixas externas das plataformas duas vias de 4,5m de largura, uma de cada lado, pavimentadas em pedra tosca, para operação e manutenção do sifão e para permitir o acesso às propriedades lindeiras.

A caracterização da concepção das obras padrão dos sifões, tanto da implantação das tubulações, como das obras de concreto armado de interligação, com os canais a céu aberto, no emboque e desemboque, constam detalhadamente nos itens seguintes.

4.3.2 - CONCEPÇÃO CONSTRUTIVA E HIDRÁULICA DAS OBRAS DOS SIFÕES

4.3.2.1 - Condicionamento das Soluções de Implantação dos Tubos

A tipologia de montagem das tubulações foi definida em função dos condicionantes geológicos/geotécnicos, relevo e níveis das cheias nos talwegues transpostos.

As tubulações serão enterradas sempre que o topo rochoso estiver sistematicamente abaixo de 4m de profundidade e cobertura mínima de 1,5m ampliada para 2,0m, no caso de tráfego, e para 2,5m com lençol freático elevado. Nas condições de topo rochoso aflorante ou quando houver uma mudança muito acentuada na declividade ou condicionante local do terreno, as tubulações poderão ser aéreas, apoiadas sobre pilares ou blocos de concreto. Nas situações intermediárias, quando a profundidade do topo rochoso estiver sistematicamente entre 0 m e 4m, as tubulações serão semi-enterradas no terreno natural mas sempre com uma plataforma de cobertura mínima de 1,5m, que também deverá ser ampliada para 2,5m no caso de submersão do aterro e 2,0m em local de tráfego pesado sobre a tubulação, devendo em casos especiais, como na travessia de leitos menores dos talwegues de até o NA da cheia de período de recorrência de 100 anos, ser envelopadas em concreto, com armadura leve para evitar flutuações, com coeficiente de segurança $\geq 1,2$, no trecho passível de inundação pela cheia de recorrência de 1/100 anos.

Encontram-se, com bastante frequência, situações nas margens vazias dos principais talwegues onde projetaram-se coberturas dos tubos com 2,5m ou pouco mais, para não serem totalmente cobertas pelo nível da cheia de período de recorrência de 100 anos. Na maioria destes casos projetou-se o envelopamento com concreto no leito principal e aterros de 2,5m cobrindo os tubos, prevendo-se ainda proteção dos reaterros e aterros com enrocamento nos taludes das ombreiras dos riachos ou mesmo nas várzeas, no caso de possibilidade de velocidades elevadas ou maior risco de elevação do NA acima da cota de coroamento dos aterros.

Nos estudos econômicos da Viabilidade e Anteprojeto, considerando os custos de seções tipo de canais em aterro versus sifões, a altura de aterro do canal em que seria economicamente recomendado situava-se em torno de 12m.

No detalhamento do Projeto Executivo, tentou-se inicialmente conservar esta referência, que a própria VBA já havia praticado no projeto do Eixão, mas foi impossível, na prática, aplicá-la como uma simples regra de economicidade, pois as condições geológicas/geotécnicas e de relevo, principalmente, dos locais onde deviam iniciar e terminar as tubulações apresentam uma complexidade a ser resolvida caso a caso, o que obrigou a concepção de mais de um tipo de padrão para a interligação das tubulações com os canais em aterro e, às vezes, chegando-se até a situação de corte nesta transição canal/sifão para evitar as encostas de grande declividade com alto aterro, evitando-se implantar as obras de concreto sobre aterros instáveis e até de difícil construção, como se aborda a seguir na descrição da concepção das obras civis dos sifões.

4.3.2.2 - Obras de Concordância e Interligação dos Canais com as Tubulações

Em condições bem favoráveis de implantação, quanto às condições geológicas/geotécnicas, de relevo e traçado, as obras de concordância e interligação das tubulações podem ser bastante simplificadas se tiverem apenas estas funções. No entanto,

sempre pode-se aproveitar as estruturas mínimas obrigatórias para a função de receberem uma comporta de controle operacional ou, no mínimo, a instalação eventual de sistemas *de stop-logs*, tanto a montante, como a jusante para rotinas de manutenção.

Para o caso do CAC, todas as obras de montante e jusante eram compostas de concordâncias suaves tipo trapézio/retângulo associadas a três células com septos e ranhuras para instalação sequencial de grades de retenção de detritos, *stop-logs* e comportas quadradas de 2,80m x 2,80m, corrediças, verticais e instaladas na parede frontal onde as três tubulações são fixadas/chumbadas, alinhadas centralmente com cada uma das três comportas, com possibilidade de implantação de operação independente.

Para os casos mais desfavoráveis do CAC, onde a maioria dos locais das obras de concordância evidenciava bastante dificuldade em planta e perfil para aplicação da obra padrão mostrada na **Figura 4.14**, foi necessário projetar-se um sistema de obras moduladas que permitissem atender as mais difíceis e variáveis situações de geotecnia/fundação encontradas, em planta e perfil, tendo-se até que conceber a obra com um poço para resolver o problema dos desníveis entre os canais e as tubulações e para servir como fundação e arrimo dos aterros da zona de transição do canal para as tubulações. Caso não se adotasse esta solução de obra com funções múltiplas, dever-se-ia projetar uma estrutura adicional com a função de arrimo e fundação, aumentando-se, ainda mais os custos e a complexidade do projeto hidromecânico para interligação, caso fosse mantida a obra padrão simplificada.

Este foi o modelo de obra tipo adotado no Anteprojeto e no Projeto Licitado. No desenvolvimento e detalhamento do Projeto Executivo, levando em consideração alguns problemas operacionais das obras do Eixão, como ocorrência de transientes hidráulicos nas manobras das comportas, tomou-se a decisão de criar um poço de aeração, alívio e acesso para inspeção, limpeza e reparo das tubulações, chegando-se à concepção da obra padrão apresentada na **Figura 4.15**.

Na **Figura 4.16**, apresentam-se desenhos reduzidos das obras moduladas e como elas foram utilizadas em todos os sifões do CAC.

As obras foram projetadas para a capacidade máxima normal de 30 m³/s, compostas de três células, alimentando três tubulações independentes de 10m³/s cada, com operação paralela, devendo a parte civil ser construída totalmente na primeira etapa e as comportas e acessórios serem montados seguindo o cronograma das três etapas de implantação do CAC.

Observa-se que, embora se tenha previsto como padrão a instalação de *stop-logs* em todas as obras, não será necessária a montagem de comportas de controle operacional em todos os sifões, conforme se justifica em item a ser exposto mais adiante, onde se apresenta o sistema de comportas concebido e projetado para o controle operacional do CAC e o projeto de automação.

Figura 4.14

Figura 4.15

Figura 4.16 – Obras Moduladas

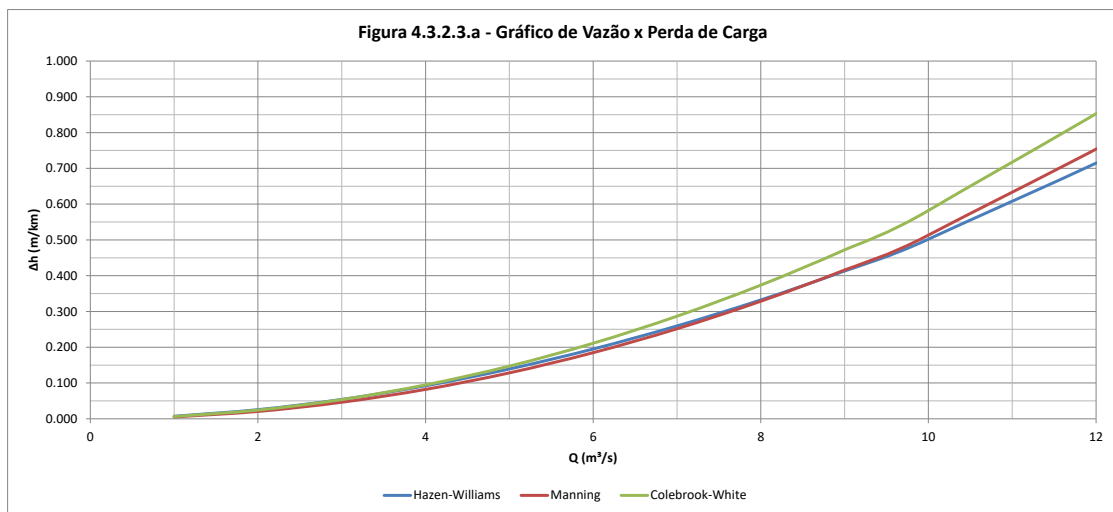
4.3.2.3 - Características Hidromecânicas das Tubulações dos Sifões

Características Hidráulicas

- Vazão máxima total = $30,0\text{m}^3/\text{s}$
- N° de tubulações em paralelo = 3
- Vazão por célula = $10,0\text{m}^3/\text{s}$
- Diâmetro do tubo = 2.500 mm
- Área interna = $6,16\text{ m}^2$
- Velocidade operacional = 1,60 m/s
- Perda de carga linear = 0,50 m/km

A perda de carga hidráulica no tubo foi calculada utilizando três fórmulas: para $C=145$: Hazen-Williams; $n=0,11$: Manning, e $\epsilon = 0,01$: Colebrook-White. O **Gráfico 4.1** a ilustra os resultados obtidos pelos três métodos.

Gráfico 4.1 - Vazão x Perda de carga para as três fórmulas analisadas.



Características Mecânicas

- Diâmetro = 2,80m

Espessura da parede = $3/8'' = 9,5\text{ mm}$; em aço ASTM-A36, fornecidos em tubos de 12m, reforçado por três anéis de enrijecimento, distanciados de 4,0m.

- Revestimento da tubulação
 - Interno: projetado em Coal Tar Epóxi obedecendo a todos os requisitos da AWWA-c-210.
 - Externo – montagem enterrada: projetado em Coal Tar Epóxi obedecendo a todos os requisitos da AWWA-c-210 ou revestimento com fitas conforme AWWA-c-214.



- Externo – montagem aérea: jato de areia ao metal quase branco padrão AS-2^{1/2} ; 1 demão de primer epóxi rico em zinco com espessura 50 µ; 1 demão de primer mastique epóxi com pigmento de alumínio espessura 125 µ; 1 demão acabamento mastique epóxi alumínio com espessura 150 µ; 1 demão de Hard Top de alta resistência a abrasão com espessura 80 µ; espessura mínima de 390 micra e espessura máxima de 630 micra.
- Anéis de enrijecimento e reforço: na forma retangular 3/8” x 8”, na mesma chapa do tubo, espaçados a cada 4m.
- Pressão máxima de ≈ 80 m.c.a
- Pressão de resistência a pressão externa = 14 m.c.a. com vácuo total.

4.3.3 - PROJETO GLOBAL CONSOLIDADO DOS SIFÕES

O **Quadro 4.3** apresenta o resumo dos comprimentos e elementos hidráulicos dos sifões. O ajuste do projeto foi realizado, com a eliminação de dois sifões e criação de cinco, com o objetivo de otimizar-se a solução canal x sifão, técnica e economicamente.

Quadro 4.3 – Resumo das Características dos Trechos em Tubulação Gravitária, de 2.800 mm de Diâmetro em Aço-Carbono

Subtrechos	TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	Diâmetros	Vazão (m³/s)		
							1 x Ø2,8m	2 x Ø2,8m	3 x Ø2,8m
Subtrecho 1.1	Captação	-210,10	0				12	22	30
	Sifão 1 - BR-116 (1)	506,87	1.108,60	601,73	0,60173	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 2 - Jardim	1.794,94	2.029,03	234,09	0,23409	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 3 - Beleza	4.667,41	5.387,09	719,68	0,71968	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 4 - BR-116 (2)	8.538,31	8.662,00	123,69	0,12369	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 5 - BR-116 (3)	10.736,00	10.856,00	120,00	0,12000	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 6 - Ferrovia (TLISA)	12.965,40	13.925,39	959,99	0,95999	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 7 - Porteiras (CE-397)	19.251,14	21.734,34	2.483,20	2,48320	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Total do Subtrecho 1.1				5.242,38	5,24238				
Subtrecho 1.2	Sifão 8A - Milho	43.705,00	43.875,00	170,00	0,17000	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 9 - Boqueirão	46.009,06	46.548,90	539,84	0,53984	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão Riacho Seco	53.065,00	53.233,72	168,72	0,16872	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 10 - CE-153	57.153,21	57.475,47	322,26	0,32226	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 11 - Areia	59.037,11	59.467,96	430,85	0,43085	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 11A - Barreiro	68.674,64	69.725,07	1.050,43	1,05043	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Total do Subtrecho 1.2				2.682,10	2,68210				
Subtrecho 1.3	Sifão 12 - Santana	75.169,09	75.689,50	520,41	0,52041	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 13 - Roncador 1	76.900,31	77.096,15	195,84	0,19584	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 13A - Roncador 2	77.655,61	77.919,78	264,17	0,26417	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 14 - Batoque	79.701,54	79.885,35	183,81	0,18381	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 15 - CE-060	82.706,71	82.772,97	66,26	0,06626	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 16 - São Francisco / Salamanca (CE-293)	90.180,83	91.040,79	859,96	0,85996	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 17 - Crato (CE-292 / Metrofor)	103.396,78	109.917,90	6.521,12	6,52112	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Total do Subtrecho 1.3				8.611,57	8,61157			
Subtrecho 1.4	Sifão 18 - Sovado	113.654,03	113.921,19	267,16	0,26716	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 19 - Serra do Juá	116.034,99	116.503,70	468,71	0,46871	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 21 - Pai Mané	127.818,62	128.139,20	320,58	0,32058	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão Carás	133.280,00	133.560,00	280,00	0,28000	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 22 - Caldeirão	138.876,59	139.199,38	322,79	0,32279	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 23 - Canoas 1	140.920,97	141.295,35	374,38	0,37438	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 24 - Canoas 2	142.565,88	142.775,88	210,00	0,21000	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 25 - Fundo 1	143.401,65	143.624,99	223,34	0,22334	3 x Ø2.800mm	12	22	30
	Sifão 26 - Fundo 2	143.864,25	143.982,06	117,81	0,11781	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Total do Subtrecho 1.4				2.584,77	2,58477				
TOTAL TRECHO 1				19.120,82	19,12082				

4.3.4 - OBRAS E DETALHES COMPLEMENTARES RELATIVOS AOS SIFÕES

4.3.4.1 - Passagens Molhadas e Bueiros Especiais de Sifões

As passagens molhadas de sifões foram dimensionadas a partir das simulações hidráulicas de duas metodologias: a primeira utilizava a equação clássica da lâmina vertente para vertedores, enquanto a segunda foi realizada simulando as condições hidráulicas no software HEC-RAS e obtenção das lâminas vertentes. Tais passagens molhadas foram complementadas com a utilização de bueiros de 1,0 m de diâmetro. Os bueiros especiais de sifões foram dimensionados na mesma metodologia utilizada na drenagem superficial, descrita no tópico 4.6. O **Quadro 4.4** apresenta o resumo das passagens molhadas e bueiros especiais de sifões. **Ver Figura 4.17, que mostra a obra adotada no projeto.**

4.3.4.2 - Trechos Envelopados

O envelopamento dos sifões foi realizado nas partes mais baixas do sifão, em contato com o talvegue, para evitar que a ação da água provocasse problemas estruturais no sifão. O comprimento dos envelopamentos foi obtido por simulações no software HEC-RAS, a partir da vazão de cheia do talvegue do sifão e as lâminas obtidas pelo programa. O Quadro 4.4 apresenta o resumo dos comprimentos dos envelopamentos dos sifões. **Ver Figura 4.17a, que mostra a obra adotada no projeto.**

4.3.4.3 - Obras Acessórias Hidromecânicas

Está sendo instalada uma descarga de fundo em todos os pontos baixos do sifão, nos locais indicados nos desenhos, de modo a permitir o esvaziamento do sifão e operações de limpeza e manutenção. A **Figura 4.18** ilustra a obra tipo da descarga de fundo.

Será instalada uma ventosa de tripla função em todos os pontos altos e de forte mudança de inclinação do sifão, nos locais indicados nos desenhos, de modo a aliviar as pressões nesses pontos, caso necessário. A **Figura 4.19** ilustra a obra tipo da ventosa.

Além disso, foram inseridas derivações em alguns pontos do sifão de modo a retirar água e fornecer para uso da população, de irrigação, criação de animais, entre outros, dependendo da demanda das áreas por onde passa o CAC. A **Figura 4.20** ilustra a obra tipo.

4.4 - TRECHOS EM TÚNEIS

4.4.1 - SEÇÕES TIPO DOS TÚNEIS UTILIZADAS NA CONCEPÇÃO DO ANTEPROJETO

Os critérios para a definição dos túneis no Anteprojeto e no Projeto Básico foram estabelecidos de acordo com os condicionantes geológicos/geotécnicos, hidráulicos e construtivos, de custo mínimo e, considerando diferentes materiais de escavação e processos construtivos, em função da capacidade máxima de vazão estimada e parametrizada com a declividade de referência de 0,50m/km, mas adotando-se a declividade disponível de 0,25m/km para o Anteprojeto, em razão dos condicionantes geográficos e de permissão de operação gravitatoria do Sistema CAC. Foram, inicialmente, tomados como referência os estudos realizados para os projetos do PROGERIRH e Eixão das Águas da SRH - CE onde, na época, estava em execução um túnel de, aproximadamente, 1,30km no Trecho IV, bem

como os estudos de viabilidade, estudos básicos e Projeto Básico do Projeto da Transposição de Águas do São Francisco para o Nordeste Setentrional (PISF) em elaboração.

Quadro 4.4

Figura 4.17 - Passagem Molhada

Figura 4.17a – Envelopamento e Enrocamento

Figura 4.18 - Descargas de fundo

Figura 4.19 - Bocas de visita

Figura 4.20 - Derivantes para tomada d'água

Na **Figura 4.21** – Túneis Escavados em Rocha (DB) e Túneis Escavados em Solo (NATM), a seguir, apresentam-se as seções típicas apenas como referência do processo evolutivo da concepção do Anteprojeto e do Projeto Básico.

No dimensionamento hidráulico foi estudado, inicialmente, um tipo de seção clássica em túneis, em arco-retângulo, com composição da base do túnel em formato retangular e a parte superior do túnel em semicircunferência, formando uma seção abobadada, acrescentando-se posteriormente uma seção tipo ferradura para túneis em solo ou rocha decomposta. Ainda em termos hidráulicos, foi utilizada a equação de Manning-Strickler, com coeficientes que variam de acordo com o revestimento do fundo e das paredes laterais do túnel e com nível d'água estabelecido a 75% da altura total da seção interna do túnel.

De acordo com cada tipo de classe de maciços (**Quadro 4.5**), foram estabelecidas duas seções tipo construtivas de geometria padrão em termos geológicos / geotécnicos, definidas a partir da composição das classes I e II, III, IV e V, semelhante à solução adotada no PISF, que projetou para os túneis do Trecho I do Eixo Norte escoramento e revestimento definitivo, onde o escoramento (ou revestimento primário) são as medidas necessárias à estabilização da abóbada e paredes dos túneis durante a construção, enquanto que o revestimento (ou revestimento secundário) são todas as medidas adicionais para garantir a estabilidade do túnel em longo prazo, durante sua vida útil.

Quadro 4.5 - Sistemas de Suportes Previstos para a Execução dos Túneis

Seção Tipo	Classe	Tipo de Tratamento
1	I e II	<ul style="list-style-type: none"> • Escavação em rocha com uso eventual de tratamento; • Regularização do piso com CCR (concreto compactado por rolo); • Uso esporádico de chumbadores (3,0m); • Aplicação de concreto projetado eventual no teto e=5cm.
2	III	<ul style="list-style-type: none"> • Escavação em rocha com uso regular de tratamento; • Aplicação sistemática de chumbadores em malha com espaçamento variando de 2,0 x 2,0m, e comprimento de 4m; • Aplicação de concreto projetado reforçado com fibras com espessuras de 10cm no teto e nas paredes do túnel.
3	IV	<ul style="list-style-type: none"> • Escavação em rocha com uso regular de tratamento; • Aplicação sistemática de chumbadores em malha com espaçamento de 1,5 x 1,5cm, e comprimento de 4m; • Aplicação de concreto projetado reforçado com fibras c/ 20 a 30 cm de espessura no teto e nas paredes do túnel.
4	V	<ul style="list-style-type: none"> • Escavação em solo com uso intensivo de tratamento; • Concreto projetado (e=30 a 40 cm) com tela metálica (grampeada e com ancoragens nas bordas e no centro de cada módulo de tela); • Uso de cambotas metálicas treliçadas espaçadas a cada 60cm ou 80cm; • Enfilagem tubo schedule 40 injetado ou bulbo contínuo com barra metálica a cada 40cm, e comprimento de 10m

Figura 4.21 – Anteprojeto - Obras Típicas – Túneis Escavados em Rocha (DB) e em Solo (NATM)

4.4.2 - SEÇÕES TIPO AJUSTADAS PARA COMPOR AS PLANILHAS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PROJETO BÁSICO LICITADO

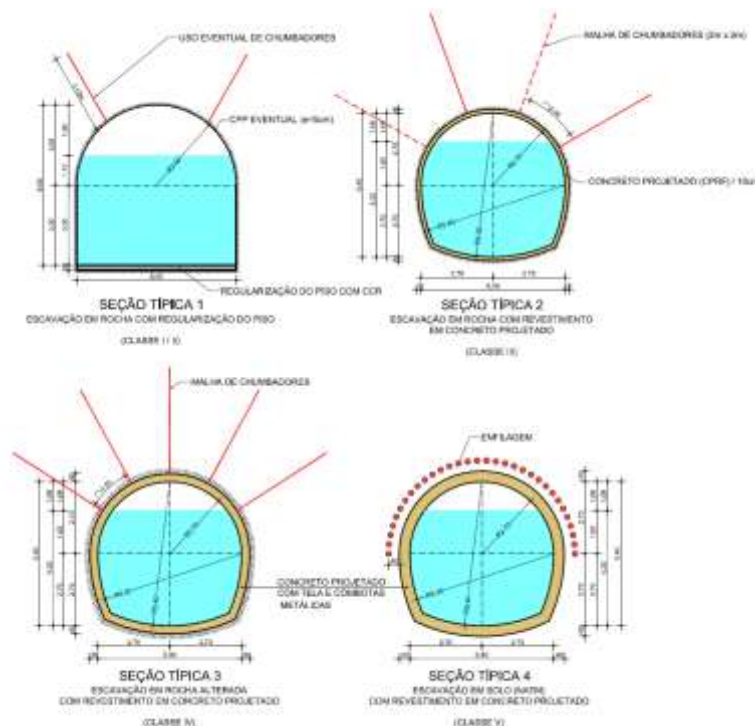
Construir túneis requer metodologia diferenciada das obras tradicionais a céu aberto. As inúmeras condicionantes existentes neste tipo de serviço levam, de forma muito frequente, a diferenças entre as sucessivas fases de projeto e a obra final realiza, especialmente em substratos geológicos não uniformes e muito heterogêneos.

