



PSB – VOLUME VI

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA

VI.5 SÍNTESE DO ESTUDO DE

INUNDAÇÃO E RESPECTIVOS

MAPAS

RELATÓRIO TÉCNICO
TUC.SBR-PSB-2024-650-R00

Apresentação dos estudos de ruptura hipotética do barramento principal da UHE Tucuruí e dos Diques do Moju.

Brasília/DF
Mai de 2024



RELATÓRIO TÉCNICO

Projeto:	UHE Tucuruí: Plano de Segurança de Barragem		Brasília, 01/07/2024
Título:	Volume VI – VI.5 Síntese do Estudo de Inundação e Respectivos Mapas		
Nº: ELN	TUC.SBR-PSB-2024-650-R00	Nº: Contratada	24CI-TU-0-GE-G00-00-G-00-RT-0650
Resumo:	Apresentação dos estudos de ruptura hipotética do barramento principal da UHE Tucuruí e dos Diques do Moju.		

Departamento responsável:	Departamento de Segurança de Barragens e Manutenção Civil – OOMB.N
Local de Armazenamento:	\\elnsb\bnas02\DO\OCTO\2. DOCUMENTOS TECNICOS\PSB
Classificação da informação quanto a restrição de acesso:	<input type="checkbox"/> Confidencial – deve ser acessada somente por colaboradores autorizados pelo Gestor da Informação, em razão da necessidade para o desenvolvimento de suas atividades
	<input type="checkbox"/> Setorial – só pode ser acessada por colaboradores das empresas Eletrobras autorizados pelo gestor da informação
	<input checked="" type="checkbox"/> Interna – devem somente ser acessadas por colaboradores das empresas Eletrobras
	<input type="checkbox"/> Pública – quando não possuir nenhum atributo que torne seu acesso restrito em algum nível
Prazo para desclassificação (no caso de confidencial):	

Elaboração da Atualização, Adequação e Padronização do Plano de Segurança de Barragens					
	Nome completo	Assinatura			
Redação INTT:	Rafael Marques Cardoso				
Verificação ELN:	Rodrigo da Costa Moreira	Rodrigo da Costa Moreira			
Aprovação ELN:	Jeferson Henrique dos Santos	JHS			
Nº	Revisão	Redação	Verificação	Aprovação	Data
C	REVISADO CONFORME 1724-TU-8-GE-G00-00-G-00-RR-0001 R-1	CTD/MPL	CDGS	CDGS	09/2018
0	REVISADO CONFORME 1724-TU-8-GE-G00-00-G-00-RR-0002 R-0	CDGS/JRMA	CDGS	CDGS	12/2018
1	Atualização para atendimento Res. Norm. ANEEL Nº 1.064/2023 – Novo Código – TUC.SBR-PSB-2024-650-R00	RMC	RCM	JHS	01/07/2024

ÍNDICE

1. SEÇÃO I – MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA 4

1.1 APRESENTAÇÃO 4

1.2 OBJETIVOS 5

1.3 DESCRIÇÃO GERAL DA USINA HIDRELÉTRICA TUCURUÍ 5

1.4 DADOS BÁSICOS..... 8

1.4.1 Curva cota-volume do reservatório da UHE Tucuruí 8

1.4.2 Vazões de enchente do rio Tocantins 10

1.4.3 Vazão média de longo termo (QMLT) 11

1.4.4 Máximas vazões observadas 11

1.4.5 Principais estações fluviométricas..... 11

1.4.6 Principais estações maregráficas 13

1.4.7 Base cartográfica..... 19

1.5 ESTUDO DE INUNDAÇÃO E MAPA DE INUNDAÇÃO..... 26

1.5.1 Modelo hidrodinâmico..... 26

1.5.2 Extensão do cálculo..... 27

1.5.3 Critérios e cenários de modelagem da cheia de ruptura..... 28

1.5.4 Brecha de ruptura 30

1.5.5 Cenários detalhados a simular 32

1.6 RESULTADOS DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E MAPA DE INUNDAÇÃO 40

ANEXO 1 – FICHAS DE DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS DE INTERESSE UTILIZADOS NO PRESENTE ESTUDO 42

ANEXO 2 – CATÁLOGO DAS ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS DE INTERESSE UTILIZADAS NO PRESENTE ESTUDO..... 67

ANEXO 3 – CARTA NÁUTICA DA ILHA DO CAPIM À ILHA DA CONCEIÇÃO 79

ANEXO 4 – TABELA RESUMO DOS DADOS DAS ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS DE INTERESSE
81

ANEXO 5 – LEVANTAMENTO DE CAMPO – ZERO DA ESTAÇÃO MAREGRÁFICA UFPA – CONFORME DOCUMENTO 1724-TU-8-GE-G00-00-C-10-DE-1001 (FOLHA 07/07)	83
---	-----------

1. SEÇÃO I – MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA

1.1 APRESENTAÇÃO

O Plano de Segurança de Barragem da UHE Tucuruí é composto pelos seguintes documentos:

- TUC.SBR-PSB-2024-110-R00 - VOLUME I - I.1 INFORMAÇÕES GERAIS;
- TUC.SBR-PSB-2024-120-R00 - VOLUME I - I.2 MATRIZES DE CLASSIFICAÇÃO DOS BARRAMENTOS;
- TUC.SBR-PSB-2024-200-R00 - VOLUME II - II. DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA E LEGAL DO EMPREENDIMENTO;
- TUC.SBR-PSB-2024-300-R00 - VOLUME III - III. PLANOS E PROCEDIMENTOS – GERAL;
- TUC.SBR-PSB-2024-310-R00- VOLUME III - III.1 PLANO DE OPERAÇÃO;
- TUC.SBR-PSB-2024-321-R00 - VOLUME III - III.2.1 PLANO DE MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS CIVIS;
- TUC.SBR-PSB-2024-322-R00 - VOLUME III - III.2.2 PLANO DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS HIDROMECHANICOS E ELETROMECHANICOS;
- TUC.SBR-PSB-2024-323-R00 - VOLUME III - III.2.3 PLANO DE MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO DO RESERVATÓRIO;
- TUC.SBR-PSB-2024-331-R00 - VOLUME III - III.3.1 PLANO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA DAS ESTRUTURAS CIVIS;
- TUC.SBR-PSB-2024-332-R00 - VOLUME III - III.3.2 PLANO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA DOS EQUIPAMENTOS HIDROMECHANICOS E ELETROMECHANICOS;
- TUC.SBR-PSB-2024-340-R00 - VOLUME III - III.4 PLANO DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO;
- TUC.SBR-PSB-2024-350-R00 - VOLUME III - III.5 PROCEDIMENTO PARA CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE PERIGO GLOBAL DA BARRAGEM;
- TUC.SBR-PSB-2024-400-R00 - VOLUME IV - IV. REGISTROS E CONTROLES;
- TUC.SBR-PSB-2024-500-R00 - VOLUME V - V. REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DA BARRAGEM;
- TUC.SBR-PSB-2024-600-R00 - VOLUME VI - VI. PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA;
- TUC.SBR-PSB-2024-610-R00 - VOLUME VI - VI.1 INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE E DA BARRAGEM;
- TUC.SBR-PSB-2024-620-R00 - VOLUME VI - VI.2 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA;
- TUC.SBR-PSB-2024-630-R00 - VOLUME VI - VI.3 PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA;
- TUC.SBR-PSB-2024-640-R00 - VOLUME VI - VI.4 RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE;
- **TUC.SBR-PSB-2024-650-R00 - VOLUME VI - VI.5 SÍNTESE DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E RESPECTIVOS MAPAS; e**
- TUC.SBR-PSB-2024-660-R00 - VOLUME VI - VI.6 LEVANTAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.

Este documento apresenta as simulações e avaliações hidráulicas desenvolvidas para a verificação da hipotética ruptura da Barragem da UHE Tucuruí e dos Diques do Moju, bem como as premissas adotadas para este estudo, realizado entre 2017 e 2019.

1.2 OBJETIVOS

O estudo apresentado tem o objetivo de determinar as zonas que vão ficar inundadas pela cheia provocada pela hipotética ruptura da Barragem da UHE Tucuruí e dos Diques do Moju, podendo afetar população, instalações, infraestruturas e meio ambiente.

1.3 DESCRIÇÃO GERAL DA USINA HIDRELÉTRICA TUCURUÍ

A Usina Hidrelétrica Tucuruí está localizada no rio Tocantins, a cerca de 300 km, em linha reta, da cidade de Belém. As coordenadas aproximadas do eixo da barragem são 3°49'57" Sul e 49°38'59" Oeste.

Os principais níveis de água de operação do reservatório são os seguintes:

- Nível de água máximo maximorum.....75,30 m
- Nível de água máximo normal.....74,00 m
- Nível de água mínimo.....51,60 m

A disposição geral da barragem da UHE Tucuruí pode ser observada na imagem apresentada na Figura 1.1 extraída do Google Earth. Nessa figura são destacadas duas regiões principais do arranjo: Barragem Principal (detalhe 1) e Diques do Moju (detalhe 2).

Na barragem principal estão localizadas nomeadamente as estruturas do circuito hidráulico de geração e o vertedouro, além da barragem de terra. A barragem de terra é coroada na elevação 78,0 m e possui comprimento total de 7114,7 metros, incluindo as estruturas em concreto. A Figura 1.2 apresenta um detalhe dessa região, no qual é possível observar, além dos trechos da barragem de terra, as seguintes estruturas principais: vertedouro (na região central do leito do rio) e circuito hidráulico de geração. A Figura 1.4 apresenta uma seção transversal típica da barragem de terra da UHE Tucuruí.

Os diques do Moju, ilustrados em detalhe na Figura 1.3 e localizados na margem direita do reservatório, têm coroamento na elevação 78,0 m, um comprimento total de 3.845 metros e altura da ordem de 11 metros. Estes diques foram construídos com o objetivo de fechar uma sela topográfica existente junto ao divisor de águas entre os rios Tocantins e Moju, e são identificados como dique do Moju - Trecho I (a jusante) e dique do Moju – Trecho II (a montante). A Figura 1.5 apresenta uma seção transversal típica dos diques do Moju.

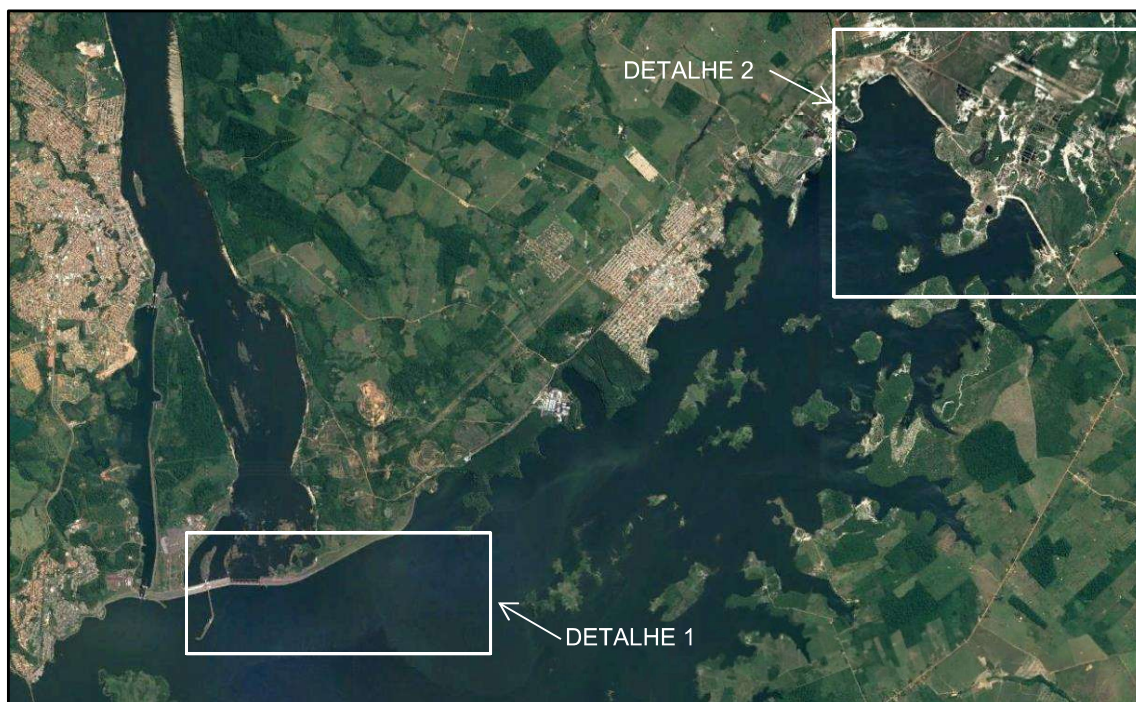


Figura 1.1: Disposição geral da barragem da UHE Tucuruí



Figura 1.2: Detalhe da Barragem Principal da UHE Tucuruí



Figura 1.3: Detalhe dos Diques do Moju – Trecho I (jusante) e Trecho II (montante)

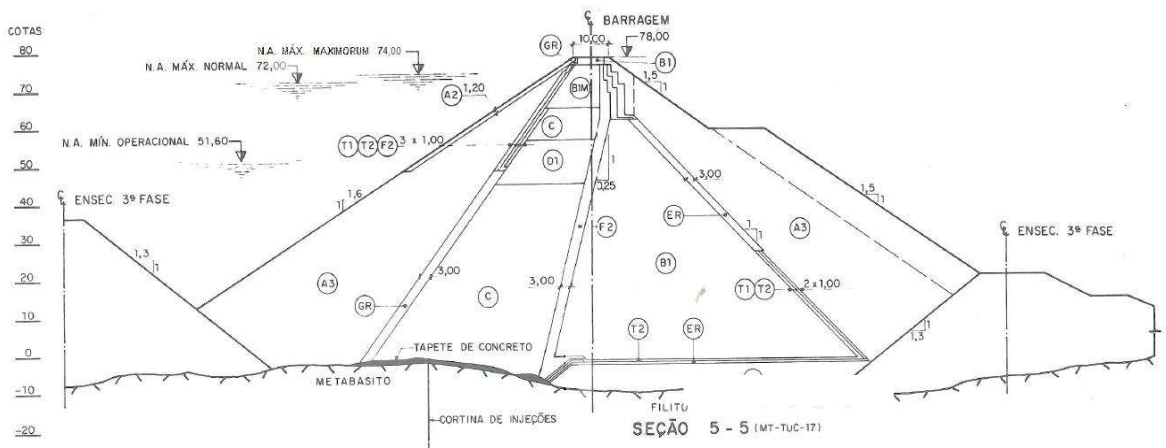


Figura 1.4: Seção transversal 1 - Barragem Principal da UHE Tucuruí

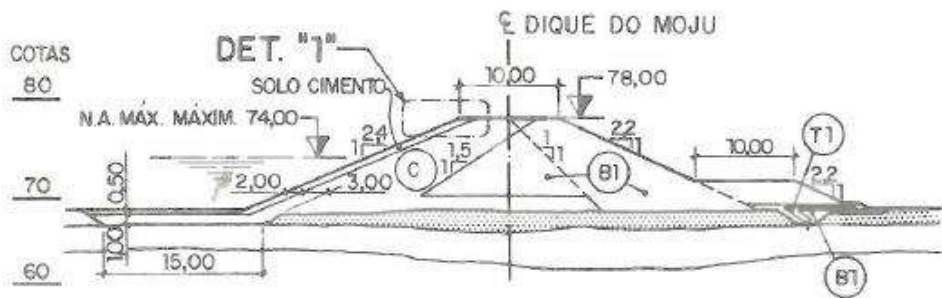


Figura 1.5: Seção transversal 2 – Diques do Moju

1.4 DADOS BÁSICOS

Este capítulo apresenta os principais dados básicos que serão utilizados como informações de entrada para este estudo.

1.4.1 CURVA COTA-VOLUME DO RESERVATÓRIO DA UHE TUCURUÍ

A curva cota-volume do reservatório da UHE Tucuruí apresentada na Tabela 1.3, que foi definida da seguinte maneira:

- Trecho do reservatório compreendido entre as elevações 0,0 m e 74,0 m:
Obtido do documento EEGH-TUC-100-0001-RE de SETEMBRO/2003, intitulado “Síntese da Atualização das Curvas Cota x Área x Volume no reservatório”, fornecido pela Eletrobras Eletronorte.
- Trecho do reservatório compreendido entre as elevações 74,0 m e 78,0 m:
Obtido do documento PSB.TUC-0-RES-108-0001-NT-R1 de 12/03/2018, intitulado “Extrapolção da Curva Cota x Área x Volume”, fornecido pela Eletrobras Eletronorte.

A partir destas informações, a curva cota-volume ficou definida pela equação típica:

$$V = c_0 + c_1 \times h + c_2 \times h^2 + c_3 \times h^3 + c_4 \times h^4 + c_5 \times h^5 + c_6 \times h^6 + c_7 \times h^7$$

Sendo o volume (V, em m³) dependente dos coeficientes (ci) definidos na Tabela 1.1 e Tabela 1.2 para cada faixa de validade das elevações (h, em metros).

Tabela 1.1: - Coeficientes definidos para a equação cota x volume válida entre as elevações 0,0 m e 65,0 m

Coeficientes	Faixa de validade dos coeficientes em função das elevações			
	0 ≤ h < 10	10 ≤ h < 50	50 ≤ h < 56	56 ≤ h < 65
C0		-4.99259784557478E+02	1.29801293070715E+06	-5.56224924294304E+09
C1		1.61753921110006E+02	-9.97234611112613E+04	6.41327808014527E+08

Coeficientes	Faixa de validade dos coeficientes em função das elevações			
	$0 \leq h < 10$	$10 \leq h < 50$	$50 \leq h < 56$	$56 \leq h < 65$
C ₂	6.2885E-01	-1.79797405863825E+01	2.86984770090862E+03	-3.16789909199856E+07
C ₃		8.68780608596463E-01	-3.66230462845080E+01	8.69035481991013E+05
C ₄		-1.27729691380605E-02	1.76244823916704E-01	-1.42991458640175E+04
C ₅		4.14662594572234E-06		1.41122397434467E+02
C ₆		1.11405228523746E-06		-7.73529556048743E-01
C ₇				1.81657696430193E-03

Tabela 1.2: - Coeficientes definidos para a equação cota x volume válida entre as elevações 65,0 m e 78,0 m

Coeficientes	Faixa de validade dos coeficientes em função das elevações	
	$65 \leq h < 74$	$74 \leq h \leq 78$
C ₀	-1.26768060935053E+10	-8.4239455562E+06
C ₁	1.28578172023701E+09	3.449580664E+05
C ₂	-5.58792647561700E+07	-4.721268883E+03
C ₃	1.34883628331191E+06	2.1718832167E+01
C ₄	-1.95304092275916E+04	
C ₅	1.69629617372759E+02	
C ₆	-8.18278048319068E-01	
C ₇	1.69121694878933E-03	

Tabela 1.3: Curva cota x volume do reservatório da UHE Tucuruí

Elevação (m)	Volume (*10 ⁶ m³)	Elevação (m)	Volume (*10 ⁶ m³)	Elevação (m)	Volume (*10 ⁶ m³)
2,0	2,5	28,0	1762,4	54,0	13230,2
3,0	5,7	29,0	1973,0	55,0	14102,8
4,0	10,1	30,0	2195,5	56,0	15027,6
5,0	15,7	31,0	2429,8	57,0	16031,8
6,0	22,6	32,0	2675,7	58,0	17161,6
7,0	30,8	33,0	2933,4	59,0	18424,6
8,0	40,2	34,0	3202,8	60,0	19807,2
9,0	50,9	35,0	3484,2	61,0	21296,6
10,0	62,9	36,0	3778,1	62,0	22886,1
11,0	76,5	37,0	4085,0	63,0	24572,1
12,0	93,5	38,0	4405,9	64,0	26353,7
13,0	115,8	39,0	4741,8	65,0	28241,7
14,0	145,1	40,0	5094,2	66,0	30227,1
15,0	182,9	41,0	5464,9	67,0	32304,0
16,0	230,5	42,0	5855,8	68,0	34493,1

Elevação (m)	Volume (*10 ⁶ m³)	Elevação (m)	Volume (*10 ⁶ m³)	Elevação (m)	Volume (*10 ⁶ m³)
17,0	288,7	43,0	6269,4	69,0	36805,1
18,0	358,5	44,0	6708,8	70,0	39247,6
19,0	440,4	45,0	7177,2	71,0	41822,9
20,0	535,1	46,0	7678,4	72,0	44524,3
21,0	642,7	47,0	8216,9	73,0	47340,4
22,0	763,4	48,0	8797,7	74,0	50275,0
23,0	897,5	49,0	9426,1	75,0	53404,3
24,0	1044,7	50,0	10108,5	76,0	56864,5
25,0	1205,0	51,0	10838,2	77,0	60786,0
26,0	1378,2	52,0	11602,3	78,0	65299,0
27,0	1564,1	53,0	12398,9		

