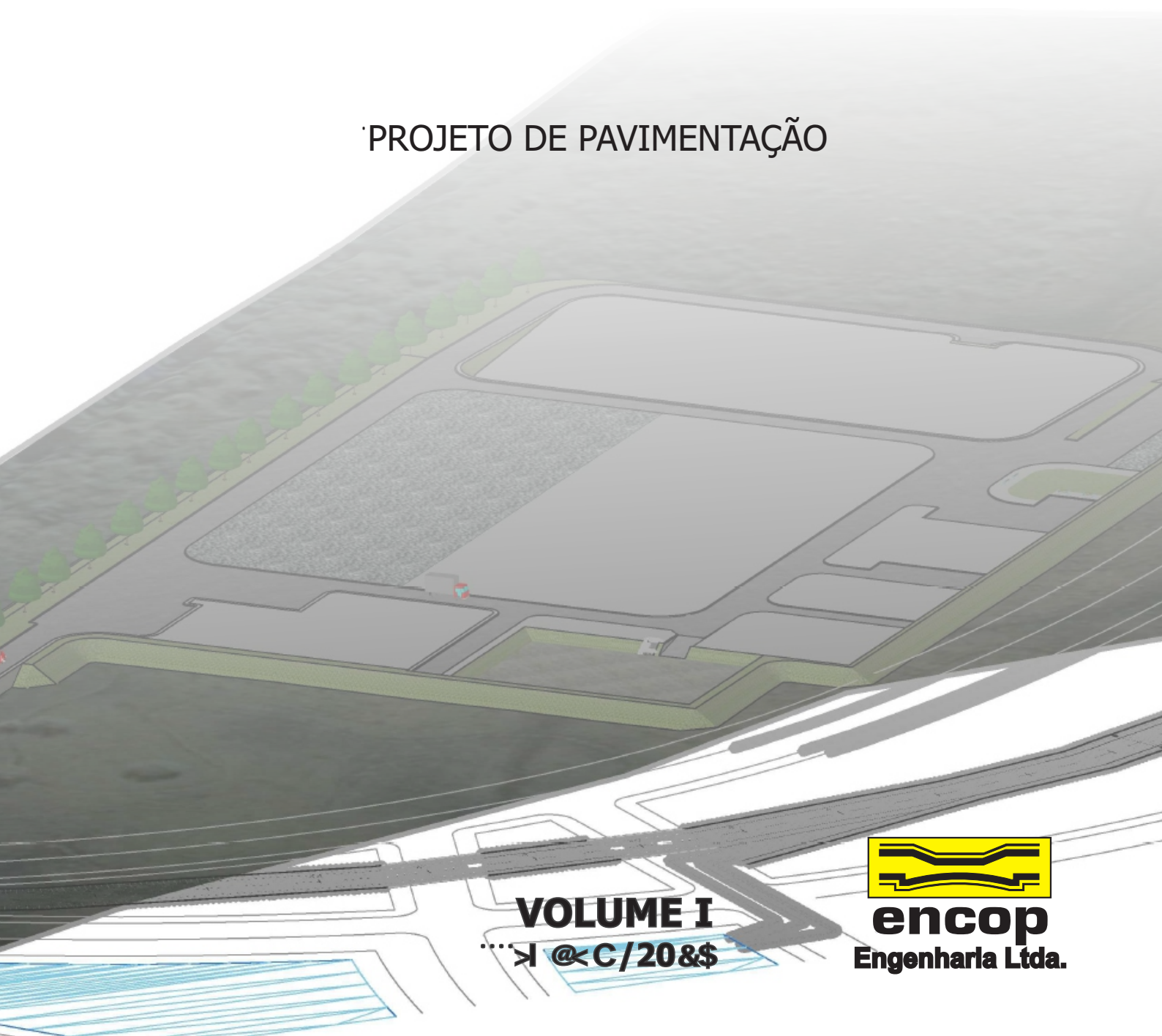




ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS DA ÁREA DO FUTURO EMPREENDIMENTO ETA PONTA DO ARADO

PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO



VOLUME I

...>I @<C/20&\$



encop
Engenharia Ltda.

**ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS GEOMÉTRICO, DE
TERRAPLENAGEM, DO SISTEMA DE DRENAGEM, DA PAVIMENTAÇÃO E DA
SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA VIÁRIA DA ÁREA DO FUTURO EMPREENDIMENTO
ETA - PONTA DO ARADO**

Concedente:

Departamento Municipal de Água e Esgoto - DMAE

Elaborado por:

ENCOP Engenharia LTDA

PRJETO DE PAVIMENTAÇÃO

Contrato nº 02/2018

REV 01

Revisão	Volume	Vias Impressas	Código do Documento	Responsável Técnico
01	I	01	261_DMAE-ETA_PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO _REV01.pdf	Luciano Bezerra Fancler Thiago

Porto Alegre, julho de 2020

ENCOP ENGENHARIA LTDA.

AV. CORONEL APARÍCIO BORGES, 965 SALA 202 E 302.

CEP 90680-570 - PORTO ALEGRE/RS

FONE/FAX: (51) 30284799 / 33525073 - E-MAIL: ENCOP@ENCOP.COM



SUMÁRIO

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	6
2	MAPA DE LOCALIZAÇÃO.....	8
3	ESTUDOS GEOTÉCNICOS	10
3.1	JAZIDA COMERCIAL	10
3.2	COLETA DE AMOSTRAS.....	10
3.3	ENSAIOS DE LABORATÓRIO	10
3.4	ESTUDOS GEOTÉCNICOS	13
4	ESTUDO DE TRÁFEGO.....	18
4.1	VOLUME DIÁRIO MÉDIO.....	18
4.2	VEÍCULO DE PROJETO	18
4.3	TAXA DE CRESCIMENTO DO TRÁFEGO	19
4.4	PERÍODO DO PROJETO	19
4.5	ANO DE CONTAGEM.....	19
4.6	ANO DE ABERTURA.....	19
4.7	CÁLCULO DO NÚMERO N	20
5	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	23
5.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	23
5.2	MATERIAIS PARA PAVIMENTAÇÃO	23
5.3	DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO.....	24
5.4	PESQUISA DE MATERIAIS	26
6	ANEXOS	31
6.1	ANEXO A - ELEMENTOS GRÁFICOS	33
6.2	ANEXO B - ART.....	35



.....1 APRESENTAÇÃO

1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho é serviço integrante da **Elaboração dos Projetos Executivos do Geométrico, de Terraplenagem, do Sistema de Drenagem, da Pavimentação e da Sinalização e Segurança Viária da área do futuro empreendimento ETA Ponta do Arado**, em contrato com o **Departamento Municipal de Água e Esgoto - DMAE**.

O seguinte estudo titulado **Projeto de Pavimentação** contém a descrição dos principais elementos e procedimentos utilizados nas atividades desenvolvidas na sua elaboração, além dos Elementos Gráficos necessários à materialização do Projeto.

Os principais elementos e datas de referência do processo administrativo são:

PROCESSO ADMINISTRATIVO

Data de Assinatura	08/11/2018
Processo Administrativo n.º	18.10.000000612-7

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS

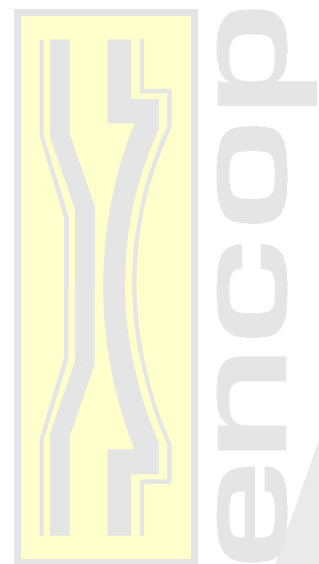
- Eng.º Luciano Bezerra da Silva - CREA/RS 55.454
- Eng.º Fancler Thiago Araldi - CREA/RS 167.474