Os projetistas das planilhas do Projeto Básico Licitado, além de utilizarem os dados disponíveis, analisaram obras que estavam em andamento com possíveis similaridades com as do CAC, ouviram consultores e procuraram se certificar do processo de construção dos túneis similares do PISF e optaram por um ajuste da geometria das seções, por uma compartimentação mais conservadora para as seções de escavação e pela inclusão sistemática de enfilagem para os maciços em solo.

As Especificações Técnicas para as obras do CAC, em seu subitem 14.3 – SEÇÃO DE ESCAVAÇÃO já antecipam possíveis alterações das seções tipo construtivas em função das características de classificação:

“Em princípio, a seção de escavação será executada conforme indicado nos Desenhos das seções apresentadas. No entanto, no detalhamento do projeto executivo, poderá ajustar a forma ou outro elemento das seções transversais do túnel a ser escavado, desde que feições imprevisíveis do maciço rochoso a ser atravessado assim o exigirem. Entretanto as modificações deverão estar de acordo com os parâmetros hidráulicos de Projeto.”

Figura 4.22 – Projeto Básico - Seções-tipo Hidráulicas/Estruturais



O Projeto Básico Licitado, foi elaborado com base nos dados obtidos através de sondagens a percussão e de poucas sondagens rotativas, que definiam, em sua maioria, os maciços dos 6 (seis) túneis (Sítio Alto 1, Sítio Alto 2, Veneza, Cabaceira, Boa Vista e Arajara) com geologia de formação sedimentar composto por Areia Siltosa bastante compacta, mas sem ou com pouca sustentação para escavações subterrâneas.

Inicialmente no Projeto Básico, foram consideradas 4 seções tipo (**Figura 4.23**), após otimização baseada nos dados existentes naquele momento. A compatibilização com a realidade de campo resultou nas seções tipo 3, aplicadas para túneis escavados em maciços de classe IV, e seções tipo 4, aplicada a túneis escavados em maciços de classe V, nas quais estão quantificados os serviços necessários e compatíveis para a construção dos túneis com as seções tipos 3 e 4, de acordo com os tipos de suporte e estabilização de maciços indicados no Projeto Básico.

O perfil geotécnico foi gerado com os dados obtidos em campo, durante a elaboração do Projeto Básico, resultado de investigações diretas, executadas ao longo do eixo, localizadas, predominantemente, nos emboques e desemboques, pois se limitavam a 30 m de profundidade. A partir destas seções tipo básicas e para definição dos percentuais de sua aplicação, procedeu-se a classificação dos maciços atravessados pelos túneis, que levou à adoção dos percentuais considerados na Memória de Cálculo do Projeto Básico, resultando na configuração da compartimentação apresentada no **Quadro 4.6**.

Quadro 4.6 - Compartimentação das Seções de Escavação no Projeto Básico

1 - Túneis: Sítio Alto 1, Sítio Alto 2, Veneza, Cabaceira, Boa Vista e Arajara (4.252,50m)			
Seção	Tipo Construtiva	Classe de Maciço	Previsto P. Básico
	Tipo 3	IV	40 %
	Tipo 4	V	60 %
2 - Túneis: Cruzeiro, Pai Mané e Carnaúba (907,00 m)			
Seção	Tipo	Classe	Previsto P. Básico
	Tipo 3	IV	70 %
	Tipo 4	V	30 %
3 - Resumo			
Seção	Tipo	Classe	Previsto P. Básico
	Tipo 3	IV	2.335,90 m 45 %
	Tipo 4	V	2.823,60 m 55 %

No orçamento do Projeto Básico Licitado, o uso de tirantes e chumbadores foi estimado em 23 m/m (23 metros de tirante por metro de túnel) e não foram considerados acréscimos de tirantes eventuais, que poderiam ser necessários, em função das condições do maciço. No Projeto Executivo, o uso de tirantes, para a seção considerada equivalente à do Projeto Básico, foi estimado em 26,25 m/m (26,25 metros de tirante por metro de túnel), mas também sem inclusão dos tirantes eventuais.

Bieniawski (1979 e atualizações) define que o uso desse tipo de tratamento só se emprega nas seções \leq IV. Na planilha do orçamento do Projeto Básico Licitado, apenas 45% do comprimento dos túneis (2.335,90 m) foram projetados com este tipo de tratamento, enquanto o restante (2.823,60 m) foi projetado seção V, com avanços usando enfilagens, jet grouting, cambotas. No Projeto Executivo, o detalhamento da compartimentação das seções do maciço levou a uma distribuição de seções bastante variadas e diferenciadas quanto ao processo construtivo.

Figura 4.23 - Seções tipo de túneis (cristalino e sedimentar)

A compartimentação incorporada ao Projeto Básico teve por base a pressuposição de que a classificação de categoria do material está ligada ao tipo de classe do maciço. No entanto, o maciço em arenito tem comportamento próprio e mesmo não apresentando tipificação claramente tradicional de materiais de 3ª categoria, mantêm-se em condições de estabilidade e atinge classificação de seções IV ou III, sendo em seu avanço, na maioria das situações, desmante a fogo, e só depois de escavado se torna material desagregado.

4.4.3 - PROJETO EXECUTIVO

4.4.3.1 - Estudos Básicos para Elaboração do Projeto

Investigações Geotécnicas

As prospecções e os estudos foram desenvolvidos no campo e em laboratórios, complementadas com análises e elaboração de relatórios, que incluíram atualização/complementação de mapeamentos geológicos, levantamentos geofísicos, sondagens mecânicas a percussão (SP), rotativas (SR) e mistas (SM) e sondagens manuais com uso de trado (ST) e do tipo poço com uso de pá e picareta (SPP), trincheiras profundas de inspeção de até 30m, nos emboques e desemboques, e até mesmo informações reais das frentes de obras que já estavam se iniciando, quando o Projeto Executivo estava em sua fase final de elaboração.

Sondagens Mecânicas (SP, SR, SM)

- a) Sondagem a percussão (SP), com a realização de ensaios de penetração – SPT;
- b) Sondagem rotativa (SR), com a realização de ensaios de perda d'água;
- c) Sondagem mista percussão - rotativa (SP-SR), com a realização de ensaios de penetração – SPT no trecho superficial em solo e realização de ensaios de perda d'água em rocha.

Sondagens Manuais (ST, SPP)

- a) Sondagem a Trado, com amostragem para descrição e realização de ensaios laboratoriais;
- b) Sondagem a pá e picareta (SPP).

Mapeamentos Geológicos

Os mapeamentos geológicos de superfície foram realizados na faixa de domínio do canal, apresentados em planta e perfil, ao longo do traçado, em escala de 1:50.000 ou 1:25.000, compondo um dos produtos do Projeto Executivo.

Levantamentos Geofísicos

Os levantamentos geofísicos foram realizadas pela Empresa Geophysical Consulting & Services, nos seguintes locais:

- a) Túnel Veneza (Municípios de Abaiara e Missão Velha)

- b) Túnel Cruzeiro (Município do Crato)
- c) Túnel Pai Mané (Município do Crato); e
- d) Túnel Carnaúba (Município do Crato).

Foram empregadas as metodologias de Levantamento Geofísico, através da Técnica de **Sísmica de Refração**, e de Levantamento Geofísico, através da Técnica de **Eletrorresistividade**.

O primeiro método foi utilizado com o objetivo de identificação da profundidade do substrato rochoso (topo da rocha) e suas camadas superficiais. Enquanto o segundo método foi empregado de forma a verificar a profundidade do nível de água e a presença de falhas/fraturas na região do levantamento.

O método sísmico baseia-se na emissão de ondas elásticas artificiais (também chamadas de ondas sísmicas) que viajam com diferentes velocidades em diferentes tipos de rochas. Através da geração de ondas sísmicas, estas são captadas depois de percorrerem determinadas distâncias em subsuperfície, sendo refletidas e refratadas principalmente, nas descontinuidades encontradas no subsolo, retornando posteriormente a superfície terrestre (Dourado, 2002).

O método da eletrorresistividade baseia-se no estudo do potencial elétrico, tanto dos campos elétricos naturais, existentes na crosta terrestre, como dos campos artificialmente provocados. A partir de medições do potencial elétrico na superfície pode-se determinar, no subsolo, a existência de corpos minerais e reconhecer estruturas geológicas (TELFORD et. al.1990). No túnel Veneza foi executado o método da eletrorresistividade mais adequado para área, o “caminhamento (ou perfilagem) elétrico”.

Foram realizados 3 (três) perfis geofísicos (Sísmica de Refração), perfazendo um total de 1.330m (hum mil trezentos e trinta metros), sendo:

- a) 1 perfil no Túnel Cruzeiro (410,00m);
- b) 2 perfis no Túnel Pai Mané (410,00m);
- c) 3 perfis no Túnel Carnaúba (510,00m).

Foi realizada, no Túnel Veneza, uma seção de eletrorresistividade (caminhamento elétrico), com comprimento de 2.540,00m.

Os levantamentos geofísicos foram devidamente consolidados em produtos e apresentados em relatórios. Os perfis são apresentados, a seguir.

Figura 4.24 – Túnel Cruzeiro - Seção Sísmica de Refração

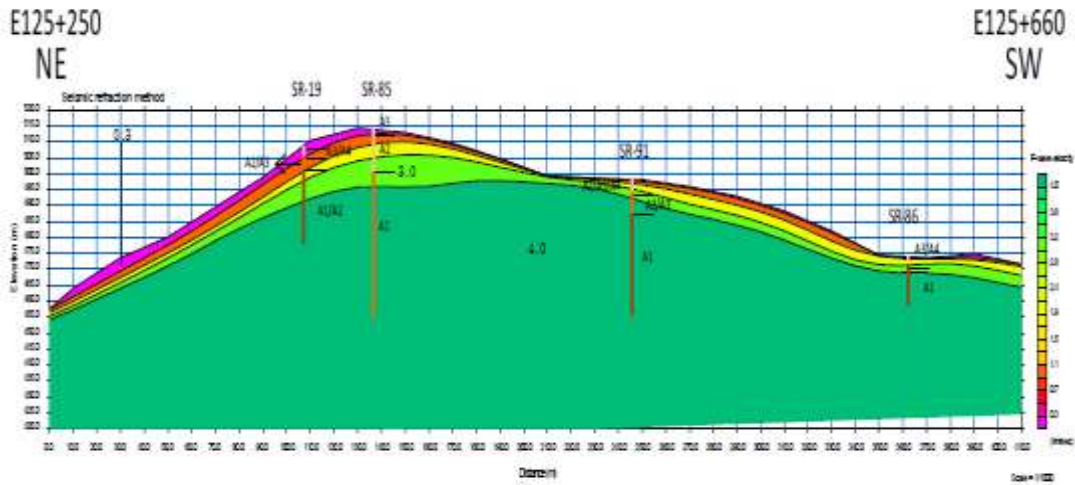
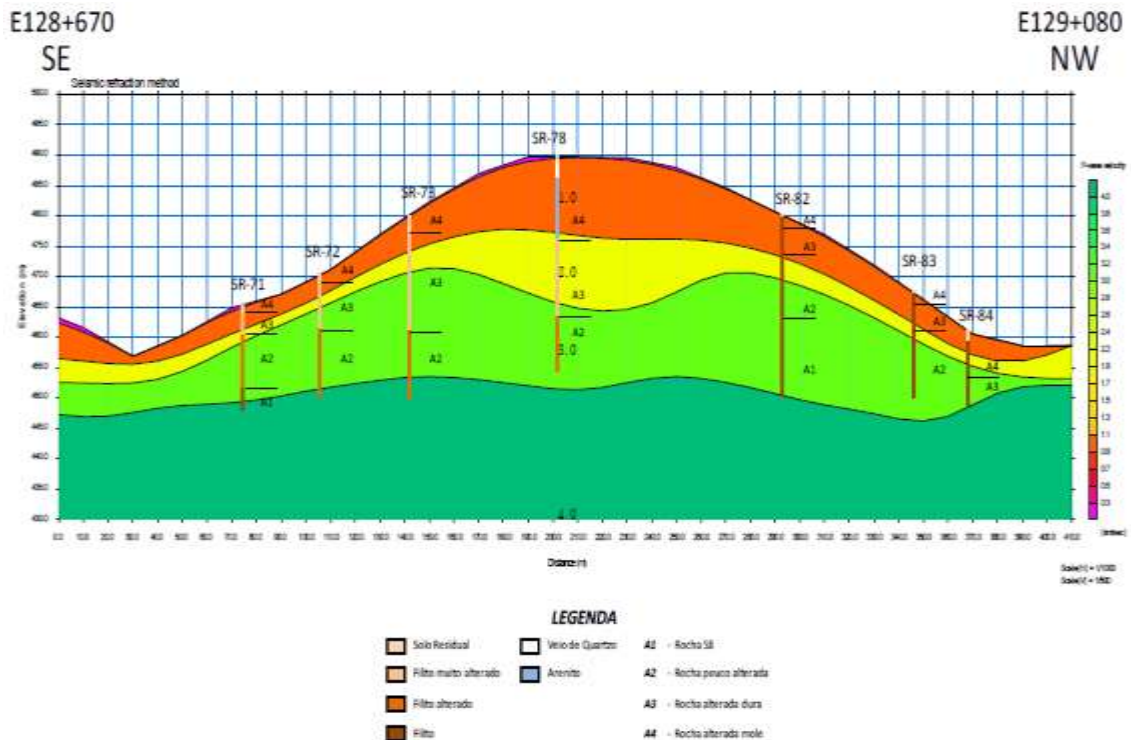


Figura 10 – Seção de sísmica de refração do Túnel Cruzeiro.

LEGENDA

- | | | | |
|--|----------------------------------|--|---------------------------|
| | Solo Residual | | A1 - Rocha S1 |
| | Metassilho/Filito muito alterado | | A2 - Rocha pouco alterada |
| | Metassilho/Filito alterado | | A3 - Rocha alterada dura |
| | Metassilho/Filito | | A4 - Rocha alterada mole |

Figura 4.25 – Túnel Pai Mané: Seção Sísmica de Refração



LEGENDA

- | | | | | | |
|--|-----------------------|--|-----------------|--|---------------------------|
| | Solo Residual | | Veno de Quartzo | | A1 - Rocha S1 |
| | Filito muito alterado | | Anisotrópico | | A2 - Rocha pouco alterada |
| | Filito alterado | | | | A3 - Rocha alterada dura |
| | Filito | | | | A4 - Rocha alterada mole |

Figura 4.26 – Túnel Carnaúba: Seção Sísmica de Refração

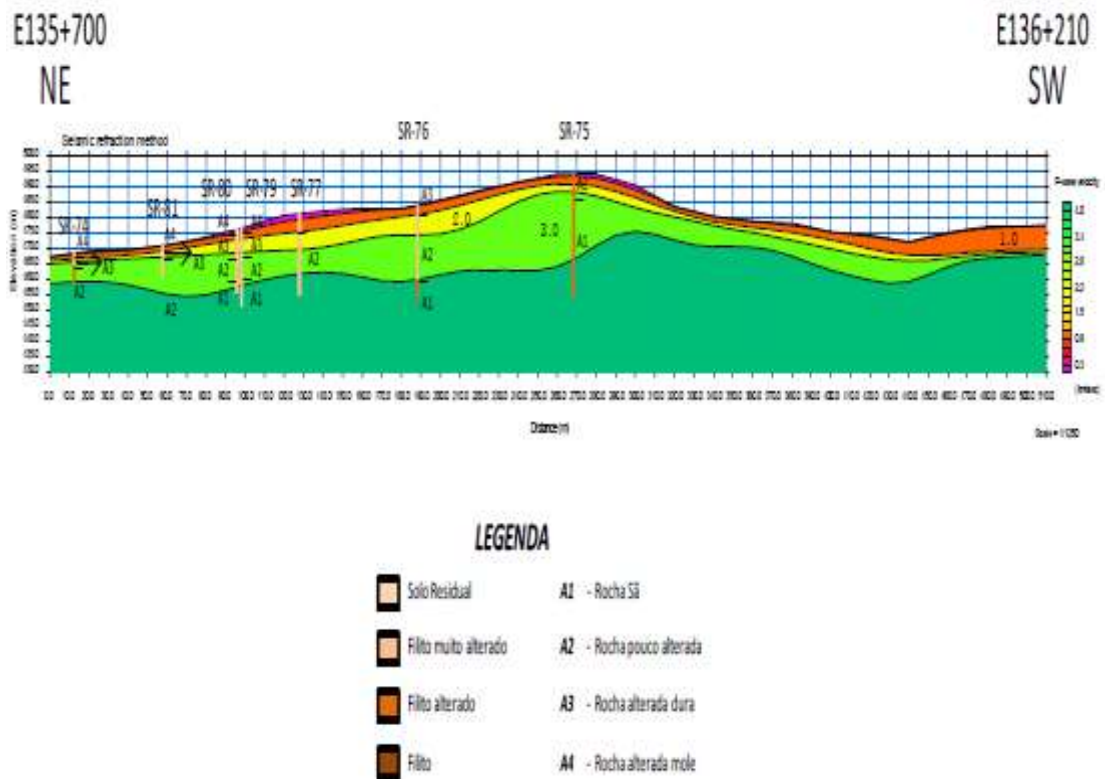
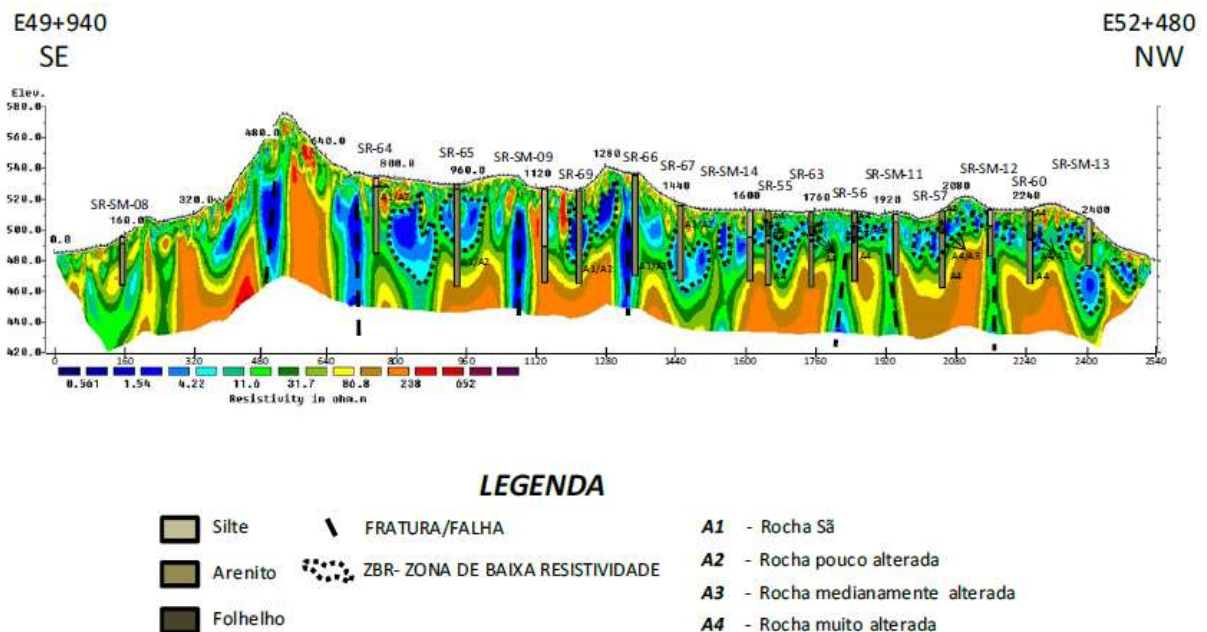


Figura 4.27 – Túnel Veneza: Seção Técnica de Eletroresistividade



Transcreve-se, a seguir, texto do relatório da empresa que executou os levantamentos geofísicos, utilizados na interpretação dos horizontes geológicos que compõem os túneis Cruzeiro, Pai Mané, Carnaúba e Veneza:

“Foi verificado nas seções sísmicas que a onda refratada encontrou de três meios distintos de velocidade. O primeiro meio apresenta velocidades de 0,3 e 1,0 km/s, associado

ao solo residual/rocha muito alterada a medianamente alterada (A4/A3); o segundo com velocidade de 2,0 km/s, associado com a camada de rocha medianamente alterada a pouco alterada (A3/A2) e o terceiro meio com velocidade acima de 3,0 km/s, associado a rocha pouco alterada/rocha sã (A2/A1).