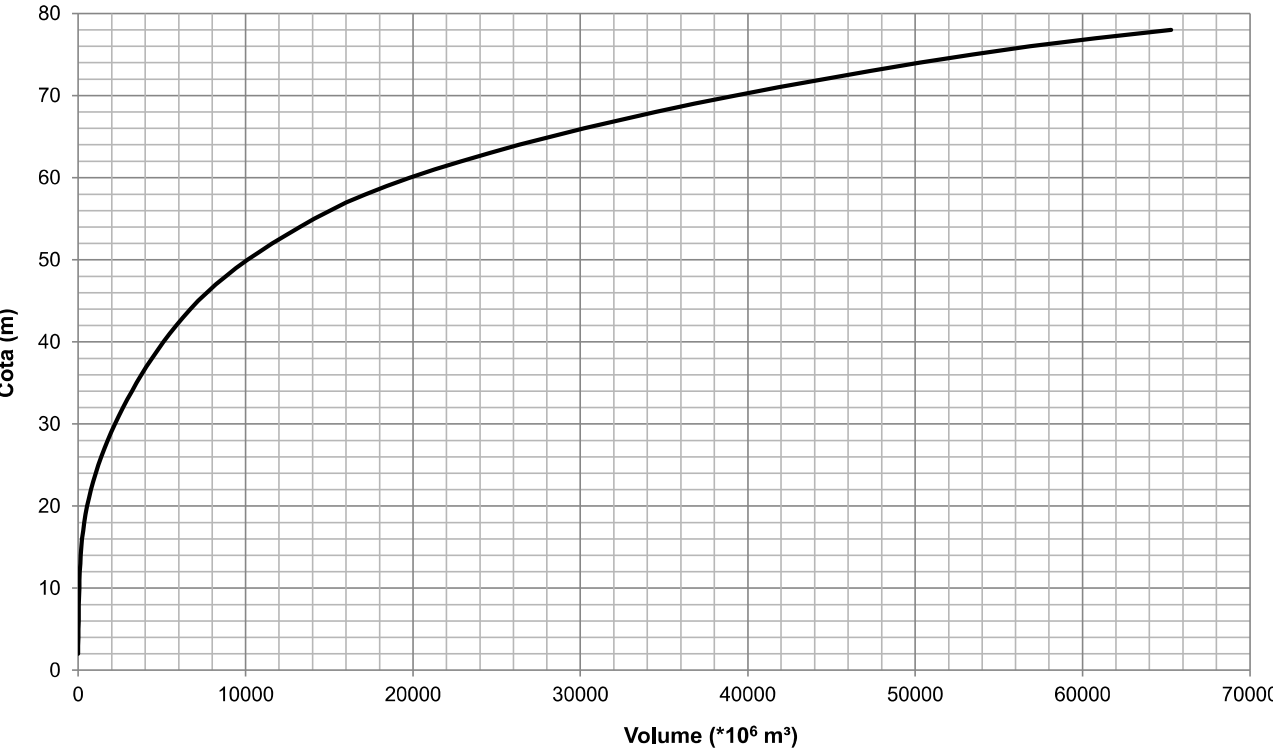


Figura 1.6: – Curva cota x volume do reservatório da UHE Tucuruí

1.4.2 VAZÕES DE ENCHENTE DO RIO TOCANTINS

A Tabela 1.4 apresenta as vazões de enchente do rio Tocantins e os correspondentes períodos de retorno definidos para a região da Usina Hidrelétrica Tucuruí. Esta informação foi obtida no Capítulo 2.2.5 Estudos Hidrometeorológicos e Hidráulicos do documento “TUC-E-GER-902-0002-MT R.0C”, fornecido pela Eletrobras Eletronorte.

Tabela 1.4: Vazões de enchente do rio Tocantins na UHE Tucuruí

Tempo de Recorrência (anos)	Pico da cheia afluente (m³/s)	Tempo de Recorrência (anos)	Pico da cheia afluente (m³/s)
5	38019	500	74157
10	43772	1000	79475
25	51041	2000	84791
50	56434	5000	91818
100	61787	10000	97132
115	62864		

1.4.3 VAZÃO MÉDIA DE LONGO TERMO (QMLT)

A vazão média de longo termo do rio Tocantins na região da barragem é igual a 11.030 m³/s. Essa informação encontra-se definida no item c.2) Vazões Médias Mensais do Capítulo 2.2.5 Estudos Hidrometeorológicos e Hidráulicos do documento “TUC-E-GER-902-0002-MT R.0C”, fornecido pela Eletrobras Eletronorte.

1.4.4 MÁXIMAS VAZÕES OBSERVADAS

A máxima vazão observada no rio Tocantins foi de 68.400 m³/s e ocorreu no mês de março de 1980, conforme informação apresentada no Capítulo 2.2.5 do documento “TUC-E-GER-902-0002-MT R.0C - Estudos Hidrometeorológicos e Hidráulicos”.

A vazão máxima no rio Moju, igual a 642 m³/s, foi registrada na estação fluviométrica Cachoeira Tracambeua no dia 11 de maio de 2011, conforme informação disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA) em seu site da internet.

1.4.5 PRINCIPAIS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Para a realização deste estudo foram utilizadas informações de duas estações fluviométricas que se encontram nos dois principais rios objeto deste estudo, rio Tocantins e rio Moju.

No caso do rio Moju, a informação de vazão máxima observada adotada para o estudo da ruptura hipotética é originária da estação fluviométrica Cachoeira Tracambeua (código 31020000). No caso do Rio Tocantins, a curva-chave utilizada nos estudos foi a definida na estação fluviométrica Tucuruí-Cidade (código 29700000).

A Figura 1.7 ilustra a localização das estações fluviométricas citadas.



Figura 1.7: – Estações fluviométricas localizadas na área em estudo

1.4.5.1 Curva-chave da estação fluviométrica Tucuruí-Cidade

A curva-chave da estação fluviométrica Tucuruí-Cidade (código 29700000) foi disponibilizada pela Eletrobras Eletronorte no documento “TUC-E-GER-902-0002-MT R.0C” conforme Figura 1.8.

Conforme indicado na referida figura, a equação que define a curva-chave é indicada na sequência. Nesta equação, o nível de água (h) é definido em metro e a vazão (Q) é definida em metros cúbicos por segundo.

$$Q = 3887183,18749 * \left(\frac{h}{100} + 0,07 \right)^{2,88408}$$

Na etapa de levantamentos de campo, programou-se a obtenção das coordenadas planialtimétricas do zero da régua da estação fluviométrica Tucuruí-Cidade de código 29700000 para possibilitar a confirmação da amarração das informações desta régua à rede oficial do IBGE. Fato é que a equipe de campo informou que não foi possível fazer a amarração da referida estação fluviométrica. Por esta razão, não foi possível obter a confirmação de que a equação de curva-chave citada neste item está amarrada à rede oficial do IBGE.

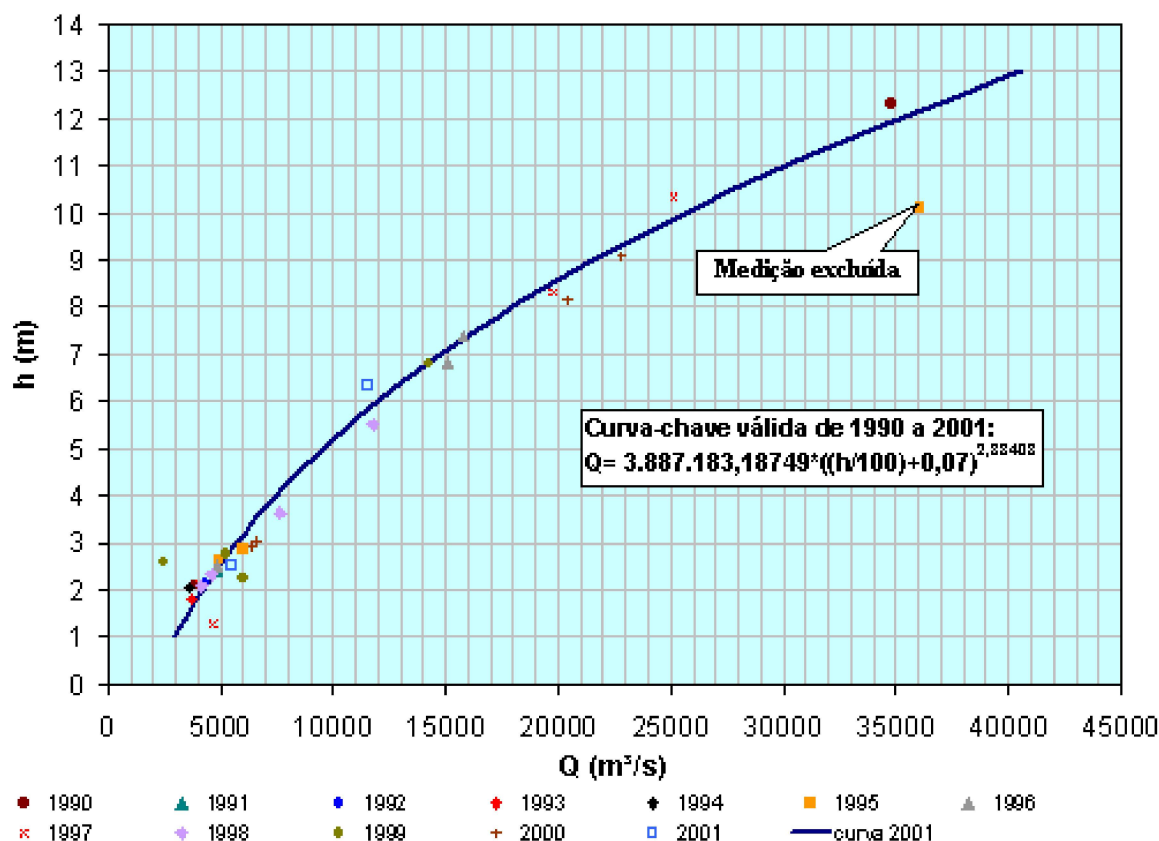


Figura 1.8: Curva-chave da estação fluviométrica Tucuruí-Cidade
 FONTE: TUC-E-GER-902-0002-MT R.0C

1.4.6 PRINCIPAIS ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS

Os dois principais rios objeto deste estudo, rio Tocantins e rio Moju, deságuam em uma região de baía que é afetada pela ação da maré. No caso do rio Moju, sua foz encontra-se localizada na região da cidade de Belém, aproximadamente 100 km a montante da foz da baía no Oceano Atlântico. A foz do rio Tocantins no oceano não possui uma seção bem definida, mas, como uma ordem de grandeza, é possível afirmar que ela está localizada aproximadamente 100 km a jusante da cidade de Belém.

Na região de estudo foi identificada a existência de diversas estações maregráficas, cujas principais são listadas no ANEXO 4 e apresentadas na Figura 1.7. Além das respectivas localizações, definidas pelas coordenadas geográficas, essa tabela também apresenta as principais informações resultantes dos registros históricos das variações de maré e que não guardam necessariamente relação com o datum IBGE. Alguns dos principais conceitos associados a essas informações são apresentados de maneira simplificada na sequência e ilustradas na Figura 1.9.

- Preamar: maior altura que alcançam as águas em uma oscilação durante o ciclo de maré;
- Baixa-mar: menor altura que alcançam as águas em uma oscilação durante o ciclo de maré;
- Nível médio (NM): altura média da superfície do mar em todos os estágios de oscilação da maré, observados em um longo período de tempo (superior a 18,6 anos) e considerado como equivalente ao nível que existiria na ausência das forças geradoras das marés;

- Nível de redução (NR): nível a que são referidas as alturas das marés e as sondagens (profundidades das cartas náuticas). O nível de redução normalmente corresponde ao nível médio das baixa-mares de sizígia nas cartas náuticas brasileiras. É um nível abaixo do qual o mar não desce senão raramente e não guardando relação com o datum IBGE;
- Sondagem ou profundidade cartografada: distância vertical do nível de redução ao fundo do mar ou rio em um determinado local;
- Maré de sizígia: maré que produz preamares muito altas e baixa-mares muito baixas devido ao somatório das forças de atração da lua e do sol, que ocorre na lua nova e na lua cheia, respectivamente;
- Maré de quadratura: maré que produz preamares mais baixas e baixa-mares mais altas devido à oposição das forças de atração da lua e do sol, que ocorre no quarto crescente e no quarto minguante da lua;
- Média das preamares de sizígia (*MHWS – Mean High Water Springs*): altura média, deduzida a partir de uma longa série de observações das alturas das preamares de sizígia;
- Média das preamares de quadratura (*MHWN - Mean High Water Neaps*): altura média, deduzida a partir de uma longa série de observações das alturas das preamares de quadratura;
- Média das baixa-mares de sizígia (*MLWS - Mean Low Water Springs*): altura média, deduzida a partir de uma longa série de observações das alturas de todas as baixa-mares de sizígia;
- Média das baixa-mares de quadratura (*MLWN - Mean Low Water Neaps*): altura média, deduzida a partir de uma longa série de observações das alturas de todas as baixa-mares de quadratura;

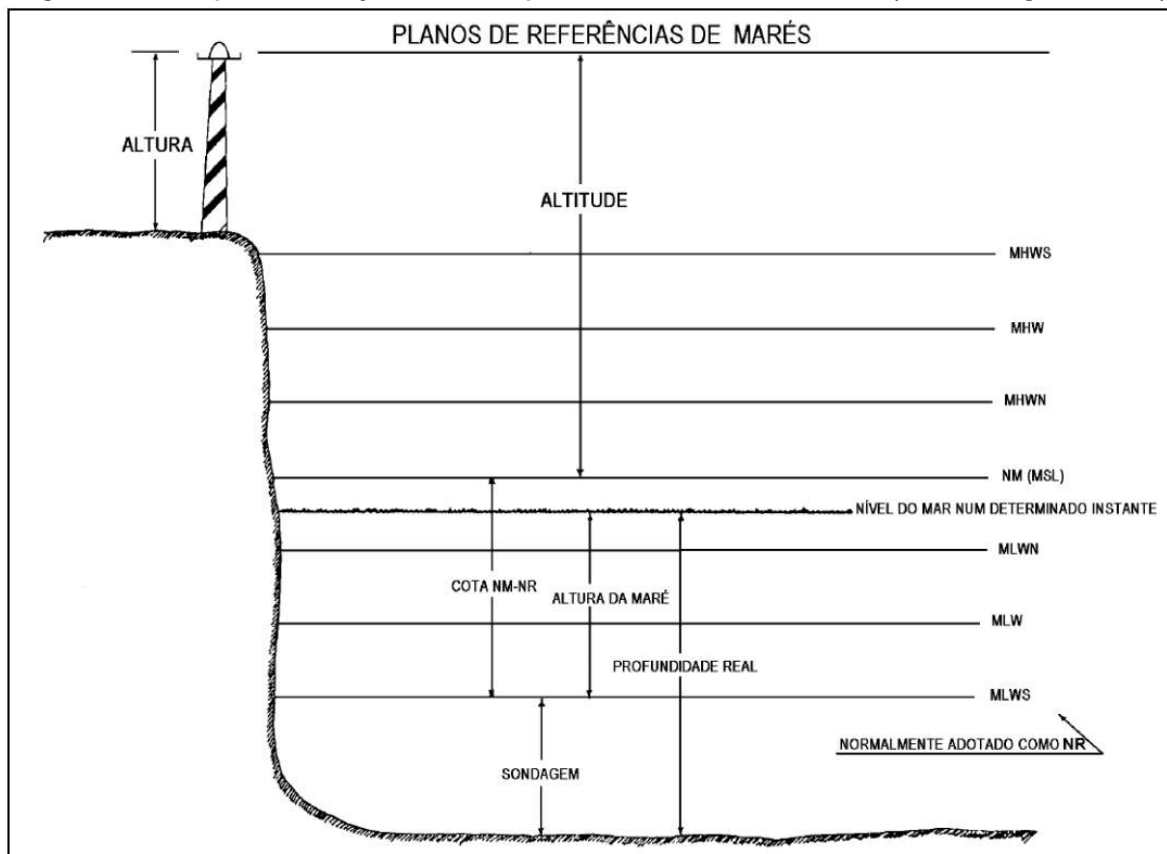
As elevações dos níveis de água característicos de cada estação maregráfica (de preamar, de baixa-mar e médio) foram obtidas a partir das informações disponíveis para consulta on-line no site da Fundação de Estudos do Mar – FEMAR (<https://www.fundacaofemar.org.br/biblioteca/emb/indice.html>) e apresentadas no ANEXO 2 – CATÁLOGO DAS ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS DE INTERESSE UTILIZADAS NO PRESENTE ESTUDO e a partir das informações que constam na Carta Náutica da Ilha do Capim à Ilha da Conceição apresentada no ANEXO 3 – CARTA NÁUTICA DA ILHA DO CAPIM À ILHA DA CONCEIÇÃO. As informações originais (apresentadas nos Anexos) são referenciadas ao nível de redução, portanto devem ser calculadas a partir da elevação definida para cada nível de redução. Os níveis de redução de cada estação maregráfica foram extraídos das fichas de descrição correspondentes disponibilizadas pela Marinha do Brasil na internet (<https://www.marinha.mil.br/chm/estacoes-maregraficas>) e apresentadas no ANEXO 1 – FICHAS DE DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS DE INTERESSE UTILIZADOS NO PRESENTE ESTUDO.

O ANEXO 4 – TABELA RESUMO DOS DADOS DAS ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS DE INTERESSE apresenta a tabela resumo de todas estas informações, considerando os níveis característicos da maré em função do nível de referência de cada estação maregráfica.

Somando-se os níveis característicos da maré (de preamar, de baixa-mar e médio) a cada nível de redução de cada estação maregráfica correspondente, obtêm-se os dados de elevações de níveis de água que são apresentados neste anexo.

É possível observar que a hidrodinâmica do fluxo nessa região da baía é regida principalmente pelos efeitos de maré. A comparação desses resultados mostra que a ação da maré produz efeitos de variação de níveis de água distintos em cada local de registro (estação maregráfica).

Figura 1.9: Principais informações sobre os planos de referências de marés (FONTE: Miguens, 1996)



Na etapa de levantamentos de campo, programou-se a obtenção das coordenadas planialtimétricas do zero da régua e da referência de nível (RN) de cada estação maregráfica para possibilitar a amarração das informações das estações à rede oficial do IBGE. A definição das estações maregráficas e fluviométricas que deveriam ser verificadas em campo consta no documento 1724-TU-8-GE-G00-00-G-00-DE-1001 – GERAL - ÁREA DE ABRANGÊNCIA DOS PONTOS DE APOIO – PLANTA.

Fato é que de todas as estações maregráficas especificadas para levantamento, nenhuma delas foi identificada em campo porque não mais existiam. Adicionalmente, foi localizada em campo a estação maregráfica UFPA, cuja amarração não estava especificada, mas que permitiu o acompanhamento dos níveis de água em parte das seções topobatimétricas levantadas.

Esta condição de ausência da maior parte das estações é reforçada pelo correio eletrônico do Primeiro Tenente da Marinha do Brasil Thiago Sá Rodrigues de Lima, reproduzido na Figura 1.10

Figura 1.10: Correio eletrônico Assunto: Re: Solicitação de Informação

De: thiago.sa@marinha.mil.br <thiago.sa@marinha.mil.br>
Enviada em: segunda-feira, 9 de julho de 2018 15:09
Para: guilherme.bazan@consultgel.com.br
Cc: vitor.peres@marinha.mil.br
Assunto: Re: Solicitação de informação

Prezado Bazan,

Por definição, a Marinha do Brasil não possui a atribuição de manter as estações maregráficas, mas sim de manter a atualização das cartas náuticas. Sendo assim, quando da necessidade de executar Levantamentos Hidrográficos, é feita a montagem volante das estações durante o período dos trabalhos. Desta forma, as estações citadas na mensagem em lide não existem atualmente, havendo, no máximo, alguma parte da estrutura que outrora foi utilizada.

Fico à disposição para quaisquer esclarecimentos.

Cordialmente,

THIAGO SÁ RODRIGUES DE LIMA

Primeiro-Tenente (RM2-EN)

Encarregado da Sec. de Análise de dados e Elementos

Centro de Hidrografia e Navegação do Norte

Contato: [REDACTED]

thiago.sa@marinha.mil.br

"Marinha do Brasil, protegendo nossas riquezas, cuidando da nossa gente"

A conferência das referências planialtimétricas das estações maregráficas foi solicitada para atender a dois objetivos principais:

- Ajuste das elevações dos níveis de água característicos de cada estação maregráfica (de preamar, de baixa-mar e médio) em altitude ortométrica amarrada à rede do IBGE para utilização nas simulações hidráulicas, principalmente como condição de contorno de jusante; e
- Amarração de parte da batimetria dos rios Tocantins e Pará, obtida a partir das cartas náuticas disponibilizadas pela Marinha do Brasil e pela Praticagem da Barra do Pará, à rede do IBGE.

Sabendo que estão disponíveis as informações para amarração à rede do IBGE apenas da estação maregráfica UFPA, definiu-se, a partir das informações desta estação, a condição de jusante a ser utilizada nas simulações hidráulicas (em altitude ortométrica), conforme descrito no capítulo 1.5.5.2 deste relatório.