COORDENADOR

- Eng.º Fancler Thiago Araldi - CREA/RS 167.474

EQUIPE TÉCNICA

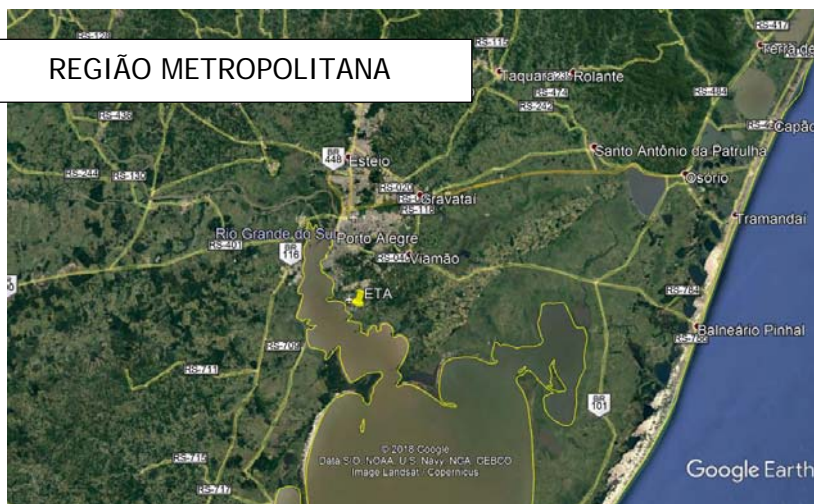
- Eng.º Luciano Bezerra da Silva - CREA/RS 55.454
- Eng.º Eduardo, da Silva Goulart - CREA/RS 220.015
- Eng.º Alexsander Sorreição - CREA/RS 219.514
- Eng.º Cleber Floriano Peixoto – CREA/RS
- Auxiliar Técnico em Estradas Marcel Guglielmi Herlinger
- Acadêmico em Eng. Civil Eduardo Batista Menna



.....2 MAPA DE LOCALIZAÇÃO

2 LOCALIZAÇÃO

REGIÃO METROPOLITANA

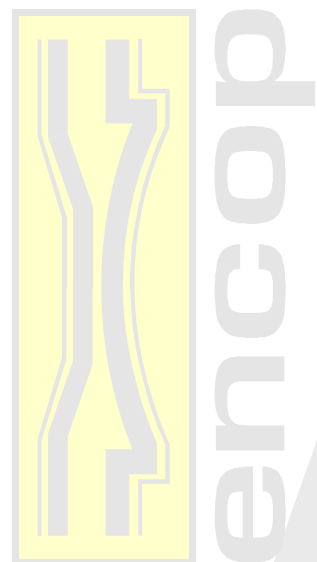


ZONA SUL DE PORTO ALEGRE



BAIRRO BELÉM NOVO





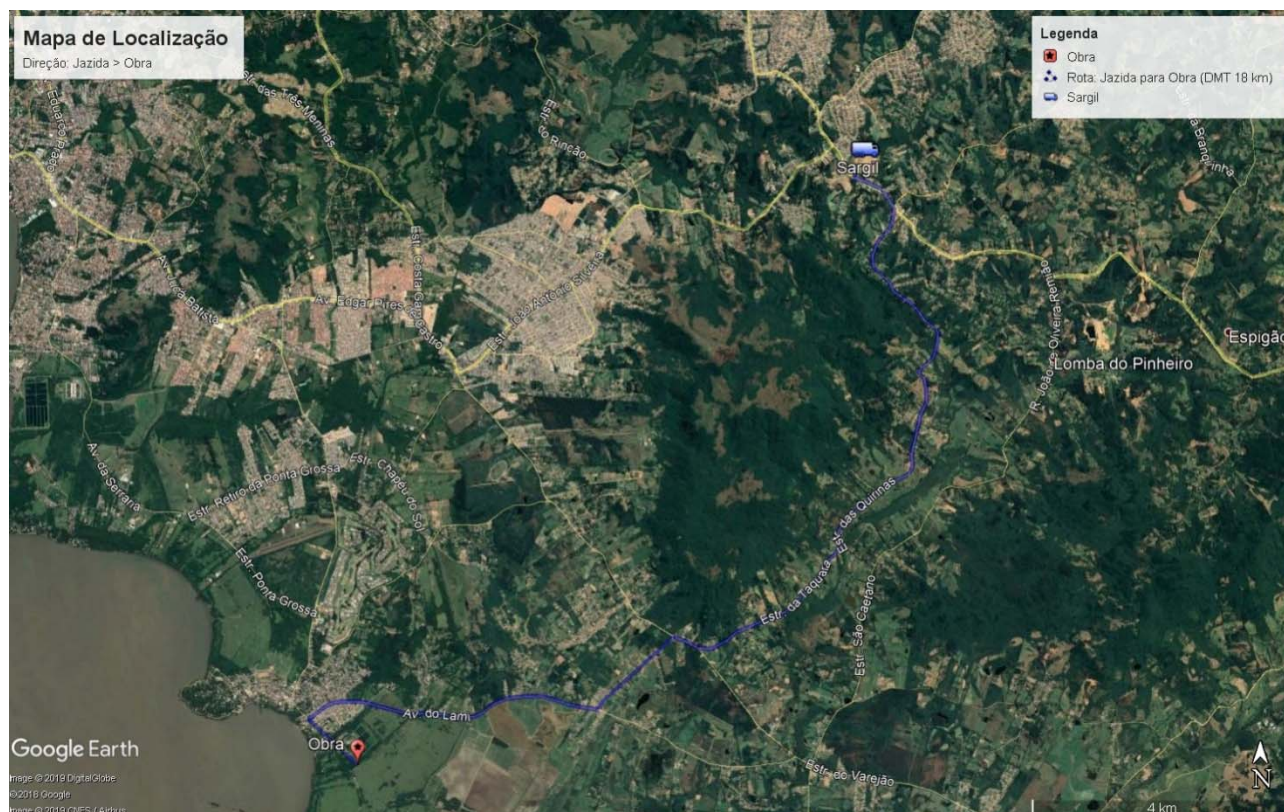
.....' @J5 BH5 A9BHC'HCDC; Fâ: 7 C

3 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

3.1 JAZIDA COMERCIAL

Diante do volume significativo de material de boa qualidade necessário à conformação da plataforma de aterro, fez-se necessário a indicação de uma jazida comercial para fins de fornecimento de material. A Figura 1 apresenta a localização da jazida indicada, bem como a DMT de 18 km até o local da obra.

Figura 1 - Mapa de localização da jazida



As justificativas para a definição da jazida foram apresentadas no Volume – Projeto Geométrico e de Terraplenagem.

3.2 COLETA DE AMOSTRAS

Para a caracterização do material da jazida foram realizados 18 furos de sondagem a trado de até 3,4 metros de profundidade. Destes 18 furos foram coletadas 24 amostras de material para a análise em laboratório. A classificação expedita de todas as amostras foi saibro.

3.3 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

As amostras coletadas foram encaminhadas ao laboratório para a realização dos ensaios de caracterização. A partir dos resultados dos ensaios de laboratório, deu-se início aos estudos

geotécnicos de modo a definir o índice de suporte de projeto que será adotado na camada final de aterro no projeto de pavimentação. A Tabela 1 apresenta o resumo dos ensaios realizados na jazida.