No Túnel Cruzeiro, a rocha pouco alterada/rocha sã (A2/A1) apresenta sua elevação máxima em 505,0 (quinhentos e cinco) metros entre 140,0 (cento e quarenta) e 160 (cento e sessenta) metros do início da seção, enquanto que a cota mais baixa encontra-se em 455 (quatrocentos e cinquenta e cinco) metros no início da seção. Desta forma, observa-se que a área apresenta uma variação de cota de 50 (cinquenta) metros.

No Túnel Pai Mané, a rocha pouco alterada/rocha sã (A2/A1) apresenta sua elevação máxima em 473,0 (quatrocentos e setenta e três) metros entre 150,0 (cento e cinquenta) e 170 (cento e setenta) metros, enquanto que a cota mais baixa encontra-se em 457 (quatrocentos e cinquenta e sete) metros no início e no final da seção. Desta forma, observa-se que a área apresenta uma variação de cota de 16 (dezesesseis) metros. Cabe salientar que, sua superfície apresenta uma leve inflexão, com diminuição em cota, na parte central da seção. Esta feição pode estar associada à existência de uma fratura/falha, a qual pela facilidade de percolação de água favoreceu a sua alteração.

No Túnel Carnaúba, a rocha pouco alterada/rocha sã (A2/A1) apresenta sua elevação máxima em 486,0 (quatrocentos e oitenta e seis) metros a 260,0 (duzentos e sessenta) do início da seção, enquanto que a cota mais baixa encontra-se em 465 (quatrocentos e sessenta e cinco) metros no início da seção. Desta forma, observa-se que a área apresenta uma variação de cota de 21 (vinte e um) metros. Sua superfície não se encontra com uma profundidade grande quando comparado aos outros túneis estudados. No geral a sua profundidade encontra-se entre 2,0 (dois) e 10,0 (dez) metros.

Importante ressaltar que os resultados apresentados, enfatizam a boa qualidade dos dados obtidos no levantamento sísmico de refração, permitindo identificar com clareza as superfícies visualizadas quando correlacionadas as sondagens disponibilizadas.

No Túnel Veneza observar na porção intermediária a final da seção, iniciando em sua parte superior, zonas de baixa resistividade (ZBR), por conseguinte alta condutividade, variando de 0, 1 a 10 ohm.metro. Estas zonas são possivelmente indicativas da presença umidade/água.

Em profundidade estas zonas de baixa resistividade apresentam-se verticais a subverticais, as quais estão possivelmente associadas à fraturas/falhas preenchidas com água, indicativas da percolação de água em subsuperfície”.

Ensaio Laboratoriais

Os ensaios de caracterização e compactação foram realizados no Laboratório da VBA, em Juazeiro do Norte/CE.

Os ensaios especiais para obtenção de parâmetros de resistência: coesão e ângulo de atrito efetivos, com base em ensaios de “Resistência ao Cisalhamento Triaxial do solo, tipo CU (adensado e não drenado)”, e respectivos ensaios de caracterização, incluindo a

determinação da massa específica aparente seca e umidade natural, e ensaio de Resistência à Compressão Simples em corpos de prova rochosos de testemunhos de sondagem, foram executados no laboratório de Mecânica dos Solos e Pavimentação da Universidade Federal do Ceará.

O Relatório de Ensaio de Laboratório – 056/2013” da UFC, apresenta os resultados dos ensaios de acordo com a programação da Projetista, que incluíram “ensaio de granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, compactação, e resistência ao cisalhamento triaxial”. Na sequência, estão sumarizados os resultados dos Ensaio de Cisalhamento Triaxial, tipo Consolidated Undrained Triaxial Test

O **Quadro 4.7**, a seguir, mostra os resultados dos ensaios de compressão triaxial. O valor de coesão foi de 200 kPa para a amostra 22 e 50 kPa para a amostra 23. Os ângulos de atrito determinados foram de 35o para a amostra 22 e 45o para a amostra 23.

A resistência ao cisalhamento das amostras identificam materiais com coesão promovida pela consolidação que ocorreu no arenito e os valores de ângulo de atrito refletem a característica compacta dos materiais.

Quadro 4.7 – Ensaio Triaxiais (Tipo CU - Consolidated Undrained Triaxial Test) com Medida de Poropressão

Amostra	Local	TIPO	COESÃO (kPa)		ÂNGULO DE ATRITO (°)	
	Túnel		TOTAL	EFETIVA	TOTAL	EFETIVO
22 - 0,3m		Túnel	CU	250,0	200,0	35,8
23 - 0,6m	VENEZA	CU	100,0	50,0	43,2	45,0

O **Quadro 4.8** apresenta o resumo dos corpos de prova moldados e usados no ensaio de Resistência ao Cisalhamento Triaxial, tipo Consolidated Undrained Triaxial Test.

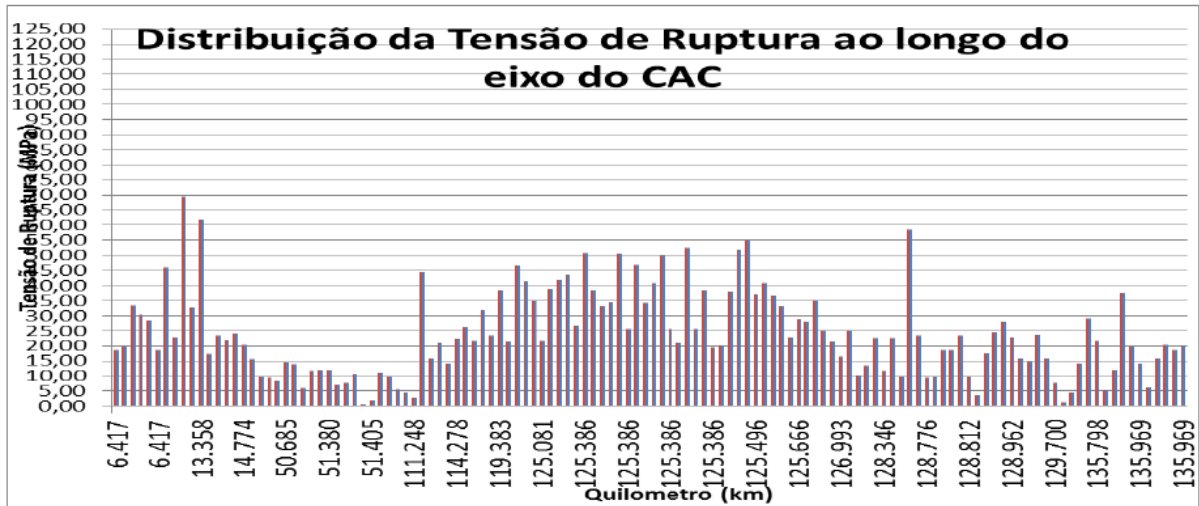
Quadro 4.8 - Condições dos Corpos de Prova (Tipo CU - Consolidated Undrained Triaxial Test)

Amostra	TIPO	Carga (kPa)	Altura (cm)	Peso úmido (g)	Umidade (%)	B	Volume (cm ³)	Dens. Úmida (g/cm ³)	Dens. Seca (g/cm ³)
22 0,30 m	CU	50	10,0	355,40	6,54	100	196,35	1,810	1,699
		100	10,0	358,00	6,52	100	196,35	1,823	1,711
		200	10,0	354,15	6,48	100	196,35	1,803	1,693
22 0,60 m	CU	50	10	341,34	8,07	100	196,35	1,738	1,608
		100	10	342,31	7,86	100	196,35	1,743	1,616
		200	10	344,56	7,82	100	196,35	1,755	1,628

Os Ensaio de Resistência à Compressão Simples foram realizados em corpos de prova (rocha) de testemunhos de sondagens executadas ao longo do traçado do canal, por se

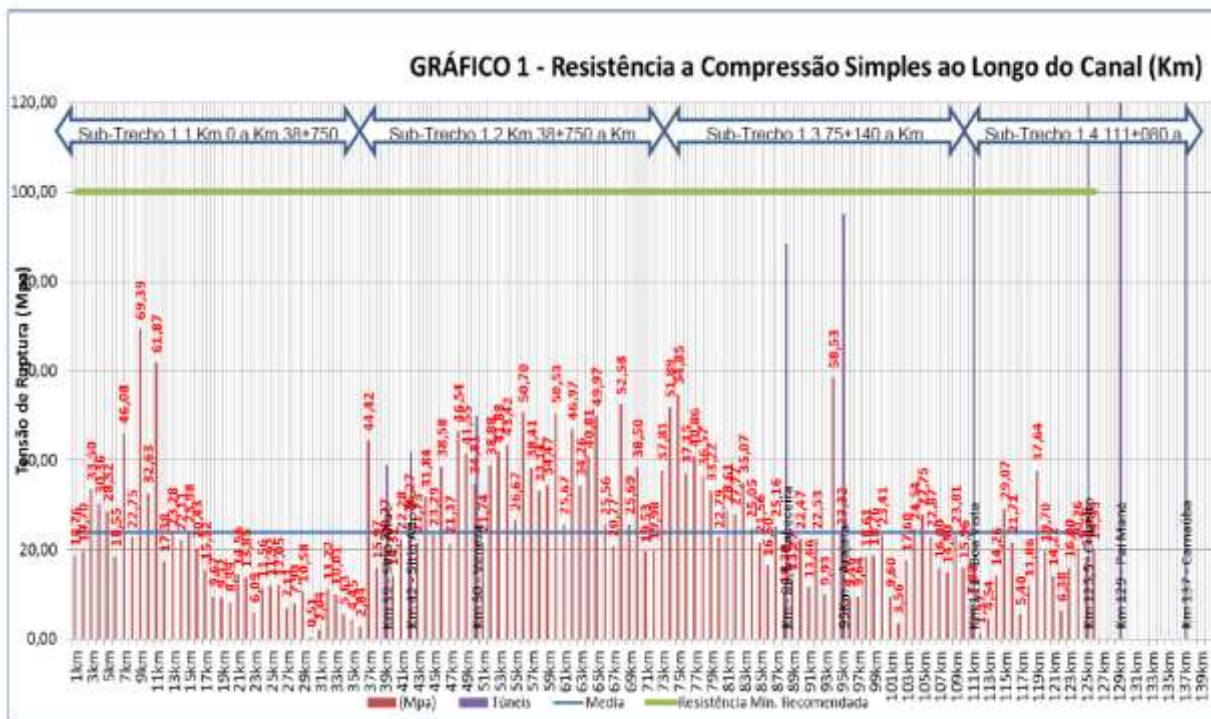
constituir o primeiro parâmetro de classificação de maciços rochosos RMR (Bieniawski, 1989) estando os resultados apresentados, em síntese, nas figuras, a seguir.

Figura 4.28 – Gráfico da Resistência à Compressão Simples x km de Canal



Observar no Gráfico da **Figura 4.29** a seguir a predominância de valores de resistência à compressão simples, situados na faixa menor que 20 MPa, caracterizando, no meio geotécnico, a denominação de rochas brandas, conforme Soares (1991).

Figura 4.29 – Gráfico com valores da Resistência à Compressão Simples x km de Canal



Quadro 4.9 – Correlação das amostras (corpos de prova) classificadas com resistência da rocha (ISRM,1981).

Descrição		Identificação de campo	Valor Aprox. de σ_c (MPa)	Nº de Amostras Classificadas	% de Amostras Classificadas
R0	Rocha extremamente fraca	Marcada com a unha	0,25 - 1,0	1	0,79
R1	Rocha muito fraca	Esmigalhada com golpes firmes com a ponta do martelo de geólogo e pode ser raspada com canivete.	1,0 - 5,0	6	4,76
R2	Rocha fraca	Pode ser raspada com dificuldade com canivete e marcas podem ser feitas com a ponta do martelo de geólogo.	5,0 – 25	71	56,35
R3	Rocha medianamente resistente	Não pode ser raspada ou riscada com canivete, mas as amostras podem ser fraturadas com golpes de martelo de geólogo.	25 – 50	40	31,75
R4	Rocha resistente	As amostras necessitam de mais que um golpe com martelo de geólogo para ser fraturada.	50 – 100	8	6,35
R5	Rocha muito resistente	As amostras necessitam de muitos golpes com martelo de geólogo para ser fraturada.	100 – 250	0	0
R6	Rocha extremamente resistente	As amostras podem somente ser lascadas com martelo de geólogo	> 250	0	0
Total				126	100

4.4.3.2 - Critérios Adotados para Cálculo do Projeto Executivo

Após novos estudos, sondagens rotativas, trincheiras de exploração, levantamentos geofísicos e ensaios laboratoriais, foi elaborado o Projeto Executivo, que definiu os tratamentos a serem empregados, com especificação de quantitativos e materiais, de acordo com as seções concebidas para os diferentes tipos de maciço.

Além destes novos estudos, cabe observar que, no desenvolvimento do Projeto Executivo, foram importantes as informações de campo das frentes que já estavam sendo executadas nos emboques e desemboques e no início de abertura de alguns túneis.

Os cálculos realizados, levando-se em conta os dados levantados nas pesquisas e ensaios, resultaram em nova compartimentação, mais próxima da realidade em campo.

Modelo de Cálculo Empregado

Para as classes III e IV, foi utilizado o modelo de Terzaghi (1946) para estimar os carregamentos potenciais sobre o suporte da escavação. Na sequência, fez-se a avaliação da capacidade resistiva do “anel” resistente mobilizado pelo suporte da escavação. Para os trechos de classe V, foi realizada uma simulação numérica pelo método dos elementos finitos para inferir os esforços do suporte e do revestimento secundário do túnel.

Contexto Geológico – Geotécnico

Como boa parte das escavações ocorre em maciços rochosos de Classes III a V de Bieniawski (1989), o modelo de cálculo adotado considerou um mecanismo de colapso de uma

escavação em meio descontínuo para Classes III e IV, uma vez que o comportamento do túnel é ditado pelas descontinuidades do maciço, não importando quais sejam os parâmetros de resistência ou deformação dos blocos de Rocha. Desta forma, torna-se indiferente tratar os blocos de rocha como corpos rígidos ou como corpos deformáveis, pois o comportamento do maciço é o mesmo em ambos os casos. Somente nos trechos escavados em maciços de Classe V, o comportamento do maciço diante de uma escavação pode ser aproximado por um meio contínuo.

Em todos os casos, o mecanismo de colapso é combatido a partir do emprego de suportes, os quais devem ser adequadamente dimensionados para resistir a um carregamento potencial.

Entre os diversos métodos de determinação de carregamentos sobre o revestimento, pode ser aplicável ao caso o modelo de Terzaghi (“Rock Tunneling with steel supports”, 1946).

Para uma condição de maciço “moderately blocky and seamy”, na classificação de Terzaghi, que descreve o maciço como composto por blocos interconectados, tendo ou não preenchimentos nas juntas, o carregamento previsto varia entre 0,25 a 0,35 vezes o vão formado pelas cunhas de empuxo ativo no pé-direito do túnel, ou pela soma do vão e da altura do túnel.

Na condição de maciço “very blocky and seamy”, que descreve o maciço como composto por pequenos blocos interconectados de modo imperfeito, tendo ou não preenchimentos nas juntas, o carregamento previsto varia entre 0,35 a 1,10 vezes o vão formado pelas cunhas de empuxo ativo no pé-direito do túnel, ou pela soma do vão e da altura do túnel. O **Quadro 4.10** apresenta um resumo desta condição.

Quadro 4.10 – Carregamento sobre o Suporte (Terzaghi, 1946, apud Bieniawski, 1990)

Terzaghi's Rock Load Classification for Steel Arch-Supported Tunnels²
(Rock Load H_p in Feet of Rock on Roof of Support in Tunnel With
Width B (feet) and Height H_t (feet) at a Depth of More
Than $1.5(B + H_t)$)*

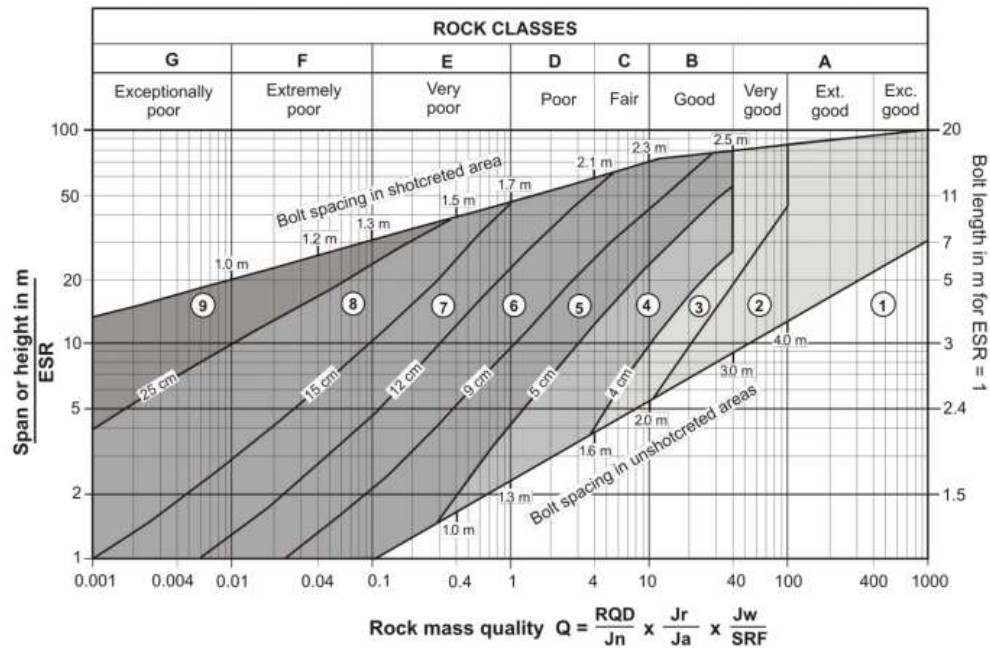
Rock Condition	Rock Load H_p in Feet	Remarks
1. Hard and intact.	Zero	Light lining required only if spalling or popping occurs.
2. Hard stratified or schistose.**	0 to 0.5B	} Light support, mainly for protection against spalls. Load may change erratically from point to point.
3. Massive, moderately jointed.	0 to 0.25B	
4. Moderately blocky and seamy.	0.25B to 0.35(B + H_t)	No side pressure.
5. Very blocky and seamy.	(0.35 to 1.10) (B + H_t)	Little or no side pressure.
6. Completely crushed but chemically intact.	1.10(B + H_t)	Considerable side pressure. Softening effects of seepage towards bottom of tunnel requires either continuous support for lower ends of ribs or circular ribs.
7. Squeezing rock, moderate depth.	(1.10 to 2.10) (B + H_t)	} Heavy side pressure, invert struts required. Circular ribs are recommended.
8. Squeezing rock, great depth.	(2.10 to 4.50) (B + H_t)	
9. Swelling rock.	Up to 250 feet, irrespective of the value of (B + H_t)	Circular ribs are required. In extreme cases use yielding support.

Na sequência, são apresentadas recomendações do sistema de contenção de maciços rochosos proposto por Bieniawski (1990), **Quadro 4.11** e por Barton (1993), **Figura 4.30**.

Quadro 4.11 - Recomendações do Sistema de Suporte de Maciços Rochosos (Bieniawski, 1990)

Rock mass class	Excavation	Rock bolts (20 mm diameter, fully grouted)	Shotcrete	Steel sets
I - Very good rock RMR: 81-100	Full face, 3 m advance.	Generally no support required except spot bolting.		
II - Good rock RMR: 61-80	Full face, 1-1.5 m advance. Complete support 20 m from face.	Locally, bolts in crown 3 m long, spaced 2.5 m with occasional wire mesh.	50 mm in crown where required.	None.
III - Fair rock RMR: 41-60	Top heading and bench 1.5-3 m advance in top heading. Commence support after each blast. Complete support 10 m from face.	Systematic bolts 4 m long, spaced 1.5 - 2 m in crown and walls with wire mesh in crown.	50-100 mm in crown and 30 mm in sides.	None.
IV - Poor rock RMR: 21-40	Top heading and bench 1.0-1.5 m advance in top heading. Install support concurrently with excavation, 10 m from face.	Systematic bolts 4-5 m long, spaced 1-1.5 m in crown and walls with wire mesh.	100-150 mm in crown and 100 mm in sides.	Light to medium ribs spaced 1.5 m where required.
V - Very poor rock RMR: < 20	Multiple drifts 0.5-1.5 m advance in top heading. Install support concurrently with excavation. Shotcrete as soon as possible after blasting.	Systematic bolts 5-6 m long, spaced 1-1.5 m in crown and walls with wire mesh. Bolt invert.	150-200 mm in crown, 150 mm in sides, and 50 mm on face.	Medium to heavy ribs spaced 0.75 m with steel lagging and forepoling if required. Close invert.