A relação das cartas náuticas e os respectivos marégrafos a que estão amarradas consta na Tabela 1.5. Estas cartas náuticas foram utilizadas para composição da base cartográfica.

Tabela 1.5: Cartas náuticas que compuseram a base cartográfica e estações maregráficas referenciadas em cada carta

Carta náutica	Estações maregráficas referenciadas na carta
Carta de Salinópolis ao Canal do Espadarte	Fundeadoiro de Salinópolis
	Ilha dos Guarás III
Carta do Cabo Maguari à Mosqueiro	Ilha dos Guarás III
	Colares
	Ilha do Mosqueiro
Carta de Mosqueiro à Vila do Conde	Ilha do Mosqueiro



Carta náutica	Estações maregráficas referenciadas na carta
	Porto Belém
	Porto de Vila do Conde
	Vila Malato
Carta da Ilha do Capim à Ilha da Conceição	Abaetetuba
	Cocalzinho
	Curralinho
Carta da Ilha da Conceição aos Estreitos	Trapiche de Santa Helena

Nenhuma das cartas náuticas utilizadas para composição da base do estudo está referenciada à estação maregráfica UFPA, amarrada nos levantamentos de campo realizados, de modo que, atualmente, não é possível referenciar as cartas náuticas à rede do IBGE. Dessa forma, as cartas náuticas foram utilizadas sem esta correção.

Figura 1.11: Estações maregráficas localizadas na área em estudo

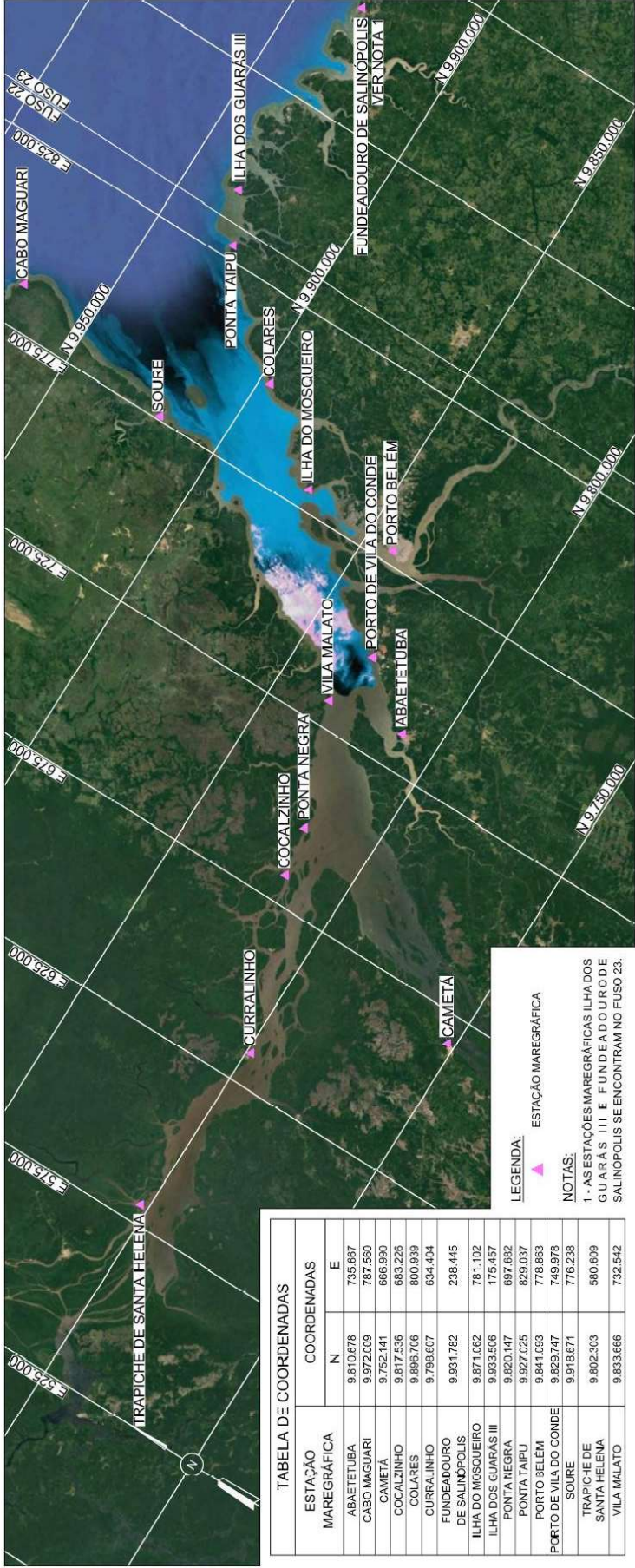


Tabela 1.6: Informações das estações maregráficas utilizadas no presente estudo

Estação Maregráfica		Coordenadas ¹		Nível de Redução (m) ³	Nível Médio (m) ⁴	Média das preamares de sizígia (m) ⁴
		Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)			
1	Fundeadoiro de Salinópolis ²	00° 37'	47° 21'	0.591	3.341	5.621
3	Ilha dos Guarás III ²	00° 36' 2.90"	43° 54' 55.7"	0.570	3.305	4.220
6	Colares	00° 56' 00.54"	48° 17' 46.28"	0.758	2.902	4.068
7	Ilha do Mosqueiro	01° 09' 55.43"	48° 28' 26.78"	0.995	2.933	4.375
8	Porto Belém	01° 26' 10.64"	48° 29' 38.20"	-0.399	1.409	2.911
9	UFPA	01° 28' 38.58"	48° 27' 13.36"	-0.026	1.866	1.500 ⁵
10	Porto de Vila do Conde	01° 32' 20.89"	48° 45' 11.81"	1.877	3.590	4.937
11	Vila Malato	01° 30' 1"	48° 54' 6"	0.321	1.908	3.221
13	Abaetetuba	01° 42' 7"	48° 52' 9"	0.518	2.568	4.318
14	Cocalzinho	01° 39' 40"	49° 21' 10.59"	0.507	1.904	3.107
15	Curralinho	01° 49' 3"	49° 47' 5"	0.090 ⁶	0.840	1.510
16	Trapiche de Santa Helena	01° 47' 3"	50° 16' 5"	0.453	1.123	1.693

NOTAS:

¹ Para coordenadas UTM, ver ANEXO 4;

² As estações maregráficas Ilha dos Guarás III e Fundeadoiro de Salinópolis estão no fuso 23;

³ FONTE: Marinha do Brasil. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/estacoes-maregraficas>> (exceto as informações grifadas na cor cinza) do ANEXO 1 e na Tabela resumo do ANEXO 4;

⁴ Informação original (ver Tabela resumo do ANEXO 4) somada ao nível de redução de cada estação maregráfica (ver ANEXO 1 e Tabela resumo do ANEXO 4);

⁵ Dado que esta informação não se encontrava disponível, foi adotado o conceito de que a variação de maré das estações maregráficas UFPA e Porto de Belém são semelhantes pelo fato de estarem muito próximas geograficamente. Esta definição está mais detalhadamente descrita no capítulo 1.5.5.2.

⁶ O nível de redução normalmente corresponde ao nível médio das baixa-mares de sizígia nas cartas náuticas brasileiras. É um nível abaixo do qual o mar não desce senão raramente. Como o nível de redução da estação maregráfica Curralinho não se encontrava disponível adotou-se, portanto, o nível médio das baixa-mares de sizígia da estação maregráfica de Curralinho (ver ANEXO 4).

1.4.7 BASE CARTOGRÁFICA

A base cartográfica que gerou o Modelo Digital do Terreno (MDT) foi desenvolvida a partir das informações listadas abaixo, as quais são descritas detalhadamente nos itens da sequência.

- Informações de elevação obtidas através de imagens SRTM disponíveis da região de abrangência do estudo;
- Informações batimétricas das cartas náuticas disponíveis da região de abrangência do estudo;
- Aerolevantamento das áreas destacadas no documento 1724-TU-8-GE-G00-00-G-00-DE-1003 – R-0 – UHE TUCURUÍ – PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM – GERAL – ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO AEROLEVANTAMENTO;
- Levantamentos topobatimétricos executados conforme documento 1724-TU-8-GE-G00-00-G-00-DE-1000 – R-0 – UHE TUCURUÍ – PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM – GERAL – LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES TOPOBATIMÉTRICAS;
- Levantamentos de pontos de apoio executados conforme documento 1724-TU-8-GE-G00-00-G-00-DE-1001 – R-0 – UHE TUCURUÍ – PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM – GERAL – ÁREA DE ABRANGÊNCIA DOS PONTOS DE APOIO.

1.4.7.1 SRTM

A base cartográfica utilizada se baseou nos modelos de elevação SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), disponíveis no formato “tif” no site <http://earthexplorer.usgs.gov/>. A missão SRTM consiste em um sistema de radar especialmente modificado que voou a bordo do ônibus espacial Endeavour em fevereiro de 2000, através da parceria entre a agência espacial alemã (DLR), a agência espacial italiana e a NASA.

Esses modelos foram elaborados a partir de radares interferométricos de abertura de banda C e banda X (IFSARs), que obtiveram dados topográficos de mais de 80% da massa de terra durante uma missão de 11 dias.

Com isso, foram produzidos mapas topográficos digitais que satisfazem às especificações do ITMP (Interferometric Terrain Height Data), com amostragem espacial de 30 m x 30 m, precisão de altura vertical absoluta de 16 metros e precisão de altura vertical relativa de 10 metros. Todas as precisões são cotadas no nível de 90%, em conformidade com os Padrões de Precisão do Mapa Nacional.

Esses modelos de elevação são muito utilizados no Brasil, já que não há uma cobertura de mapas topográficos do país em boa escala (1:50.000 ou melhor). Por esse motivo, optou-se por basear estes estudos nestas informações.

As imagens utilizadas na composição da base estão ilustradas na Figura 1.12.

As informações de elevação SRTM que geraram a base cartográfica contemplaram:

- Curvas de nível a cada 10 metros, obtidas a partir dos dados de elevação SRTM;
- Curvas de nível a cada 1 metro, obtidas a partir dos dados de elevação SRTM, foram definidas em áreas específicas próximas ao leito do rio Tocantins e ao rio Moju. Mais especificamente:
 - Para o rio Tocantins, as curvas de nível a cada 1 metro foram definidas para cotas abaixo da elevação 10 m;
 - Para o rio Moju, as curvas de nível a cada 1 metro foram definidas na área indicada na Figura 1.13, próxima ao rio Moju.

Para avaliar a precisão dos dados obtidos a partir das imagens SRTM, foi realizado o levantamento em campo de 275 pontos, distribuídos pela área da mancha de inundação.

Ao realizar a comparação entre a altimetria destes pontos e a altimetria fornecida pelas imagens SRTM provenientes da missão acima descrita, verificou-se uma diferença média de aproximadamente 7 metros, bastante inferior ao erro máximo garantido pela metodologia.

Figura 1.12: Imagens SRTM utilizadas para composição da base cartográfica

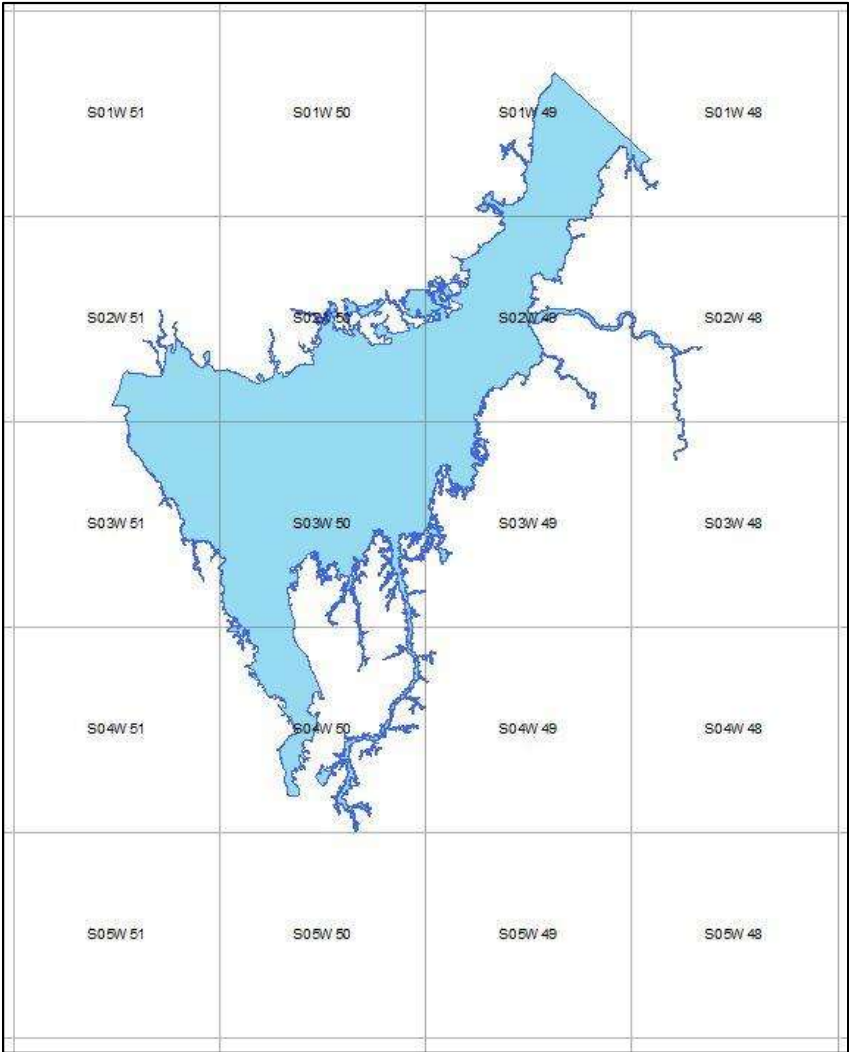
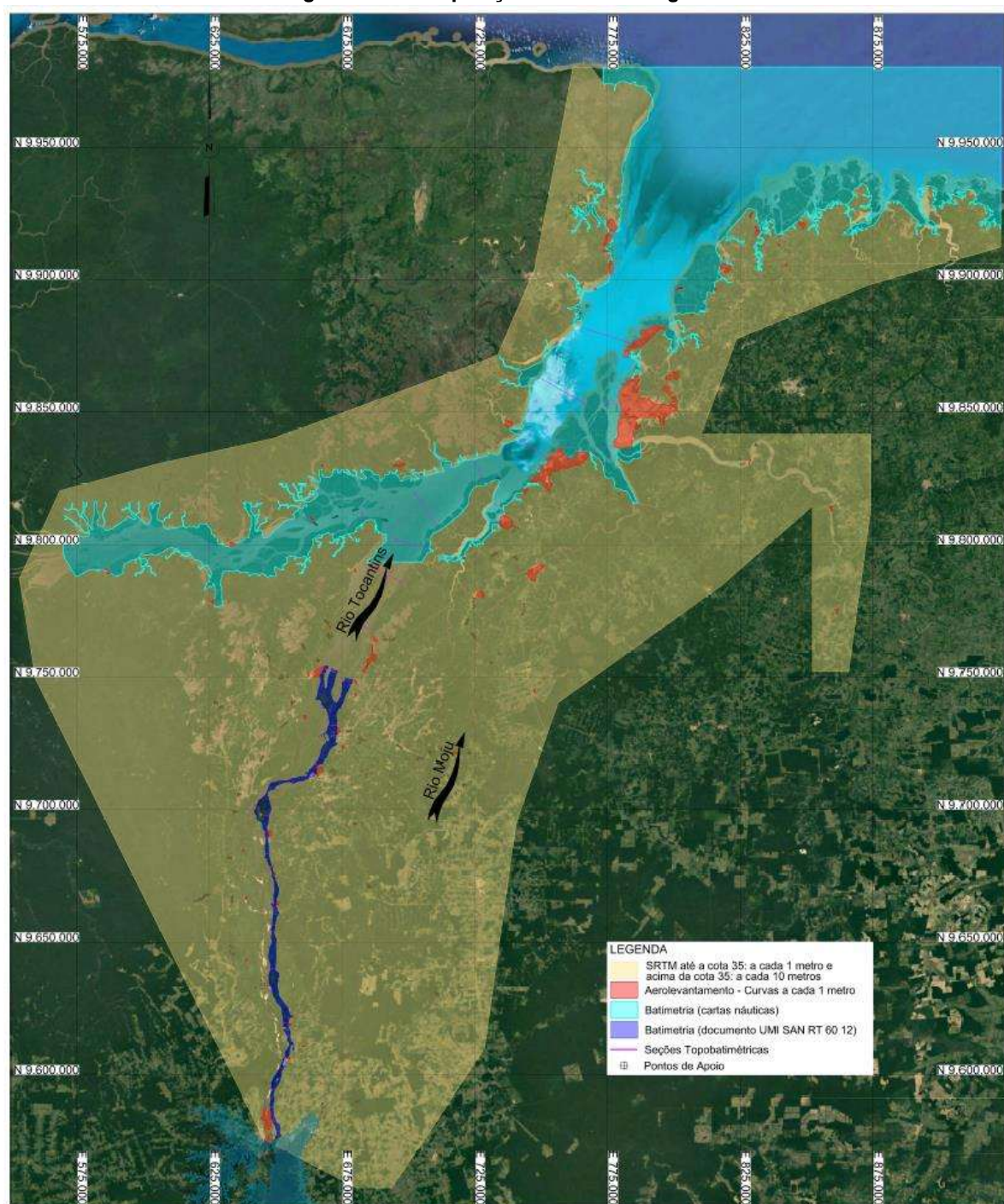


Figura 1.13: Composição da base cartográfica



1.4.7.2 Aerolevantamento das cidades

O aerolevantamento foi definido no relatório 1724-TU-8-GE-G00-00-G-00-RT-1000 - UHE TUCURUI - PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM - RELATÓRIO DE PLANEJAMENTO E METODOLOGIA DOS SERVIÇOS, de modo a abranger os municípios mais expressivos que podem ser atingidos pela mancha no caso de ruptura do barramento principal e/ou dos Diques do Moju.

Esse levantamento, executado na escala 1:2.000, proporcionou curvas de nível equidistantes de 1 metro e foi incorporado à base SRTM descrita no item anterior. Para esta incorporação, adotou-se a

seguinte metodologia: nas áreas onde há disponível informação de aerolevanteamento, as informações do SRTM foram retiradas e substituídas pela informação do aerolevanteamento.

A retirada das curvas de nível SRTM ocorreu a uma distância de 100 metros da área de abrangência do aerolevanteamento, suavizando a interpolação realizada pelo software ArcGIS.

1.4.7.3 Batimetria

As informações de batimetria utilizadas neste estudo tiveram três origens, quais sejam:

1.4.7.3.1 Documento “UMI SAN RT 60 12”

A batimetria do Rio Tocantins, desde as proximidades da barragem da Usina Hidrelétrica Tucuruí até as proximidades da Estação Maregráfica Mocajuba (2° 37' S e 55° 33' O), foi obtida a partir do desenho “PP0112_FASE4_BATIMETRIA.dwg” que consta no ANEXO 03 – Lev. Batimétricos do Relatório Técnico – Levantamentos Hidrográficos Rio Tocantins (PA) Fase 4, documento “UMI SAN RT 60 12”, fornecido pela Eletrobras Eletronorte.

O documento LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS - RIO TOCANTINS (PA) - FASE 4 - RELATÓRIO TÉCNICO, datado de novembro de 2012, foi elaborado pela UMI海SAN – Serviços de Apoio à Navegação e Engenharia Ltda, empresa contratada pela VALE S.A. para realização de Levantamentos Hidrográficos para Reocupação e Implantação das Estações Fluviométricas, Levantamentos Batimétricos e Levantamentos Correntométricos no Rio Tocantins, de Tucuruí até Cametá, no estado do Pará.

Este levantamento hidrográfico no Rio Tocantins (PA) atende ao Projeto ALPA e tinha como objetivo obter p cálculo de volume de derrocamento e dragagem entre Marabá (ponte ferroviária) e Cametá (sede do município).

Os serviços contemplaram quatro fases, sendo que na Fase 4, os levantamentos hidrográficos foram executados de Tucuruí (Km 244) até Cametá (Km 65), ambos municípios do estado do Pará.

Os levantamentos topográficos realizados consistiram na determinação das coordenadas planimétricas e altitudes com precisão, bem como no transporte de cotas por meio de nivelamento, visando à definição dos níveis de redução aplicados nos dados batimétricos.

Já os levantamentos batimétricos tiveram como objetivo caracterizar a topografia do leito do Rio, por meio de sondagem monofeixe.

No que diz respeito aos Levantamentos Correntométricos, os mesmos foram realizados com o auxílio de um ADP (Acoustic Doppler Profiler), para medição da velocidade e identificação da direção das correntes, bem como o cálculo da vazão em determinados trechos do Rio Tocantins.

No relatório em questão, as informações de batimetria foram divididas em duas grandes áreas (chamadas de seções), conforme descrição da Tabela 1.7. O relatório determina, para cada área, critérios de correções das profundidades, chamados de níveis de redução. Estas correções permitem transformar as informações de profundidades em elevações. Os níveis de redução são consequência de um conjunto de fatores complexos, tais como regiões com influência da maré, indisponibilidade de dados históricos de leituras do nível da água e hidrodinâmica do rio Tocantins.