Tabela 1 - Quadro resumo – Ensaios na jazida

LOCAL: ESTRADA JOÃO DE OLIVEIRA REMIÃO 8890						DATA		08/02/19						Estudo:						JAZIDA							
TRECHO: PORTO ALEGRE/RS						Esforço: NORMAL																					
FOLHA 1						PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA																					
FURO	Local da Coleta				Análise Granulométrica							ÍNDICES FÍSICOS		Classificação		Compactação Laboratório		ISC				TIPO DE SOLO					
	LADO	Registro	Horizonte	Profundidade CM		Peneiras						LL	IP	IG	HRB	hót	D. máx.	DENS.	hót	ISC	EXP.	CLASSIFICAÇÃO ASHTOO	CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA				
						19,1	9,52	4,76	2	0,42	0,074																
				DE	A	3/4	3/8	4	10	40	200													(%)	(%)		
1	LE	1	1º	0	210	100	99	82	62	43	21	NP	NP	0	A1-b	11,0	1.883	1897	11,2	14	0,2	Areia Siltosa	SAIBRO AMARELO COM MICA				
1	LE	2	2º	210	300		100	98	73	49	30	26	10	0	A2-4	12,1	1.815	1825	12,3	12	0,3	Areia Siltosa	SAIBRO FINO SILTOSO CINZA COM MICA				
2	LE	3	1º	0	180		100	99	65	42	23	NP	NP	0	A1-b	11,6	1.863	1853	11,8	15	0,3	Areia Siltosa	SAIBRO VARIEGADO COM MICA				
2	LE	4	2º	180	300		100	99	75	42	28	25	9	0	A2-4	12,6	1.823	1802	12,5	12	0,4	Areia Siltosa	SAIBRO FINO SILTOSO CINZA COM MICA				
3	LE	5	1º	0	200		100	88	70	40	21	NP	NP	0	A1-b	10,8	1.860	1861	11,0	15	0,2	Areia Siltosa	SAIBRO VARIEGADO COM MICA				
3	LE	6	2º	200	300			100	82	50	27	24	8	0	A2-4	11,5	1.811	1831	11,7	13	0,4	Areia Siltosa	SAIBRO FINO SILTOSO CINZA COM MICA				
4	LD	7	1º	0	170		100	92	70	43	25	NP	N	0	A1-b	10,3	1.840	1849	10,6	14	0,2	Areia Siltosa	SAIBRO VARIEGADO COM MICA				
4	LD	8	2º	170	300		100	97	83	53	30	26	9	0	A2-4	12,3	1.817	1822	12,5	12	0,3	Areia Siltosa	SAIBRO FINO SILTOSO CINZA COM MICA				
5	LD	9	1º	0	190		100	91	73	45	26	NP	NP	0	A2-4	11,6	1.870	1869	11,8	14	0,3	Areia Siltosa	SAIBRO VARIEGADO COM MICA				
5	LD	10	2º	190	300		100	98	75	47	23	NP	NP	0	A1-b	11,2	1.814	1823	11,3	14	0,3	Areia Siltosa	SAIBRO FINO AMARELO COM MICA				
6	LD	11	1º	0	190		100	99	80	55	30	28	13	0	A2-6	12,8	1.788	1793	12,5	10	0,5	Areia Argilosa	SAIBRO ARGILOSO MARROM				
6	LD	12	2º	190	300											11,2	1.841	1829	11,3	11	0,3		SAIBRO ARGILOSO MARROM COM MICA				
7	LD	13	1º	0	300	100	88	77	51	33	20	NP	NP	0	A1-b	9,6	1.934	1952	9,8	20	0,2	Areia Siltosa	SAIBRO GRANULAR CINZA COM MICA				
8	LE	14	1º	0	300	100	90	80	50	35	21	NP	NP	0	A1-b	9,2	1.962	1961	9,6	20	0,2	Areia Siltosa	SAIBRO GRANULAR CINZA COM MICA				
9	LD	15	1º	0	190	100	95	84	53	40	26	NP	NP	0	A2-4	10,0	1.949	1920	10,3	18	0,1	Areia Siltosa	SAIBRO GRANULAR CINZA COM MICA				
10	LE	16	1º	0	170	100	90	77	59	45	25	NP	NP	0	A1-b	9,7	1.973	1963	9,6	19	0,2	Areia Siltosa	SAIBRO GRANULAR CINZA COM MICA				
11	LD	17	1º	0	220	100	95	80	55	46	24	NP	NP	0	A1-b	9,6	1.989	1971	9,9	19	0,1	Areia Siltosa	SAIBRO GRANULAR MARROM				
12	LE	18	1º	0	180											9,7	1.943	1959	9,8	18	0,2		SAIBRO GRANULAR CINZA COM MICA				
13	LE	19	1º	0	340		100	81	49	35	25	NP	NP	0	A1-b	10,6	1.866	1860	10,9	15	0,3	Areia Siltosa	SAIBRO MARROM				
14	LD	20	1º	0	340		100	75	50	38	26	NP	NP	0	A2-4	10,8	1.842	1857	11,0	13	0,3	Areia Siltosa	SAIBRO MARROM				
15	LE	21	1º	0	340	100	95	65	49	39	23	NP	NP	0	A1-b	9,6	1.927	1931	9,9	19	0,2	Areia Siltosa	SAIBRO GRANULAR CINZA				
16	LD	22	1º	0	340		100	70	45	40	26	NP	NP	0	A2-4	10,7	1.861	1868	11,1	13	0,3	Areia Siltosa	SAIBRO AMARELO				
17	LE	23	1º	0	340		100	77	50	41	28	NP	NP	0	A2-4	11,0	1.874	1837	11,4	13	0,4	Areia Siltosa	SAIBRO CINZA				
18	LD	24	1º	0	340											11,3	1.825	1833	11,8	12	0,3		SAIBRO CINZA				

ENCOP ENGENHARIA LTDA.

AV. CORONEL APARÍCIO BORGES, 965 SALA 202 E 302.

CEP 90680-570 - PORTO ALEGRE/RS

FONE/FAX: (51) 30284799 / 33525073 - E-MAIL: ENCOP@ENCOP.COM

Analisando a Tabela 1 percebe-se a predominância de areia siltosa, com umidade ótima variando entre 9% e 12% e expansão variando entre 0,1% e 0,5%.

3.4 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

3.4.1 Considerações iniciais

Para a definição do índice de suporte de projeto, inicialmente o resultado das amostras foram agrupadas em relação a classificação HRB.

Tabela 2 - Amostras classificadas pela HRB

HRB	CBR
A1-b	14
A1-b	15
A1-b	15
A1-b	14
A1-b	14
A1-b	20
A1-b	20
A1-b	19
A1-b	19
A1-b	18
A1-b	15
A1-b	19
A2-4	12
A2-4	12
A2-4	13
A2-4	12
A2-4	14
A2-4	18
A2-4	13
A2-4	13
A2-4	13
A2-4	12
A2-6	10
A2-6	11

De acordo com a Tabela 2, os solos foram classificados em: A1-b; A2-4; e A2-6, sendo suas ocorrências de 12,10 e 2 respectivamente.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT, a execução da análise estatística deve ser realizada somente com um número “n” de amostras superior a 9. Desta forma, foi analisado o comportamento dos solos classificados como: A1-b e A2-4.

Tabela 3 – Análise de frequências das amostras

GRUPO	FREQ. ABSOLUTA	FREQ. RELATIVA	FREQ. ACUMULADA
A1-b	12	50%	50%
A2-4	10	42%	92%
A2-6	2	8%	100%
	24	100%	TOTAL

A Tabela 3 apresenta a análise das frequências das amostras coletadas. Assim, o grupo A1-b apresenta frequência relativa de 50% e frequência acumulada de 50%, o grupo A2-4 apresenta frequência relativa de 42% e acumulada de 92% e o grupo A2-6 apresenta frequência relativa de 8% e frequência acumulada de 100%.

Como o grupo A2-6 apresentou frequência absoluta de 2 amostras, sendo inferior a 9, este grupo foi excluído da análise estatística, pois não há amostras suficientes para que se defina o comportamento padrão do grupo. Assim, seguiu-se com os grupos A1-b e A2-4.

3.4.2 Análise estatística

Foram calculadas as médias e os desvios padrões de cada um dos grupos analisados, para isto foram utilizadas as seguintes equações:

ISC médio:

$$ISC_{med} = \frac{\sum ISC}{\sqrt{N}} \quad \text{Equação 1}$$

Desvio padrão:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (ISC - ISC_{med})^2}{N - 1}} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

ISC = Índice de Suporte Califórnia;

ISC_{med} = Índice de Suporte Califórnia médio;

N = Número de amostras; e

σ = Desvio padrão.

Como resultados foram obtidos os valores apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Média e desvio padrão

Descrição	Média	Desvio Padrão
A1-b	17	3
A2-4	13	2

A seguir foram calculados os valores de ISC mínimos e máximos de forma a excluir valores anômalos. Foram utilizadas as seguintes equações:

ISC mínimo provável:

$$ISC_{min} = ISC_{med} - \frac{1,29 \cdot \sigma}{\sqrt{N}} - 0,68 \cdot \sigma \quad \text{Equação 3}$$

ISC máximo provável:

$$ISC_{max} = ISC_{med} + \frac{1,29 \cdot \sigma}{\sqrt{N}} + 0,68 \cdot \sigma \quad \text{Equação 4}$$

onde:

ISC_{med} = Índice de Suporte Califórnia médio;

ISC_{min} = Índice de Suporte Califórnia mínimo provável estatisticamente;

ISC_{max} = Índice de Suporte Califórnia máximo provável estatisticamente;

N = Número de amostras;

σ = Desvio padrão.

Como resultados foram obtidos os valores apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - ISC mínimos e máximos

Descrição	ISC mínimo	ISC máximo
A1-b	14	19
A2-4	11	15

A partir dos resultados apresentados na Tabela 5, os valores abaixo do mínimo ou acima do máximo, foram excluídos. A seguir, foram novamente calculadas as médias e os desvios padrões para as amostras restantes, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Média e desvio padrão ajustadas

Descrição	Média	Desvio Padrão
A1-b	16	2
A2-4	13	1

De posse dos novos valores de média e desvio padrão foram calculados os índices de suporte dos grupos através da seguinte equação.