Figura 4.30 - Ábaco de cálculo de suporte da classe de maciço pelo índice Q



REINFORCEMENT CATEGORIES:

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1) Unsupported 2) Spot bolting 3) Systematic bolting 4) Systematic bolting, (and unreinforced shotcrete, 4 - 10 cm) 5) Fibre reinforced shotcrete and bolting, 5 - 9 cm | <ol style="list-style-type: none"> 6) Fibre reinforced shotcrete and bolting, 9- 12 cm 7) Fibre reinforced shotcrete and bolting, 12 - 15 cm 8) Fibre reinforced shotcrete, > 15 cm, reinforced ribs of shotcrete and bolting 9) Cast concrete lining |
|---|--|

Na falta de informações específicas quando da elaboração dos cálculos para o Projeto Executivo, o índice Q foi estimado a partir de Bieniawski (1989) ou por Barton (1995):

$$\text{RMR} = 9 \ln Q + 44 \quad (\text{Bieniawski, 1989})$$

$$\text{RMR} = 15 \log Q + 50 \quad (\text{Barton, 1995})$$

As camadas geológicas e seus respectivos parâmetros geotécnicos utilizados no dimensionamento das contenções são apresentados no **Quadro 4.12**, a seguir.

Quadro 4.12 – Parâmetros de Projeto

Camada Geológica	Peso Específico tf/m ³	Eo (Mpa)	Coesão (tf/m ²)	Ângulo de Atrito
Solo Aluvionar ou Coluvionar	1,7	20	0,5	25°
Solo Residual	1,7	250	1,0	28°
Folhelhos e Siltitos	1,8/2,2*	1000	2,0	30°
Arenitos	1,8/2,2*	1000	Ver Tabela 4.2	Ver Tabela 4.2

Nota: (2,2 para classes superiores)*

Os parâmetros de peso específico e de resistência (coesão e ângulo de atrito) para os maciços não areníticos (Túneis: Cruzeiro, Pai Mané e Carnaúba) foram estimados em função das características dos solos, obtidas através das sondagens e do número de golpes (NSPT), devido à falta de ensaios que permitissem a obtenção dos parâmetros de forma direta.

Para os túneis em região sedimentar, os parâmetros foram obtidos de forma direta, através de ensaios de cisalhamento triaxiais do tipo adensado, não drenado (CU), realizados em amostras de arenito feitos pela UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARA (UFC), (Relatório de Ensaios de Laboratório – 056/2013), no **Quadro 4.13**, estão relacionados os dados obtidos.

**Quadro 4.13 – Resumo dos Ensaios Triaxiais (CU)
com Medida de Poropressão (Rel. 056/2013-UFC)**

Amostra	TÚNEL	TIPO	COESÃO (kPa)		ÂNGULO DE ATRITO (°)	
			TOTAL	EFETIVA	TOTAL	EFETIVO
22 0,30 m	VENEZA	CU	250	200	35,8	35,8
23 0,60 m		CU	100	50	43,2	45,0
31 0,40 m	SÍTIO ALTO 1	CU	180	150	31,1	39,8
35 0,40 m		CU	120	150	41,5	37,9
57 3,30 m	SÍTIO ALTO 2	CU	140	100	36,3	35,8
38 0,30 m	ARAJARA	CU	120	40	21,8	34,2
39 0,30 m		CU	120	80	32,3	35,0
52 0,00 m	BOA VISTA	CU	150	150	39,8	43,2

Quadro 4.14 – Parâmetros de Projeto Segundo Bieniawski (1990)

D. MEANING OF ROCK CLASSES					
Class number	I	II	III	IV	V
Average stand-up time	20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span
Cohesion of rock mass (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Friction angle of rock mass (deg)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Como se verifica, os dados obtidos nos arenitos possuem similaridade com a classificação proposta por Bieniawski (1990).

Com relação ao módulo de elasticidade, para maciços rochosos, este foi estimado considerando:

$$E_m = 2xRMR - 100 \quad (GPa) \quad \text{para } RMR > 50 \quad (\text{Bieniawski, 1990})$$

$$E_m = 10^{\frac{RMR-10}{40}} \quad (GPa) \quad \text{para } RMR < 50 \quad (\text{Serafim e Pereira, 1983})$$

Para maciços terrosos, este foi estimado considerando:

$$E_m = 5x N_{spt} \quad (MPa)$$

4.4.3.3 - Compartimentação

No **Quadro 4.15**, estão demonstradas a compartimentação do Projeto Executivo e a compartimentação do efetivamente executado em campo, com projeção de conclusão de todos os túneis. Para os túneis em execução (Veneza, Boa Vista e Arajara), foi estimado o tipo de classe em função do realizado até o momento.

Quadro 4.15 - Compartimentação Projeto Executivo/Realizado na Obra

COMPARTIMENTAÇÃO PROJETO EXECUTIVO										
TÚNEL	PERCENTUAL					EXTENSÃO (m)				
	V	IV	III	II	TOTAL	TOTAL	V	IV	III	II
SÍTIO ALTO 1	15%	20%	45%	20%	100%	480,00	72,00	96,00	216,00	96,00
SÍTIO ALTO 2	12%	23%	49%	16%	100%	612,00	73,44	140,76	299,88	97,92
VENEZA	28%	42%	30%		100%	2.325,00	651,00	976,50	697,50	-
CABACEIRA	14%	62%	24%		100%	180,00	25,20	111,60	43,20	-
ARAJARA	16%	31%	40%	13%	100%	319,00	51,04	98,89	127,60	41,47
BOA VISTA	17%	40%	43%		100%	336,50	57,21	134,60	144,70	-
CRUZEIRO	13%	29%	58%		100%	365,00	47,45	105,85	211,70	-
PAI MANÉ	23%	60%	17%		100%	252,00	57,96	151,20	42,84	-
CARNAUBA	30%	70%			100%	290,00	87,00	203,00	-	-
TOTAIS (m) =>						5.159,50	1.122,30	2.018,40	1.783,42	235,39
TOTAIS (%) =>						100,00%	21,75%	39,12%	34,57%	4,56%
COMPARTIMENTAÇÃO PROJETO EXECUTIVO CAMPO										
TÚNEL	PERCENTUAL					EXTENSÃO (m)				
	V	IV	III	II	SOMA (%)	EXTENSÃO	V	IV	III	II
SÍTIO ALTO 1	5,38%	94,62%			100%	463,37	24,93	438,44	-	-
SÍTIO ALTO 2	4,60%	95,40%			100%	583,70	26,85	556,85	-	-
VENEZA	1,01%	98,99%			100%	2.322,36	23,46	2.298,90	-	-
CABACEIRA	53,89%	46,11%			100%	170,84	92,07	78,77	-	-
ARAJARA	20,00%	80,00%			100%	311,15	62,23	248,92	-	-
BOA VISTA	28,75%	71,25%			100%	336,48	96,74	239,74	-	-
CRUZEIRO	8,29%	12,41%	79,30%		100%	346,05	28,69	42,94	274,42	-
PAI MANÉ	8,21%	91,79%			100%	238,87	19,61	219,26	-	-
CARNAUBA	7,95%	60,32%	31,73%		100%	290,00	23,06	174,93	92,02	-
TOTAIS (m) =>						5.062,82	397,62	4.298,76	366,43	-
TOTAIS (%) =>						100,00%	7,85%	84,91%	7,24%	-

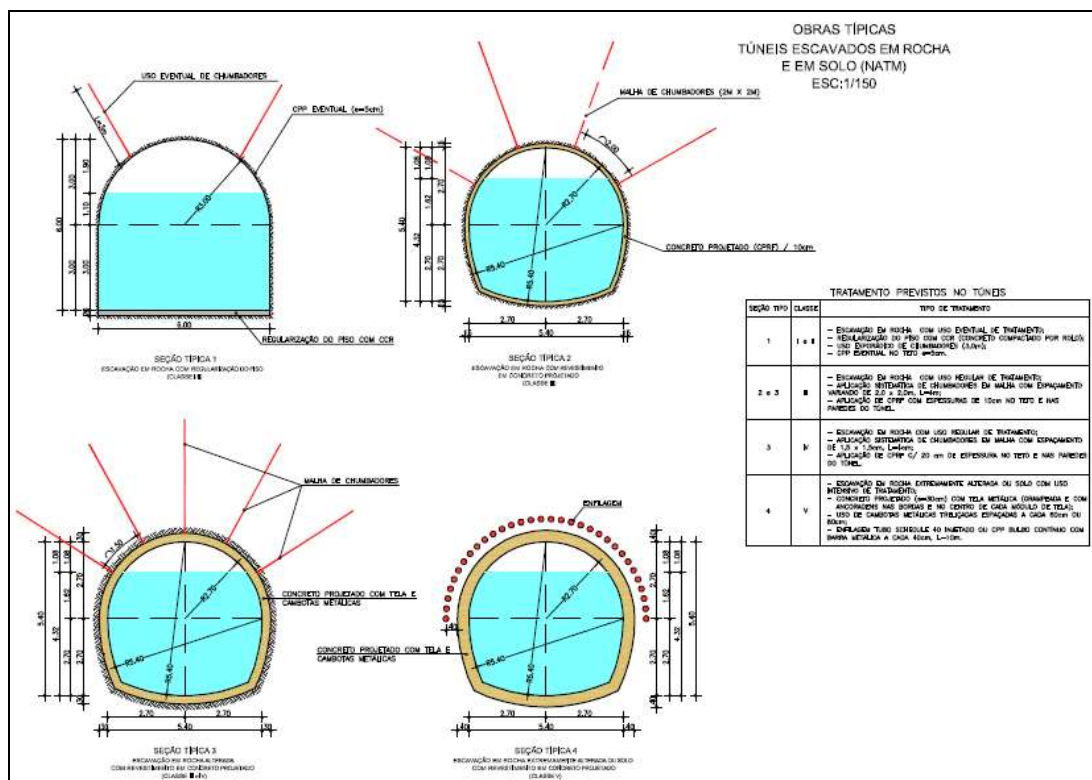
4.4.3.4 - Evolução do Projeto Básico ao Executivo

Projeto Básico

Foram previstos originalmente no Projeto Básico nove túneis no Trecho 1 do CAC: Sitio Alto 1 (645 m), Sitio Alto 2 (790m), Veneza (2.538m), Cabaceira (210 m), Arajara (419 m), Boa Vista (381 m), Cruzeiro (416 m), Pai Mané (284 m) e Carnaúba (297 m), perfazendo uma extensão total de 5.960,65 m, com seções típicas projetadas para conduzir 30 m³/s.

Os túneis no Projeto Básico foram concebidos de acordo com os tipos de suporte e estabilização de maciços e assim projetados com 04 (quatro) seções ver **Figura 4.31** a seguir, já apresentados anteriormente (Ver Figura 4.17), onde se apresenta a evolução do Anteprojeto para o Projeto Básico.

Figura 4.31 - Seções Típicas dos Túneis do Trecho 1 do CAC (Projeto Básico)



Das 04 (quatro) seções previstas para os túneis do Projeto Básico apenas 02 (duas) foram utilizadas para suporte das escavações subterrâneas de todos os 09 (nove) túneis do Trecho 1 do CAC. Estas duas seções Tipo 3 e 4, que correspondem as Classes de maciço IV e V, torna o projeto conservador e na realidade compatível com as condições geológicas e geotécnicas da região do traçado do sistema adutor. Com isto podemos concluir que o projetista, de posse dos dados de campo disponíveis para o Projeto Básico, poderia ter segurança para assumir o risco de adotar seções aplicáveis somente para maciços Classe III e até II.

Assim foram adotadas as seguintes seções no Projeto Básico:

- **Tipo 3** – Previsto para seções de túneis escavadas em maciços de classe IV, em rocha, com uso regular de tratamento, aplicação sistemática de chumbadores em malha, com espaçamento de 1,5 x 1,5cm, comprimento de 4m, e aplicação de concreto projetado c/ 20 a 30 cm de espessura no teto e nas paredes do túnel;
- **Tipo 4** – Previsto para seções de túneis escavadas em maciços de classe V, em solo, com uso intensivo de tratamento, utilizando cambotas metálicas treliçadas espaçadas a cada 60cm ou 80cm e entre elas concreto projetado (e=30 a 40 cm) com tela metálica (grampeada e com ancoragens nas bordas e no centro de cada módulo de tela). Para execução dos avanços fazer uso de enfilagem aplicada com tubo schedule 40 injetado ou bulbo contínuo com barra metálica, a cada 40cm, e comprimento de 10m.

As seções Tipo 4 do Projeto Básico, a serem utilizadas nos maciços classe V, com a execução dos avanços fazendo uso de enfilagem e/ou jet grouting, torna a metodologia de execução das escavações lenta e demorada, com reais indicações no atraso do cronograma de execução das obras.

Correlação das Seções do Básico x Executivo

No Projeto Executivo-PE a Seção Tipo 1 do Projeto Básico-PB foi adotada para as Classes de Maciço I e II (RMR), portanto foram criadas as Seção 1 e 2 no PE indicadas para as Classes I e II.

A Seção Tipo 2 do PB foi transformada em Seção 3 no PE, para a Classe de Maciço III. A Seção Tipo 3 do PB foi transformada em Seção 4 no PE, para a Classe de Maciço IV. E finalmente, a Seção Tipo 4 do Projeto Básico foi transformada em Seção 5 no PE, para a Classe de Maciço V. (**Figura 4.32**)

Projeto Executivo

O projeto executivo dos túneis foi desenvolvido seguindo o método Austríaco para abertura de Túneis NATM (New Austrian Tunneling Method), que adota uma maneira eficiente e segura de construir túneis. Basicamente, logo após a escavação parcial do maciço, é instalada a estrutura de suporte que é constituída de concreto projetado e complementada, por elementos usualmente utilizados no suporte como tirantes, chumbadores, cambotas e telas metálicas.

Os túneis no Projeto Executivo foram concebidos baseados nas informações do Projeto Básico e de posse de novas informações dos maciços dos túneis, dos resultados das sondagens rotativas, geofísica, eletrorresistividade e ensaios laboratoriais, que foram suficientes para a caracterização e compartimentação teórica dos maciços, tipificações das seções dos túneis, concepção e detalhamento dos falsos túneis, dos tratamentos de emboques e desemboques e métodos construtivos. Registra-se ainda a informação real de campo das frentes de emboque e desemboque que já estavam em execução, que foram fundamentais para o projetista consolidar o projeto final das seções tipo do Projeto Executivo. De acordo ainda com a Projetista e consultores contratados por esta ficaram definidas as Classes e Seções do projeto como se pode constatar a seguir. O **Quadro 4.15a** apresenta o resumo geral de comprimentos, além da comparação entre os eixos do projeto executivo final e do básico.

Figura 4.32 - Comparativo Seções PB_PE

Quadro 4.15a

O Projeto Executivo definiu 05 (cinco) classes de acordo com o maciço rochoso, sendo:

- Classe I - Maciço muito bom (rocha mais dura);
- Classe II – Maciço bom;
- Classe III – Maciço regular;
- Classe IV - Maciço pobre;
- Classe V – Maciço muito pobre (solo).

O Projeto Executivo definiu também 06 (seis) seções para os túneis e uma para o falso túnel, sendo:

- Seções 1 e 2, em formato de arco retângulo, a aplicar nas classes de maciços I e II;
- Seções 3 e 4, em formato de ferradura com fundo em arco invertido, a aplicar nas classes de maciço III e IV;
- Seção 5A, em formato de ferradura com fundo em arco invertido, para solos muito moles, incoerentes, e em presença de lençol freático (água), a aplicar nas classes de maciço V;
- Seção 5B, em formato de ferradura com fundo reto, para solos mistos e sem presença de lençol freático (água);
- Seção Típica do Falso Túnel, em formato de arco retângulo, a aplicar no emboque e desemboque de todos os túneis.

Quando da elaboração do Projeto Executivo na compartimentação teórica dos maciços, que é uma previsão do mapeamento das classes de maciço distribuídas ao longo do eixo dos túneis, os consultores adotaram somente nas Classes II, III, IV e V, para todos os túneis do Trecho 1 do CAC.

As Seções Típicas para escavação e suporte, originais, do Projeto Executivo dos Túneis do 1º Trecho do CAC, são apresentadas nas **Figuras 4.33 a 4.38**, a seguir.

Nas Seções 1 a 4, como suporte da escavação, foi projetado o emprego de tirantes de barras de aço CA-50, fixados com resina epóxi, e concreto projetado de resistência final à compressão simples superior a 25 MPa. Os tirantes devem apresentar uma carga de incorporação de 10 tf. No revestimento primário intercalado ao concreto projetado são usadas telas metálicas tipo Q-92 e, no revestimento secundário no concreto projetado, são usadas fibras metálicas. A geometria da seção de escavação, as espessuras dos revestimentos e as quantidades de material para cada seção são apresentadas nas figuras acima citadas.

Figura 4.33 – Seção 1 do Túnel em Maciço Classe I

Figura 4.34 – Seção 2 do Túnel em Maciço Classe II

Figura 4.35 – Seção 3 do Túnel em Maciço Classe III

Figura 4.36 – Seção 4 do Túnel em Maciço Classe IV

Figura 4.37 – Seção 5A do Túnel em Maciço pouco consistente Classe V

Figura 4.38 – Seção 5B do Túnel em Maciço consistente Classe V

A Seção 5 do túnel para maciço Classe V (**Figuras 4.37 e 4.38**), apresenta a versão 5A para maciço classe V consistente, e a versão 5B para maciço classe V pouco consistente. Em linhas gerais, o suporte da escavação é composto por um revestimento primário de 30 cm de concreto projetado, tratamentos sistemáticos de Enfilagens CCPh (Cement Churning Pile horizontal), Enfilagens Injetadas de Aço tipo Schedule, ou de aço CA-50 cravadas sistematicamente). O revestimento secundário é composto por 10 cm de concreto projetado reforçado com uma tela metálica tipo Q-92, considerado aderido ao revestimento primário. Observe-se que a forma da cambota metálica implica a escavação para formação de uma sapata para a calota, orientando a carga para a direção vertical e drenagem sistemática constituída por drenos horizontais profundos (DHP).

O Projeto Executivo indicou o uso obrigatório na Seção 5 de Enfilagens nos primeiros metros dos Emboques e Desemboques, em decorrência da pequena cobertura em presença de saprolitos e materiais intemperizados e terrosos incoerentes, de baixa consistência. Esses elementos auxiliares de suporte não compõem as seções estruturais finais, mas são necessários à segurança e proteção suplementar da área de trabalho efetivo da escavação do túnel e dispensam outros elementos que possam se fazer necessários à construção ou compor estruturalmente o revestimento permanente final.

A enfilagem consiste da execução de furos no contorno da abóbada da galeria na frente de escavação onde serão instalados tubos metálicos dotados de manchetes, usualmente com comprimentos superiores a 12 m, conjuntamente com a injeção de caldas de cimento, de forma a reforçar o maciço em torno da abóbada e superiormente à escavação. Este procedimento visa criar um “guarda-chuva” de proteção e segurança ao avanço da escavação.

Conforme *item 14.9.5 das Especificações Técnicas*, este tipo de suporte ou reforço deve ser realizado em condições de rocha muito alterada a decomposta ou muito fraturada, em solo e em zonas com pequeno recobrimento sobre a escavação e nos emboque dos túneis.

Quando o maciço se apresentar de melhor qualidade geotécnica, os tubos metálicos de enfilagem podem ser substituídos por varões de aço de diâmetro 32 mm, selados. Foi previsto que esta substituição poderia ser efetuada com o acordo da Fiscalização. O Projeto Executivo previu uma seção alternativa para estas situações, a Seção 4C.

Os “guarda-chuvas” de enfilagens devem ser instalados numa seção transversal, segundo uma diretriz envolvente à diretriz teórica do túnel (de maior raio que esta), e de forma a obter-se um ângulo tão pequeno quanto possível em relação ao eixo longitudinal do túnel.

No caso de instalação de um “guarda-chuva” muito inclinado poderá ser necessária a aplicação de enfilagens curtas na escavação da seção com enfilagem longa, de forma a reduzirem-se as sobre-escavações.

Os tubos da enfilagem devem possuir várias machetes colocadas a intervalos regulares, de forma a que a injeção de calda de cimento possa ser executada em operação de passo-à-passo. As operações de injeção com obturador devem ser feitas a baixa pressão, não devendo ultrapassar a pressão máxima de 0,2 MPa.

No item 2.8, deste documento, constam os quantitativos de redução do uso de Enfilagens nos túneis do CAC.

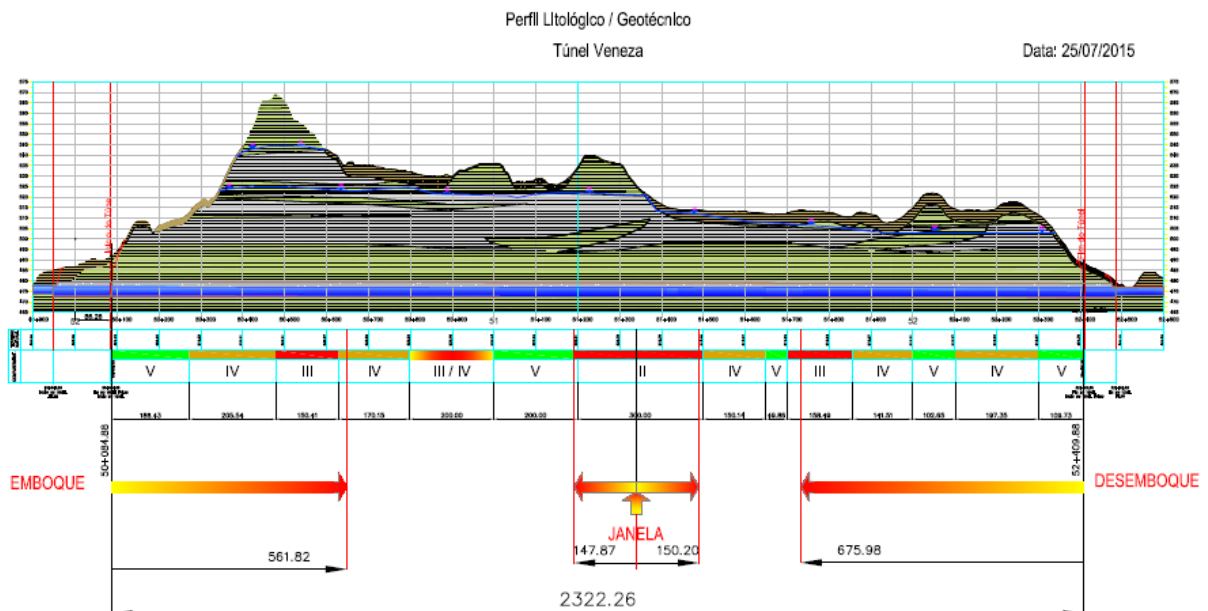
Este método foi projetado com o objetivo de estabilização de frentes de trabalho, tanto nos emboques, como no interior dos túneis para situações de maciços estratificados, com presença de blocos ou solos moles com presença de água no interior dos túneis.