Em função da ordem de grandeza das correções, conforme indicado na Tabela 1.7, foram realizadas as correções somente na área chamada de Seção 01. A correção da área da Seção 02, variando de 0,01 m a 0,09 m, não foi considerada.

Tabela 1.7: Critérios de correção das profundidades do rio Tocantins

Seção	Abrangência	Correção das profundidades (m)
01	Desde a região a jusante da Barragem Tucuruí até a Estação Maregráfica Mocajuba	1,54 metro a 5,34 metros
02	Desde a Estação Maregráfica Mocajuba até a região da Estação Maregráfica Cametá	0,01 metro a 0,09 metro

1.4.7.3.2 Cartas náuticas

Parte da batimetria utilizada para o estudo foi obtida a partir de informações apresentadas em cartas náuticas da região da baía onde o rio Tocantins restitui, a qual é predominantemente influenciada por efeitos de maré. As informações utilizadas das cartas náuticas são públicas e estão disponíveis no endereço da Marinha do Brasil (http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-cartas-raster/raster_disponiveis.html) e no endereço da Praticagem da Barra do Pará (http://www.pratbel.com.br/cartas_nauticas/index.php).

As Cartas Náuticas são documentos cartográficos que resultam de levantamentos de áreas oceânicas, mares, baías, rios, canais, lagos e lagoas e são elaboradas para atender às bases de navegação.

Neste estudo, foram utilizadas as informações dessas cartas para que fosse possível incorporar à base a maior quantidade de informações sobre batimetria disponível.

Porém, não se deve ignorar o fato de que Cartas Náuticas oriundas de levantamentos mais antigos tendem a ser menos precisas, em função dos instrumentos e métodos de posicionamento, de medida das profundidades etc. Adicionalmente, os leitos dos corpos de água sofrem modificações constantes, por diversos motivos, como alterações no uso e ocupação do solo, transporte de sedimentos e pela própria dinâmica do fluxo, por exemplo.

Foi verificada em campo a existência dos marégrafos citados nas Cartas utilizadas para esse estudo, mas, infelizmente, eles não existem mais ou não estão em condições de uso. Mesmo assim, ainda considera-se que as informações existentes nas cartas náuticas podem auxiliar e minimizar alguns impactos na definição da mancha de inundação e, por esse motivo, foram mantidas no estudo.

As informações que constam nas cartas náuticas são “profundidades em metros reduzidas aproximadamente ao nível da baixa-mar média de sizígia”. Assim, a partir deste conceito, e utilizando-se as estações maregráficas referenciadas em cada carta náutica, as informações de profundidade foram então corrigidas a partir das informações disponíveis das estações maregráficas (ANEXO 3) da seguinte maneira:

$$\text{Cota} = (\text{Informação da carta náutica}) - [\text{Média das médias das baixa-mares de sizígia (ver Tabela 1.8)}]$$

Tabela 1.8: Média das médias das baixa-mares de sizígia

CARTA DE SALINÓPOLIS AO CANAL DO ESPADARTE		
Estações maregráficas referenciadas na carta	Níveis já somados ao NR	
	Média das baixa-mares de sizígia (m)	Média (m)
Fundeadoiro de Salinópolis	1.051	1.071
Ilha dos Guarás III	1.090	
CARTA DO CABO MAGUARI À MOSQUEIRO		
Estações maregráficas referenciadas na carta	Níveis já somados ao NR	
	Média das baixa-mares de sizígia (m)	Média (m)
Ilha dos Guarás III	1.090	1.111
Colares	0.938	
Ilha do Mosqueiro	1.305	
CARTA DE MOSQUEIRO À VILA DO CONDE		
Estações maregráficas referenciadas na carta	Níveis já somados ao NR	
	Média das baixa-mares de sizígia (m)	Média (m)
Ilha do Mosqueiro	1.305	1.131
Porto Belém	-0.089	
Porto de Vila do Conde	2.177	
CARTA DA ILHA DO CAPIM À ILHA DA CONCEIÇÃO		
Estações maregráficas referenciadas na carta	Níveis já somados ao NR	
	Média das baixa-mares de sizígia (m)	Média (m)
Vila Malato	0.621	0.715
Abaetetuba	0.818	
Cocalzinho	0.707	
CARTA DA ILHA DA CONCEIÇÃO AOS ESTREITOS		
Estações maregráficas referenciadas na carta	Níveis já somados ao NR	
	Média das baixa-mares de sizígia (m)	Média (m)
Curralinho	0.180	0.372
Trapiche de Santa Helena	0.563	

1.4.7.3.3 Seções topobatimétricas

Para compor a batimetria da base cartográfica, foram levantadas em campo 67 seções topobatimétricas, 39 delas ao longo do rio Tocantins e 28 ao longo do rio Moju.

Das 39 seções levantadas no rio Tocantins, 8 se encontram na área onde se dispõe de informações de Cartas Náuticas e, ao comparar as elevações nessa região, verificou-se que os dados são consistentes principalmente com os pontos elevados disponíveis nestas cartas náuticas.

Para composição da base cartográfica, serão utilizadas as seções topobatimétricas levantadas e cartas náuticas. Nos locais onde foram levantadas seções topobatimétricas, as curvas de nível obtidas com as cartas náuticas foram localmente recortadas (100 metros para cada lado), a fim de se considerar a profundidade efetivamente levantada. A interpolação entre as profundidades obtidas

a partir das seções topobatemétricas e a partir das cartas náuticas foi realizada através do software ArcGIS.

1.4.7.4 Pontos de Apoio

Com intuito de consolidar as informações obtidas a partir das imagens SRTM, foram levantados em campo 275 pontos de apoio, distribuídos em diversas áreas da mancha de inundação.

Comparadas as elevações provenientes das imagens SRTM às dos pontos levantados em campo, concluiu-se que a diferença altimétrica está dentro da precisão da missão que deu origem às imagens. Diante disso, esses pontos foram incorporados à base cartográfica, juntamente com as informações das imagens SRTM.

1.5 ESTUDO DE INUNDAÇÃO E MAPA DE INUNDAÇÃO

Para avaliar os danos provocados pela hipotética ruptura da barragem da UHE Tucuruí ao vale a jusante é necessário determinar as zonas que vão ficar inundadas pela cheia provocada pela ruptura da barragem e do dique, afetando a população, instalações, infraestruturas e ambiente. Trata-se de um estudo que se baseia, essencialmente, na simulação da cheia induzida.

Os critérios definidos para este estudo e apresentados na sequência seguiram principalmente as diretrizes do “Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens – Volume IV: Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência – PAE” da Agência Nacional de Águas (ANA) e as condições de verificação previstas no Termo de Referência PE-002-7-0087.

1.5.1 MODELO HIDRODINÂMICO

O estudo de ruptura da Barragem da UHE Tucuruí e dos Diques do Moju foi realizado no software de domínio público HEC-RAS 5.0.3 (USACE, 2008, <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>). Em linhas gerais, o estudo contemplou a simulação de desenvolvimento da brecha de ruptura da barragem e do hidrograma efluente da mesma, bem como o processo de propagação da cheia ao longo do vale a jusante.

Para efetuar a simulação do processo de formação da brecha, o HEC-RAS exige a definição da metodologia para a determinação da geometria da brecha (a largura e a forma final), o tempo de ruptura, bem como a evolução da brecha ao longo do tempo.

Para estes estudos serão realizadas duas simulações distintas considerando o mesmo modelo matemático, ou seja, uma simulação para o estudo da ruptura hipotética da barragem principal da UHE Tucuruí e outra simulação para o estudo da ruptura hipotética dos diques do Moju. Para a determinação da mancha de inundação correspondente a cada cenário de ruptura, serão agregadas as informações resultantes das simulações isoladas de ruptura da barragem principal e dos diques do Moju.

A condição hidrodinâmica do rio Tocantins a jusante da barragem principal no instante de sua hipotética ruptura será correspondente à vazão de pico da vazão afluente, em condição previamente estabilizada (regime permanente) à simulação da hipotética ruptura. Com relação à condição hidrodinâmica do vale a jusante dos Diques do Moju no instante de sua hipotética ruptura será

correspondente à vazão de 642 m³/s (vazão máxima observada) em condição previamente estabilizada (regime permanente) à simulação da hipotética ruptura.

As simulações serão realizadas utilizando a metodologia de cálculo de escoamento em regime não permanente, sendo que, para os cenários de operação hidráulica extrema, as vazões ao longo do tempo serão constantes e, para as simulações de ruptura, as vazões efluentes variáveis ao longo do tempo, correspondentes à formação da brecha.

Dadas as características do rio Tocantins que, à medida que se aproxima (no sentido de montante para jusante) da região de transição entre os rios Tocantins e Moju e a baía onde esses rios deságuam, nas proximidades do rio Pará, apresenta características mais planas, ou seja, o confinamento lateral da calha principal desses rios resulta, naturalmente, em elevações cada vez mais baixas, observou-se que a utilização da modelagem bidimensional do software HEC-RAS seria mais adequada do que a modelagem unidimensional adotada nos estudos de planejamento.

Assim, com o objetivo de melhor representar a hipotética ruptura da Barragem da UHE Tucuruí e dos Diques do Moju, as simulações para o estudo de inundação e definição dos respectivos mapas de inundação que são apresentados neste relatório foram realizados utilizando a modelagem bidimensional do HEC-RAS 5.0.3.

1.5.2 EXTENSÃO DO CÁLCULO

Conforme comenta o documento “Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens” da Agência Nacional de Águas (ANA), o domínio de estudo deverá incidir entre a seção de início do reservatório da barragem em ruptura, a montante, e uma determinada seção a jusante.

Os critérios mais adequados para a fixação do limite de jusante são os que se baseiam em fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante.

Para se determinar a fronteira a jusante, pode-se igualmente adotar uma seção a partir da qual se estabelece um grau de risco que se considera como aceitável. Neste caso, deve-se considerar uma seção onde os níveis de água atinjam a ordem de grandeza dos correspondentes a determinadas cheias características (cheia de projeto do vertedouro, maior cheia natural conhecida, cheia natural com determinado tempo de recorrência, por exemplo, 100 anos).

Assim, para o estudo da ruptura hipotética da UHE Tucuruí e dos Diques do Moju definiu-se:

- Como limite de montante para a área de estudo a barragem da UHE Tucuruí e os Diques do Moju;
- Como limite de jusante a foz do rio Tocantins no oceano;
- Como limite lateral no rio Pará, definiu-se a região da estação maregráfica Trapiche de Santa Helena, conforme estabelecido no documento 1724-TU-8-GE-G00-00-G-00-RT-1000 - UHE TUCURUÍ - PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM - RELATÓRIO DE PLANEJAMENTO E METODOLOGIA DOS SERVIÇOS.

1.5.3 CRITÉRIOS E CENÁRIOS DE MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA

O “Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens” comenta que se deve optar por construir o menor número possível de cenários. Assim, para garantir uma adequada segurança associada aos diferentes tipos de barragem, o referido manual define dois tipos de cenários: o cenário de operação hidráulica extrema, que pode dar origem a descargas importantes, mas sem conduzir a ruptura, porém podendo colocar em risco pessoas e bens no vale a jusante, e o cenário de ruptura propriamente dita. Estes dois cenários serão detalhados na sequência em itens específicos.

As condições de verificação previstas no Termo de Referência PE-002-7-0087, o qual deu origem ao contrato cujo objeto se constitui na elaboração do presente estudo, apresentadas na Tabela 1.9, serão os cenários a serem simulados.

Tabela 1.9: Descrição dos cenários a serem simulados

Cenário	Descrição do cenário	Vazão afluyente
1	Operação Hidráulica Extrema	Máxima observada
2		TR = 100 anos
3		TR = 1.000 anos
4		TR = 10.000 anos
5	Ruptura mais provável por mecanismo estrutural (piping)	Média de longo termo
6	Ruptura mais provável por mecanismo hidráulico (galgamento)	TR = 1.000 anos
7	Cenário de ruptura extremo	TR = 10.000 anos

1.5.3.1 Cenário de operação hidráulica extrema

Este é o cenário que, no caso de uma barragem com vertedouro de cheias dotado de comportas, pode resultar da abertura rápida e simultânea de todas as comportas e, portanto, permite definir as zonas a jusante que se encontram em situação de risco em consequência do funcionamento do vertedouro.

Esta simulação pode também ser fundamental para quantificar com mais rigor os danos após a ocorrência de um acidente na barragem. Ou seja, dentre a totalidade dos danos provocados pela ruptura de uma barragem, não lhe deverão ser imputados os que decorreriam igualmente na sequência da cheia de projeto, ou seja, à totalidade dos danos registrados nas áreas inundadas por causa da ruptura da barragem, dever-se-á subtrair aqueles que ocorreriam nas áreas inundadas pela cheia no rio “sem a existência da barragem”.

1.5.3.2 Cenários de ruptura

O estudo do cenário de ruptura propriamente dito será realizado considerando três cenários: dois cenários de ruptura mais provável e um cenário de ruptura extremo ou mais desfavorável, conforme situações previstas no Termo de Referência PE-002-7-0087.

1.5.3.2.1 Cenário de ruptura mais provável

- Ruptura por mecanismo estrutural ou por percolação (devido, por exemplo, à ocorrência de erosão interna da barragem) que origina o denominado cenário de ruptura em dia de sol (sem influência da precipitação). Para este caso serão consideradas as seguintes premissas:

Para ruptura hipotética da Barragem:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão afluente correspondente à média de longo termo (11.028 m³/s); ▪ Nível no reservatório no instante inicial correspondente ao nível máximo normal (El. 74,00 m).
--------------------------------------	---

Para ruptura hipotética dos Diques do Moju:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão afluente correspondente à máxima observada no rio Moju (642 m³/s); ▪ Nível no reservatório no instante inicial correspondente ao nível máximo normal (El. 74,00 m).
---	--

- Ruptura por mecanismo hidráulico que origina o denominado cenário de ruptura por galgamento. Para este caso serão consideradas as seguintes premissas:

Para ruptura hipotética da Barragem:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão afluente correspondente ao TR 1.000 anos; ▪ Nível no reservatório no instante inicial correspondente a crista da barragem (El. 78,00 m).
--------------------------------------	---

Para ruptura hipotética dos Diques do Moju:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão afluente correspondente à máxima observada no rio Moju (642 m³/s); ▪ Nível no reservatório no instante inicial correspondente a crista dos diques (El. 78,00 m).
---	---

Para estes cenários, que contemplam um cenário de ruptura mais provável, o nível de água será definido como condição de contorno de jusante para o modelo numérico será o nível de água médio da estação maregráfica UFPA (ver item 1.5.5.2).

1.5.3.2.2 Cenário de ruptura extrema

O propósito desta simulação é o de agravar não só os valores de todos os parâmetros da brecha, de forma a calcular a “pior” cheia induzida possível, mas também o de maximizar as afluições ao reservatório, fazendo com que este cenário registre os níveis mais elevados, por ocasião do início da hipotética ruptura. O tempo de ruptura deve ser igualmente selecionado como baixo para produzir um efeito de maximizar o escoamento efluente da brecha.

De fato, a experiência tem comprovado que as barragens (mesmo as de aterro) suportam o galgamento durante algum tempo antes de romperem. Porém, surge um momento em que a sua estabilidade começa a ser posta em prova; para as barragens de concreto, esse nível é superior ao nível do coroamento; para barragens de aterro esse nível poderá corresponder exatamente ao do coroamento. Assim, no que diz respeito ao nível no reservatório a considerar no início da ruptura, poder-se-á adotar os valores propostos por HARTFORD e KARTHA (1995) independentemente do tipo de barragem:

- a brecha começa quando o nível de água está 0,15 m abaixo da crista, em um cenário de ruptura em dia de sol;
- a brecha começa quando o nível de água está 0,15 m acima da crista, em um cenário de ruptura por galgamento.

Como este se trata de um cenário extremo que pressupõe a ocorrência de rupturas rápidas e totais, para o tempo de formação da brecha serão utilizados os valores sugeridos no “Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens – Volume IV: Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência – PAE” da ANA que são baseados nos estudos do *Bureau of Reclamation*. Esses tempos resultam menores que os calculados pelas equações de Froehlich (2008), sendo que, portanto, resultam em um pico maior da cheia originada, aumentando assim o fator de segurança do estudo. Assim, o tempo da formação de brecha para este cenário extremo será adotado conforme o valor proposto pela ANA de 3 horas.

Portanto, os cenários de ruptura extrema serão simulados utilizando-se as informações citadas mediante a simulação dos seguintes cenários:

Para a ruptura hipotética da Barragem:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão afluente correspondente ao TR 10.000 anos; ▪ Nível no reservatório no instante inicial correspondente a 0,15 cm abaixo da cota da crista (El. 77,85 m) para o cenário de ruptura em dia de sol; e ▪ Nível no reservatório no instante inicial igual a 0,15 m acima da cota da crista (El. 78,15 m) para o cenário de ruptura por galgamento.
Para a ruptura hipotética dos Diques do Moju:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão afluente correspondente à máxima observada no rio Moju (642 m³/s); ▪ Nível no reservatório no instante inicial correspondente a 0,15 cm abaixo da cota da crista (El. 77,85 m) para o cenário de ruptura em dia de sol; e ▪ Nível no reservatório no instante inicial igual a 0,15 m acima da cota da crista (El. 78,15 m) para o cenário de ruptura por galgamento.

Para estes cenários, que contemplam um cenário de ruptura extrema, para os quais o objetivo é agravar os parâmetros da ruptura, o nível de água definido como condição de contorno de jusante para o modelo numérico será o nível de água correspondente à média das preamares de sizígia da estação maregráfica UFPA (ver item 1.5.5.2).

1.5.4 BRECHA DE RUPTURA

Uma brecha é caracterizada por três parâmetros: a sua configuração geométrica, as suas dimensões (nomeadamente a largura) e o tempo de ruptura, fatores que, no seu conjunto, influenciam os valores das vazões, dos níveis e dos tempos de chegada da onda de inundação às diferentes zonas da área de inundação e afetam os intervalos de tempo disponíveis para a implementação do plano de emergência.

As barragens de aterro tem sido objeto de múltiplos trabalhos técnico-científicos, incidindo na problemática da caracterização da brecha de ruptura que corresponde a rupturas parciais e lentas. No que diz respeito à largura da brecha em barragens de aterro, analisando as expressões que constam da bibliografia, podem-se considerar como válidos os seguintes critérios (vide esquema que consta da Figura 1.14):

- a forma das brechas é usualmente trapezoidal, sendo \bar{B} a largura média da brecha;
- a altura da brecha, H_b , pode se considerar, em geral, como aproximadamente igual à altura da barragem.

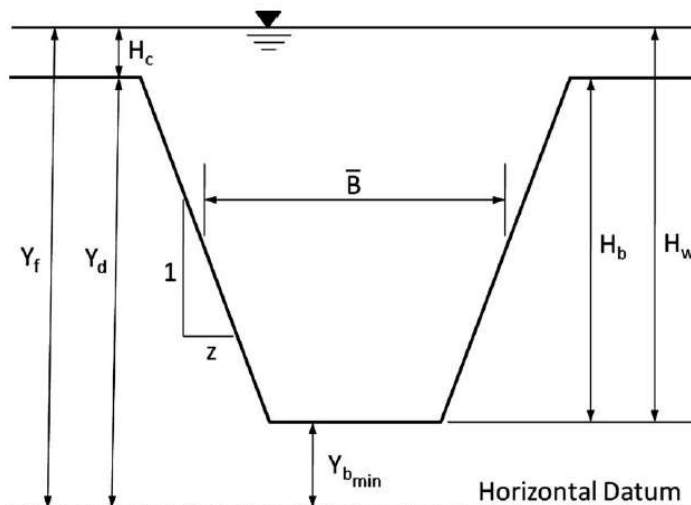


Figura 1.14: Parâmetros das equações para definição da largura média e tempo de formação da brecha

1.5.4.1 Largura média e tempo de formação da brecha

As características da brecha, para todos os cenários de ruptura, serão determinadas de acordo com o modelo empírico de Froehlich (2008). Esta metodologia empírica é aplicada às barragens de materiais soltos e foi desenvolvida através da análise de casos de rupturas observados. Os parâmetros geométricos da brecha estão indicados na Figura 1.14.