ISC do grupo:

$$ISC_g = ISC_{med} - \frac{1,29 \cdot \sigma}{\sqrt{N}} \quad \text{Equação 5}$$

A Tabela 7 apresenta o ISC de cada grupo.

Tabela 7 - ISC de Grupo

Descrição	ISC Grupo
A1-b	15
A2-4	12

De acordo com a Tabela 7 o índice de suporte do grupo é A1-b é de 15%, já a do grupo A2-4 é de 12%.

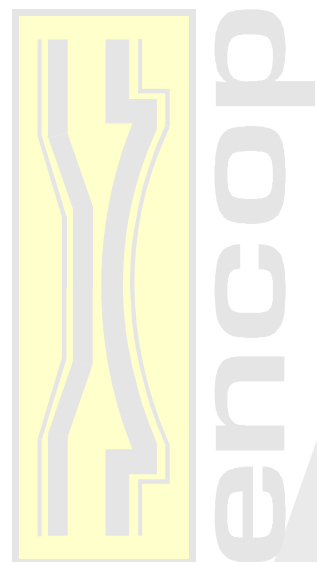
A Tabela 8 apresenta o resultado final do ISC.

Tabela 8 - Resumo final do ISC

GRUPO	CBR	FREQ. ABSOLUTA	FREQ. RELATIVA	FREQ. ACUMULADA
A1-b	15	12	50%	50%
A2-4	12	10	42%	92%
A2-6	-	2	8%	100%
	n:	24	100%	TOTAL

Analisando a Tabela 8, nota-se que ao se adotar como índice de suporte de 15%, este representará somente 50% das amostras. Contudo, ao se adotar o índice de suporte de 12%, este cobrirá 92% das amostras. Desta forma, de maneira conservadora o ISC adotado para o projeto de pavimentação passa a ser de 12%.

$$ISC_p = 12\%$$



.....(9GHI 8C'89'HFâ: 9; C

4 ESTUDO DE TRÁFEGO

Para o dimensionamento de um pavimento, é considerado o número “N” de passagens de um eixo padrão, determinado por norma, com capacidade de 8,2 tf. Para isso, todas as passagens de veículos pesados são convertidas em passagens de eixo padrão, através de fatores estabelecidos pela Instrução de Serviço para Estudos de Tráfego IS-110/10 do DAER (2010). Para a obtenção do tráfego real é necessária a contagem dos veículos através de levantamento de campo.

4.1 VOLUME DIÁRIO MÉDIO

Para a obtenção do tráfego real é necessária a contagem dos veículos através de levantamento de campo. No entanto, segundo informações fornecidas pelo DMAE, o número previsto de carregamentos de insumos necessários ao tratamento de água para um período de 15 dias na fase final de instalação da ETA, ou seja, após a ampliação e construção do segundo módulo, onde a Estação de Tratamento de Água estará operando em sua capacidade máxima será de:

- Flúor a 25%: 20m³, (uma carga);
- Geocálcio a 25%: 50m³, (duas cargas);
- PAC a 36%: 120m³, (três cargas); e
- Dióxido de Cloro: 20 cilindros, (uma carga).

Para a remoção de lodo proveniente do tratamento serão 82,94 ton/dia (75,49m³/dia), equivalente a 5 cargas/dia, esta previsão também diz respeito a Estação de Tratamento de Água operando em sua capacidade máxima, após a ampliação.

Sendo assim, somando-se as cargas quinzenais e dividindo pelo número de dias, tem-se:

- 7 cargas / 15 dias = 0,46 cargas/dia.

No entanto para fins de cálculo este número foi arredondado para uma carga diária, como medida conservadora. Desta forma, somando-se a carga quinzenal a carga de remoção de lodo diária, tem-se o número de 6 cargas diárias:

4.2 VEÍCULO DE PROJETO

Os veículos que circularão na ETA – Ponta do Arado são variados, no entanto para fins de cálculo do número “N” foi estipulado como veículo padrão, indicado pelo DMAE, o veículo que apresenta as seguintes características:

- Carreta 5 eixos;
- Comprimento total 18,6 metros;
- Largura total 2,60 metros;
- Raio de giro 12,5 metros; e
- Peso: Cavalo + Reboque, 45,15 t.

4.3 TAXA DE CRESCIMENTO DO TRÁFEGO

Conforme apresentado no item 4.1, o volume diário médio foi obtido já considerando a capacidade máxima de operação do sistema, incluindo a futura ampliação. Logo, para fins de crescimento do volume de tráfego foi considerada uma taxa de crescimento de 0%, uma vez que, o volume diário médio de veículos já considera a capacidade máxima de operação.

$$\text{Taxa de crescimento ao ano} = 0,00\%$$

4.4 PERÍODO DO PROJETO

Da mesma forma que a taxa de crescimento, o período de projeto, o qual o pavimento deve resistir as solicitações impostas pelo tráfego de maneira satisfatória, foi associado ao ano de projeto da ETA – Ponta do Arado. O Projeto Novo Sistema Ponta do Arado e Ampliação do Sistema Belém Novo, fornecidos pelo DMAE, propõe como ano de projeto o ano de 2043. Assim, o ano de projeto do pavimento será o mesmo que o da ETA, totalizando um período de 21 anos, levando em conta outros dois pontos: ano de contagem e ano de abertura.

4.5 ANO DE CONTAGEM

Como ano de contagem foi considerado o ano em que o pavimento está sendo dimensionado, 2019, utilizado como ponto de partida para o VDM definido.

4.6 ANO DE ABERTURA

Para a definição do ano abertura foram consideradas os seguintes períodos:

- 2019: Ano de contagem, elaboração dos projetos executivos e licitação da obra;
- 2020, 2021 e 2022: Previsão do tempo de obra, de acordo com o DMAE.

Assim, considerou-se como ano de abertura ao tráfego o ano de 2023. Totalizando 21 anos de período de projeto ao 2043.

4.7 CÁLCULO DO NÚMERO N

De posse dos parâmetros apresentados nos itens anteriores seguiu-se para o cálculo do número N. Cabe ressaltar que de modo geral, no cálculo do número utiliza-se o fator de faixa, 0,5, que divide o VDM em duas faixas. No entanto, entende-se que neste projeto os veículos trafegarão sobre as mesmas áreas. Desta forma, como medida conservadora, retirou-se o fator de faixa do cálculo do número N. A Tabela 9 apresenta o cálculo do número N.

Tabela 9 - Cálculo do número N

LOCAL:			ETA - PONTA DO ARADO			CÓDIGO TRECHO SRE			ETA - PONTA DO ARADO	
TOTAL DE VEÍCULOS										
DIAS DE CONTAGEM		DIA DA SEMANA	DATA	PASSEIO	COLETIVO	CARGA				TOTAL
						LEVE	MÉDIA	PESADA	ULTRA PESADA	
1º DIA		sábado	01/12/18	0	0	0	0	0	6	6
TOTAL DE DIAS:		1	TOTAL:	0	0	0	0	0	6	6
TAXA DE CRESCIMENTO			VDM ATUAL	0	0	0	0	0	6	6
PASSEIO	COLETIVO	CARGA		0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%
0,00%	0,00%	0,00%	VDM P/ FAIXA:	0	0	0	0	0	6	6

PROJEÇÃO DO TRÁFEGO E CÁLCULO DO NÚMERO N										
DEFINA O EXPOENTE DO NÚMERO N:									(10 E 5)	
ANO		PASSEIO	TX. CRESC.	COLETIVO	TX. CRESC.	CARGA	TX. CRESC.	TOTAL	Nº N	N ACUM.
2019	0	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	
2020	1	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	
2021	2	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	
2022	3	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	
2023	4	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	0,25
2024	5	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	0,49
2025	6	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	0,74
2026	7	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	0,98
2027	8	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	1,23
2028	9	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	1,47
2029	10	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	1,72
2030	11	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	1,96
2031	12	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	2,21
2032	13	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	2,45
2033	14	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	2,70
2034	15	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	2,94
2035	16	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	3,19
2036	17	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	3,44
2037	18	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	3,68
2038	19	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	3,93
2039	20	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	4,17
2040	21	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	4,42
2041	22	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	4,66
2042	23	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	4,91
2043	24	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%	6	0,25	5,15
NÚMERO N INDICADO:									5,15 x 10 E 5	

PERÍODO DE PROJETO: FATOR REGIONAL: FATOR DE EXPANSÃO:	13 anos	FATORES DE VEÍCULOS	COLETIVO:	0,3450	
	1,00			CARGA LEVE:	0,0630
	1,00			CARGA MÉDIA:	1,3710
	CARGA PESADA:			4,9860	
	CARGA ULTRA PESADA:			11,2050	

De acordo com a Tabela 9, para o ano de projeto 2043 o número N acumulado será:

$$N = 5,15 \times 10^5$$

ENCOP ENGENHARIA LTDA.