O método Jet Grouting, horizontal e ou vertical, está previsto no item 14.6 das Especificações Técnicas. O Jet Grouting é uma técnica de melhoria de solos, realizada diretamente no interior do terreno sem escavação prévia, utilizando para tal um ou mais jatos de grande velocidade (cerca de 250 m/s) que aplicam a sua elevada energia cinética na desagregação da estrutura do terreno natural e na mistura de calda de cimento com as partículas de solo desagregado, dando origem a um material de melhores características mecânicas do que o inicial e de menor permeabilidade.

Com relação ao uso de *Jet Grouting*, nenhuma Seção do Projeto Executivo previu qualquer reforço do material com uso desta técnica, visto que o maciço rochoso e até mesmo os saprolitos e materiais terrosos (incoerentes) apresentaram comportamento satisfatórios e adequados aos suportes convencionais previstos nas Seções de escavação 5 e 4.

No Projeto Executivo consta a Caracterização Geomecânica com base no RMR (*Bieniawski*, 1989) e a Compartimentação do maciço rochoso ao longo dos túneis (perfil longitudinal) conforme mostrado na **Figura 4.39**, para o Túnel Veneza, a seguir.

Figura 4.39 – Perfil Litológico/Geotécnico e Compartimentação do Maciço Rochoso



4.4.4 - EXEMPLIFICAÇÃO DOS TIPOS DE TÚNEIS PROJETADOS EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES GEOTÉCNICAS-GEOLÓGICAS

Nas Figuras 4.40, 4.41 e 4.42 apresenta-se de forma ilustrativa os três tipos de túneis para implantar respectivamente em arenito, rocha e situação especial.

Figura 4.40 - Túneis_Padrão em Arenito

Figura 4.41 - Túneis_Padrão em Rocha

Figura 4.42 - Túneis_Padrão_Especial- Cabaceira

4.5 - OBRAS DE CONTROLE OPERACIONAL E SEGURANÇA

4.5.1 - COMPORTAS DE CONTROLE OPERACIONAL

Em função do extenso comprimento e do atendimento das demandas distribuídas ao longo de seu trajeto, para as quais ainda não se tem a localização exata, foi tomada a decisão de considerar na concepção das obras de controle operacional, tanto quanto possível, o atendimento das recomendações constantes no Manual de Elaboração de Canais e Estruturas Associadas – *Bureau of Reclamation/CODEVASF*, subitens 6.2.3.8 – Considerações Operacionais e 6.3.1 – Estruturas de Controle, que praticamente viabiliza níveis operacionais para se implantar uma tomada d'água em qualquer local do Sistema Adutor CAC, visto que atende o conceito de canais de irrigação em projetos de irrigação.

Considerando-se mais especificamente a condição mista de distribuição e adução, com preponderância desta última, que certamente não exigirá a necessidade de variações rápidas das vazões aduzidas, adotou-se um sistema de obras de controle de níveis e vazões, composto por comportas do tipo planas, corrediças, verticais, motorizadas e automatizadas, adequado para as condições de baixa frequência de variação de vazão e condições de operação, e pequenas cargas hidráulicas. É o tipo de comporta mais recomendável para este projeto, tanto em função do custo do equipamento como da própria obra civil, e até da facilidade de fornecimento e manutenção, por se tratar de um equipamento padronizado disponível no mercado.

A localização e distribuição das obras de controle de níveis integradamente com vazão do Trecho 1 foram projetadas em função dos condicionantes topográficos e do aproveitamento de obras obrigatórias de entrada dos sifões para implantação de 3 comportas, uma para cada tubulação. Objetivou-se, desta forma, conceber um esquema operacional, de modo a minimizar as variações nos níveis de controle da água para as diferentes condições de demanda e etapas do projeto (10, 20 e 30 m³/s), considerando-se que através da automação das comportas previstas seja possível limitar a variação dos níveis, em qualquer trecho ou local, ao máximo de 50 cm em qualquer período de 24 horas.

Com tais premissas e condições de utilização e etapas de vazões operacionais do projeto, projetaram-se dois tipos de obras de controle, equipadas com 3 comportas de 2,80m x 2,80m: sendo 5 unidades de um tipo para utilização entre dois trechos de canais e outro tipo, com 9 unidades, com o aproveitamento das obras de montante dos trechos em tubulação/sifão, totalizando 14 obras de controle, cujas localizações são a seguir discriminadas.

O **Quadro 4.16** a seguir, traz a localização específica para comportas e as obras associadas e as extensões dos 14 subtrechos operacionais definidos pelas 14 comportas e sifões necessárias para o controle do canal.

Associadas operacionalmente às comportas de controle e os 14 subtrechos operacionais, foram projetadas 24 descargas de segurança, sendo 11 com descarga de fundo e 13 sem descarga de fundo; 5 estão associadas a comportas de meio de canais e 19 comportas em emboques de sifões. Há 4 descargas de segurança especiais localizadas no trecho que o sistema adutor atravessa o povoado do Baixio das Palmeiras, pouco antes do início da área urbana de Crato, ou seja, a montante do Sifão Crato. Tais descargas especiais foram projetadas para maior segurança das populações residentes na vizinhança, aproveitando-se a

existência de talvegues naturais, que suportassem com maior folga e segurança a descarga de vazões acidentais distribuídas em 4 pontos, com o objetivo de se prevenir possíveis transbordamentos para áreas urbanas, sem condições de escoar as vazões vertidas acidentalmente e até mesmo eliminar qualquer risco de transbordamento do canal e danos nestes pequenos trechos onde há população residente nas proximidades, tornando um evento “quase impossível” o transbordamento do canal neste trecho.

Quadro 4.16 - Comportas de Controle Operacional – Localização, Obras Associadas e Extensão

Subtrecho	Comportas de Controle	Obra Associada	Início do Trecho	Final do Trecho	Extensão (m)
Subtrecho 1.2	Comporta de Controle 1	Sifão - BR 116	8.519,21	8.538,31	19,10
	Comporta de Controle 2	Sifão 7 - Porteiras CE 397	19.232,04	19.251,14	19,10
	Comporta de Controle 3	Canal 08.2	30.348,80	30.367,90	19,10
					-
Subtrecho 1.2	Comporta de Controle 4	Canal 10.2	41.154,29	41.173,39	19,10
	Comporta de Controle 5	Canal 12.2	49.698,01	49.717,11	19,10
	Comporta de Controle 6	Sifão 10 - CE 153	57.134,11	57.153,21	19,10
	Comporta de Controle 7	Sifão 11A - Barreiro	68.655,54	68.674,64	19,10
					-
Subtrecho 1.3	Comporta de Controle 8	Sifão 13A - Roncador 2	77.636,51	77.655,61	19,10
	Comporta de Controle 9	Sifão 16 - São Francisco/Salamanca CE 293	90.161,73	90.180,83	19,10
	Comporta de Controle 10	Sifão 17 - Crato CE 292/METROFOR	103.377,68	103.396,78	19,10
	Comporta de Controle 11	Canal 23.2	111.053,00	111.072,10	19,10
					-
Subtrecho 1.4	Comporta de Controle 12	Canal 27.2	125.157,68	125.176,78	19,10
	Comporta de Controle 13	Sifão 22 Caldeirão	138.857,49	138.876,59	19,10
	Comporta de Controle 14	Sifão 25 Fundo 1	143.382,55	143.401,65	19,10

As obras de descargas de segurança, conforme a própria denominação, tem a função principal de direcionar possíveis vazões acidentais excedentes à capacidade de um trecho operacional e ou de talvegues naturais, podendo no entanto ser aproveitadas com a função de descarga de fundo para esvaziamento e manutenção do canal e, até mesmo, para derivação de vazões, conforme pode ser entendido por simples análise das obras de descarga de segurança com comportas de descarga de fundo.

O **Quadro 4.17**, a seguir, traz a localização e as quantidades das descargas de segurança e as respectivas comportas associadas.

4.5.2 - ESTRUTURAS DE CONTROLE COM COMPORTAS INSTALADAS EM SEÇÃO NORMAL DE CANAL (ENTRE DOIS CANAIS)

Adotou-se uma concepção de obras de controle de níveis e vazões, similar ao adotado na obra de captação na barragem Jati, composto por 3 comportas, montadas em paralelo, do tipo planas corrediças, verticais, motorizadas e automatizadas, adequado para as condições de baixa frequência de variação de vazão e condições de operação, e pequenas cargas hidráulicas. É o tipo de comportas mais recomendável para este projeto, tanto em função do custo do equipamento como da própria obra civil, e até da facilidade de fornecimento e manutenção, por se tratar de um equipamento padronizado disponível no mercado.

Considerando-se as vazões das três etapas de implantação do sistema e a compatibilização com a seção do canal, concebeu-se uma obra tipo de controle modulada, composta de três comportas planas verticais quadradas de 2,8m x 2,8m, prevendo-se a

implantação de uma unidade na 1ª etapa ($Q_{\max} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$), uma na 2ª etapa ($20 \text{ m}^3/\text{s}$) e mais uma na 3ª etapa ($30 \text{ m}^3/\text{s}$), completando a capacidade de controle da vazão final de $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Quadro 4.17 - Descargas de Segurança – Localização e Comportas Associadas

Subtrechos	Item	Obra	Início Obra R01	Final Obra R01	Estaca Saída Descarga	Comporta Associada	Número do Trecho Hidráulico de Controle Associado
Subtrecho 1.1	1	Descarga de Segurança 1	75,00	125,00	100,00	CS1	1
	2	Descarga de Segurança 2	215,00	265,00	240,00	CS1	1
	3	Descarga de Segurança 3	325,00	375,00	350,00	CS1	1
	4	Descarga de Segurança 4	8.135,00	8.185,00	8.160,00	CS1	1
	5	Descarga de Segurança 5	19.055,00	19.105,00	19.080,00	CS2	2
	6	Descarga de Segurança 6	29.535,00	29.585,00	29.560,00	CC3	3
Subtrecho 1.2	7	Descarga de Segurança 7	41.035,00	41.085,00	41.060,00	CC4	4
	8	Descarga de Segurança 8	49.225,00	49.275,00	49.250,00	CC5	5
	9	Descarga de Segurança 9	56.755,00	56.805,00	56.780,00	CS6	6
	10	Descarga de Segurança 10	67.965,00	68.015,00	67.990,00	CS7	7
Subtrecho 1.3	11	Descarga de Segurança 11	77.247,00	77.297,00	77.272,00	CS8	8
	12	Descarga de Segurança 12	89.615,00	89.665,00	89.640,00	CS9	9
	13	Descarga de Segurança Especial BP1	97.915,00	97.965,00	97.940,00	CS10	10
	14	Descarga de Segurança Especial BP2	98.465,00	98.515,00	98.490,00	CS10	10
	15	Descarga de Segurança Especial BP3	98.675,00	98.725,00	98.700,00	CS10	10
	16	Descarga de Segurança Especial BP4	99.466,72	99.516,72	99.491,72	CS10	10
	17	Descarga de Segurança 13	102.955,00	103.005,00	102.980,00	CS10	10
	18	Descarga de Segurança 14	110.535,00	110.585,00	110.560,00	CC11	11
Subtrecho 1.4	19	Descarga de Segurança 15	124.515,00	124.565,00	124.540,00	CC12	12
	20	Descarga de Segurança 16	138.415,00	138.465,00	138.440,00	CS13	13
	21	Descarga de Segurança 17	143.295,00	143.345,00	143.320,00	CS14	14
	22	Descarga de Segurança 18	144.465,00	144.515,00	144.490,00	CS14	14
	23	Descarga de Segurança 19	144.895,00	144.945,00	144.920,00	CS14	14
	24	Descarga de Segurança 20	145.155,00	145.205,00	145.180,00	CS14	14

Na captação, para viabilizar a manutenção, foi prevista a instalação em série de dois conjuntos de obras de comportas, cada uma composta de três unidades de comportas, montadas em paralelo, de 2,80m de largura por 4,0m e altura.

A estrutura de concreto foi projetada com sedes de espera para montagem de qualquer modelo padrão de comporta corredeira vertical motorizada e autoportante existente no mercado, que foi especificada e cotada em aço inox, pois atualmente é a solução mais recomendável para uma obra da importância do CAC.

Também foram previstas sedes para grades de retenção de detritos e ranhuras para “stoplog”, também em aço inox, para manutenção e eventual necessidade de operação em cada uma das três células.

A **Figura 4.43**, a seguir, apresenta os desenhos da estrutura de controle na captação. São praticamente duas obras, cada uma composta de três comportas, de 2,8m x 4,0m, que tanto podem operar associadamente controlando níveis e vazões, como de forma alternada, uma ficando de reserva.

A **Figura 4.44**, a seguir, apresenta os desenhos da estrutura padrão de controle instalada entre dois trechos de canal de seção normal, mostrando as obras de concordância a montante e a jusante para inserção da estrutura de montagem das 3 comportas de 2,80m x 2,80m.

4.5.2.1 - Estrutura de Controle com Comporta na Entrada de Tubulações/Sifões

No caso dos sifões, a obra consiste no acoplamento de comportas planas verticais nas estruturas de transição de entrada de alguns sifões de localização estratégica, que naturalmente já exigiriam uma obra de controle pelo menos tipo “stoplog” para operações de manutenção, e ainda, minimizar as perdas de cargas e os custos de outra obra independente, observando-se ainda que na maioria dos casos, caso não existisse o sifão, seria necessária nas proximidades uma outra obra de controle de meio de canal.

Figura 4.43 - Estrutura de controle na captação

Figura 4.44 - Estrutura padrão de controle instalada entre dois trechos de canal de seção normal

4.5.2.2 - Estruturas Vertedoras de Segurança Associadas a Comportas de Fundo de Esvaziamento e Derivação de Vazões do Canal

Para aliviar o canal em casos emergenciais de ocorrência de vazões acidentais e volumes superiores à capacidade de cada trecho, e esvaziamento para eventual manutenção, previu-se uma estrutura tipo que poderá ter dupla função de descarga de segurança e descarga de fundo. A estrutura de descarga de fundo poderá, também, ser utilizada com a função especial de tomada d'água para o atendimento de demandas locais específicas, sob a decisão e gestão da COGERH.

Esta obra é composta por um vertedouro com canal coletor lateral associado a uma descarga de fundo, formada por uma comporta plana vertical de 1,2 m x 1,2 m, para esvaziamento do trecho no caso de eventual manutenção do sistema.

Na concepção e dimensionamento hidráulico da obra tomou-se como base as recomendações constantes no Manual de Elaboração de Canais e Estruturas Associadas – *Bureau of Reclamation/CODEVASF* e na publicação *Design of Small Canal Structures Bureau of Reclamation*.

Tendo-se em consideração que se trata de um sistema adutor de grande extensão (145km somente no Trecho 1), com elevada quantidade de obras de controle e, conseqüentemente, com maior probabilidade de ocorrência de eventual vazão excessiva ou fechamento indevido de comportas em qualquer um dos subtrechos, dimensionou-se cada unidade vertedora da estrutura de descarga tipo, para a capacidade de até 10 m³/s (1/3 da vazão máxima de final de plano de 30 m³/s), com uma lâmina vertente de altura máxima de 21 cm, sobre uma soleira longitudinal de 50m de comprimento, que foi “calada” com a crista 10 cm, superior à cota máxima operacional do nível d'água em cada trecho de controle hidráulico definido por duas comportas sucessivas, ou seja, entre o máximo NaQ_{máx} de 30 m³/s e NaQ₀ (Q = 0,00 m³/s) do nível d'água horizontalizado quando as comportas estiverem em situação totalmente fechadas e o trecho com vazão nula.

Nas **Figuras 4.45 a 4.49** apresentam-se os diferentes tipos de obras de descargas de segurança e seus esquemas de implantação, bem como o caso especial de aproveitamento de bueiro existente para descarga das vazões vertidas.

4.5.3 - PERFIL HIDRÁULICO OPERACIONAL DO SISTEMA ADUTOR

Neste item apresentam-se os Perfis Hidráulicos Operacionais do Trecho 1 do sistema adutor CAC, para as três etapas de 10, 20 e 30 m³/s, considerando-se respectivamente a implantação dos sifões com 1, 2 e 3 tubos de 2.800mm

O **Quadro 4.18**, a seguir, apresenta os estaqueamentos e as cotas operacionais das obras do sistema para 30 m³/s. As **Figuras 4.50, 4.51 e 4.52** apresentam os perfis hidráulicos do sistema adutor, ao longo do Trecho 1 – Jati/Cariús.

Figura 4.45

Figura 4.46

Figura 4.47

Figura 4.48

Figura 4.49

Quadro 4.18

Figura 4.50-

Figura 4.51

Figura 4.52

Para cada uma das etapas de 10, 20 e 30 m³/s, apresentam-se também perfis de simulação de níveis de vazões inferiores e até superiores às vazões de cada etapa, objetivando-se demonstrar o comportamento do sistema adutor CAC, através da sensibilidade de variação dos níveis em cada etapa, em função das diferentes vazões e quantidade de tubulações implantadas nos sifões (1, 2 e 3 tubos de 2.800mm, respectivamente para a 1^a, 2^a e 3^a etapas).

Para simulação dos níveis, utilizou-se a metodologia de cálculo em regime permanente (Manning) para as três etapas com suas vazões de 10, 20 e 30 m³/s e, como verificação e obtenção das situações mais reais, usou-se o software HEC – Army Corps Engineering US, fazendo-se simulações de regime variado, considerando o cálculo de remanso nas situações especiais, quando se afasta da operação em regime permanente.

Perfil Hidráulico das Condições Operacionais

1^a Etapa: Qnominal=10 m³/s- Ver Figura 50

A 1^a etapa foi simulada inicialmente comparando-se a vazão normal de 10 m³/s pela aplicação direta da equação de Manning e pelo resultado calculado pelo software HEC-RAS. Em seguida foram desenvolvidos perfis para vazões abaixo da normal (1 m³/s e 5 m³/s) e acima da normal (12 m³/s). Nessa etapa somente um sifão e uma comporta estão em funcionamento.

2^a Etapa Qnominal=20 m³/s- Ver Figura 51

A 2^a etapa foi simulada inicialmente comparando-se a vazão normal de 20 m³/s pela aplicação direta da equação de Manning e pelo resultado calculado pelo software HEC-RAS. Em seguida foram desenvolvidos perfis para vazões abaixo da normal (15 m³/s, 10 m³/s e 7,5 m³/s, sendo que para esta última deve-se utilizar somente um sifão e uma comporta abertos) e acima da normal (23 m³/s). Nessa etapa dois sifões e duas comportas estão em funcionamento.

3^a Etapa Qnominal=30 m³/s- Ver Figura 52

A 3^a etapa foi simulada inicialmente comparando-se a vazão normal de 30 m³/s pela aplicação direta da equação de Manning e pelo resultado calculado pelo software HEC-RAS. Em seguida foram desenvolvidos perfis para vazões abaixo da normal (25 m³/s, 20 m³/s e 15 m³/s, sendo que para esta última deve-se utilizar somente dois sifões e duas comportas abertos) e acima da normal (32 m³/s). Nessa etapa dois sifões e duas comportas estão em funcionamento.

Além das simulações do perfil hidráulico, foram feitas simulações para obtenção da folga do nível d'água em relação à berma do canal. O resultado obtido para a vazão de 30 m³/s é apresentado na **Figura 4.53** a seguir, por ser a situação mais desfavorável. Percebe-se que os pontos mais críticos são antes dos sifões Riacho Seco e Carás.

Figuras 4.53

4.6 - DRENAGEM SUPERFICIAL

4.6.1 - DRENAGEM TRANSVERSAL

4.6.1.1 - Macro-Drenagem e Média Drenagem

As Bacias da Macro e Média Drenagem

Os estudos de macro e média drenagem, ao longo do traçado do Trecho 1 – Jati/Cariús do CAC, contemplaram ao nível de detalhe todas as bacias hidrográficas interceptadas pelo canal que foram identificadas e definidas no decorrer dos diferentes níveis dos estudos. As bacias hidrográficas foram levantadas, inicialmente, ao nível do Anteprojeto, em mapas na escala 1:100.000, com informações altimétricas adicionadas de curvas de nível geradas a partir de dados do SRTM (escala equivalente de 1:50.000) e DNOS (escala 1:25.000). Em etapa intermediária, que corresponde ao projeto licitado, foram redefinidos sobre as cartas aerofotogramétricas na escala de 1:5000, com curvas mestras a cada 5m e interpolações intermediárias a cada metro. Finalmente foram subdivididas e detalhadas no Projeto Executivo, nas cartas da restituição aerofotogramétricas na escala 1:2.000, complementadas com o levantamento e amarração dos talwegues com topografia clássica, procurando-se manter ao nível da macrodrenagem o máximo possível das condições naturais de escoamento, sem fazer nenhuma interligação de bacias que acarretasse concentração a vazão nos talwegues naturais.