As Equações 1.1 e 1.2 permitem estimar a largura média da brecha final (\bar{B}) e o tempo de formação da brecha (t_f), respectivamente, de acordo com Froehlich (2008). A Equação 1.3 apresenta a definição da largura final do fundo da brecha (B_b) em função da declividade do talude lateral da brecha, da largura média da brecha e da sua altura.

$$\bar{B} = 0,27 K_0 V_W^{0,32} H_b^{0,04} \quad \text{Equação 1.1}$$

Onde:

- \bar{B} - largura média da brecha final (em metros);
- K_0 - coeficiente do modo da ruptura ($K_0 = 1,3$ para galgamento ou $K_0 = 1,0$ para erosão interna - pipping);
- V_W - volume de água do reservatório acima da cota final do fundo da brecha (em metros cúbicos).

$$t_f = 63,2 \sqrt{\frac{V_W}{g H_b^2}} \quad \text{Equação 1.2}$$

Onde:

- t_f - tempo de formação da brecha (em segundos);
- g - aceleração da gravidade (em metros por segundo ao quadrado) = $9,81 \text{ m/s}^2$;
- H_b - altura da brecha (em metros).

$$B_b = \bar{B} - z H_b \quad \text{Equação 1.3}$$

Onde:

- B_b - largura final do fundo da brecha (em metros);

- z - declividade do talude lateral da brecha, ou seja, a cada 1 metro vertical : z metros horizontal
 ($z = 1,0$ para galgamento ou $z = 0,7$ para erosão interna - pipping) .

Dadas as equações apresentadas (Froehlich, 2008), na sequência (Tabela 1.10) são determinadas as características da brecha de ruptura da Barragem Principal da UHE Tucuruí e do Dique do Moju (Trecho I).

Tabela 1.10: Descrição das brechas simuladas

Características da brecha - Barragem Principal											
Cenário	Tipo de ruptura	Z_{crista} (m)	NA (m)	Z_b (m)	H_b (m)	V_w (hm^3)	K_0 (-)	z (H:V)	T (horas)	B (m)	B_b (m)
5	Pipping	78	74	5	73	50184.3	1	0.7	17.2	851	800
6	Galgamento	78	78	5	73	65283.3	1.3	1	19.6	1204	1131
7a	Galgamento	78	78.15	5	73	65984.3	1.3	1	3.0	1208	1135
7b	Pipping	78	77.85	5	73	64563.5	1	0.7	3.0	923	872

Características da brecha - Dique Moju											
Cenário	Tipo de ruptura	Z_{crista} (m)	NA (m)	Z_b (m)	H_b (m)	V_w (hm^3)	K_0 (-)	z (H:V)	T (horas)	B (m)	B_b (m)
5	Pipping	78	74	67	11	17900.0	1	0.7	68.2	567	560
6	Galgamento	78	78	67	11	32999.0	1.3	1	92.6	897	886
7a	Galgamento	78	78.15	67	11	33700.0	1.3	1	3.0	903	892
7b	Pipping	78	77.85	67	11	32279.2	1	0.7	3.0	685	678

Justifica-se o uso das formulações apresentadas por Froehlich (2008) por representar uma publicação mais recente e obtida por análise empírica, ou seja, a partir de registros de casos históricos observados em protótipos.

1.5.5 CENÁRIOS DETALHADOS A SIMULAR

Serão analisados os cenários que são apresentados de maneira detalhada na Tabela 1.11. Nos cenários em que se considera a ruptura da barragem, não foi considerada a operação das comportas do vertedouro.



Tabela 1.11: Descrição detalhada dos cenários a serem simulados

Cenário	Descrição do cenário	Vazão afluente		Brecha de ruptura (m)	Tempo de ruptura	Nível de água no reservatório no início da simulação (m)	Nível de água definido como condição de jusante (m) ^{iv}
		Critério	Vazão (m³/s)				
1	Operação Hidráulica Extrema	Máxima observada	68400	N/A	N/A	74,00 ⁱ	
2		TR = 100 anos	61787			74,00 ⁱ	
3		TR = 1.000 anos	79475			74,00 ⁱ	
4		TR = 10.000 anos	97132			75,30 ⁱⁱ	
5	Ruptura mais provável por mecanismo estrutural (piping)	Média de longo termo	11030	Froehlich (2008)	Froehlich (2008)	74,00 ⁱ	-1.500
6	Ruptura mais provável por mecanismo hidráulico (galgamento)	TR = 1.000 anos	79475			78,00 ⁱⁱⁱ	
7a	Cenário de ruptura extremo	TR = 10.000 anos	97132		3 horas	78,15	0.000
7b					3 horas	77,85	

NOTAS:

- ⁱ Nível de água máximo normal;
 - ⁱⁱ Nível de água máximo maximum;
 - ⁱⁱⁱ Cota da crista da Barragem e dos Diques do Moju;
 - ^{iv} Conforme definido no item 1.5.5.2;
- N/A: não se aplica.

1.5.5.1 Definição do coeficiente de rugosidade

Definiu-se um coeficiente de rugosidade de Manning único para toda a área do estudo de ruptura hipotética da Barragem da UHE Tucuruí e dos Diques do Moju, ou seja, leito e margens do rio Tocantins e do rio Moju, para modelo hidráulico. A definição deste coeficiente passou por duas etapas:

- 1) Adotou-se um coeficiente a partir da faixa de coeficientes de rugosidade definidos pela bibliografia disponível;
- 2) Na sequência, a partir deste coeficiente, foi realizado o cálculo do escoamento em regime permanente no HEC-RAS para algumas vazões. Os resultados do cálculo de níveis de água na região do posto fluviométrico Tucuruí Cidade (código 29700000) foram comparados com a curva-chave disponível para este posto obtida do documento “TUC-E-GER-902-0002-MT R.0C”, fornecida pela Eletrobras Eletronorte.

Com base na bibliografia disponível com relação ao coeficiente de rugosidade para canais naturais, adotou-se o coeficiente de rugosidade igual a $0,025 \text{ m}^{1/2}\text{s}$ (Chow, 1959)¹. O gráfico da Figura 1.15 apresenta a comparação dos níveis de água registrados no modelo numérico HEC-RAS aproximadamente na posição do posto fluviométrico Tucuruí Cidade (código 29700000).

Portanto, o coeficiente de rugosidade de manning único para o rio Moju e para o rio Tocantins para os estudos de ruptura hipotética foi definido igual a $0,025 \text{ m}^{1/2}\text{s}$.

¹ Chow, V. (1959). Open-Channel Hydraulics. Auckland: McGraw-Hill Book Company

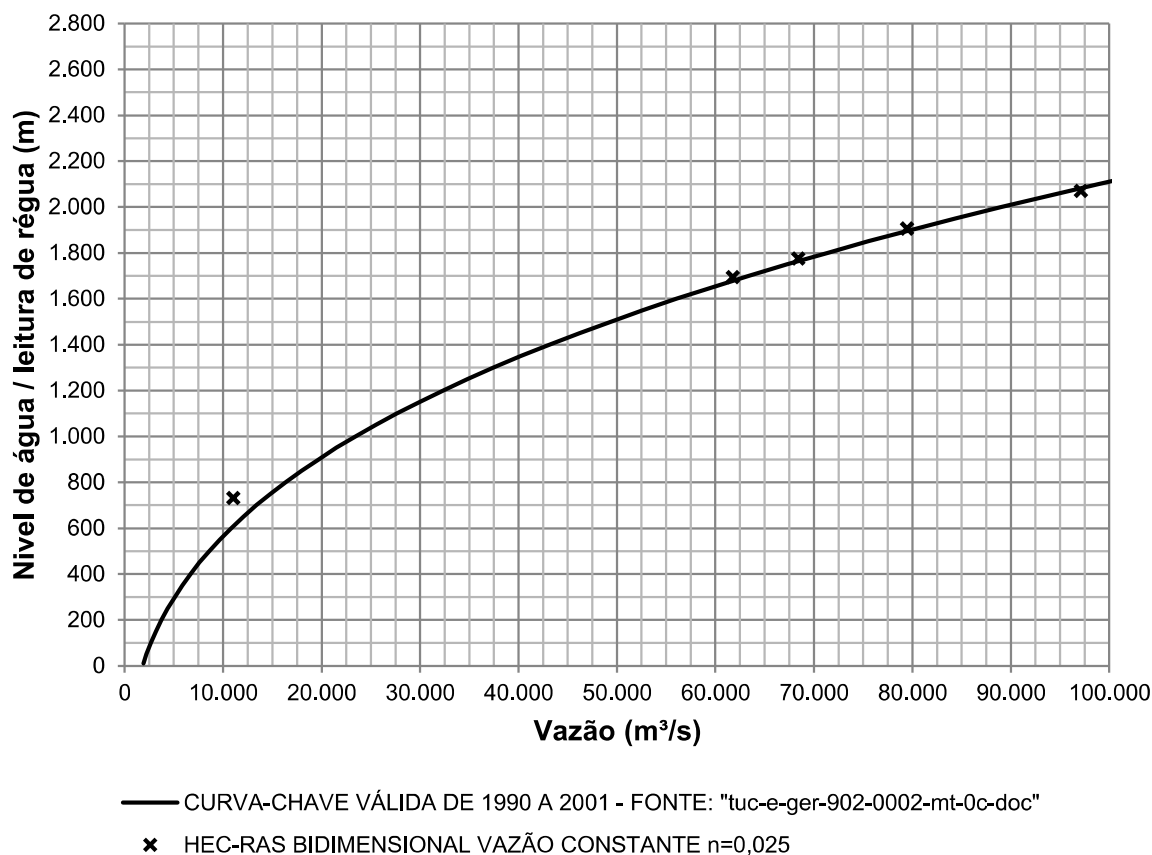


Figura 1.15: Curva-chave do posto fluviométrico Tucuruí Cidade (código 29700000) obtida do documento “TUC-E-GER-902-0002-MT R.0C”, fornecida pela Eletrobras Eletronorte em comparação com os níveis de água do modelo numérico HEC-RAS

1.5.5.2 Condição de contorno de jusante

A única estação maregráfica que pôde ser amarrada à rede do IBGE, UFPA, segue indicada na Figura 1.17 e na Figura 1.18. Conforme citado, não foi possível amarrar as demais estações maregráficas à rede do IBGE.

Assim, as informações de níveis de água adotadas como condição de contorno para o modelo numérico são oriundas desta estação maregráfica.

A partir das informações apresentadas no diagrama da Figura 1.16 sobre a estação maregráfica de UFPA, os níveis de água disponíveis para essa estação maregráfica foram amarrados à rede do IBGE, e seguem apresentadas na Tabela 1.12.

Com base nas informações disponíveis desta estação maregráfica (ver ANEXO 1 – FICHAS DE DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS DE INTERESSE UTILIZADOS NO PRESENTE ESTUDO), é possível obter o nível de água médio, amarrado à rede do IBGE. O nível de água médio foi o critério definido para utilização nos cenários de operação hidráulica extrema e de ruptura mais provável (por mecanismo estrutural e por mecanismo hidráulico).

Contudo, não foi possível obter as demais informações de maré como média das preamares de sizígia, por exemplo, da estação maregráfica UFPA. A informação de nível de água correspondente à média das preamares de sizígia da estação maregráfica UFPA seria a informação a ser utilizada como condição de contorno no cenário de ruptura mais desfavorável ou extremo.

Esta informação histórica anteriormente estava disponível no Catálogo das Estações Maregráficas Brasileiras, através do site da FEMAR (<https://www.fundacaofemar.org.br/biblioteca/emb/indice.html>). Contudo, a FEMAR não disponibiliza mais o Catálogo das Estações Maregráficas Brasileiras em seu site. Foi realizado contato telefônico com esta fundação para obter a informação, entretanto sem sucesso.

As tentativas de se obter as informações de preamar de sizígia da estação maregráfica UFPA através de pesquisa na internet também fracassaram.

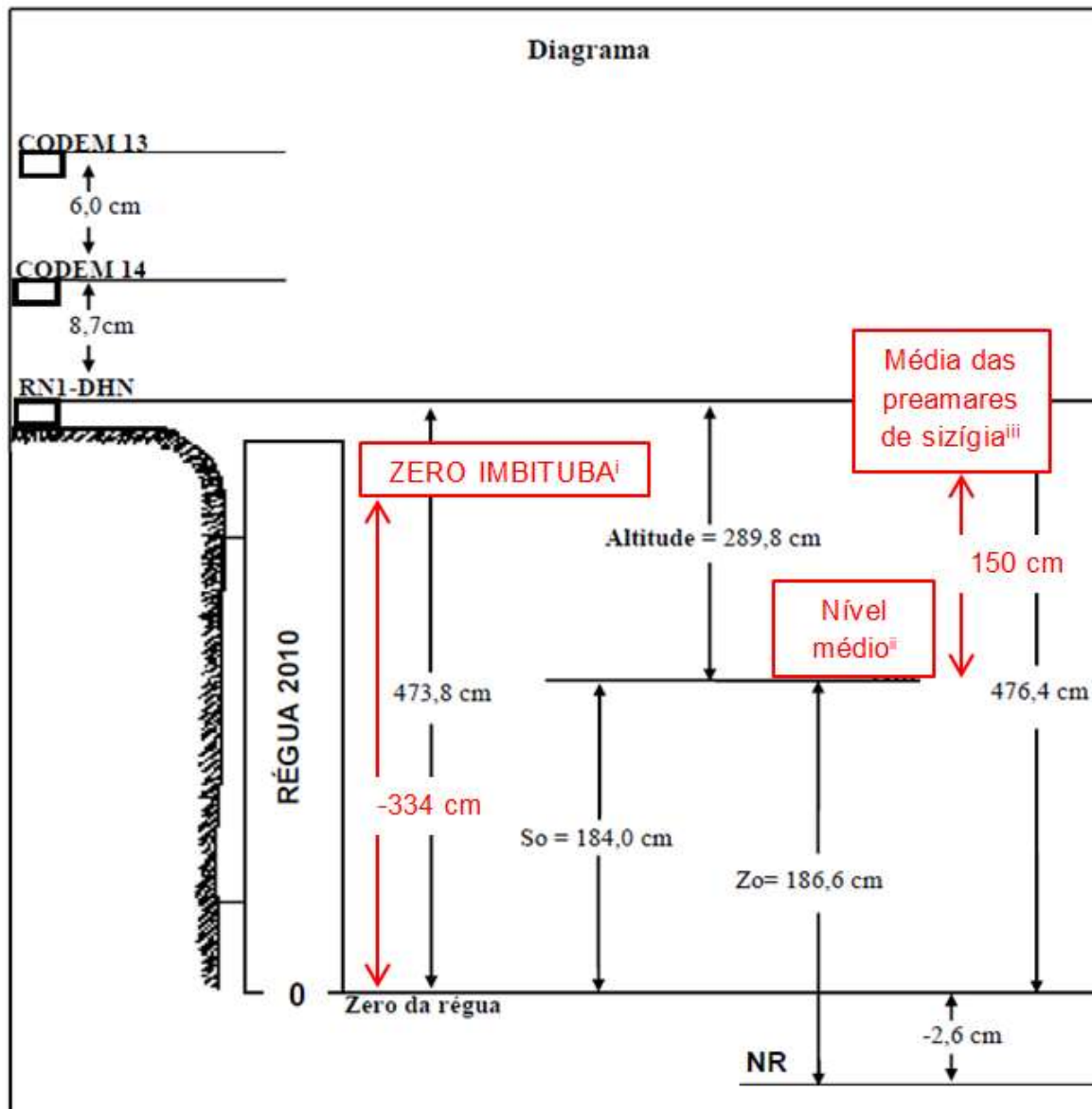
Por fim, foi contatado o departamento de Banco Nacional de Dados Oceanográficos do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), que informou por telefone não possuir informações de série histórica da estação maregráfica UFPA.

Ao avaliar a região na qual a estação maregráfica UFPA está inserida (ver Figura 1.18) é possível observar que a estação mais próxima da mesma é a estação Porto Belém, para a qual as informações históricas de maré estão disponíveis.

Neste sentido, visando agravar o parâmetro de nível de água para a condição de contorno de jusante do modelo hidráulico no cenário de ruptura mais desfavorável ou extremo, adicionou-se ao nível médio da estação maregráfica UFPA a diferença entre a média das preamares de sizígia e o nível médio da estação Porto Belém. Ou seja, adotou-se o conceito de que a variação de maré das estações maregráficas UFPA e Porto de Belém são semelhantes pelo fato de estarem muito próximas.

O limite lateral esquerdo da área do estudo hidráulico, no rio Pará, será na região da estação maregráfica Trapiche de Santa Helena, mantendo o limite já definido no documento 1724-TU-8-GE-G00-00-G-00-RT-1000 - UHE TUCURUÍ - PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM - RELATÓRIO DE PLANEJAMENTO E METODOLOGIA DOS SERVIÇOS. A condição de contorno de jusante definida nesse limite tem o objetivo de permitir que a água “entre” e “saia” livremente do modelo neste contorno.

Considerando o exposto, a Tabela 1.12 resume a condição de contorno da extremidade de jusante (no oceano) do modelo numérico de estudo das rupturas hipotéticas.



- i. Fonte: levantamento de campo realizado pela ConsultGEO conforme documento 1724-TU-8-GE-G00-00-C-10-DE-1001;
- ii. Fonte: Marinha do Brasil. Disponível em: < <https://www.marinha.mil.br/chm/estacoes-maregraficas>>;
- iii. Nível de água médio da estação maregráfica UFPA acrescido da diferença entre o nível de água correspondente à média das preamares de sizígia da estação maregráfica Porto Belém (150 cm) e o nível médio da estação maregráfica Porto Belém. Ou seja, foi adotado o conceito de que a variação de maré das estações maregráficas UFPA e Porto de Belém são semelhantes pelo fato de estarem muito próximas.

Figura 1.16: Diagrama da estação maregráfica UFPA (amarração à rede do IBGE)



Figura 1.17: Estações maregráficas localizadas na região da estação maregráfica UFPA

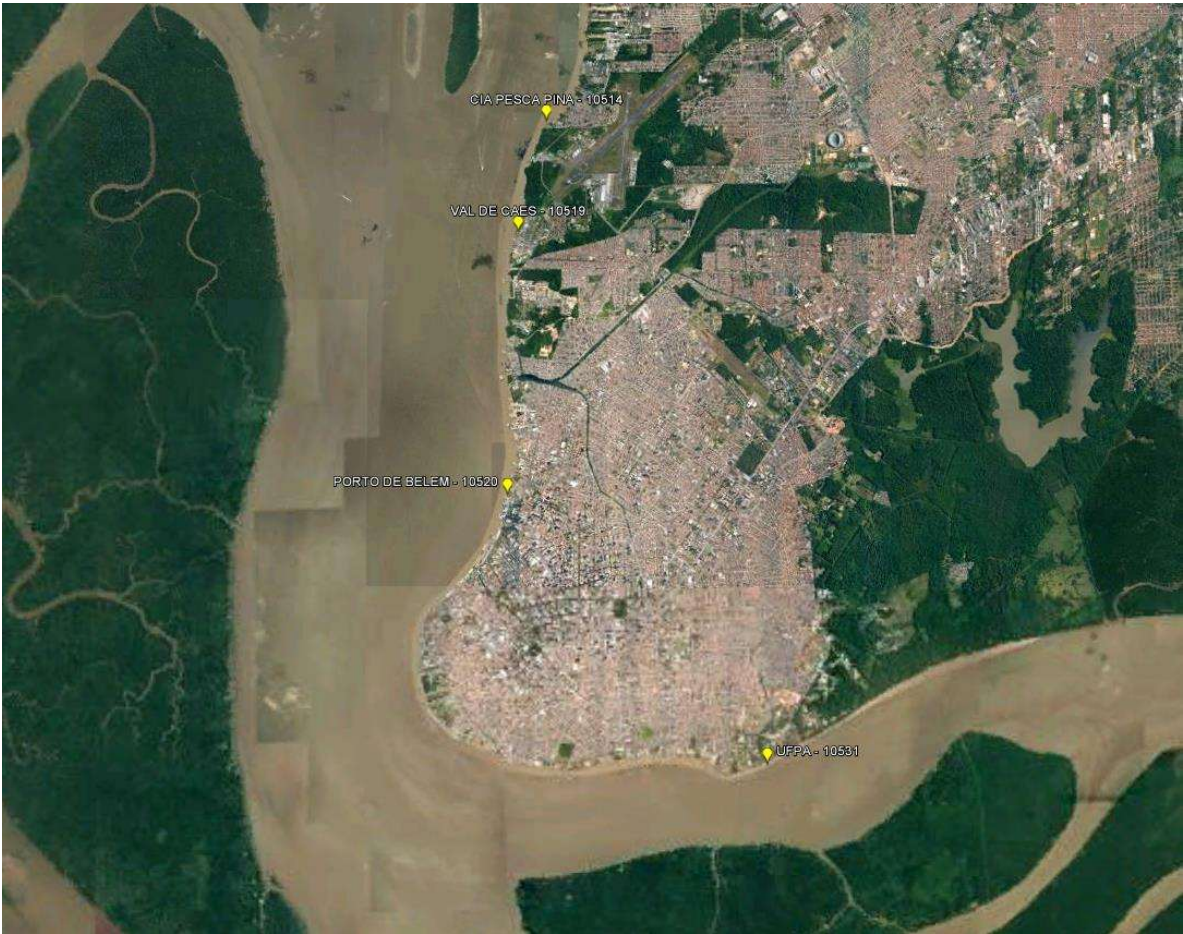


Figura 1.18: Detalhe das estações maregráficas localizadas na região da estação maregráfica UFPA

Tabela 1.12: Informações da estação maregráfica UFPA amarrada à rede do IBGE

Estação Maregráfica ¹	Em relação ao zero da régua ²	Em relação ao Nível de Redução ²		Em relação ao zero Imbituba ²		
	Nível de Redução (m) ³	Nível Médio (m) ³	Média das preamares de sizígia (m) ²	Zero da régua (m) ⁴	Nível Médio (m) ⁶	Média das preamares de sizígia (m) ⁷
UFPA	-0,026	1,866	1,500	-3,340	-1,500	0,000

NOTAS:

¹ Coordenadas: Latitude (Sul): 01° 28' 38.58" e Longitude (Oeste): 48° 27' 13.36". Para coordenadas UTM, ver Anexo 4;

² ver esquema da Figura 1.16;

³ FONTE: Marinha do Brasil. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/estacoes-maregraficas>>;

⁴ FONTE: levantamento de campo realizado pela ConsultGEL, conforme documento 1724-TU-8-GE-G00-00-C-10-DE-1001;

⁶ Nível Médio (cota altimétrica) = Nível Médio (acima do Nível de Redução) + Nível de Redução + Zero da régua = 1,596 + 0,487 + (-3,910) = -1,827;

⁷ Média das preamares de sizígia (cota altimétrica) = Média das preamares de sizígia (acima do Nível de Redução) + Nível de Redução + Zero da régua = (1,866+1,500) + (-0,026) + (-3,340) = 0,000.