AV. CORONEL APARÍCIO BORGES, 965 SALA 202 E 302.
CEP 90680-570 - PORTO ALEGRE/RS
FONE/FAX: (51) 30284799 / 33525073 - E-MAIL: ENCOP@ENCOP.COM



.....) DFC>9HC'89'D5J=A9BH5uÇC

5 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O projeto de pavimentação tem a finalidade de determinar as camadas que constituem a estrutura do pavimento, de tal forma que elas sejam dimensionadas para resistir, transmitir e distribuir as tensões normais e tangenciais para o subleito.

O projeto de pavimentação da ETA – Ponta do Arado foi desenvolvido com base nos Estudos Geotécnicos, tendo como objetivo atender aos seguintes itens:

- Escolha dos materiais que constituirão as diversas camadas do pavimento;
- Dimensionamento do pavimento;
- Quantificação dos materiais a serem utilizados.

5.2 MATERIAIS PARA PAVIMENTAÇÃO

A escolha do material para o revestimento da estrutura do pavimento foi indicada pela contratante, que propôs o uso de CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) para o revestimento da estrutura. Cabe ressaltar que devido ao tipo de esforço que este pavimento será exposto, como: cargas elevadas, velocidade baixa e movimentos de manobra foi indicado o CAP 60/85, um CAP modificado por adição de polímero que aumentam seu desempenho através da adição de elastômeros. Este CAP diferenciado visa aumentar a resistência as deformações e melhorar o desempenho quanto a fadiga, aumentando também a sua vida útil. Assim, pode-se listar as principais vantagens deste asfalto em relação aos CAP convencionais, sobre as características pertinentes a obra da ETA – Ponta do Arado:

- Menor suscetibilidade;
- Aumento do ponto de amolecimento e da viscosidade;
- Aumento da recuperação elástica;
- Melhora resistência à fluência, trincas e deformações;
- Maior resistência ao desgaste e ao envelhecimento.

Os materiais de base, sub-base foram escolhidos em função de fatores econômicos e técnicos.

Os materiais a serem adotados estão listados a seguir:

- Revestimento: Concreto Betuminoso Usinado a Quente;
- Base: Brita Graduada Simples (BGS);

- Sub-base: Macadame Seco (MS).

5.3 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

O revestimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente é considerado uma estrutura de pavimentação flexível, o método empregado no dimensionamento do presente projeto é o do Manual de Pavimentação do DNIT.

Por este procedimento, os parâmetros básicos para aplicação do método são o equivalente de operações do eixo padrão (Número "N"), o coeficiente estrutural (K) e o Índice de Suporte Califórnia do Subleito (ISC), que foram tratados nos itens anteriores.

5.3.1 Coeficiente estrutural

De conformidade com o método de dimensionamento empregado, os materiais selecionados para a constituição do pavimento adiante apresentadas, têm os seguintes coeficientes estruturais:

- $K_{Rev} = 2,0$ (CBUQ);
- $K_B = 1,0$ (BGS – Brita Graduada Simples); e
- $K_{MS} = 0,87$ (MS – Macadame Seco).

5.3.2 Espessura do revestimento

A partir da característica do tráfego e o número N adotado, define-se a espessura utilizada no revestimento de concreto betuminoso usinado a quente, atendendo o proposto pelo método de projeto de pavimentos flexíveis do DNIT. No entanto, para o número N definido no 4.7, o revestimento indicado, de acordo com o DNIT, seria o tratamento superficial. Para a aplicação da camada mínima de revestimento betuminoso de 5 centímetros, o N deveria ser superior a 1×10^6 . Desta forma, entendendo-se a demanda do pavimento e a maneira como este pavimento será solicitado, será aplicado um revestimento de 5 centímetros de concreto betuminoso usinado a quente. Pois, devido as altas cargas, baixas velocidades e excessivos movimentos de manobras o tratamento superficial não resistiria a tais solicitações.

5.3.3 Espessura da base

Utilizando os elementos anteriormente citados e a adoção de Concreto Betuminoso Usinado a Quente com espessuras de 5 cm como camada de revestimento, dimensionou-se a estrutura da base do pavimento, conforme mostrado a seguir.

ISC mínimo da base = 60%.

Definição da espessura real mínima:

$$H_{20} = 77,67 \times N^{0,0482} \times ISC^{-0,598}$$
$$H_{20} = 77,67 \times 432000^{0,0482} \times 60^{-0,598}$$
$$H_{20} = 12,55$$

Definição da espessura equivalente adotada:

$$(k_R \times R) + (k_B \times h_B) \geq H_{20}$$
$$(2,0 \times 5,0) + (1,0 \times h_B) \geq 12,55$$
$$(h_B) \geq 2,55$$
$$B_{adotada} = 15,00 \text{ cm}$$

Conforme recomendação do DNIT as camadas devem possuir espessura mínima de 15 cm.

5.3.4 Espessura da sub-base

Utilizando os elementos anteriormente citados e a adoção de Concreto Betuminoso Usinado a Quente com espessuras de 5 cm como camada de revestimento e a base de 15 cm, dimensionou-se a estrutura da sub-base do pavimento, conforme mostrado a seguir.

ISC mínimo do subleito = 12%.

Definição da espessura real mínima:

$$H_m = 77,67 \times N^{0,0482} \times ISC^{-0,598}$$
$$H_m = 77,67 \times 432000^{0,0482} \times 12^{-0,598}$$
$$H_m = 32,85$$

Definição da espessura equivalente adotada:

$$(k_R \times R) + (k_B \times h_B) + (k_{SB} \times h_{SB}) \geq H_n$$
$$(2,0 \times 5,0) + (1,0 \times 15,0) + (0,87 \times h_{SB}) \geq 32,85$$
$$(h_{SB}) \geq 9,02$$
$$SB_{adotada} = 15,00 \text{ cm}$$

Conforme recomendação do DNIT as camadas devem possuir espessura mínima de 15 cm.

5.3.5 Resumo da estrutura

A Tabela 10 apresenta o resumo das estruturas reais e equivalentes do pavimento projetado.

Tabela 10 - Espessuras reais e estruturais do pavimento

Discriminação	Tipo	k	Espessura Real	Estrutural
Revestimento	CBUQ	2,0	5,0	10,0
Base	Brita Graduada Simples	1,0	15,0	15,0
Sub-base	Macadame Seco	0,87	15,0	13,05
			35,0 cm	38,05 cm

Conforme apresentado no item 5.3.4 a espessura estrutural solicitada pelo tráfego é de 32,85 cm. De acordo com a Tabela 10, a estrutura estrutural projetada é de 38,05 cm. Sendo assim, o pavimento projetado apto para as solicitações impostas pelo tráfego.

5.3.6 Dimensionamento do passeio

Por se tratar de uma área destinada ao tráfego de pedestres, normalmente não são utilizados modelos matemáticos ou métodos para dimensionamento, e sim a boa prática e soluções consagradas desenvolvidas por prefeituras. O principal objetivo é proporcionar ao usuário conforto e segurança. Deverão ser utilizadas as normas (ABNT) conforme a solução, a fim de evitar patologias.

A solução de revestimento do passeio da ETA – Ponta do Arado será em bloco de concreto de Cimento Portland retangular, dimensões 20 x 10, espessura de 6 cm, com resistência à compressão de 35 MPa. Essa camada será executada sobre uma camada de 5 cm de areia média que será aplicada sobre o subleito regularizado e compactado.

A tabela abaixo descreve a solução de pavimento para o passeio.

Tabela 11 - Solução do passeio

Camada	Material	Espessura (cm)
Revestimento	Bloco de Concreto Fck \geq 35 MPa	6,0
Base	Areia Média	5,0

5.4 PESQUISA DE MATERIAIS

A pesquisa foi realizada levando em consideração os materiais existentes na região e as empresas mais próximas do empreendimento, a fim de diminuir a DMT (Distância Média de Transporte) e, assim, diminuir o custo de transporte.

Tabela 12 - Pesquisa de materiais

Material	Origem	Destino	DMT (km)	Referência
Brita Graduada	Pedreira Comercial	Obra	18,2	Pedracon
CAP 60/85	Refinaria	Usina de Asfalto	31,6	Refap
CBUQ	Usina de Asfalto	Obra	18,2	Pedracon
CM-30	Refinaria	Obra	41,6	Refap
Blocos de Concreto	Fábrica de Pré Moldados	Obra	29,2	D'Agostini
Meio-Fio Pré Moldado	Fábrica de Pré Moldados	Obra	29,2	D'Agostini
Areia Média	Areal	Obra	32,5	Areal Sul

Abaixo estão indicadas as figuras com as localizações dos fornecedores.