Este procedimento “cuidadoso” implicou em aumento importante da quantidade de bueiros em relação ao Anteprojeto e até mesmo em relação ao projeto licitado. Mesmo com este aumento de quantitativo e o questionamento do projeto e a proposição, no início da obra, para eliminar pequenos bueiros, fazendo-se concentração de vazões, a VBA manteve sua posição de modificar o mínimo possível as condições naturais ao nível das macro e médias bacias definidas naturalmente em campo, recusando-se a fazer transposições com “valetões” nas encostas e concentrando vazões em talwegues, mudando drasticamente suas condições de escoamento.

O objetivo deste procedimento foi limitar as mudanças das condições naturais de escoamento apenas aos componentes da microdrenagem obrigatória dos cortes e, mesmo assim, respeitando-se sempre os divisores naturais nos limites confinantes da terraplenagem, desta forma mantendo-se o mais possível as condições naturais de escoamento, tendo-se como princípio que as mudanças fossem somente aquelas relativas aos taludes de corte e aterro definidos no projeto de terraplenagem, com seu escoamento coletado pelos componentes da microdrenagem.

As Vazões

As vazões de pico dos cursos d’água interceptados pelo CAC foram calculadas pelo Método Racional e pelo Método do Hidrograma Unitário, de acordo com a área da bacia hidrográfica. Os princípios dos métodos empregados de simulação hidrológica foram os mesmos adotados nos estudos hidrológicos realizados pela própria VBA no desenvolvimento do Anteprojeto do Trecho 1 – Jati/Cariús para a SRH e no projeto licitado, fazendo-se os necessários ajustes para o detalhamento do Projeto Executivo.

Método Racional para Bacias com Área Inferior a 3,5 km²

O Método Racional foi empregado para as bacias com área de drenagem inferior a 3,5km², conforme recomendação do Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2005). Em 428 macro-bacias hidrográficas, as vazões de pico foram calculadas empregando-se esse método, utilizado no Anteprojeto e nas fases seguintes, inclusive no Projeto Executivo.

No método racional, cuja área de drenagem é inferior a 3,5 km², o processo de transformação chuva x deflúvio é simples na aplicação da expressão matemática:

$Q = C.I.A$, onde

Q : Vazão (m³/s)

C : Coeficiente de deflúvio

A : Área da bacia

O coeficiente de deflúvio sofreu uma revisão no Projeto Executivo, passando de 0,20 para 0,40. Essa mudança deveu-se, principalmente, às visitas realizadas em campo nos principais talwegues do trecho e pesquisa e estudos específicos de bacias da região elaborados pela Universidade Federal do Ceará, confirmados pelo maior conhecimento de campo no detalhamento do Projeto Executivo por dados existentes no tocante ao tipo de cobertura do solo, à ocupação da bacia, à umidade antecedente, ao período de retorno e à intensidade da chuva. Tais fatores correlacionados às reais condições de campo dos talwegues levaram à constatação de que as lâminas d'água possuíam energias de escoamento não compatíveis com o valor de 0,20 e mais se aproximavam de 0,40.

Este método é aplicado às pequenas bacias hidrográficas e atendem aos seguintes critérios:

- Distribuição uniforme da precipitação, no tempo e no espaço;
- A duração da precipitação usualmente excede o tempo de concentração da bacia;
- Há predomínio de escoamento superficial, como é o caso em áreas urbanizadas e áreas já desmatadas;
- Efeitos de armazenamento superficial, durante o escoamento, são desprezíveis.

Método de Hidrograma Unitário para Bacias com Área Superior a 3,5 km²

Nas macro-bacias com área de drenagem superior a 3,5 km², utilizou-se, no estudo de cheias, o Método do Hidrograma Unitário. Com esse método, foram estudadas 20 bacias hidrográficas, tendo sido ajustado o valor do parâmetro CN de 65, adotado no Anteprojeto e no projeto licitado, para 85, no Projeto Executivo, ressaltando-se que a necessidade de ajuste deste parâmetro mostrou-se mais evidente nas bacias de maior porte.

Este método leva em consideração as características físicas, climáticas e hidrológicas das bacias em estudo, baseado nas seguintes equações matemáticas:

$$Q_p = 2 A / T_b$$

$$P_e = (P - 0,2.S) / (P - 0,8.S)$$

$$S = 25400 - 254.CN / CN$$

$$t_p = d/2 + 0,6.t_c$$

$$t_b = 8/3.t_p$$

$$d = 7,5.t_c$$

$$t_c = 85,5.(L^3/h)^{0,385}$$

Onde:

Q_p = descarga máxima em m^3/s

A = área da bacia em km^2

P = precipitação em mm, para o tempo de duração d

P_e = precipitação efetiva em mm

d = duração da chuva unitária em minutos

t_c = tempo de concentração da bacia (fórmula de Kirpich modificada) em minutos

L = extensão do rio principal em km

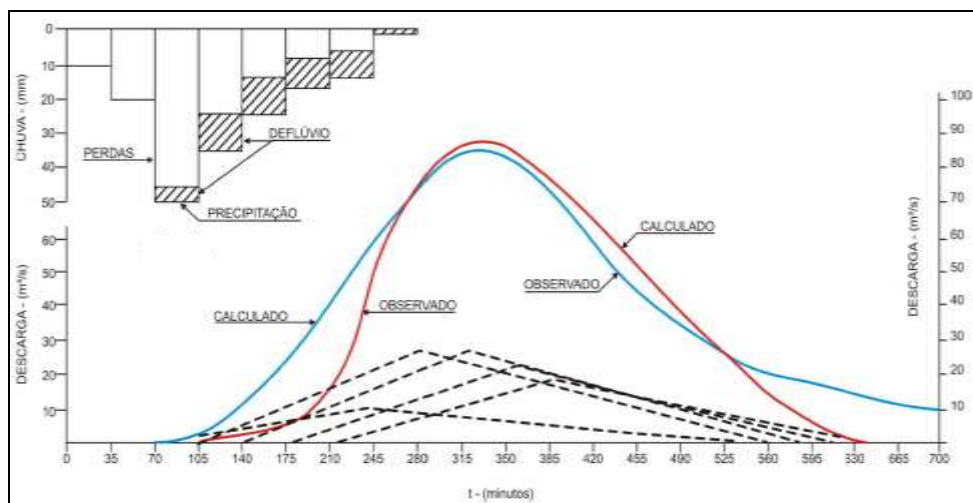
h = máximo desnível ao longo de L em m

t_p = tempo de pico em minutos

t_b = tempo de base em minutos

A composição do hidrograma total foi obtida multiplicando-se as ordenadas do hidrograma unitário pelos excessos de precipitação ou deflúvios em cada intervalo de tempo igual à duração da chuva unitária (d), obtendo-se então os hidrogramas parciais, triangulares, que somados, mantendo-se as devidas defasagens, fornecem o hidrograma total de enchente, conforme a **Figura 4.54**, a seguir.

Figura 4.54 - Conformação e Composição do Hidrograma Unitário



Através dos modelos descritos no item anterior, obtiveram-se as vazões de projeto correspondentes às cheias com período de retorno igual a 100 anos. O **Quadro 4.19** (Planilha “Anexos”) apresenta as vazões afluentes para os tempos de recorrência de 2,5, 10, 25, 50 e 100 anos. Para as bacias com área de drenagem superior a $3,50 km^2$, os cálculos utilizando a metodologia do Hidrograma Unitário também para os referidos tempos de recorrência.

Quadro 4.19

(1/10)

Quadro 4.19

(2/10)

Quadro 4.19

(3/10)

Quadro 4.19

(4/10)

Quadro 4.19

(5/10)

Quadro 4.19

(6/10)

Quadro 4.19

(7/10)

Quadro 4.19

(8/10)

Quadro 4.19

(9/10)

Quadro 4.19

(10/10)

4.6.1.2 - As Vazões de Projeto Consolidadas por Subtrechos

Nos **Quadros 4.20, 4.21, 4.22 e 4.23** a seguir, apresentam-se, na forma consolidada final, as vazões de cada bacia e as dimensões da obra adotada já em função das obras-padrão do DNIT, selecionadas para a drenagem do CAC conforme apresentam-se no item a seguir.

4.6.1.3 - As Obras-Padrão da Macro e Média Drenagem

Foram projetadas as seguintes obras para as situações de macro-drenagem:

- Bueiros tubulares de concreto, padrão DNIT e suas variantes, utilizados em seções de aterro, sob o canal e as estradas marginais; **Ver Figura 4.55 a 4.57.**
- Bueiros celulares de concreto, padrão DNIT, utilizados em seções de aterro, sob o canal; **Ver Figura 4.58 a 4.60.**
- Bueiros celulares especiais de múltiplas unidades tipo 3, utilizados em cursos d'água com vazão máxima superior à vazão suportada pela maior unidade de bueiro triplo utilizado; consistem em composições de bueiros triplos celulares de concreto 3x(3,0mx3,0m), com quantidade variável de células; são utilizados em seções de aterro, sob o canal, onde se mostrou mais econômico que a utilização de um sifão invertido;
- Passagens-molhadas, que são utilizadas em estradas marginais aos sifões e em situações especiais de estradas laterais de serviço a jusante dos bueiros celulares de maior porte.

O **Quadro 4.24** apresenta a quantidade de bueiros, por tipo, dimensionados pelos métodos de cálculo descritos anteriormente.

Quadro 4.24 – Quantidade de Bueiros por Método de Cálculo

Tipo	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Total	%
Método Racional	106	91	99	132	428	95.5%
Método do SCS	6	4	7	3	20	4.5%
Total Geral	112	95	106	135	448	100%

Quadro 4.20

Quadro 4.21

Quadro 4.22

Quadro 4.23

Figura 4.55

FIGURA 4.56

FIGURA 4.57

FIGURA 4.58

FIGURA 4.59

FIGURA 60

O **Quadro 4.25** apresenta a quantidade de bueiros, por tipo, dimensionados pelos métodos de cálculo descritos anteriormente.

Quadro 4.25 – Quantidade de Bueiros por Tipo

Tipo	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Total	%
BSTC (0,8 m)	71	48	61	91	271	60.5%
BSTC (1,0 m)	7	13	16	15	51	11.4%
BDTC (0,8 m)	0	0	0	0	0	0.0%
BDTC (1,0 m)	11	12	8	9	40	8.9%
BTTC (1,0 m)	9	3	7	5	24	5.4%
BSCC (1,0x1,0 m)	2	0	0	0	2	0.4%
BSCC (1,0x1,5 m)	1	0	0	1	2	0.4%
BSCC (1,5x1,5 m)	0	1	0	1	2	0.4%
BSCC (2,0x2,0 m)	2	6	1	1	10	2.2%
BSCC (2,5x2,5 m)	0	2	4	4	10	2.2%
BSCC (3,0x3,0 m)	1	0	1	1	3	0.7%
BDCC (1,5x1,5 m)	0	1	1	0	2	0.4%
BDCC (2,0x2,0 m)	0	2	0	1	3	0.7%
BDCC (2,5x2,5 m)	0	1	0	0	1	0.2%
BDCC (3,0x3,0 m)	2	0	4	3	9	2.0%
BTCC (1,5x1,5 m)	1	0	0	0	1	0.2%
BTCC (2,0x2,0 m)	2	3	0	2	7	1.6%
BTCC (2,5x2,5 m)	0	0	0	0	0	0.0%
BTCC (3,0x3,0 m)	3	3	3	1	10	2.2%
TOTAL GERAL	112	95	106	135	448	100%

4.6.2 - DRENAGEM LONGITUDINAL - MICRO-DRENAGEM E PROTEÇÃO DE TALUDES DAS PRECIPITAÇÕES DIRETAS E VAZÕES AFLUENTES LATERAIS

O levantamento das microbacias e a definição do sentido do escoamento foram realizados com base em plantas na escala 1:2.000 e em fotografias aéreas da região, no projeto executivo de terraplenagem e em inspeções locais de campo.

Foram projetadas as seguintes estruturas de microdrenagem:

Para as seções em aterro:

- Meio-fio
- Valeta de proteção de pé de aterro
- Descida d'água
- Saída d'água

Para as seções em corte, como demonstrado na **Figura 4.61**:

- Sarjeta
- Valetas de crista de corte
- Descida d'água

Figura 4.61

Para proteção de talude

- Enrocamento com brita ou material inerte compactado originário de escavação de 2ª e 3ª categorias.

4.7 - SISTEMA VIÁRIO

4.7.1 - INTERFERÊNCIAS DO SISTEMA VIÁRIO

O sistema viário a ser implantado para apoio à execução das obras e para os futuros serviços de operação e manutenção do CAC terá interferências com o sistema de locomoção atual das populações, dos rebanhos e dos veículos.

O planejamento e a implantação do sistema viário do CAC levou em conta a necessidade de rápida recomposição da mobilidade local e regional, adotando-se soluções que não impeçam as pessoas, os animais e os veículos de transitarem por seus usuais caminhos. A nova logística de transporte foi projetada de tal modo que atenda tanto às necessidades construtivas do CAC, que são objetivos de curto prazo, como as exigências permanentes de operação e manutenção das obras e de deslocamento da população.

O CAC não poderá constituir-se em obstáculo para o deslocamento das pessoas e para tanto a malha viária atualmente utilizada, as vias locais e as regionais deverão ser integradas ao novo sistema viário implantado para a construção das obras e para a operação e manutenção do sistema adutor.

Embora especial atenção deva ser dada às grandes interferências com as rodovias federais e estaduais, não podem ser esquecidas as interferências com as vias locais e os caminhos rurais, pois são importantes para a vida das pessoas, no desempenho de suas atividades produtivas e no exercício de seu direito constitucional de ir e vir.

4.7.2 - ESTRADAS DE SERVIÇO

Durante a etapa de execução da obra, serão construídas estradas de serviço previstos nos quantitativos das planilhas com a finalidade principal de interligar os trechos em aterros com as áreas de jazidas, cortes com os bota-foras e permitir o trânsito de veículos e equipamentos de construção e dar acesso a fontes de água e instalações industriais previstas nos canteiros de obra.

A necessidade de construção destas estradas, bem como a localização das mesmas, depende fundamentalmente do plano de execução da empreiteira responsável pela obra, desta forma a mesma será responsável por tais serviços.

Na definição do traçado destas vias, deverão ser aproveitados tanto quanto possível o traçado dos caminhos já existentes, bem como a própria faixa de domínio do canal.

Os trabalhos relativos à construção das estradas de serviço constituem-se basicamente no desmatamento, raspagem e revestimento primário ao longo dos caminhamentos projetados.

O sistema viário proposto para o CAC, embora projetado para possibilitar a própria construção das obras, tem caráter de obra permanente, tanto quanto possível, pois foi concebido para, além de servir como estradas de serviço, atender às necessidades futuras de operação e manutenção das estruturas, bem como integrar-se à logística local e regional de transporte e minimizar o risco de utilizar as bermas do canal como vias de tráfego local e regional.

O sistema viário de O&M do canal é composto basicamente por duas vias que se desenvolvem paralelamente ao caminhamento do sistema adutor, sobre as bermas laterais dos canais e ao lado das tubulações dos sifões como via propriamente dita, adotando-se passagens molhadas nos trechos de travessia dos leitos dos riachos de maior porte.

As vias apresentam largura de 6,0m, nas bermas, em cada lado do canal e 8,0m nas adutoras dos sifões, e são revestidas com piçarra ou material equivalente.

As travessias sobre o canal CAC e a integração das vias de O&M com o sistema viário local se dão a partir de obras complementares denominadas de Pontilhões, que foram locados nos cruzamentos entre o canal e as vias locais principais.

4.8 - OBRAS COMPLEMENTARES

4.8.1 - PASSARELAS PARA PEDESTRES E ANIMAIS

São obras em concreto armado sobre o canal, destinadas à passagem de pedestres e animais. As obras tipo de passarela e de travessias de estradas e ferrovias estão demonstradas nas **Figuras 4.62 e 4.63**.

Os quantitativos constantes no orçamento incluem as passarelas já identificadas e devidamente locadas e também uma estimativa de outras necessárias à adequada locomoção das pessoas e dos animais. A locação destas outras passarelas será identificada e detalhada, depois de realizado o cadastro das propriedades que serão cortadas pelo CAC.

4.8.2 - PONTILHÕES

São obras em concreto armado destinadas à passagem de veículos, pedestres e animais sobre seções do canal adutor quando intercepta vias de acesso locais ou rodovias de menor porte ver **Figura 4.64**.

Da mesma forma, os quantitativos referentes aos pontilhões incluem as obras já identificadas e devidamente locadas e outras cuja locação está listada no **Quadro 4.26**.

4.9 - INTERFERÊNCIAS NO TRECHO 1 – JATI/CARIÚS COM O SISTEMA VIÁRIO REGIONAL

É natural que uma obra linear que se desenvolve por cerca de 145 km de extensão interfira nas infraestruturas já implantadas. O projeto, então, relacionou de forma detalhada as interferências provocadas pelo traçado do Trecho 1 – Jati/Cariús. Em relação ao sistema viário da região, as principais interferências (**Quadro 4.27**) são, a seguir, enumeradas:

Quadro 4.26 – Localização dos Pontilhões

PONTILHÃO SUB TRECHO 01											
PONTILHÃO	PROP - CAC	PROPRIETÁRIO	ESTACA PE (Final)	SONDAGEM	DISTÂNCIA (m)	LADO	COTA T.N.	PROF. (m)	COTA DE FUNDAÇÃO	OBRA DE FUNDAÇÃO	Tensão Admissível kg/cm²
01	CAC-02	Francisco Alves de Sousa	ELIMINADO	-	-	-	-	-	-	-	-
02	CAC-36	Antônio Teixeira Leite	12+040	SP-53	26	ESQ	481.91	1.20	480.71	Fund. Direta	3.24
03	CAC-69.4	Terezinha Conceição dos Santos	18+880	SP-PB-20	52	DIR	476.95	3.50	473.45	Tubulão	3.12
04	CAC-90	Devaniza Maria Rodrigues	24+440	SP-PB-30	89	DIR	479.68	6.50	473.18	Tubulão	3.12
05	CAC-96.1	Maria Zilma Ferreira Ramalho	26+460	SP-128	50	DIR	480.12	4.50	475.62	Tubulão	2.60
06	CAC-98.1	José Tavares Leite	28+620	SP-PB-37	20	EIXO (28+600)	477.73	5.50	472.23	Tubulão	2.65
6.1	CAC-106	José Pereira da Cruz	32+965	SP-165	36	ESQ	481.02	11.00	470.02	Tubulão	>2.5
07	CAC-115	Francisco Inácio Bezerra	35+760	SP-207	3	EIXO	478.85	6.00	472.85	Tubulão	>2.5
08	CAC-126	José Ribamar Cordeiro	36+840	SPP-283	23	ESQ	479.93	2.40	477.53	Fund. Direta	>3.0
PONTILHÃO SUB TRECHO 02											
PONTILHÃO	PROP - CAC	PROPRIETÁRIO	ESTACA PE (Final)	SONDAGEM	DISTÂNCIA (m)	LADO	COTA T.N.	PROF. (m)	COTA DE FUNDAÇÃO	OBRA DE FUNDAÇÃO	Tensão Admissível kg/cm²
9	CAC-204	José Tibúrcio de Oliveira	44+760	SPP-542	42	EIXO (44+720)	475.89	3.50	472.39	Tubulão	3.00
11	CAC-243	Francisco Alves de Barros	59+820	SP-295	17	DIR	477.33	4.50	472.83	Tubulão	2.60
				SPP-1279	5	DIR					
11.1	CAC-246	Raimundo Figueiras Sampaio	65+180	SP-577	22	EIXO (65+200)	477.93	2.50	475.43	Fund. Direta	4.00
				SP-306	43	ESQ (65+140)					
12.A	CAC-I-247	Hugo Santana de Figueiredo	71+200	SP-564	13	EIXO (71+187)	476.95	6.50	470.45	Tubulão	2.74
12.B	CAC-I-250	Francisco Saraiva Neves	72+840	SP-570	38	EIXO (72+880)	475.92	5.50	470.42	Tubulão	2.87
12	CAC-251	Antenor Gomes de Mattos Neto	73+820	SPP-868	196	ESQ	474.99	2.50	472.49	Fund. Direta	>2.5
PONTILHÃO SUB TRECHO 03											
PONTILHÃO	PROP - CAC	PROPRIETÁRIO	ESTACA PE (Final)	SONDAGEM	DISTÂNCIA (m)	LADO	COTA T.N.	PROF. (m)	COTA DE FUNDAÇÃO	OBRA DE FUNDAÇÃO	Tensão Admissível kg/cm²
13	CAC-251	Antenor Gomes de Mattos Neto	76+380	SP-629	78	EIXO (76+300)	468.34	2.50	465.84	Fund. Direta	4.83
14	CAC-252	Severina Cândido Sobrinho da Cruz	ELIMINADO	-	-	-	-	-	0.00	-	-
15	CAC-253	Eriivan da Cruz Neves	78+640	SPP-2927	13	ESQ	480.28	1.20	479.08	Fund. Direta	3.68
				SP-354	42	EIXO (78+680)					
16	CAC-255	Ramiro João do Nascimento	79+440	SPP-918	27	EIXO (79+680)	472.86	4.00	468.86	Tubulão	>2.5
17	CAC-255.1	Associação dos Agricultores do Sítio Malhada	80+660	SP-636	-	EIXO	475.58	2.50	473.08	Fund. Direta	4.09
20	CAC-258.4	Itapui Barbalhense Indústria de Cimento	ELIMINADO	-	-	-	-	-	-	-	-
21	CAC-259	José Correia Saraiva	85+010	SP-515	10	EIXO (85+020)	473.77	3.50	470.27	Tubulão	3.12
22	CAC-280	José Santos Dias	ELIMINADO	-	-	-	-	-	-	-	-
23	CAC-311	Lenira Maria Nascimento	ELIMINADO	-	-	-	-	-	-	-	-
24	CAC-315	Raimundo Luiz de Sousa	93+440	SPP-2343	73	DIR	472.53	4.00	468.53	Tubulão	>3.00
25	CAC-319	José Ivan Bezerra de Menezes	94+360	SPP-3031	32	ESQ	473.92	1.20	472.72	Fund. Direta	>3.00
26	CAC-374.2	Cícero Henrique Bezerra Lira	98+620	SP-615	16	EIXO (96+603)	471.21	2.50	468.71	Fund. Direta	5.08
28	CAC-386	CCRATO - Cerâmica crato Ltda.	99+600	SPP-2996	ELIMINADO	-	-	-	468.50	Fund. Direta	>2.5
29	CAC-390	Espedito Nunes	101+300	PE-127	ELIMINADO	-	-	-	471.48	Fund. Direta	>2.5
29.A	CAC-I-394	Pedro Nunes de Sousa	102+000	SP-388	64	DIR	474.36	1.20	473.16	Fund. Direta	3.00
30.A	CAC-I-398	Moacir Alves da Silva	102+600	SP-PB-78	117	DIR	484.10	11.00	473.10	Tubulão	>2.5
30	CAC-396	Humberto Santana	ELIMINADO	SPP-1239	72	DIR	468.95	2.30	466.65	Fund. Direta	>2.5
32	CAC-412	CCRATO - Cerâmica crato Ltda.	110+440	SP-466/SP-465	12	ESQ	466.81	2.00	464.81	Fund. Direta	3.00
PONTILHÃO SUB TRECHO 04											
PONTILHÃO	PROP - CAC	PROPRIETÁRIO	ESTACA PE(Final)	SONDAGEM	DISTÂNCIA (m)	LADO	COTA T.N.	PROF. (m)	COTA DE FUNDAÇÃO	OBRA DE FUNDAÇÃO	Tensão Admissível kg/cm²
36	CAC-432.1	PETROBRITA - Ind. De Britagem do Cariri	117+400	SPP-1403	22	DIR	469.86	4.00	465.86	Tubulão	>2.5
37	CAC-481	Alberto Duarte Xenofonte	123+800	SR-89	16	DIR	470.86	3.50	467.36	Tubulão	>5
37.1	CAC-483	Antônio Pequeno Sobrinho	124+800	SR-88	23	DIR (820)	464.32	3.50	460.82	Tubulão	>5
38	CAC-497	Cerâmica Sul Cearense Ltda.	127+470	SPP-2142	14	DIR	460.88	2.00	458.88	Fund. Direta	>6
				SR-97	51	ESQ					
41	CAC-520	DNOCS	132+700	SPP-1691	40	ESQ	463.90	2.60	461.30	Fund. Direta	>2.5
42	CAC-520	DNOCS	ELIMINADO	-	-	-	-	-	-	-	-
44	CAC-520	DNOCS	134+380	SPP-2430/2424	19	EIXO (134+400)	464.60	5.00	459.60	Tubulão	2.60
				SP-656	ELIMINADO	-	-	-	464.40	-	-
45	CAC-525.1	Maria Rodrigues de Souza	140+260	SR-99	33	ESQ	467.86	4.00	463.86	Tubulão	>3.00