1.6 RESULTADOS DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E MAPA DE INUNDAÇÃO

De maneira a apresentar os resultados do estudo de inundação e mapa de inundação foram elaborados mapas de inundação contendo as seguintes informações:

- Identificação do cenário que lhes corresponde;
- Limites das zonas inundáveis;
- Limites administrativos das áreas atingidas (estado, município, localidade);
- Vias de comunicação inundadas e identificação das obras de arte atingidas;
- Infraestruturas e instalações importantes ou existência de instalações de produção ou de armazenagem de substâncias perigosas.

Estes mapas de inundação em planta estão apresentados nos documentos listados na sequência.

- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0001 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - PLANTA - OPERAÇÃO HIDRÁULICA EXTREMA - RIO TOCANTINS = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0002 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - PLANTA - OPERAÇÃO HIDRÁULICA EXTREMA - RIO TOCANTINS = TR 100 | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0003 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - PLANTA - OPERAÇÃO HIDRÁULICA EXTREMA - RIO TOCANTINS = TR 1.000 | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0004 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - PLANTA - OPERAÇÃO HIDRÁULICA EXTREMA - RIO TOCANTINS = TR 10.000 | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0005 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - PLANTA - RUPTURA MAIS PROVÁVEL POR PIPING - RIO TOCANTINS = VAZÃO MÉDIA DE LONGO TERMO | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0006 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - PLANTA - RUPTURA MAIS PROVÁVEL POR GALGAMENTO - RIO TOCANTINS = TR 1.000 | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0007 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - PLANTA - RUPTURA EXTREMA POR GALGAMENTO - RIO TOCANTINS = TR 10.000 | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0008 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - PLANTA - RUPTURA EXTREMA POR PIPING - RIO TOCANTINS = TR 10.000 | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA.

Adicionalmente, foram traçadas seções transversais dos rios Tocantins e Moju, atendendo à recomendação da ANA de apresentar os resultados do cálculo do mapa de inundação com intervalos de pelo menos 1 km nos primeiros cinco quilômetros a jusante da barragem e dos diques prosseguindo depois com uma cadência de intervalos maiores, garantindo informação mais detalhada nas zonas singulares, que coincidam com elementos em risco.

Para cada perfil foram coletadas as seguintes informações:


- O instante de chegada da frente da onda de inundação (em formato 00H00M);
- O instante de chegada do pico da onda de inundação (em formato 00H00M);
- A velocidade máxima da onda de inundação (m/s);
- A vazão máxima atingida (m³/s);
- O nível máximo da cheia atingido (altura e cota);
- A duração da cheia (em formato 00H00M);
- A altura máxima da onda de inundação (m);
- O hidrograma com a representação gráfica do comportamento hidrodinâmico (vazão e altura da água) da onda de inundação em função do tempo.

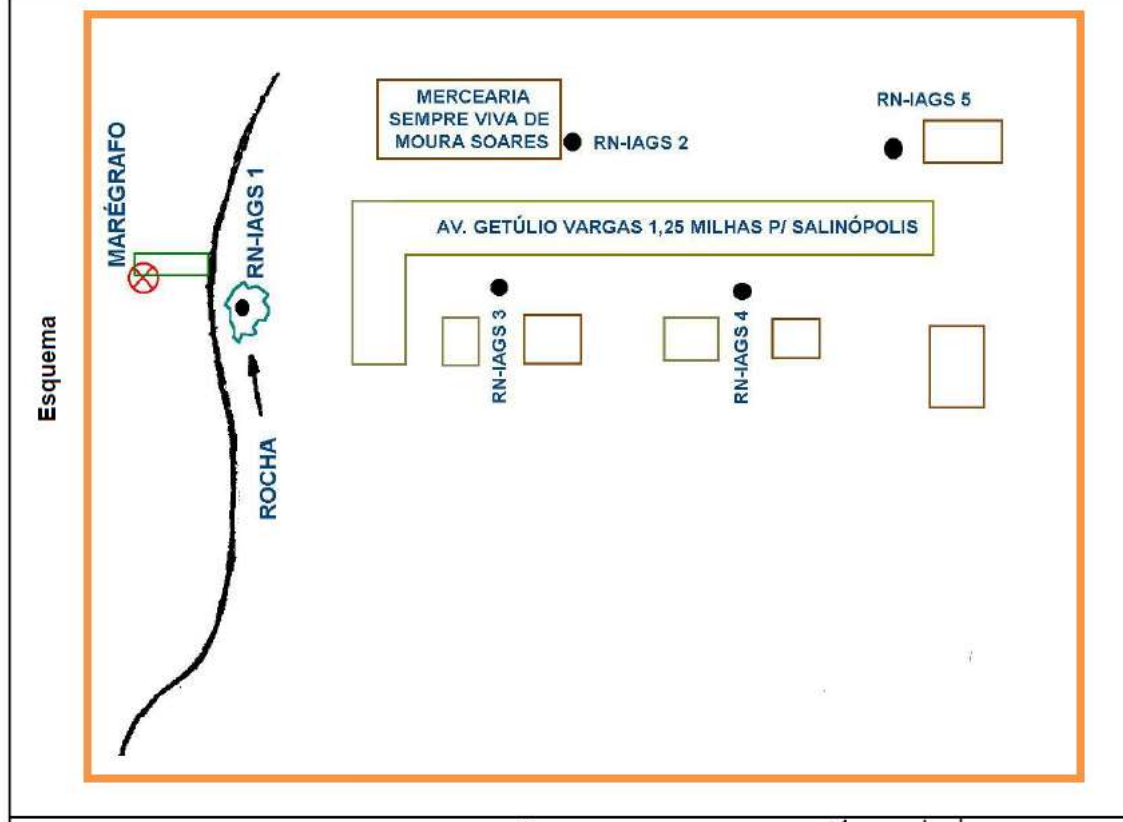
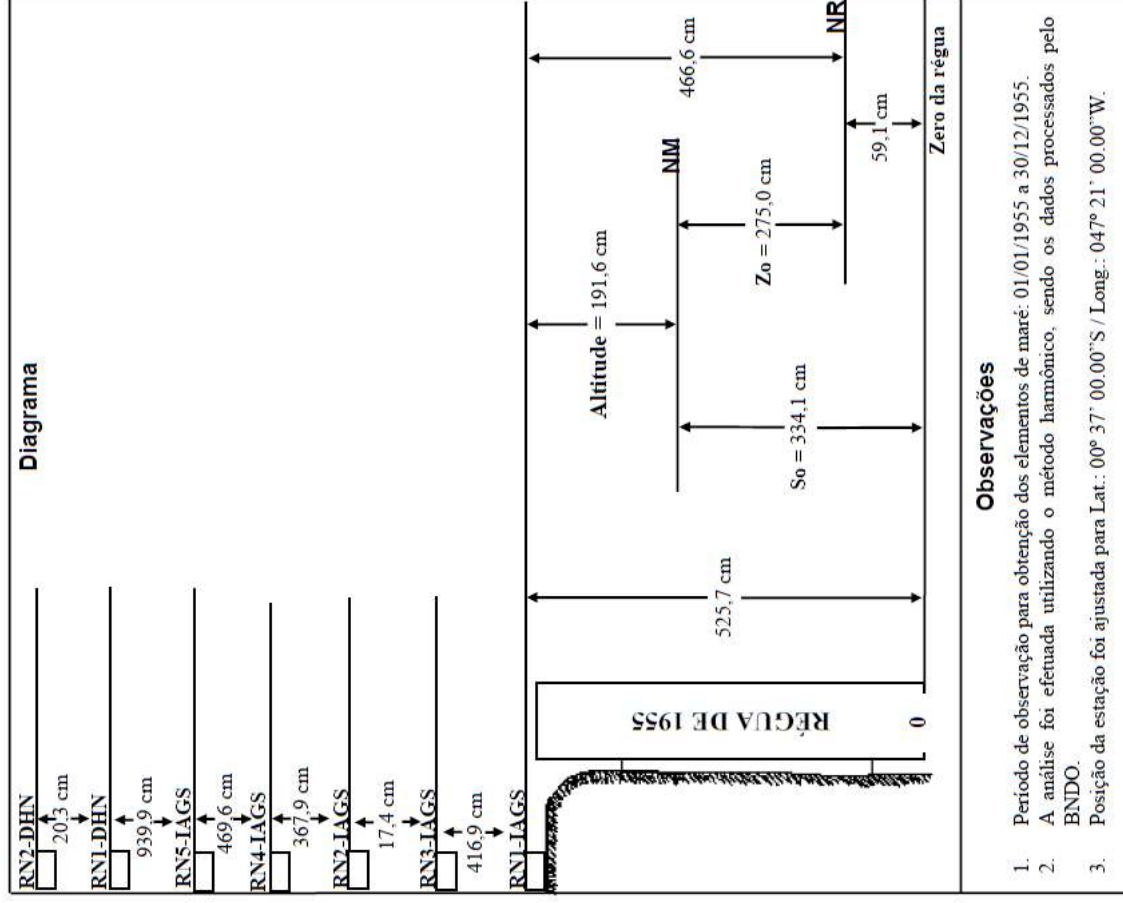
As seções transversais do rio para os cenários simulados estão representadas nos documentos listados a seguir:


- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0011 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS - OPERAÇÃO HIDRÁULICA EXTREMA - RIO TOCANTINS = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0012 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS - OPERAÇÃO HIDRÁULICA EXTREMA - RIO TOCANTINS = TR 100 | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0013 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS - OPERAÇÃO HIDRÁULICA EXTREMA - RIO TOCANTINS = TR 1.000 | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0014 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS - OPERAÇÃO HIDRÁULICA EXTREMA - RIO TOCANTINS = TR 10.000 | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0015 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS - RUPTURA MAIS PROVÁVEL POR PIPING - RIO TOCANTINS = VAZÃO MÉDIA DE LONGO TERMO | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0016 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS - RUPTURA MAIS PROVÁVEL POR GALGAMENTO - RIO TOCANTINS = TR 1.000 | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0017 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS - RUPTURA EXTREMA POR GALGAMENTO - RIO TOCANTINS = TR 10.000 | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA;
- 1724-TU-8-GE-G00-00-C-13-DE-0018 - GERAL - MAPA DE INUNDAÇÃO - SEÇÕES TRANSVERSAIS - RUPTURA EXTREMA POR PIPING - RIO TOCANTINS = TR 10.000 | RIO MOJU = VAZÃO MÁXIMA OBSERVADA.

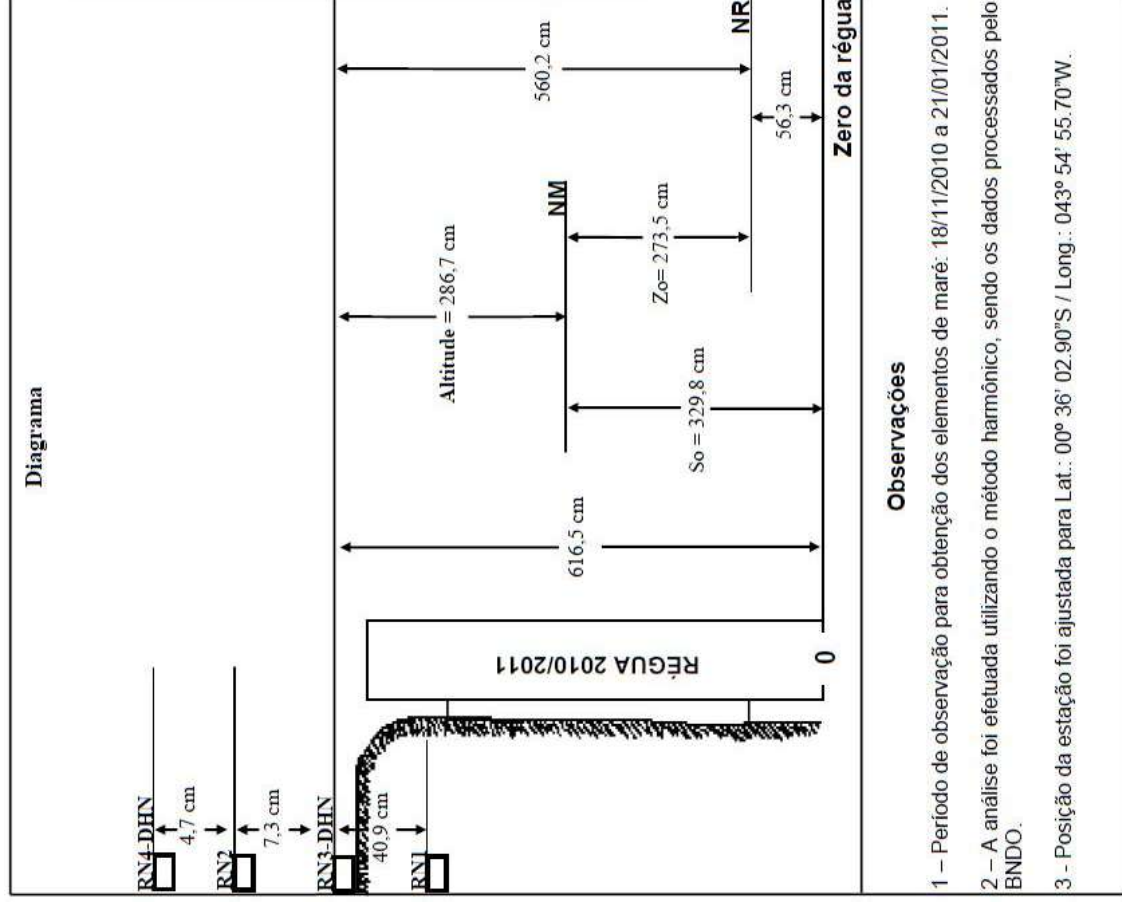
ANEXO 1 – FICHAS DE DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS DE INTERESSE UTILIZADOS NO PRESENTE ESTUDO


FONTE: Marinha do Brasil. Disponível em: < <https://www.marinha.mil.br/chm/estacoes-maregraficas> >

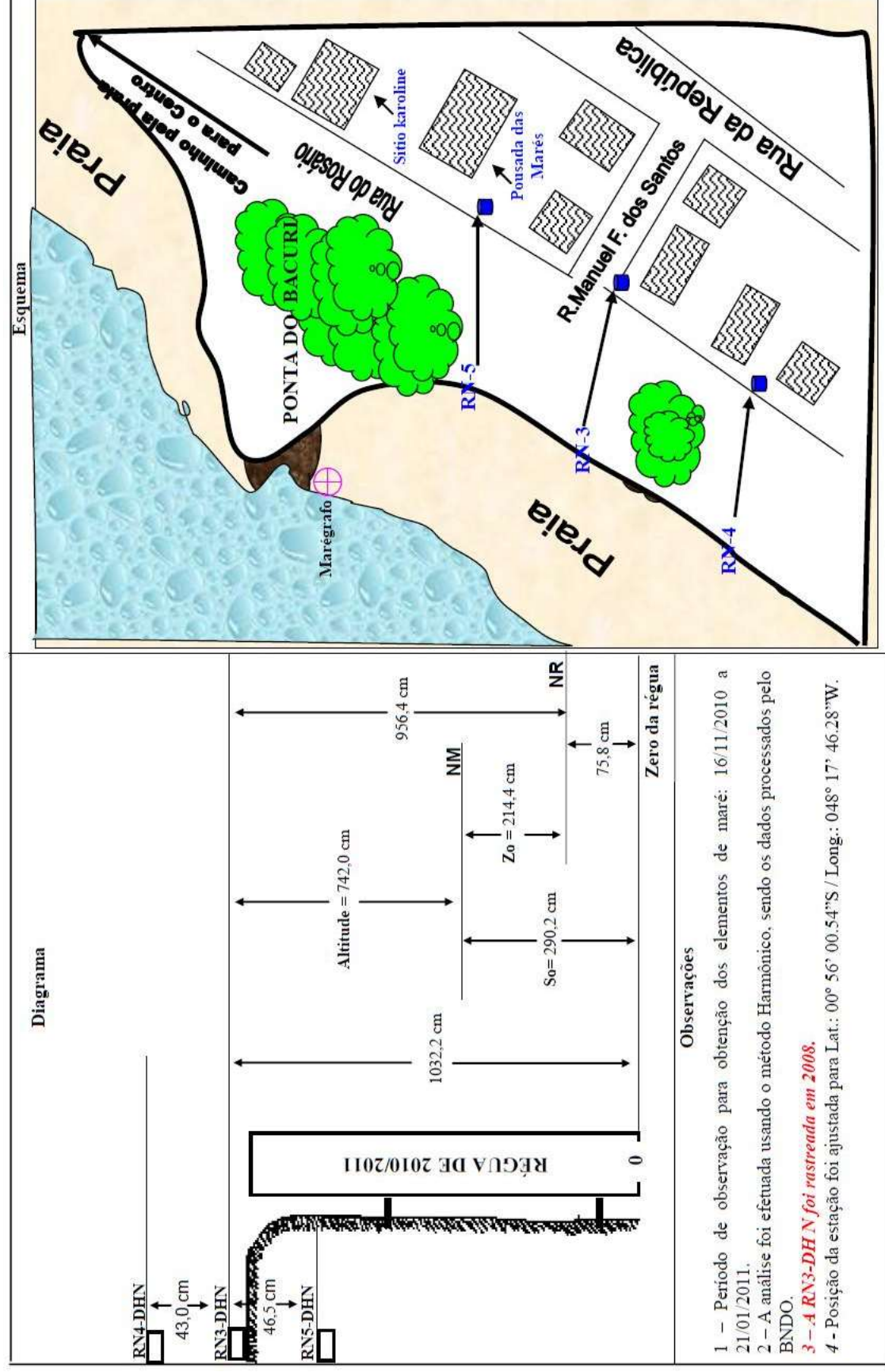
		20 520	TÁBUA DAS MARÉS	F-41 – Verificada - Fundeadoiro de Salinópolis – 20520 - Versão 1/2006	
F-41		DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA			
Estação Fundeadoiro de Salinópolis		Estado PA		Localidade Salinópolis	
LH	Carta Nº. 311 – Fundeadoiro de Salinópolis		Navio IAGS		Ano 1955
Coordenadas geográficas		O nível de redução está 59.1 centímetros acima do zero da régua de 1955.			
Lat 00° 37' 00.00" S		Fonte de informação: Análise estatística e harmônica de 364 dias de observação da maré.			
Long 047° 21' 00.00" W		Tipo de mareógrafo:			
Datum		Zero do mareógrafo: Coincide com o zero da régua.			
Fuso + 3					
Descrição das réguas de marés		Descrição das referências de nível			
Régua sem descrição.		RN-IAGS1 – Marco de bronze com 3,5 cm de diâmetro, no tope de um monumento de concreto de 20 x 20 cm, tendo o nº 1 “1949” gravado, localizado sobre uma rocha no banco Leste do Rio Maru Girpi, a 1,25 milhas de Salinópolis pela Av. Getúlio Vargas, no canto norte da antiga instalação do mareógrafo. Implantada em 1949.			
Esta ficha foi compilada do modelo DHN-5503/1955, das F-41-300-401/59, F-41-300-401/72 e F-41-300-001/91. Atualizada em 04/09/2013.		RN-IAGS2 – Marco de bronze, tendo o nº 2 “1949” gravado, implantado sobre superfície da calçada de concreto, localizado a 1 milha da Salinópolis, no lado Norte da Av. Getúlio Vargas e a 75 cm a Leste do canto Sudeste da Mercadoria Sempre Viva. Implantada em 1949.			
		RN1-DHN – Localizada no farol de Salinópolis, na base da primeira pilastra de sustentação, vista à direita de quem sobe a escada de cimento. Implantada em 1959.			
		RN2-DHN – Localizada na residência do encarregado do farol, situada em frente ao Farol. A RN fica junto à parede externa da frente da casa, do lado direito do patamar de acesso à varanda. Implantada em 1959.			
Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM		Pessoal que tomou parte na montagem			
Recebida em:		Equipe de 1955:		Equipe de 1972:	
Documento de referência:		IAGS		2ºSG-MO Raymundo CB-CP Wilson Mestre João (da Praticagem local)	
DHN-6016-A		IAGS/1956 – LH-015/69 H-42/72		Chefe da equipe: CT Teixeira	