Figura 2 – Mapa de localização (Areal para Obra DMT 32,5 km)

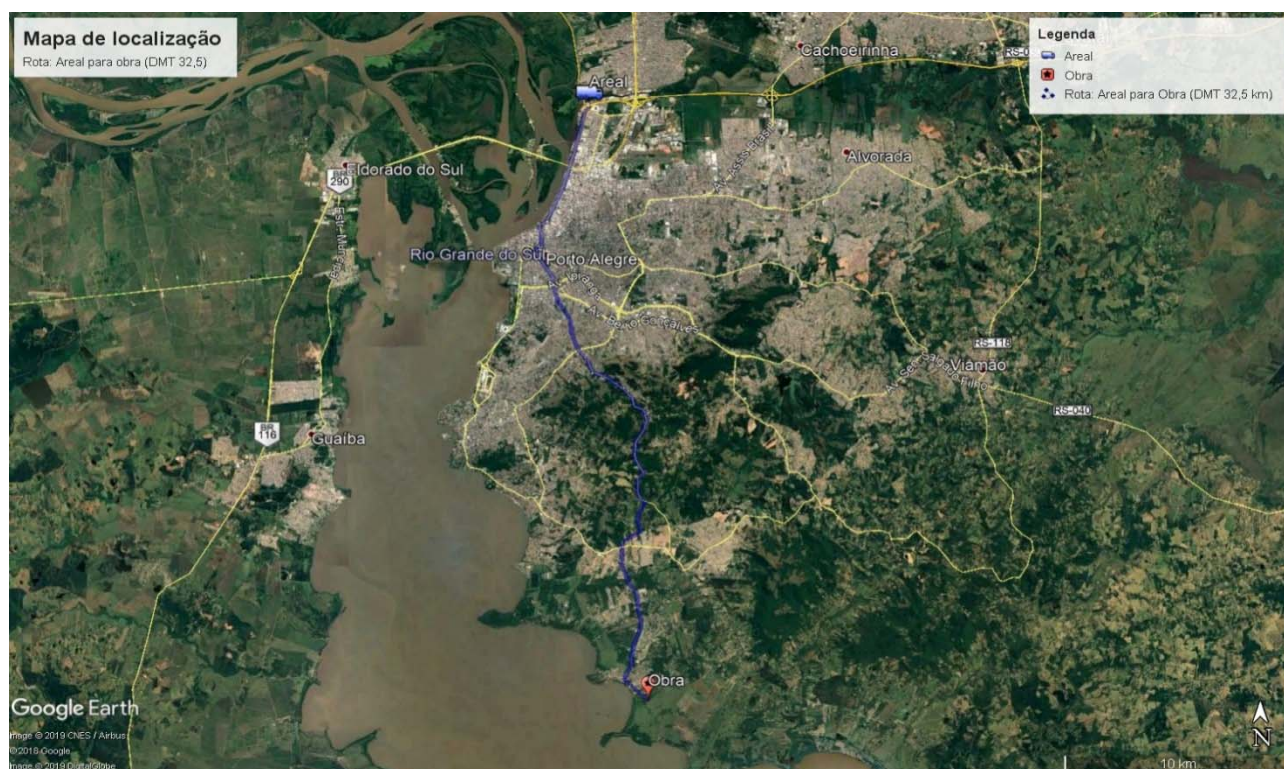


Figura 3 – Mapa de localização (Brita e CBUQ para Obra DMT 18,2 km)

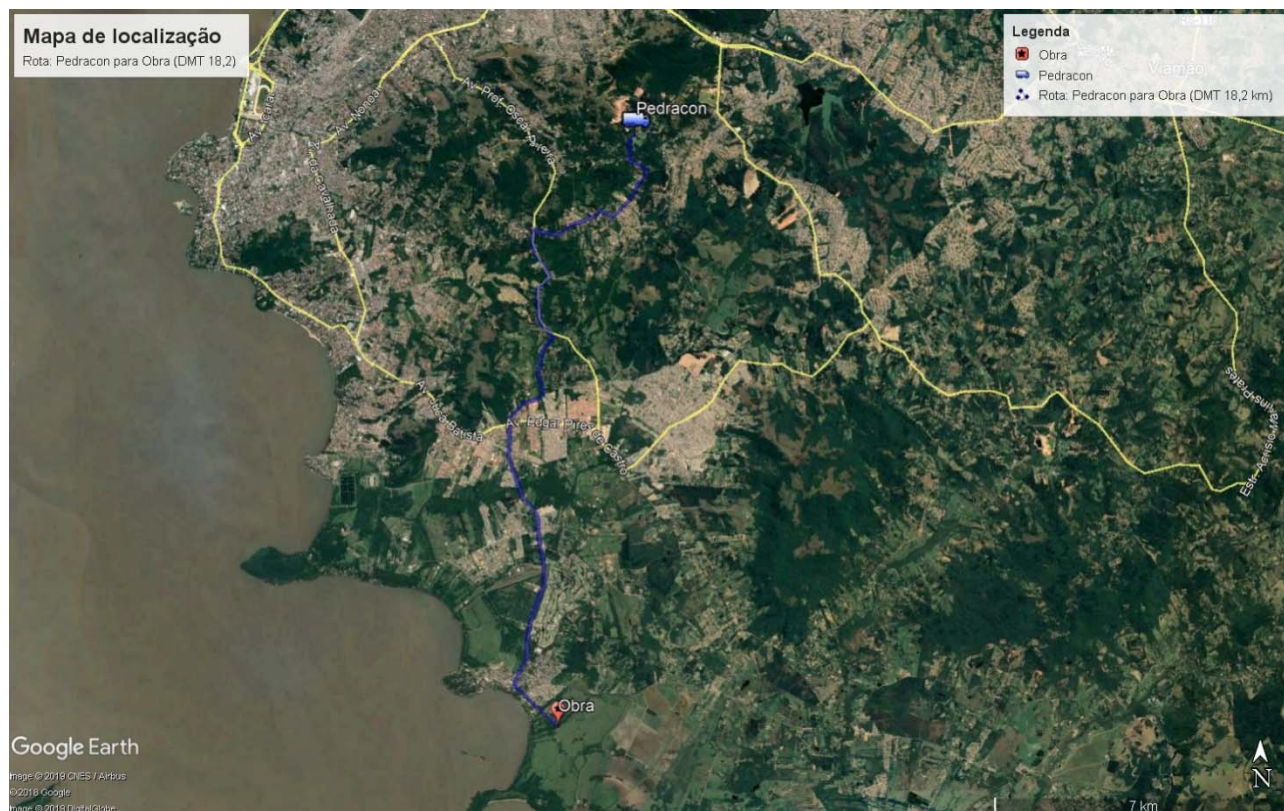


Figura 4 – Mapa de localização (Refinaria para Usina DMT 31,6 km)

**ENCOP ENGENHARIA LTDA.**

AV. CORONEL APARÍCIO BORGES, 965 SALA 202 E 302.
CEP 90680-570 - PORTO ALEGRE/RS
FONE/FAX: (51) 30284799 / 33525073 - E-MAIL: ENCOP@ENCOP.COM

Figura 5 – Mapa de localização (Refinaria para Obra DMT 41,6 km)