Quadro 4.27 – Principais Interferências do CAC com o Sistema Viário Regional

Nº	Km (Ref. Canal)	Coordenadas		Interferências	Órgão Responsável
		E	N		
01	0+874	498638.28	9149683.70	BR-116	DNIT
02	8+605	497071.50	9155952.84	BR-116	DNIT
03	10+792	496573.36	9157841.68	BR-116	DNIT
04	13+835	496639.28	9160464.97	Ferrovia Transnordestina	TLISA
05	21+138	495356.54	9166141.10	CE-397	DER
06	32+968	495239.27	9173192.46	Rodovia Brejo Santo/São Felipe	Prefeitura de Brejo Santo
07	57+365	485158.64	9185097.88	CE-153	DER
08	82+742	465773.19	9189193.70	CE-060	DER
09	90+468	460856.36	9190144.72	CE-293	DER
10	104+375	457390.45	9200861.78	Av. Pe Cícero	DER
11	104+576	457395.34	9201049.91	Via Férrea Crato/Juazeiro	Metrofor

- Nº 1 - Com a BR-116, na estaca 0+868, no trecho Jati/Penaforte: travessia não destrutiva de 30 metros (Sifão BR116-1);
- Nº. 2 - Com a BR-116, na estaca 8+707, no trecho Jati/Brejo Santo: travessia não destrutiva de 40 metros (Sifão BR116-2);
- Nº. 3 Com a BR-116, na estaca 10+874, no trecho Jati/Brejo Santo: travessia não destrutiva de 40 metros (Sifão BR116-3);
- Nº. 4 Com a Ferrovia Transnordestina, na estaca 13+909 travessia aérea sobre a ferrovia (Sifão Ferrovia);
- Nº. 5 Com CE-397, na estaca 21+431 travessia não destrutiva de 30 metros (Sifão Porteiras);
- Nº. 6 Com estrada asfaltada Brejo Santo/São Felipe, na estaca 32+739: travessia destrutiva com implantação de pontilhão sobre o canal;
- Nº. 7 Com a CE-153, na estaca 57+651: travessia não destrutiva de 80 metros (Sifão Areia);
- Nº. 8 Com a CE-060, na estaca 84+904: travessia não destrutiva de 50 metros (Sifão CE060);
- Nº. 9 Com a CE-293, na estaca 93+136: travessia não destrutiva de 40 metros (Sifão São Francisco / Salamanca);
- Nº. 10 Com a Av. Pe Cícero, na estaca: 107+286 travessia não destrutiva de 60 metros (Sifão Crato);
- Nº. 11 Com a Via Férrea Crato/Juazeiro, na estaca 107+489: travessia não destrutiva de 26 metros (Sifão Crato).

Nos casos de interferências do sistema adutor com estradas secundárias (veículos automotores) ou com caminhos (pessoas e animais), a solução adotada foi a construção de pontilhões ou de passarelas para a continuidade da movimentação de pessoas e de mercadorias. No caso de travessia em sifões ou adutoras em rios e riachos de grandes vazões onde não se aplicam bueiros, projetou-se a construção de passagens molhadas.



5 – COMPOSIÇÃO DAS LICITAÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DAS OBRAS E FORNECIMENTOS RELATIVOS AO TRECHO 1 - JATI/CARIÚS

5. DESCRIÇÃO DOS SUBTRECHOS E COMPOSIÇÃO DAS LICITAÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DAS OBRAS E FORNECIMENTOS RELATIVOS AO TRECHO 1 - JATI/CARIÚS

O **TRECHO 1** – Jati / Cariús começa na tomada d'água, na margem esquerda do lago da barragem Jati, na cota normal de operação 484,50 m, onde haverá a captação das vazões aduzidas pelo Eixo Norte do Projeto de Transposição do rio São Francisco para o Nordeste Setentrional - PISF. O **TRECHO 1** tem extensão total de 145,334 km. Foi projetado com declividade de 5 cm/km nos canais, 25cm/km nos túneis e 50 cm/km nos sifões, mantendo-se, praticamente, a cota final do Anteprojeto, com apenas 40 cm de diferença a menor, para continuidade do Trecho 2 a jusante.

Para a composição das licitações da implantação das obras, o **TRECHO 1** do CAC foi subdividido em quatro subtrechos. Posteriormente, os túneis foram separados dos subtrechos para compor um lote em separado.

5.1. DESCRIÇÃO DOS SUBTRECHOS

5.1.1. SUBTRECHO 1.1

O **Quadro 5.1**, a seguir, apresenta a localização em relação à captação, de todas as obras do SUBTRECHO 1.1. A extensão total de 38,72 km é composta por 33,48 km de canais e 5,24 km em adutoras (sifões). Na realidade, são 13 segmentos de canais, entremeados por 7 sifões. Neste SUBTRECHO 1.1 não há túneis.

Quadro 5.1 - Localização e comprimentos das obras componentes do SUBTRECHO 1.1

TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	CANAIS	SIFÕES	TÚNEIS
					L (km)	L (km)	L (km)
Captação	-210,10	0,00					
Canal 01	-	506,87	506,87	0,51	0,51		
Sifão 1 - BR-116 (1)	506,87	1.108,60	601,73	0,60		0,60	
Canal 02	1.108,60	1.794,94	686,34	0,69	0,69		
Sifão 2 - Jardim	1.794,94	2.029,03	234,09	0,23		0,23	
Canal 03	2.029,03	2.395,45	366,42	0,37	0,37		
Canal 03	2.405,51	4.667,41	2.261,90	2,26	2,26		
Sifão 3 - Beleza	4.667,41	5.387,09	719,68	0,72		0,72	
Canal 04	5.387,09	8.519,21	3.132,12	3,13	3,13		
Comporta de Controle 1	8.519,21	8.538,31	19,10	0,02	0,02		
Sifão 4 - BR-116 (2)	8.538,31	8.662,00	123,69	0,12		0,12	
Canal 05	8.662,00	10.736,00	2.074,00	2,07	2,07		
Sifão 5 - BR-116 (3)	10.736,00	10.856,00	120,00	0,12		0,12	
Canal 06	10.856,00	12.965,40	2.109,40	2,11	2,11		
Sifão 6 - Ferrovia (TLSA)	12.965,40	13.925,39	959,99	0,96		0,96	
Canal 07	13.925,39	16.973,89	3.048,50	3,05	3,05		
Canal 07	16.997,75	19.232,04	2.234,29	2,23	2,23		
Comporta de Controle 2	19.232,04	19.251,14	19,10	0,02	0,02		
Sifão 7 - Porteiras (CE-397)	19.251,14	21.734,34	2.483,20	2,48		2,48	
Canal 08.1	21.734,34	30.348,80	8.614,46	8,61	8,42		
Comporta de Controle 3	30.348,80	30.375,80	27,00	0,03	0,03		
Canal 08.2	30.375,80	32.800,00	2.424,20	2,42	2,61		
Canal 09	32.800,00	37.298,48	4.498,48	4,50	4,50		
Canal 09.1	37.292,47	38.750,00	1.457,53	1,46	1,46		
Total			38.722,09	38,72	33,48	5,24	

A barragem Jati pertence ao Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco – PISF e situa-se a jusante do túnel Jati, entre Pernambuco e Ceará, no final do Trecho 1 do referido Eixo Norte. Considerada a primeira obra do Trecho 2 do Eixo Norte do PISF para servir de ligação e controle operacional entre o trecho Cabrobó-Pe/Jati-Ce e o trecho Jati-Ce/Caiçara-Pb, mostrou-se naturalmente o melhor local para a localização da Tomada d'Água do CAC.

Na fase inicial do Projeto Executivo manteve-se, na íntegra, a concepção do Projeto Licitado e Contratado para execução, fazendo-se a locação definitiva, a geometria complementar, o projeto estrutural executivo e a análise das condições operacionais.

Na fase de conclusão do Projeto Executivo, quando estavam sendo realizadas as análises de verificação operacional e as condições de segurança para detalhamento do Projeto Executivo de Automação, considerando-se as três etapas de 10, 20 e 30 m³/s, percebeu-se certa fragilidade e até insegurança em relação ao sistema de captação diretamente do lago da barragem Jati que, exatamente em seu volume superior útil, com variações de níveis superiores a 3,0m, deverá funcionar como reservatório de compensação entre o Trecho 1 e o Trecho 2 do Eixo Norte do PISF, sendo previsto, ainda, a futura alimentação de uma PCH para operação em horas de pico de demanda de energia, não havendo ainda regra conhecida da variação temporal dos níveis no reservatório Jati e não se sabendo também que entidade irá operar o sistema.

Considerando-se tais condicionamentos e os riscos associados, decidiu-se melhorar as condições de controle, segurança e manutenção nesta obra de complexa interface operacional, projetando-se a duplicação da torre de controle com três comportas, projetando-se outra idêntica a jusante, que deverá operar alternativamente, sempre com uma de reserva, quando o reservatório estiver em nível normal, ou mesmo simultaneamente em série, facilitando o controle operacional das vazões de captação e de turbulência remanescente a jusante.

No processo de ajuste do projeto da obra em canal aberto, para a implantação de outro conjunto de três comportas de 2,80m x 4,00m, evidenciou-se que nesta nova condição de duas torres de controle a obra poderia ser melhorada e simplificada, adotando-se a solução de uma galeria celular tripla (3 de 2,80x4,00m), ao invés de canal aberto com muros contínuos laterais de contenção de reaterro, de até 8m de altura, portanto, obra complexa quando comparada à uma obra similar a um bueiro celular padrão triplo do DENIT, já em utilização no projeto de macrodrenagem do canal.

Tal solução não mudará em nada as condições hidráulicas operacionais previstas na solução em um único canal operando em superfície livre, no nível operacional do reservatório Jati, visto que a galeria tripla 3(2,80m x 4,00m), com sua altura de 4,00m, também permite o funcionamento como canal livre para o nível mínimo de operação normal do reservatório Jati e para níveis mais elevados, até facilitando a dissipação a jusante das comportas.

No SUBTRECHO 1.1, há 13 segmentos de canais, com extensão total de 33,48km. Estão projetadas três comportas de controle, ao longo deste subtrecho.

No Capítulo 4 deste relatório, estão detalhadas a concepção e as características hidráulicas e construtivas dos canais.

O **Quadro 5.2**, a seguir, traz as extensões parciais e total dos canais do SUBTRECHO 1.1.

Quadro 5.2 – Localização e comprimentos dos canais do SUBTRECHO 1.1

TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)
Captação	-210,10	0,00		
Canal 01	-	506,87	506,87	0,51
Canal 02	1.108,60	1.794,94	686,34	0,69
Canal 03	2.029,03	2.395,45	366,42	0,37
Canal 03	2.405,51	4.667,41	2.261,90	2,26
Canal 04	5.387,09	8.519,21	3.132,12	3,13
Comporta de Controle 1	8.519,21	8.538,31	19,10	0,02
Canal 05	8.662,00	10.736,00	2.074,00	2,07
Canal 06	10.856,00	12.965,40	2.109,40	2,11
Canal 07	13.925,39	16.973,89	3.048,50	3,05
Canal 07	16.997,75	19.232,04	2.234,29	2,23
Comporta de Controle 2	19.232,04	19.251,14	19,10	0,02
Canal 08.1	21.734,34	30.348,80	8.614,46	8,61
Comporta de Controle 3	30.348,80	30.375,80	27,00	0,03
Canal 08.2	30.375,80	32.800,00	2.424,20	2,42
Canal 09	32.800,00	37.298,48	4.498,48	4,50
Canal 09.1	37.292,47	38.750,00	1.457,53	1,46
TOTAL			33.479,71	33,48

Figura 5.3 - Concepção Geral da Obra de Captação

(Figura 4.5 do Capítulo 4 deste relatório)

No SUBTRECHO 1.1, estão projetados sete segmentos de adutoras (sifões) para travessia de talwegues, rodovias/ferrovias ou em situações de encostas, onde se mostrou inviável a solução de adução em canal.

Os sifões foram projetados em três tubulações paralelas para implantação em três etapas, de acordo com o faseamento da obra. O diâmetro de cada tubulação é de 2.800mm. A vazão da primeira etapa é de 12m³/s (1 tubulação); da segunda etapa é de 22m³/s (2 tubulações); da terceira é de 30m³/s (3 tubulações). A extensão dos sete sifões é de 5,24km.

Quadro 5.3 – Localização e comprimentos dos sifões do SUBTRECHO 1.1

TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	Diâmetros	Vazão (m ³ /s)		
						1 x Ø2,8m	2 x Ø2,8m	3 x Ø2,8m
Captação	-210,10	0			3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 1 - BR-116 (1)	506,87	1.108,60	601,73	0,60	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 2 - Jardim	1.794,94	2.029,03	234,09	0,23	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 3 - Beleza	4.667,41	5.387,09	719,68	0,72	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 4 - BR-116 (2)	8.538,31	8.662,00	123,69	0,12	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 5 - BR-116 (3)	10.736,00	10.856,00	120,00	0,12	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 6 - Ferrovia (TLSA)	12.965,40	13.925,39	959,99	0,96	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 7 - Porteiras (CE-397)	19.251,14	21.734,34	2.483,20	2,48	3 x Ø2.800mm	12	22	30
			5.242,38	5,24				

5.1.2. SUBTRECHO 1.2

A localização e o comprimento das obras componentes do SUBTRECHO 1.2 estão dispostos no **Quadro 5.4**, a seguir. A extensão total do SUBTRECHO 1.2 é de 36,52 km, sendo 30,04 km em canais, 2,68 km em adutoras e 3,80 km em túneis.

São 17 segmentos de canais, entremeados por seis sifões (Milho, Boqueirão, Riacho Seco, CE-153, Areia e Barreiro) e três túneis (Sítio Alto 1, Sítio Alto 2 e Veneza).

O **Quadro 5.5**, a seguir, apresenta a localização e os comprimentos dos 17 segmentos de canais, com extensão total de 36.522,74 metros.

No SUBTRECHO 1.2, estão projetados seis segmentos de adutoras (sifões) para travessia de talwegues, rodovias/ferrovias ou em situações de encostas, onde se mostrou inviável a solução de adução em canal. Os sifões foram assim denominados: Milho, Boqueirão, Riacho Seco, CE-153, Areia e Barreiro.

Os sifões foram projetados em três tubulações paralelas para implantação em três etapas, de acordo com o faseamento da obra. O diâmetro de cada tubulação é de 2.800mm. A vazão da primeira etapa é de 12m³/s (1 tubulação); da segunda etapa é de 22m³/s (2 tubulações); da terceira é de 30m³/s (3 tubulações). A extensão dos sete sifões é de 5,24km

O **Quadro 5.6**, a seguir, reúne informações sobre a localização e os comprimentos dos segmentos em adutoras (sifões).

Quadro 5.4 - Localização e comprimentos das obras componentes do SUBTRECHO 1.2

TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	CANAIS	SIFÕES	TÚNEIS
					L (km)	L (km)	L (km)
Canal 09.2	38.750,00	39.013,36	263,36	0,26	0,26		
Túnel 1 - Sítio Alto 1	39.013,36	39.622,60	609,24	0,61			0,61
Canal 10	39.622,60	41.157,26	1.534,66	1,53	1,53		
Comporta de Controle 4	41.154,29	41.181,29	27,00	0,03	0,03		
Canal 10.2	41.181,29	41.505,32	324,03	0,32	0,32		
Túnel 2 - Sítio Alto 2	41.505,32	42.295,12	789,80	0,79			0,79
Canal 11	42.295,12	43.461,51	1.166,39	1,17	1,17		
Canal 11.1	43.435,52	43.705,00	269,48	0,27	0,27		
Sifão 8A - Milho	43.705,00	43.875,00	170,00	0,17		0,17	
Canal 11A	43.875,00	44.331,38	456,38	0,46	0,46		
Canal 11A.1	44.320,00	46.009,06	1.689,06	1,69	1,69		
Sifão 9 - Boqueirão	46.009,06	46.548,90	539,84	0,54		0,54	
Canal 12	46.548,90	47.731,23	1.182,33	1,18	1,18		
Canal 12.1	47.669,90	49.698,01	2.028,11	2,03	2,03		
Comporta de Controle 5	49.698,01	49.725,01	27,00	0,03	0,03		
Canal 12.2	49.725,01	50.056,20	331,19	0,33	0,33		
Túnel 3 - Veneza	50.056,20	52.454,78	2.398,58	2,40			2,40
Canal 13.1	52.454,78	53.065,00	610,22	0,61	0,61		
Sifão Riacho Seco	53.065,00	53.233,72	168,72	0,17		0,17	
Canal 13.2	53.233,72	54.517,09	1.283,37	1,28	1,28		
Canal 13.3	54.599,81	57.183,77	2.583,96	2,58	2,58		
Canal 13.4	57.069,98	57.134,11	64,13	0,06	0,06		
Comporta de Controle 6	57.134,11	57.153,21	19,10	0,02	0,02		
Sifão 10 - CE-153	57.153,21	57.475,47	322,26	0,32		0,32	
Canal 14	57.475,47	59.037,11	1.561,64	1,56	1,56		
Sifão 11 - Areia	59.037,11	59.467,96	430,85	0,43		0,43	
Canal 15	59.467,96	68.655,54	9.187,58	9,19	9,19		
Comporta de Controle 7	68.655,54	68.674,64	19,10	0,02	0,02		
Sifão 11A - Barreiro	68.674,64	69.725,07	1.050,43	1,05		1,05	
Canal 15.1	69.725,07	75.140,00	5.414,93	5,41	5,41		
Total			36.522,74	36,52	30,04	2,68	3,80

Quadro 5.5 – Localização e comprimentos dos canais do SUBTRECHO 1.2

TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)
Canal 09.2	38.750,00	39.013,36	263,36	0,26
Canal 10	39.622,60	41.157,26	1.534,66	1,53
Comporta de Controle 4	41.154,29	41.181,29	27,00	0,03
Canal 10.2	41.181,29	41.505,32	324,03	0,32
Canal 11	42.295,12	43.461,51	1.166,39	1,17
Canal 11.1	43.435,52	43.705,00	269,48	0,27
Canal 11A	43.875,00	44.331,38	456,38	0,46
Canal 11A.1	44.320,00	46.009,06	1.689,06	1,69
Canal 12	46.548,90	47.731,23	1.182,33	1,18
Canal 12.1	47.669,90	49.698,01	2.028,11	2,03
Comporta de Controle 5	49.698,01	49.725,01	27,00	0,03
Canal 12.2	49.725,01	50.056,20	331,19	0,33
Canal 13.1	52.454,78	53.065,00	610,22	0,61
Canal 13.2	53.233,72	54.517,09	1.283,37	1,28
Canal 13.3	54.599,81	57.183,77	2.583,96	2,58
Canal 13.4	57.069,98	57.134,11	64,13	0,06
Comporta de Controle 6	57.134,11	57.153,21	19,10	0,02
Canal 14	57.475,47	59.037,11	1.561,64	1,56
Canal 15	59.467,96	68.655,54	9.187,58	9,19
Comporta de Controle 7	68.655,54	68.674,64	19,10	0,02
Canal 15.1	69.725,07	75.140,00	5.414,93	5,41
TOTAL SUBTRECHO 1.2			36.522,74	36,52

Quadro 5.6 – Localização e comprimentos dos sifões do SUBTRECHO 1.2

TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	Diâmetros	Vazão (m³/s)		
						1 x Ø2,8m	2 x Ø2,8m	3 x Ø2,8m
Sifão 8A - Milho	43.705,00	43.875,00	170,00	0,17	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 9 - Boqueirão	46.009,06	46.548,90	539,84	0,54	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão Riacho Seco	53.065,00	53.233,72	168,72	0,17	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 10 - CE-153	57.153,21	57.475,47	322,26	0,32	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 11 - Areia	59.037,11	59.467,96	430,85	0,43	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 11A - Barreiro	68.674,64	69.725,07	1.050,43	1,05	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Total			2.682,10	2,68				

No SUBTRECHO 1.2, estão projetados 3 túneis: Sítio Alto 1 (609,24m), Sítio Alto 2 (789,8m) e Veneza (2.398,58m). A extensão total dos túneis do SUBTRECHO 1.2 é de 3.797,62m.