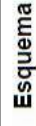
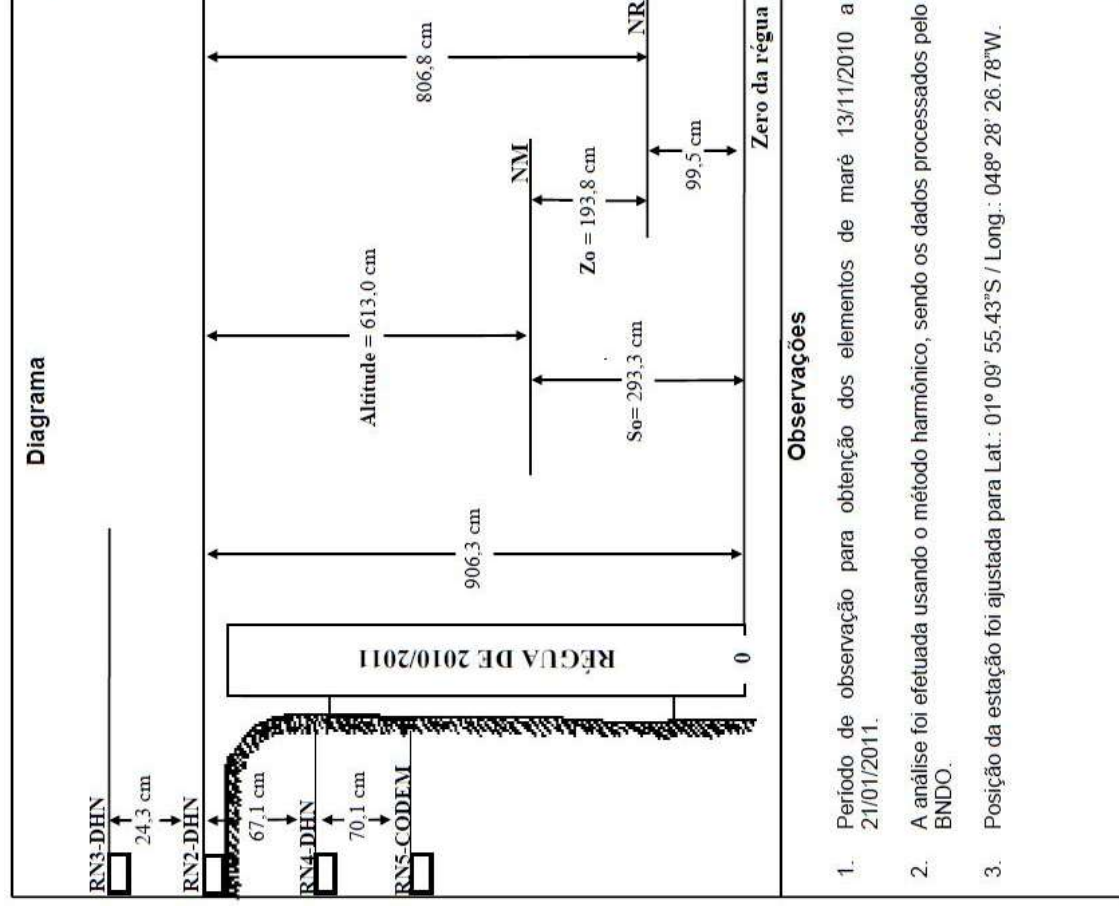
		20 535	F-41 – Padrão - Ilha dos Guarás III – 20535 - Versão 1/2011	
F-41		DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA		
Estação Ilha dos Guarás III		Estado PA	Localidade Ilha dos Guarás	F-41-313- 001/10
LH	Carta N°. 313 – Canal do Espadarte e Adjacências		Comissão CHD	Ano 2010
Coordenadas geográficas		O nível de redução está 57.0 centímetros abaixo do zero da régua de 2010/2011.		
Lat 00° 36' 02.90" S		Fonte de informação: Análise estatística e harmônica de 65 dias de observação da maré.		
Long 043° 54' 55.70" W		Tipo de marégrafo: Thalimedes - OTT		
Datum		Zero do marégrafo: com o zero da régua.		
Fuso + 3				
Descrição das réguas de marés		Descrição das referências de nível		
Estação maregráfica instalada na foz do Igarapé Grande nas proximidades da Ilha dos Guarás. Na ilha existem casas de pescadores construídas de palha, onde foram instaladas as 4 RNs.		RN1 – Pino metálico cravado no topo de uma tora quadrada de madeira mata-mata de 30 cm de lados e 150 cm de comprimento, enterrada próximo a uma quina da casa que serve de abrigo para o vigia da estação maregráfica, com a inscrição RN1 pintada em encarnado. Implantada em 2010.		
A estação foi montada em três estacas de 15 metros, implantada pela CHD, formando uma base de sustentação para a referida estação, com réguas de alumínio de 6 metros e tubulão (200 mm) e tubulinho (50 mm) e abrigo para marégrafo.		RN2 – Pino metálico cravado no topo de uma tora quadrada de madeira mata-mata de 30 cm de lados e 150 cm de comprimento, enterrada próximo a casa mais à direita de quem desembarca. Fica 30 cm para fora da terra com a inscrição RN2 pintada de encarnado. Implantada em 2010.		
Esta ficha foi compilada da F-41-CHD-001/10. Atualizada em 04/09/2013.		RN3-DHN – Instalada a 3 metros da RN1, cravado com cimento dentro de um tubo de PVC de 75 mm. Implantada em 2010.		
		RN4-DHN – Instalada a 9 metros da RN3-DHN, cravado com cimento dentro de um tubo de PVC de 75 mm. Implantada em 2010.		
Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM		Pessoal que tomou parte na montagem		
DHN-6016-A	Recebida em:	Equipe de 2010: CHD		
	Documento de referência:	LH-CHD - Canal do Quirin/10		




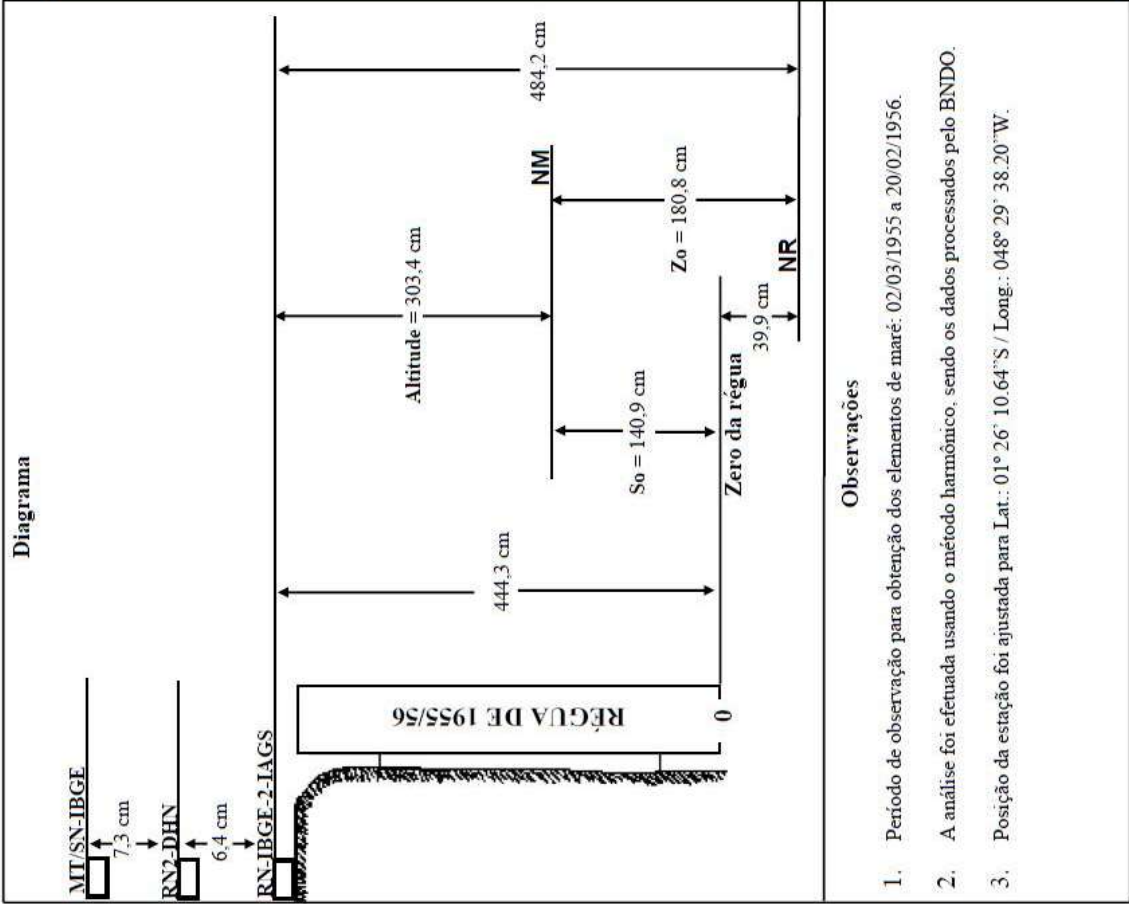
 <div><div>10545</div><div>F-41</div></div>		<div>F-41 – Padrão – Colares – 10545 – Versão 1/2011</div> <div>F-41 – 303 – 001/10</div>	
Estação Colares (Ponta do Bacuri)		Estado PA	Localidade Colares
LH	Carta N.º 303 - Do Baixo do Espadarte a Mosqueiro	Navio CHD	Ano 2010
Coordenadas geográficas		O nível de redução está 75,8 centímetros acima do zero da régua de 2010/2011.	
Lat	00° 56' 00.54" S	Fonte de informação: Análise Estatística e Harmônica de 67 dias de observação de maré.	
Long	048° 17' 46.28" W	Tipo de marégrafo: Thalimedes - OTT	
Fuso	+ 3 h	Zero do marégrafo Coincide com o zero da régua.	
Descrição das réguas de marés		Descrição das referências de nível	
<p>Estação maregráfica instalada sobre três estacas de 15 metros, implantada pela CHD na Ponta do Bacuri, Município de Colares, localizado na margem direita do Rio Pará.</p> <p>Foi instalado um marégrafo Thalimedes da OTT em um abrigo de madeira, acompanhado de tubulão e tubulinho e um conjunto de réguas metálicas no total de 6 metros.</p> <p>Esta ficha foi compilada das F-41-303-002/80, F-41-303-001/07 e F-41-CHD-001/10 e atualizada em 04/09/2013.</p>		<p>RN3-DHN – Marco testemunho DHN com a inscrição RN3, cravada em concreto ao nível do chão, na esquina das ruas Manoel F. dos Santos com a Rua do Rosário (Beira-mar), próximo à casa da Dra. Cristina Rolla. Lat: 00° 56' 05", 9553 S – Long: 048° 17' 46", 4164 W – (F-21-303-001/08), Implantada em 1980.</p> <p>RN4-DHN – Marco testemunho DHN com a inscrição RN4, cravada em um pilar de concreto em frente à casa da Dra. Cristina Rolla. Implantada em 2007.</p> <p>RN5-DHN – Marco testemunho DHN com a inscrição RN5, cravada em um pilar de concreto em frente à Pousada das Marés, de propriedade do Sr. Normando, morador do local implantada em 2007.</p>	
Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM		Pessoal que tomou parte na montagem	
DHN-6016-A	Recebida em:	Equipe de 2008:	
	Documento de referência:	2º SG-HN Monteiro Lima 3º SG-HN Edson Melo CB-HN Alceo	
		Chefe da equipe: 1T Douglas Luiz	




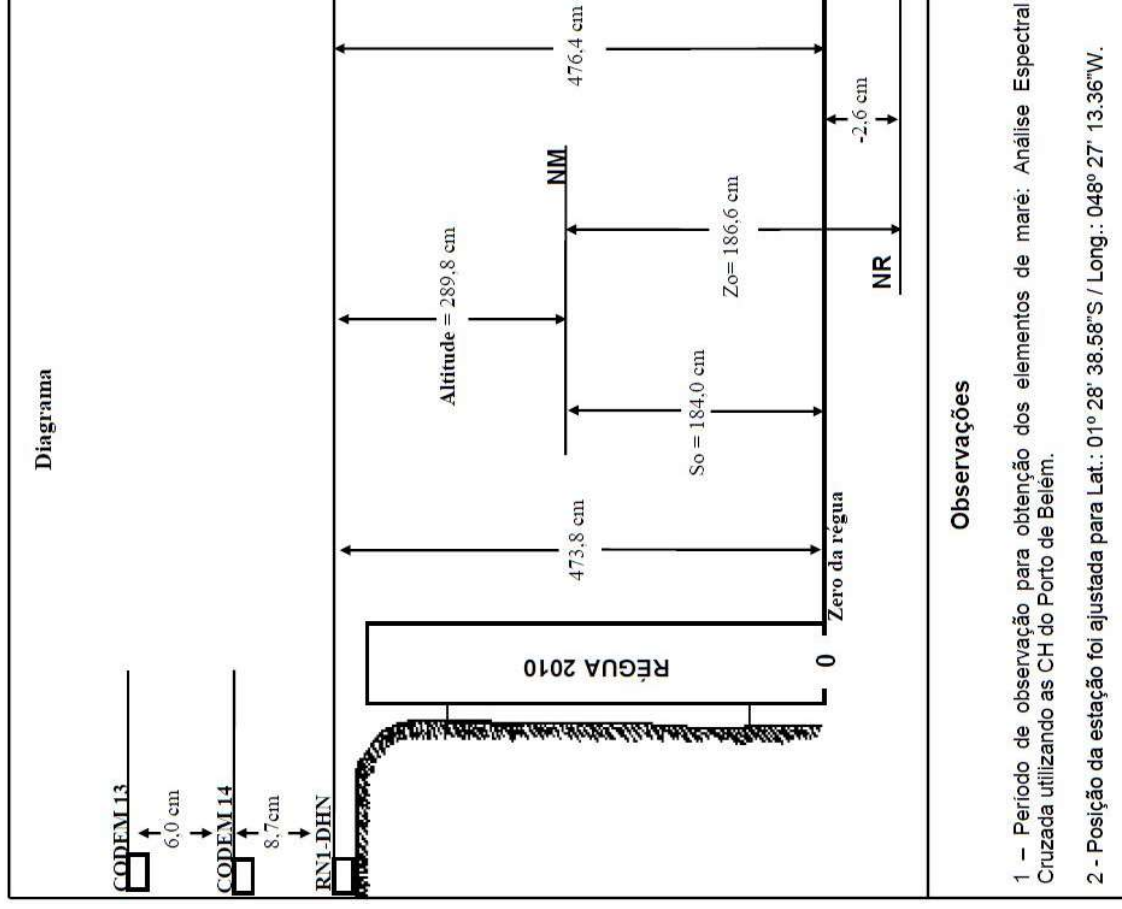
		10 525	TÁBUAS DAS MARÉS		F-41 – Padrão – Ilha do Mosqueiro – 10525 – Versão 1/2013	
F-41		DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA				
Estação Ilha do Mosqueiro		Estado PA		Localidade Vila do Mosqueiro		
LH	Carta N.º 304 – De Mosqueiro a Vila do Conde			Navio CHD	Ano 2010	
Coordenadas geográficas		O nível de redução está 99,5 centímetros acima do zero da régua de 2010/2011.				
Lat 01º 09' 55.43" S		Fonte de informação: Análise estatística e harmônica de 70 dias de observação da maré.				
Long 048º 28' 26.78" W		Tipo de mareógrafo: Thalimedes – OTT				
Datum WGS 84		Zero do mareógrafo: Coincide com o zero da régua.				
Fuso + 3						
Descrição das réguas de marés		Descrição das referências de nível				
Estação maregráfica instalada na extremidade da parte fixa do Trapiche Municipal Mosqueiro localizado na Vila. Foi instalado um mareógrafo Thalimedes da OTT em um abrigo de madeira, acompanhado de tubulão e tubulinho, fixados em dois suportes de sustentação do trapiche e um conjunto de réguas metálicas no total de 6m.		RN2-DHN – Instalada na calçada da Praça Nossa Senhora do Ó, localizado 35 metros aproximadamente do marco RN3-DHN. Implantada em 1999.				
Esta foi compilada das F-41-316-001/99, F-41-CHD-001/10, F-41-316-001/10 e da F-41-3016-002/12. Atualizada em 03/04/2013.		RN3-DHN – Cravada em frente ao monumento localizado no centro da Praça Nossa Senhora do Ó. Implantada em 1999.				
		RN4-DHN – Peça de aço na forma de uma circunferência, cravada em um degrau próximo a uma palmeira, a 20 metros da entrada e do lado direito do Trapiche Municipal, sob o ponto de vista de quem está em terra. Implantado em 2010.				
		RN5-CODEM – RN da PMB-CODEM 1998, situada na esquina da Rua Siqueira Mendes com passagem Beira Mar, lado esquerdo de quem está de frente para o rio. Citada a partir de 2012.				
Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM		Pessoal que tomou parte na montagem				
Recebida em:		Equipe de 2010: Equipe da CHD/10				
Documento de referência:		Equipe de 2012: 3º SG-HN Cláudio Márcio 3º SG-ET Marcos Aurélio				
DHN-6016-A		Chefe da equipe: CT Dimiz Coelho				




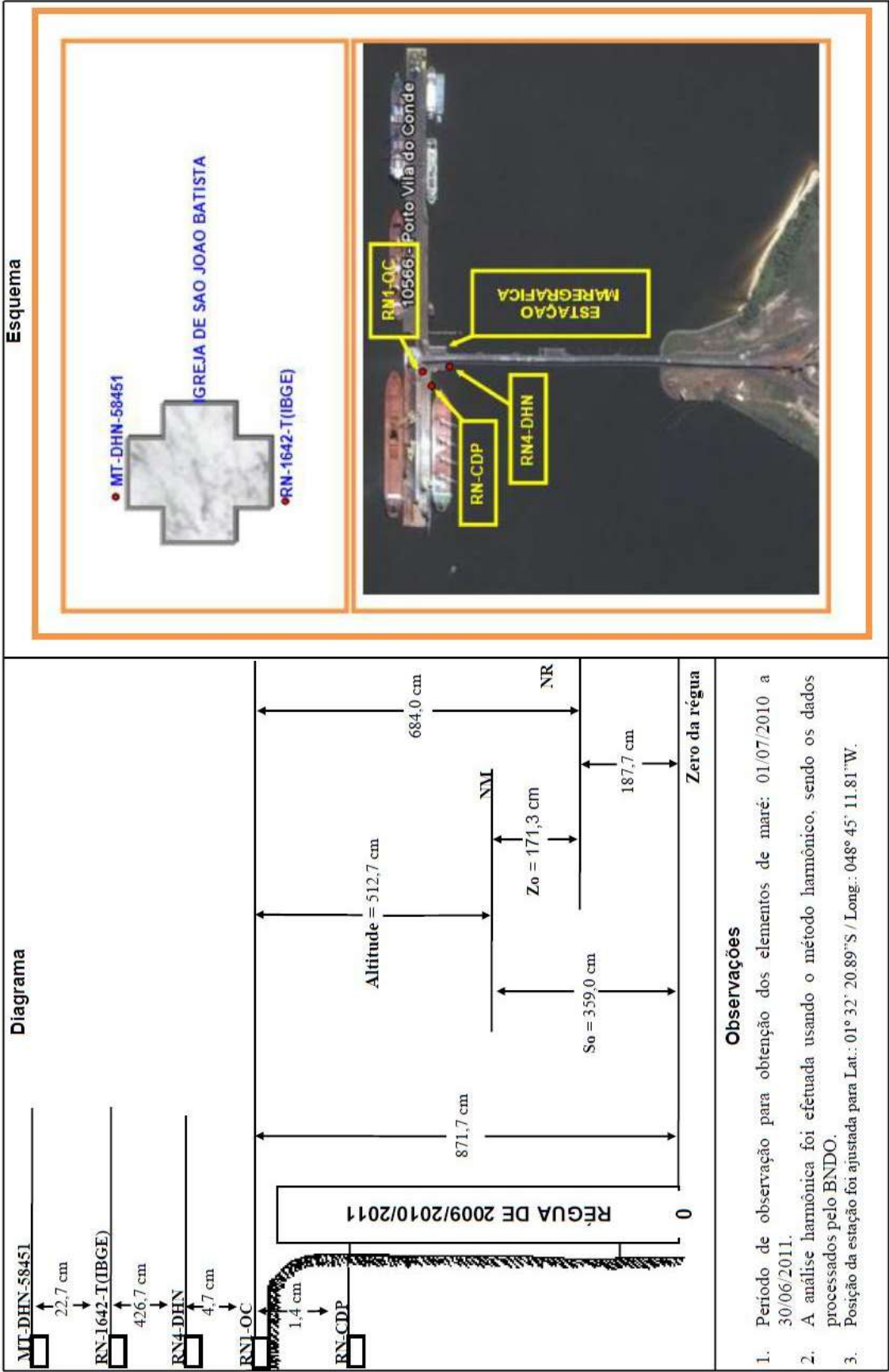
 <div>10 520 F-41</div>		<div>TÁBUAS DAS MARÉS</div> <div>DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA</div>		<div>F-41 – Verificada - Porto de Belém – 10520 - Versão 1/2013</div> <div>F-41 - 320 - 001/56</div>	
Estação Porto de Belém		Estado PA		Localidade Belém	
LH	Carta N.º 320 - Porto de Belém		Navio IAGS		Ano 1956
Coordenadas geográficas		O nível de redução está <u>39,9</u> centímetros abaixo do zero da régua de 1955/1956.			
Lat	01° 26' 10.64" S		Fonte de informação: Análise estatística e harmônica de 356 dias de observação da maré.		
Long	048° 29' 38.20" W		Tipo de marégrafo:		
Fuso	+ 3		Zero do marégrafo: Coincide com o zero da régua.		
Descrição das réguas de marés		Descrição das referências de nível			
Régua sem descrição.		RN2-DHN – Cravada na calçada junto ao muro que faz divisa com o Ver-o-Rio. Implantada em 2002.			
Esta ficha foi compilada do modelo DHN-5503 de 1956 e das F-41-320-001/02, F-41-310-001/06 e F-41-320-001/11. Atualizada em 04/09/2013.		RN-IBGE (2-IAGS) – Cravada junto ao cabeço nº 111, estampado “2 1948”. Cravado no concreto do cais, próximo ao armazém nº 12. Implantado em 1948. Citada a partir de 1979.			
		MT/SN-IBGE – Marco do IBGE com o numeral 03 no seu interior. Situado próximo ao banheiro do prédio dos silos, na parte cimentada. Citado a partir de 2011.			
Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM		Pessoal que tomou parte na montagem			
DHN-6016-A	Recebida em:	Equipe de 2006: 3º SG-HN Gonzaga 2º SG-HN Hugo 2º SG-HN Silveira CB-HN Alceo (Chefe da equipe: CC Waldez		Equipe de 2011: 2º SG-HN Edson Melo CB-HN Dennis CB-MO Jorge (Chefe da equipe: GM (RM2) Cristiane	
	Documento de referência:	Relatório RN's Porto de Belém/85 LH-005/06 – RA-070/07 LH-003/11 – RA-382/12			