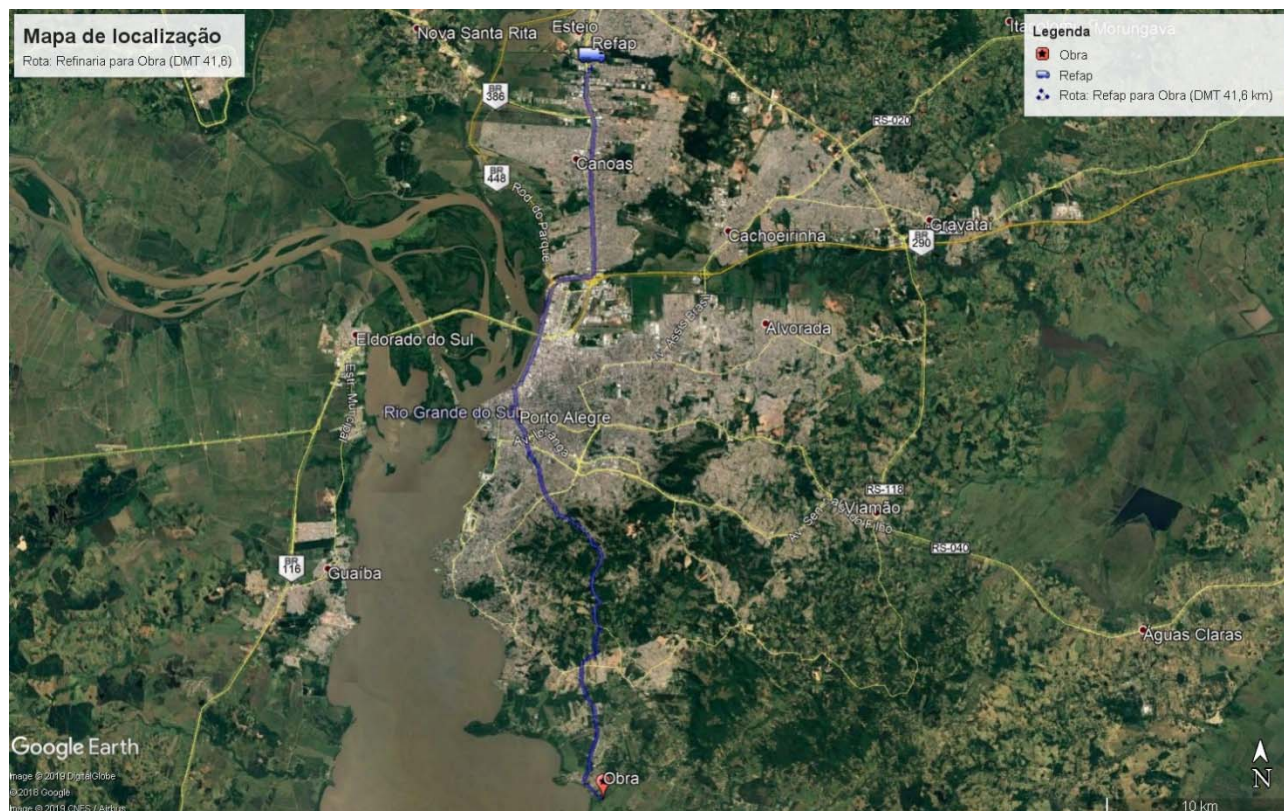
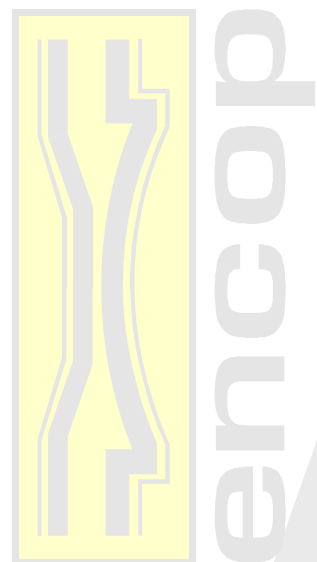


Figura 6 – Mapa de localização (D'Agostini para Obra DMT 29,2 km)



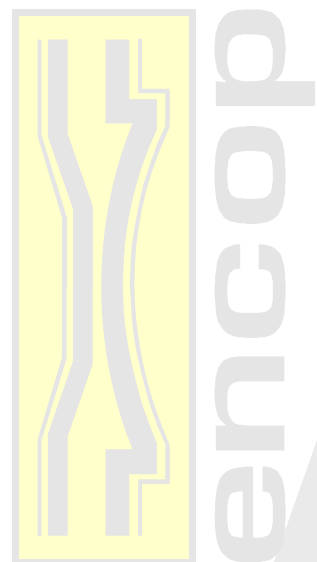


.....* 5 B9LCG

6 ANEXOS

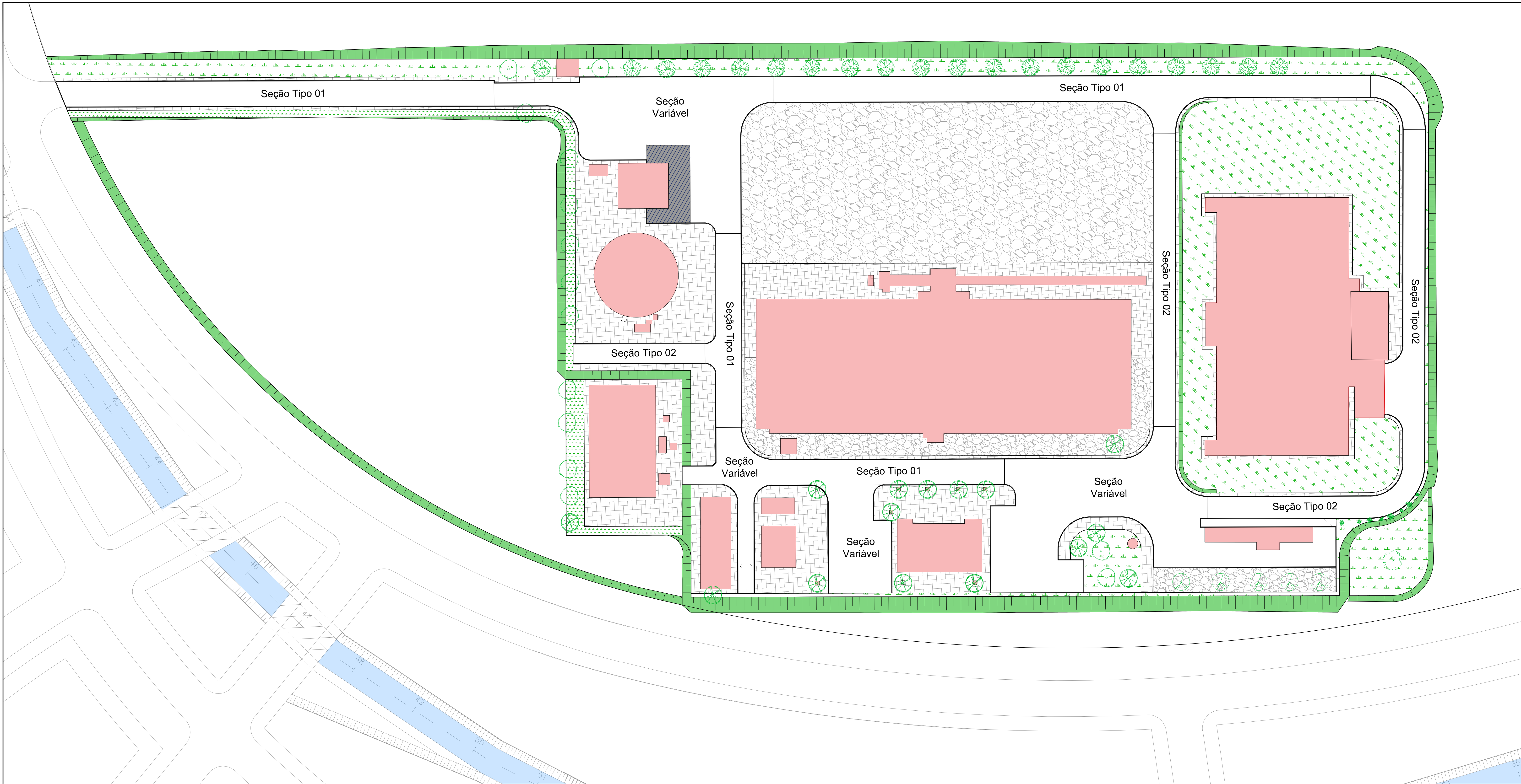
A seguir são expostos os anexos citados neste volume, sendo estes:

- Anexo A – Elementos gráficos;
- Anexo B – ART.



.....* '%5 B9LC'5 '!9 @A9BHCG'; Fâ: 7 CG





PLANTA DE LOCALIZAÇÃO

SEM ESCALA

LEGENDA

Projeto	Topografia
Asfalto	Valão de Drenagem
Bloco Intertravado	Mancha Vegetal
Passeio em bloco Inter.	Árvores
Brita	Curvas De Nível
Grama	Limite da área doada ao DMAE
Bota Fora	Casa
Canteiro de Obras	
Edificações	
Talude aterro 1:1,5 (grama)	
Meio Fio	
Sondagem	

Nota:

Nas áreas denominadas de seção variável não há simetria para enquadramento em uma das três seções tipo, no entanto, a estrutura do pavimento segue conforme as demais, inclusive com relação as especificações das camadas.