Quadro 5.7 – Localização e comprimentos dos túneis do SUBTRECHO 1.2

TÚNEIS	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (km)
Sítio Alto 1	39.013,36	39.622,60	609,24	0,609
Sítio Alto 2	41.505,32	42.295,12	789,80	0,790
Veneza	50.056,20	52.454,78	2.398,58	2,399
Total			3.797,62	3,798

5.1.3. SUBTRECHO 1.3

No **Quadro 5.8**, a seguir, estão dispostos a localização e o comprimento das obras componentes do SUBTRECHO 1.3. A extensão total do SUBTRECHO 1.3 é de 35,90km, sendo 26,73 km em canais, 8,61km em adutoras e 0,560km em túneis.

São 13 segmentos de canais, com 4 comportas de controle, 7 sifões (Santana, Roncador 1, Roncador 2, Batoque, CE-060, São Francisco / Salamanca (CE-293) e Crato (CE-292/METROFOR) e 2 túneis (Cabaceira e Arajara).

Quadro 5.8 - Síntese da Localização e comprimentos das obras componentes do SUBTRECHO 1.3

TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	CANAIS L (km)	SIFÕES L (km)	TÚNEIS L (km)
Canal 15A.2	75.140,00	75.169,09	29,09	0,03	0,03		
Sifão 12 - Santana	75.169,09	75.689,50	520,41	0,52		0,52	
Canal 16	75.689,50	76.900,31	1.210,81	1,21	1,21		
Sifão 13 - Roncador 1	76.900,31	77.096,15	195,84	0,20		0,20	
Canal 17	77.096,15	77.133,72	37,57	0,04	0,04		
Canal 17.1	77.138,05	77.636,51	498,46	0,50	0,50		
Comporta de Controle 8	77.636,51	77.655,61	19,10	0,02	0,02		
Sifão 13A - Roncador 2	77.655,61	77.919,78	264,17	0,26		0,26	
Canal 17A	77.919,78	79.701,54	1.781,76	1,78	1,78		
Sifão 14 - Batoque	79.701,54	79.885,35	183,81	0,18		0,18	
Canal 18	79.885,35	82.706,71	2.821,36	2,82	2,82		
Sifão 15 - CE-060	82.706,71	82.772,97	66,26	0,07		0,07	
Canal 19	82.772,97	82.869,03	96,06	0,10	0,10		
Canal 19.1	82.848,48	88.844,64	5.996,16	6,00	6,00		
Túnel 4 - Cabaceira	88.844,64	89.054,64	210,00	0,21			0,21
Canal 20	89.054,64	90.161,73	1.107,09	1,11	1,11		
Comporta de Controle 9	90.161,73	90.180,83	19,10	0,02	0,02		
Sifão 16 - São Francisco / Salamanca (CE-293)	90.180,83	91.040,79	859,96	0,86		0,86	
Canal 21	91.040,79	92.077,45	1.036,66	1,04	1,04		
Túnel 5 - Arajara	92.077,45	92.426,45	349,00	0,35			0,35
Canal 22	92.426,45	102.840,02	10.413,57	10,41	10,41		
Canal 22.1	102.893,97	103.377,68	483,71	0,48	0,48		
Comporta de Controle 10	103.377,68	103.396,78	19,10	0,02	0,02		
Sifão 17 - Crato (CE-292 / Metrofor)	103.396,78	109.917,90	6.521,12	6,52		6,52	
Canal 23.1	109.917,90	111.053,00	1.135,10	1,14	1,14		
Comporta de Controle 11	111.053,00	111.080,00	27,00	0,03	0,03		
Total			35.902,27	35,90	26,73	8,61	0,56

A localização e as extensões dos segmentos em canais, no SUBTRECHO 1.3, estão apresentados no **Quadro 5.9**, a seguir. São 13 segmentos, com extensão total de 26,73km. Estão projetadas 4 comportas de controle, ao longo do SUBTRECHO 1.3.

Quadro 5.9 – Localização e comprimentos dos canais do SUBTRECHO 1.3

TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)
Canal 15A.2	75.140,00	75.169,09	29,09	0,03
Canal 16	75.689,50	76.900,31	1.210,81	1,21
Canal 17	77.096,15	77.133,72	37,57	0,04
Canal 17.1	77.138,05	77.636,51	498,46	0,50
Comporta de Controle 8	77.636,51	77.655,61	19,10	0,02
Canal 17A	77.919,78	79.701,54	1.781,76	1,78
Canal 18	79.885,35	82.706,71	2.821,36	2,82
Canal 19	82.772,97	82.869,03	96,06	0,10
Canal 19.1	82.848,48	88.844,64	5.996,16	6,00
Canal 20	89.054,64	90.161,73	1.107,09	1,11
Comporta de Controle 9	90.161,73	90.180,83	19,10	0,02
Canal 21	91.040,79	92.077,45	1.036,66	1,04
Canal 22	92.426,45	102.840,02	10.413,57	10,41
Canal 22.1	102.893,97	103.377,68	483,71	0,48
Comporta de Controle 10	103.377,68	103.396,78	19,10	0,02
Canal 23.1	109.917,90	111.053,00	1.135,10	1,14
Comporta de Controle 11	111.053,00	111.080,00	27,00	0,03
TOTAL			26.731,70	26,73

No SUBTRECHO 1.3, estão projetados sete segmentos de adutoras (sifões) para travessia de talvegues, rodovias/ferrovias ou em situações de encostas, onde se mostrou inviável a solução de adução em canal. Os sifões do SUBTRECHO 1.3 são: Santana (520,41m), Roncador 1 (195,84m), Roncador 2 (264,17m), Batoque (183,81m), CE-060 (66,26m), São Francisco / Salamanca (CE-293)(859,96m) e Crato (CE-292/METROFOR)(6.521,12m).

Os sifões foram projetados em três tubulações paralelas para implantação em três etapas, de acordo com o faseamento da obra. O diâmetro de cada tubulação é de 2.800mm. A vazão da primeira etapa é de 12m³/s (1 tubulação); da segunda etapa é de 22 m³/s (2 tubulações); da terceira é de 30m³/s (3 tubulações). A extensão dos sete sifões é de 5,24km

O **Quadro 5.10**, a seguir, reúne informações sobre a localização e os comprimentos dos segmentos em adutoras (sifões), no SUBTRECHO 1.3.

Quadro 5.10 – Localização e comprimentos dos sifões do SUBTRECHO 1.3

TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	Diâmetros	Vazão (m³/s)		
						1 x Ø2,8m	2 x Ø2,8m	3 x Ø2,8m
Sifão 12 - Santana	75.169,09	75.689,50	520,41	0,52	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 13 - Roncador 1	76.900,31	77.096,15	195,84	0,20	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 13A - Roncador 2	77.655,61	77.919,78	264,17	0,26	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 14 - Batoque	79.701,54	79.885,35	183,81	0,18	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 15 - CE-060	82.706,71	82.772,97	66,26	0,07	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 16 - São Francisco / Salamanca	90.180,83	91.040,79	859,96	0,86	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 17 - Crato (CE-292 / Metrofor)	103.396,78	109.917,90	6.521,12	6,52	3 x Ø2.800mm	12	22	30
Total			8.611,57	8,61				

Há 2 túneis projetados no SUBTRECHO 1.3: Túnel Cabaceira, com 210 metros e Túnel Arajara, com 349 metros. O Quadro 5.11, a seguir, traz a localização e os comprimentos dos dois referidos túneis.

Quadro 5.11 – Localização e comprimentos dos túneis do SUBTRECHO 1.3

TUNEIS	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)
Túnel 4 - Cabaceira	88.844,64	89.054,64	210,00	0,21
Túnel 5 - Arajara	92.077,45	92.426,45	349,00	0,35
Total			559,00	0,56

5.1.4. SUBTRECHO 1.4

A localização e o comprimento das obras componentes do SUBTRECHO 1.4 estão dispostos no **Quadro 5.12**, a seguir. A extensão total do SUBTRECHO 1.4 é de 34,19 km, sendo 30,25km em canais, 2,58 km em adutoras e 1,36 km em túneis.

São 21 segmentos de canais com 3 comportas de controle e 4 trechos em galerias, entremeados por 9 sifões e 4 túneis.

Quadro 5.12 - Localização e comprimentos das obras componentes do SUBTRECHO 1.4

TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	CANAIS SIFÕES TÚNEIS		
					L (km)	L (km)	L (km)
Canal 23.2	111.080,00	111.199,30	119,30	0,12	0,12		
Túnel 6 - Boa Vista	111.199,30	111.570,00	370,70	0,37			0,37
Canal 24.1	111.570,00	112.006,44	436,44	0,44	0,44		
Canal 24.2	112.060,64	113.654,03	1.593,39	1,59	1,59		
Sifão 18 - Sovado	113.654,03	113.921,19	267,16	0,27		0,27	
Canal 25	113.921,19	116.034,99	2.113,80	2,11	2,11		
Sifão 19 - Serra do Juá	116.034,99	116.503,70	468,71	0,47		0,47	
Canal 26.1	116.503,70	118.334,76	1.831,06	1,83	1,83		
Galeria 1	118.334,76	118.540,00	205,24	0,21	0,21		
Canal 26.2	118.540,00	120.380,00	1.840,00	1,84	1,84		
Canal 27.1	120.380,00	120.500,00	120,00	0,12	0,12		
Galeria 2	120.500,00	120.700,00	200,00	0,20	0,20		
Canal 27.2	120.700,00	125.157,68	4.457,68	4,46	4,46		
Comporta de Controle 12	125.157,68	125.184,68	27,00	0,03	0,03		
Canal 27.2	125.184,68	125.253,85	69,17	0,07	0,07		
Túnel 7 - Cruzeiro	125.253,85	125.665,85	412,00	0,41			0,41
Canal 28	125.665,85	126.240,00	574,15	0,57	0,57		
Galeria 3	126.240,00	126.500,04	260,04	0,26	0,26		
Canal 28.1	126.500,04	127.818,62	1.318,58	1,32	1,32		
Sifão 21 - Pai Mané	127.818,62	128.139,20	320,58	0,32		0,32	
Canal 29	128.139,20	128.741,67	602,47	0,60	0,60		
Túnel 8 - Pai Mané	128.741,67	129.025,67	284,00	0,28			0,28
Canal 30.1	129.025,67	133.280,00	4.254,33	4,25	4,25		
Sifão Carás	133.280,00	133.560,00	280,00	0,28		0,28	
Canal 30.2	133.560,00	135.798,27	2.238,27	2,24	2,24		
Túnel 9 - Carnaúba	135.798,27	136.088,27	290,00	0,29			0,29
Canal 31	136.088,27	138.857,49	2.769,22	2,77	2,77		
Comporta de Controle 13	138.857,49	138.876,59	19,10	0,02	0,02		
Sifão 22 - Caldeirão	138.876,59	139.199,38	322,79	0,32		0,32	
Canal 32	139.199,38	140.920,97	1.721,59	1,72	1,72		
Sifão 23 - Canoa 1	140.920,97	141.295,35	374,38	0,37		0,37	
Canal 33	141.295,35	142.565,88	1.270,53	1,27	1,27		
Sifão 24 - Canoa 2	142.565,88	142.775,88	210,00	0,21		0,21	
Canal 34	142.775,88	143.382,55	606,67	0,61	0,61		
Comporta de Controle 14	143.382,55	143.401,65	19,10	0,02	0,02		
Sifão 25 - Fundo 1	143.401,65	143.624,99	223,34	0,22		0,22	
Canal 35	143.624,99	143.864,25	239,26	0,24	0,24		
Sifão 26 - Fundo 2	143.864,25	143.982,06	117,81	0,12		0,12	
Canal 36	143.982,06	143.999,90	17,84	0,02	0,02		
Galeria 4	143.999,90	144.207,47	207,57	0,21	0,21		
Canal 36.1	144.207,47	145.321,85	1.114,38	1,11	1,11		
Total			34.187,65	34,19	30,25	2,58	1,36

O **Quadro 5.13**, a seguir, reúne as informações sobre a localização e as extensões dos segmentos em canal do SUBTRECHO 1.4. São 21 segmentos em canal aberto e 4 trechos em galerias, com extensão total de 30,25km. Estão projetadas 4 comportas de controle, ao longo do SUBTRECHO 1.4.

Quadro 5.13 – Localização e comprimentos dos canais do SUBTRECHO 1.4

TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)
Canal 23.2	111.080,00	111.199,30	119,30	0,12
Canal 24.1	111.570,00	112.006,44	436,44	0,44
Canal 24.2	112.060,64	113.654,03	1.593,39	1,59
Canal 25	113.921,19	116.034,99	2.113,80	2,11
Canal 26.1	116.503,70	118.334,76	1.831,06	1,83
Galeria 1	118.334,76	118.540,00	205,24	0,21
Canal 26.2	118.540,00	120.380,00	1.840,00	1,84
Canal 27.1	120.380,00	120.500,00	120,00	0,12
Galeria 2	120.500,00	120.700,00	200,00	0,20
Canal 27.2	120.700,00	125.157,68	4.457,68	4,46
Comporta de Controle 12	125.157,68	125.184,68	27,00	0,03
Canal 27.2	125.184,68	125.253,85	69,17	0,07
Canal 28	125.665,85	126.240,00	574,15	0,57
Galeria 3	126.240,00	126.500,04	260,04	0,26
Canal 28.1	126.500,04	127.818,62	1.318,58	1,32
Canal 29	128.139,20	128.741,67	602,47	0,60
Canal 30.1	129.025,67	133.280,00	4.254,33	4,25
Canal 30.2	133.560,00	135.798,27	2.238,27	2,24
Canal 31	136.088,27	138.857,49	2.769,22	2,77
Comporta de Controle 13	138.857,49	138.876,59	19,10	0,02
Canal 32	139.199,38	140.920,97	1.721,59	1,72
Canal 33	141.295,35	142.565,88	1.270,53	1,27
Canal 34	142.775,88	143.382,55	606,67	0,61
Comporta de Controle 14	143.382,55	143.401,65	19,10	0,02
Canal 35	143.624,99	143.864,25	239,26	0,24
Canal 36	143.982,06	143.999,90	17,84	0,02
Galeria 4	143.999,90	144.207,47	207,57	0,21
Canal 36.1	144.207,47	145.321,85	1.114,38	1,11
TOTAL			30.246,18	30,25

No SUBTRECHO 1.4 estão projetados 9 sifões: Sifão Sovado (267,16m); Sifão Serra do Juá (468,71m); Sifão Pai Mané (320,58); Sifão Carás (280,00m); Sifão Caldeirão (322,79); Sifão Canoa 1 (374,38); Sifão Canoa 2 (210,00m); Sifão Fundo 1 (223,34m) e Sifão Fundo 2 (117,81m).

Os sifões foram projetados em três tubulações paralelas para implantação em três etapas, de acordo com o faseamento da obra. O diâmetro de cada tubulação é de 2.800mm. A vazão da primeira etapa é de 12m³/s (1 tubulação); da segunda etapa é de 22 m³/s (2 tubulações); da terceira é de 30m³/s (3 tubulações). A extensão dos sete sifões é de 2,58km

O **Quadro 5.14**, a seguir, reúne informações sobre a localização e os comprimentos dos segmentos em adutoras (sifões), no SUBTRECHO 1.4.

Quadro 5.14 – Localização e comprimentos dos sifões do SUBTRECHO 1.4

TIPO DE SEÇÃO	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)	Diâmetros	Vazão (m³/s)		
						1 x Ø2,8m	2 x Ø2,8m	3 x Ø2,8m
Sifão 18 - Sovado	113.654,03	113.921,19	267,16	0,27	29 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 19 - Serra do Juá	116.034,99	116.503,70	468,71	0,47	30 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 21 - Pai Mané	127.818,62	128.139,20	320,58	0,32	31 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão Carás	133.280,00	133.560,00	280,00	0,28	32 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 22 - Caldeirão	138.876,59	139.199,38	322,79	0,32	33 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 23 - Canoa 1	140.920,97	141.295,35	374,38	0,37	34 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 24 - Canoa 2	142.565,88	142.775,88	210,00	0,21	35 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 25 - Fundo 1	143.401,65	143.624,99	223,34	0,22	36 x Ø2.800mm	12	22	30
Sifão 26 - Fundo 2	143.864,25	143.982,06	117,81	0,12	37 x Ø2.800mm	12	22	30
Total			2.584,77	2,58				

Estão projetados 4 túneis no SUBTRECHO 1.4: Túnel Boa Vista (370,70m), Túnel Cruzeiro (412,00m), Túnel Pai Mané (284m) e Túnel Carnaúba (290,00m). A extensão total dos túneis do SUBTRECHO 1.4 é de 1,36km. O Quadro 5.15, a seguir, traz a localização e os comprimentos dos túneis do subtrecho em referência.

Quadro 5.15 – Localização e comprimentos dos túneis do SUBTRECHO 1.4

TUNEIS	INÍCIO DO TRECHO	FINAL DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (Km)
Túnel 6 - Boa Vista	111.199,30	111.570,00	370,70	0,37
Túnel 7 - Cruzeiro	125.253,85	125.665,85	412,00	0,41
Túnel 8 - Pai Mané	128.741,67	129.025,67	284,00	0,28
Túnel 9 - Carnaúba	135.798,27	136.088,27	290,00	0,29
Total			1.356,70	1,36

5.2. COMPOSIÇÃO DOS LOTES PARA A LICITAÇÃO DAS OBRAS

O processo licitatório para a implantação das obras do **TRECHO 1** Jati/Cariús do Cinturão de Águas do Ceará – CAC foi realizado em 5 lotes de concorrências. Os lotes 1, 2, 3 e 4 corresponderam às obras, serviços e fornecimentos relativos aos subtrechos descritos no item 5.1 deste capítulo, excluídos os túneis e seus emboques e desemboques. Os túneis e seus emboques e desemboques foram reunidos no Lote 5 da licitação.

5.2.1. LOTE 1 (SUBTRECHO 1.1)

Constituído pelas obras civis da captação e adução, incluindo também o fornecimento e montagem dos sifões do **SUBTRECHO 1.1**, que inicia na captação no açude Jati e termina no trecho de canal 9.1, a montante do túnel Sitio Alto 1.

5.2.2. LOTE 2 (SUBTRECHO 1.2)

Constituído pelas obras civis de adução, incluindo também o fornecimento e montagem dos sifões do **SUBTRECHO 1.2**, que inicia no Canal 10.2, logo após o emboque

de saída do túnel Sitio Alto 1, e termina no subtrecho de canal 15.A, após o sifão Barreiro (excluídos os emboques, desemboques e túneis do subtrecho).

5.2.3. LOTE 3 (SUBTRECHO 1.3)

Constituído pelas obras civis de adução, incluindo também o fornecimento e montagem dos sifões do **SUBTRECHO 1.3**, que inicia no Sifão 12 - Santana e termina no subtrecho Canal 23.1, após o sifão do Crato (excluídos os emboques, desemboques e túneis do subtrecho).

5.2.4. LOTE 4

Constituído pelas obras civis de adução, incluindo também o fornecimento e montagem dos sifões do **SUBTRECHO 1.4**, que inicia no subtrecho Canal 23.2.01 após o Sifão do Crato e termina na obra de deságue no Rio Cariús (excluídos os emboques, desemboques e túneis do subtrecho).

5.2.5. LOTE 5 (TÚNEIS)

Constituído pelas obras civis dos 9 túneis, incluídos os emboques, desemboques e a microdrenagem.