MEIO-FIO DE CONCRETO PRÉ MOLDADO
COMPRIMENTO 1 METRO
CONCRETO FCK 25 MPa

SEÇÃO TIPO

PEÇA LINEAR - PERSPECTIVA

PEÇA CURVA - PERSPECTIVA

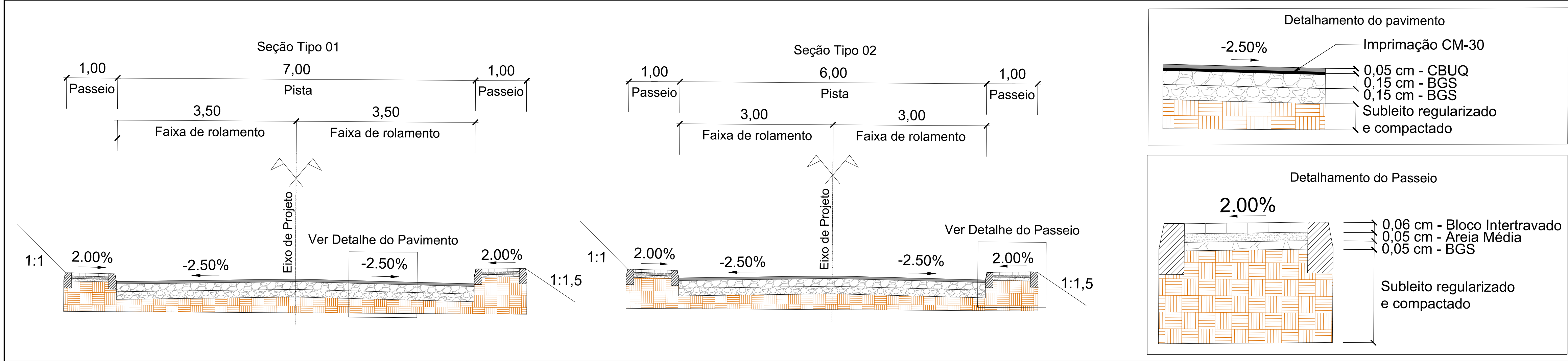
PLANTA BAIXA DO MEIO-FIO

LEGENDA:

	REVESTIMENTO CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE - 5cm (SOBRE SUB-BASE E BASE DE BRITA GRADUADA)
	PASSEIO BLOCO DE CONCRETO INTERTRAVADO - 6cm (ASSENTADO SOBRE LASTRO DE AREIA E REJUNTADO COM PÓ DE PEDRA, fck 35 MPa)
	LASTRO DE AREIA MÉDIA - 5cm (GRAU DE COMPACTAÇÃO DE 100% DA ENERGIA PROCTOR NORMAL)
	BASE DE BGS - 15cm (GRAU DE COMPACTAÇÃO DE 100% DA ENERGIA PROCTOR NORMAL, COM ISC ≥ 80%)
	SUB-BASE DE BGS - 15cm (GRAU DE COMPACTAÇÃO DE 100% DA ENERGIA PROCTOR NORMAL, COM ISC ≥ 80%)
	SUBLEITO (REGULARIZADO E COMPACTAÇÃO A 100% DA ENERGIA PROCTOR NORMAL, COM ISC ≥ 7%)

Detalhamento do pavimento

Detalhamento do Passeio





.....* "&5 B9LC'6 '!5 FH





Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO	Participação Técnica: CO-RESPONSÁVEL	ART Vínculo: 10005669
Convênio: NÃO É CONVÊNIO	Motivo: NORMAL	

Contratado

Carteira: RS055454	Profissional: LUCIANO BEZERRA DA SILVA	E-mail: luciano@encop.com
RNP: 2202539492	Título: Engenheiro Civil	
Empresa: ENCOP ENGENHARIA LTDA		Nr.Reg.: 75768

Contratante

Nome: DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - DMAE	E-mail:	
Endereço: RUA 24 DE OUTUBRO 200	Telefone:	CPF/CNPJ: 92924901000198
Cidade: PORTO ALEGRE	Bairro: MOINHOS DE VENTO	CEP: 90510010 UF: RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - DMAE		
Endereço da Obra/Serviço: RUA 24 DE OUTUBRO 200		CPF/CNPJ: 92924901000198
Cidade: PORTO ALEGRE	Bairro: MOINHOS DE VENTO	CEP: 90510010 UF: RS
Finalidade: OUTRAS FINALIDADES	Valor Contrato(R\$): 183.893,33	Honorários(R\$):
Data Início: 12/12/2018 Prev.Fim: 12/03/2019		Ent.Classe: SERGS

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	COORDENAÇÃO DE TODAS AS ATIVIDADES	1,00	UN
Levantamento	Topografia - Levantamento Planialtimétrico	1,00	UN
Levantamento	Sondagens e Estudos Geotécnicos	1,00	UN
Estudo	Geotecnia - Estabilidade de Taludes	1,00	UN
Projeto	Pistas de Rolamento - Projeto Geométrico	1,00	UN
Projeto	Pistas de Rolamento - Pavimentação	1,00	UN
Projeto	Pistas de Rolamento - Sinalização	1,00	UN
Projeto	Drenagem	1,00	UN
Projeto	Obras em Terra e Terraplenagem - Terraplenagem	1,00	UN
Projeto	Estabilidade e CONTENÇÃO de Taludes e Encostas	1,00	UN
Orçamento	ORÇAMENTO DAS OBRAS		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 08/01/2019

	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
Local e Data	LUCIANO BEZERRA DA SILVA	DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - DMAE
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA



Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO **Participação Técnica:** INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO **Motivo:** NORMAL

Contratado

Carteira: RS167474 **Profissional:** FANCLER THIAGO ARALDI **E-mail:** thiagoaraldi.eng@gmail.com
RNP: 2208095901 **Título:** * Engenheiro Civil * Engenheiro Químico
Empresa: ENCOP ENGENHARIA LTDA **Nr.Reg.:** 75768

Contratante

Nome: DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS - DMAE **E-mail:**
Endereço: RUA 24 DE OUTUBRO 200 **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 92924901000198
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** MOINHOS DE VENTO **CEP:** 90510010 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS - DMAE **CPF/CNPJ:** 92924901000198
Endereço da Obra/Serviço: RUA 24 DE OUTUBRO 200 **CEP:** 90510010 **UF:** RS
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** MOINHOS DE VENTO **CEP:** 90510010 **UF:** RS
Finalidade: OUTRAS FINALIDADES **Valor Contrato(R\$):** 183.893,33 **Honorários(R\$):**
Data Início: 12/12/2018 **Prev.Fim:** 12/03/2019 **Ent.Classe:** SERGS

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	DE TODOS OS SERVIÇOS REALIZADOS	1,00	UN
Levantamento	Topografia - Levantamento Planialtimétrico	1,00	UN
Levantamento	Sondagens e Estudos Geotécnicos	1,00	UN
Estudo	Geotecnia - Estabilidade de Taludes	1,00	UN
Projeto	Pistas de Rolamento - Projeto Geométrico	1,00	UN
Projeto	Pistas de Rolamento - Pavimentação	1,00	UN
Projeto	Pistas de Rolamento - Sinalização	1,00	UN
Projeto	Drenagem	1,00	UN
Projeto	Obras em Terra e Terraplenagem - Terraplenagem	1,00	UN
Projeto	Estabilidade e Contenção de Taludes e Encostas	1,00	UN

ART registrada (paga) no CREA-RS em 04/01/2019

	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
Local e Data	FANCLER THIAGO ARALDI	DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS - DMAE
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA



Contratado

Nr.Carteira: RS167474	Profissional: FANCLER THIAGO ARALDI	E-mail: thiagoaraldi.eng@gmail.com
Nr.RNP: 2208095901	Título: * Engenheiro Civil * Engenheiro Químico	
Empresa: ENCOPI ENGENHARIA LTDA		Nr.Reg.: 75768

Contratante

Nome: DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS - DMAE	E-mail:	
Endereço: RUA 24 DE OUTUBRO 200	Telefone:	CPF/CNPJ: 92924901000198
Cidade: PORTO ALEGRE	Bairro: MOINHOS DE VENTO	CEP: 90510010 UF: RS

RESUMO DO(S) CONTRATO(S)

Elaboração dos Projetos Executivos do Geométrico, de Terraplenagem, do Sistema de Drenagem, da Pavimentação e da Sinalização e Segurança Viária da Área do Futuro Empreendimento ETA Ponta do Arado -
Contrato 181.000000.06.1.

<div></div> <div>Local e Data</div>	Declaro serem verdadeiras as informações acima <div></div> <div>Profissional</div>	De acordo <div></div> <div>Contratante</div>
-------------------------------------	---	---