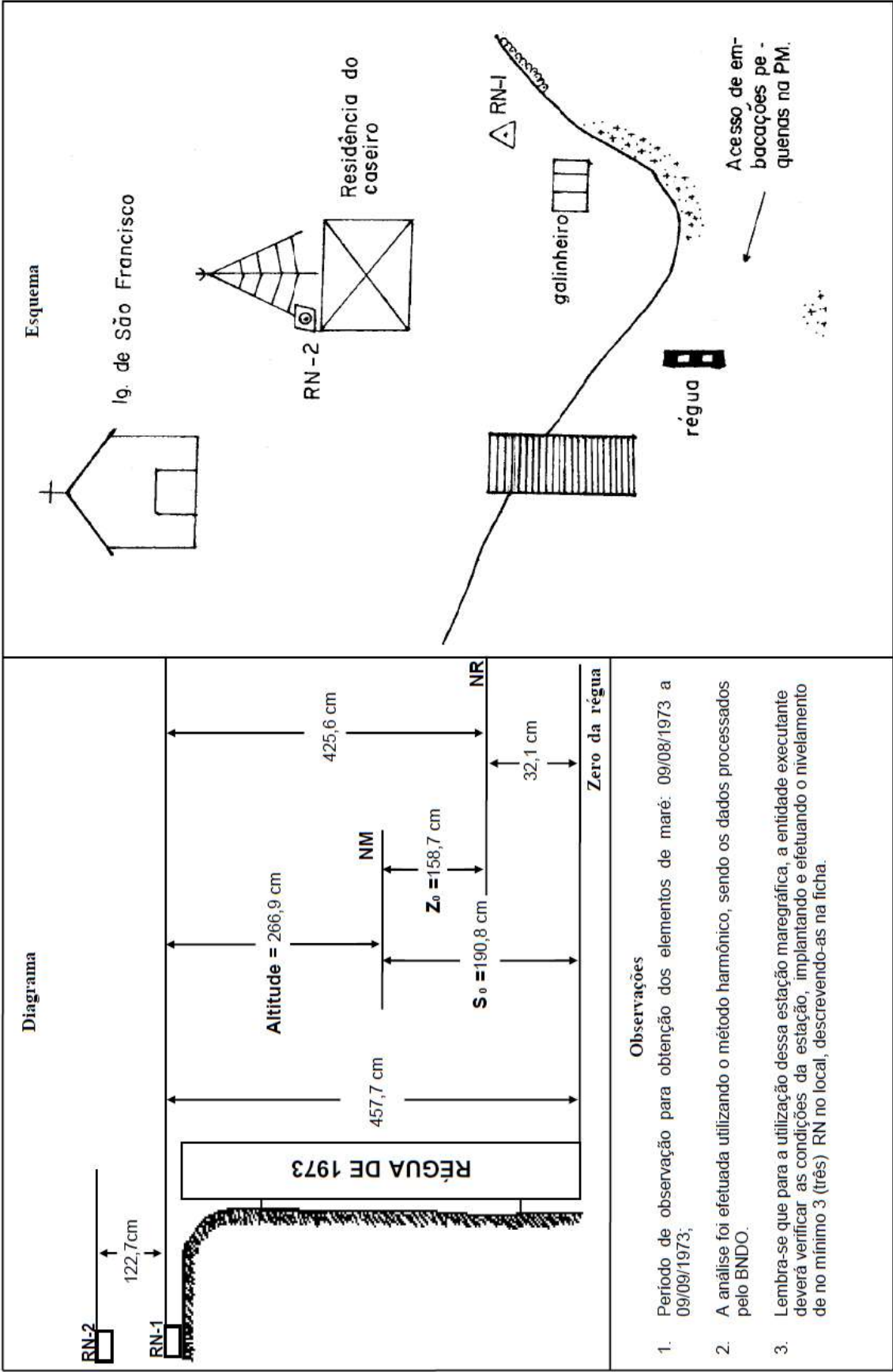
		10 531		F-41 – Verificada - UFPA – 10531 - Versão 1/2013	
F-41		DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA			
Estação UFPA		Estado PA		Localidade Belém	
LH 007/10		Carta N°. 320 - Porto de Belém		Comissão LB Denébola Ano 2010	
Coordenadas geográficas		O nível de redução está <u>-2,6</u> centímetros abaixo do zero da régua de 2010.			
Lat 01° 28' 38.58" S		Fonte de informação: Análise Espectral Cruzada utilizando as CH do Porto de Belém.			
Long 048° 27' 13.36" W		Tipo de marégrafo: Thalimedes - OTT			
Datum		Zero do marégrafo: Coincide com o zero da régua.			
Fuso + 3					
Descrição das réguas de marés		Descrição das referências de nível			
Régua de madeira com 6,00 metros de comprimento, pintada nas cores preta e branca, graduada e numerada de 10 em 10 cm, fixada em uma estaca em frente ao trapiche instalado UFPA.		MT CODEM 13 – Peça de aço na forma de uma circunferência, fixada em pilar de concreto, com um pino no centro, localizada na lateral do jardim do Restaurante Universitário. Citada a partir de 2010.			
Esta ficha foi compilada da F-41-320-003/10. Atualizada em 04/09/2013.		MT CODEM 14 – Peça de aço na forma de uma circunferência, fixada em pilar de concreto, localizada próximo ao estacionamento e a um banco de concreto em frente ao Restaurante Universitário. Citada a partir de 2010.			
		RN1-DHN – Cravada no jardim da orla da UFPA, próximo ao trapiche. Implantada em 2010.			
Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM		Pessoal que tomou parte na montagem			
Recebida em:		Equipe de 2010: GM Anderson 1º SG-HN Silveira 3º SH-HN Alencar CB-HN Dennis			
DHN-6016-A		Chefe da equipe: IT(EM) Christopher			
Documento de referência:		LH-007/10 – RA-382/12			




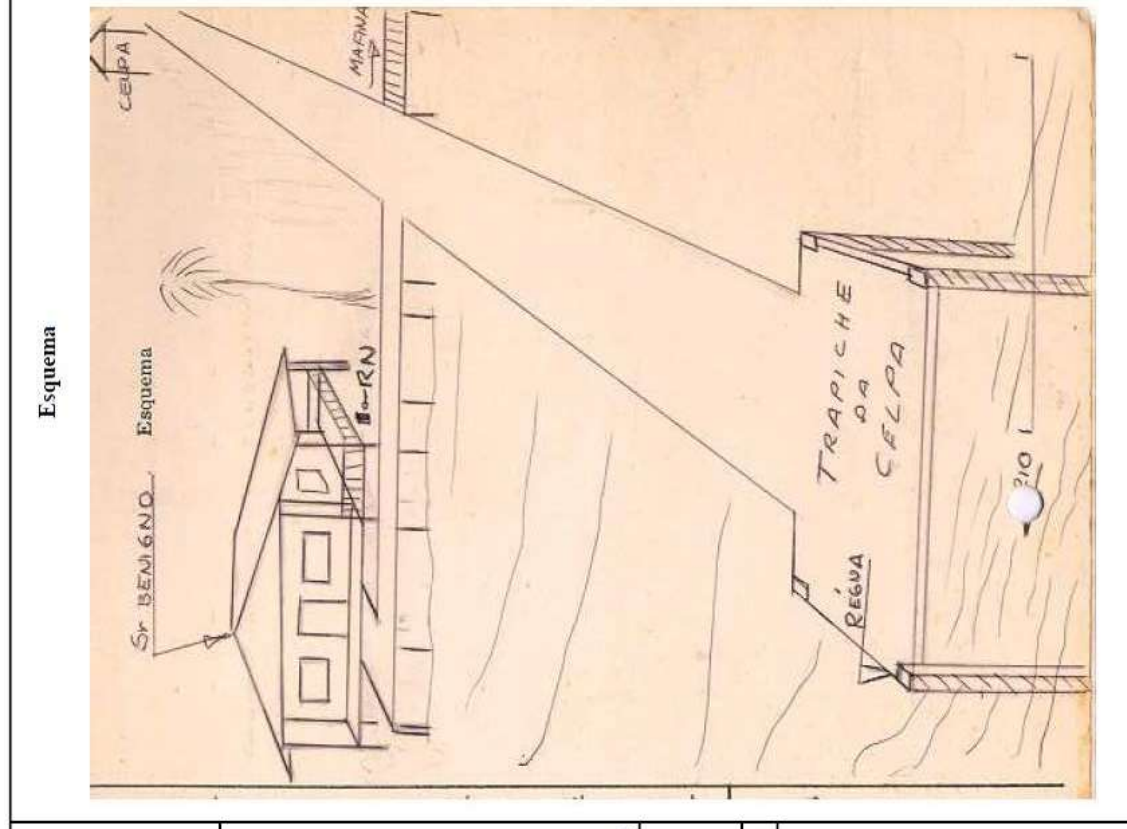
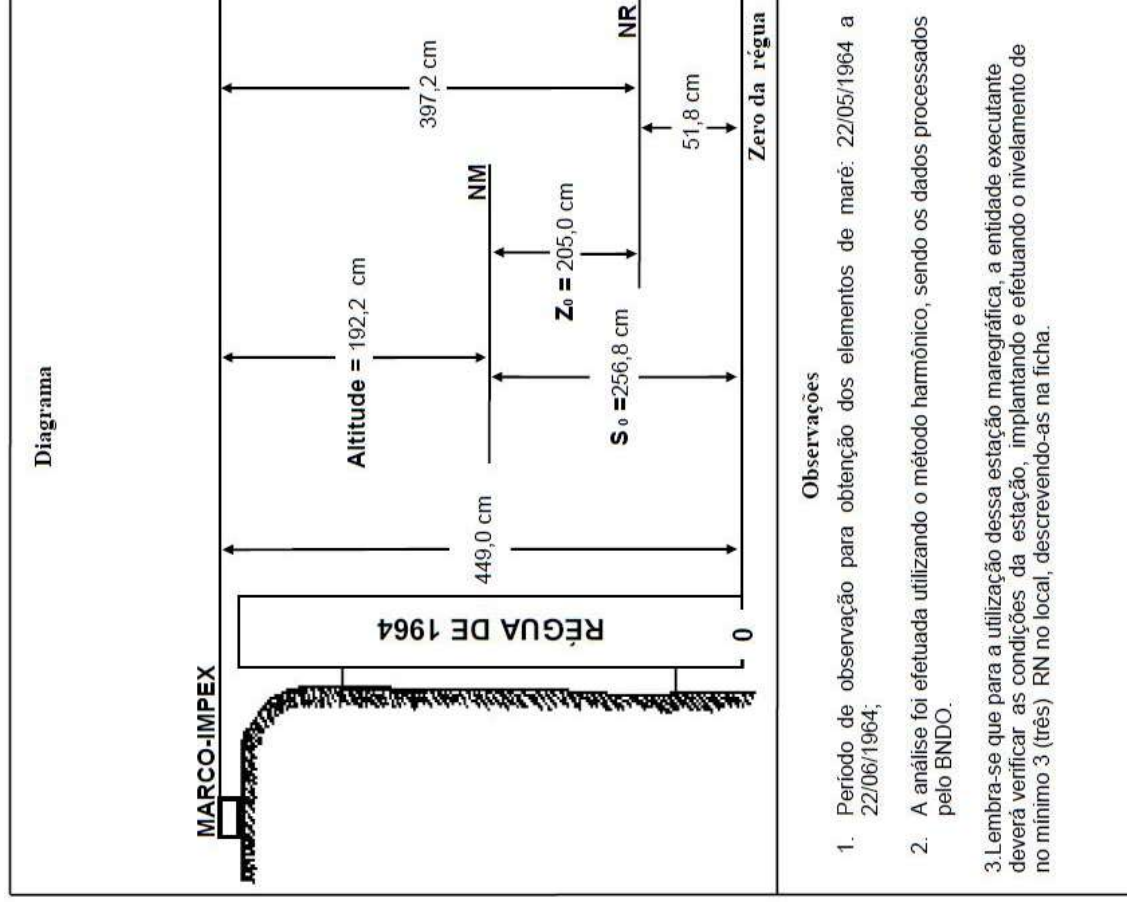
		10 566 F-41		TÁBUAS DAS MARÉS DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA		F-41 – Padrão - Porto de Vila do Conde – 10566 – Versão 1/2013	
Estação Porto de Vila do Conde		Estado PA		Localidade Vila do Conde		Navio Comissão Volante CHM-314 Ano 2009	
LH	Carta N.º 304 – De Mosqueiro a Abaetetuba				F- 41-304 – 001/09		
Coordenadas geográficas Lat 01° 32' 20.89" S Long 048° 45' 11.81" W Datum WGS-84		O nível de redução está 187,7 centímetros acima do zero da régua de 2009/2010/2011. Fonte de informação: Análise estatística e harmônica de 365 dias de observação da maré. Tipo de marégrafo: Kalesto - OTT		Descrição das referências de nível RN1-OC - RN da Oceanotécnica – Está no capeamento do cais, próximo ao 1º cabeço, junto à ponte de acesso. Implantada em 1991. MT-DHN- 58451 – Situada atrás da Igreja São João Batista, sobre um barranco de 12 m. estando afixado em pilar de cimento. Lat. 01°33'55", 3070 S - Long. 048°46'02", 4020 W (F-21-300-002/73). Implantado em 1973. RN-1642-T (IBGE) – Localizada no lado esquerdo da porta principal da Igreja São João Batista. Citada a partir de 1972.			
Fuso + 3	Zero do marégrafo: Coincide		com o zero da régua.		RN-CDP (CONAGE) – Calota metálica do marco (SAT-3), padrão CONAGE, existente junto ao cabeço nº1. Lat:01° 32'22", 4756 S – Long. 048° 45'15", 3119 W - (F-21-304-002/08). Citada a partir de 2004. RN4-DHN – Instalada. Padrão Marco Testemunho da DHN, situada ao lado esquerdo da ponte de acesso ao porto, em frente à porta do banheiro. Implantada em 2011. Implantada em 2012.		
DHN-6016-A		Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM		Pessoal que tomou parte na montagem			
Recebida em:		Esta ficha foi compilada das F-41-304-001/91, F-41-304-001/08, F-41-304-001/09 e da F-41-304-001/12. Atualizada em 04/09/2013.		Equipe de 1991: Bráz Sidney Chefe da equipe:			
Documento de referência:		RA-023/92 – RA-037/92 LH-005/93 – RA-090/94 Relatório CHM-314/09 LH-001/12 – RA-074/13		Equipe de 2012: 2º SG-HN Edson Melo 2º SG-ET Anderson Porto Chefe da equipe: 1º T Sodré			




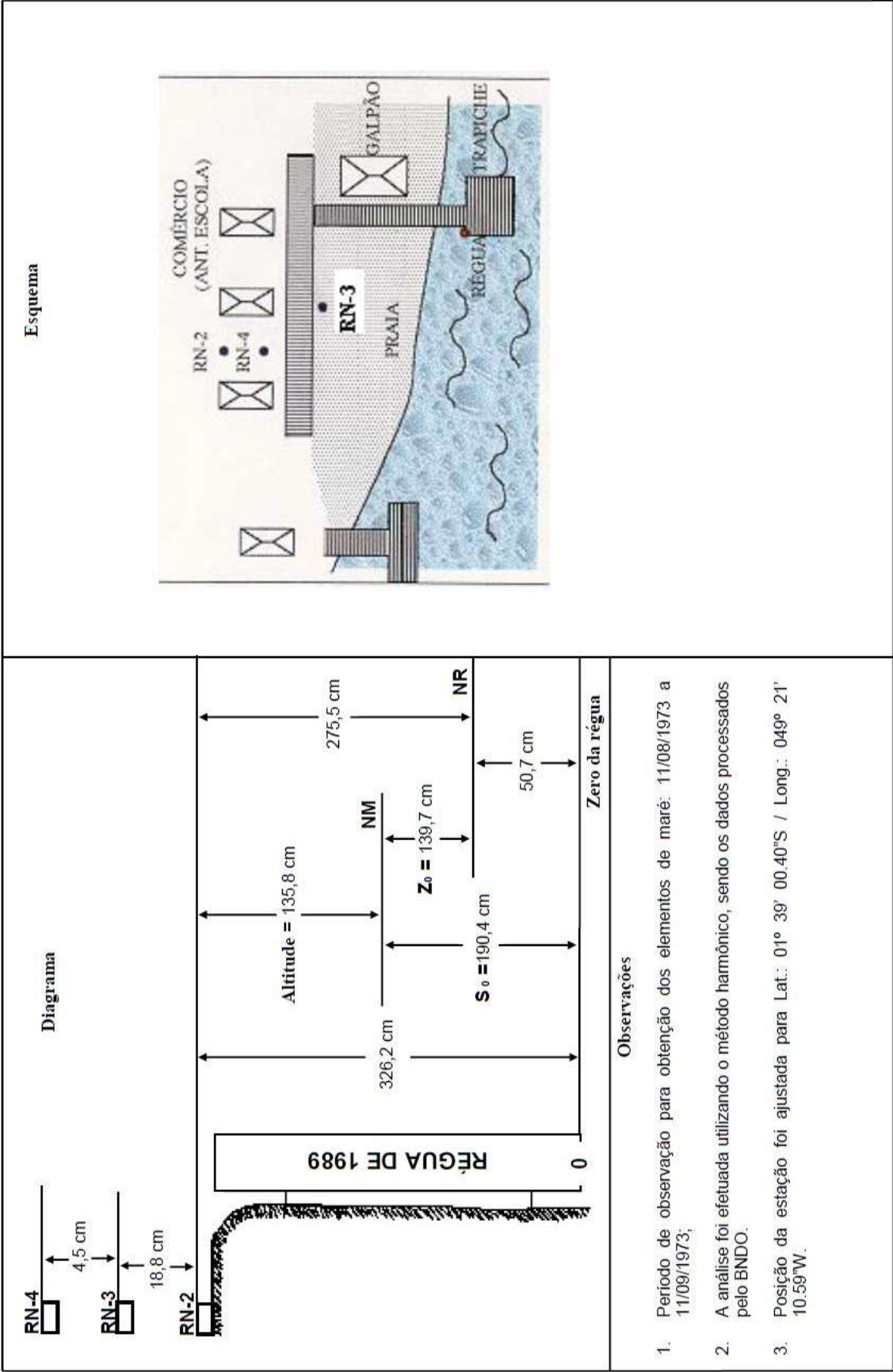
 <div>10 563</div> <div>F-41</div>		<div>F-41- Padrão- Vila Malato -10563- Versão 1/2007</div> <div>F- 41- 305 – 001 / 73</div>	
Estação Vila Malato		Localidade Vila do Malato	
LH	Carta N°. 305 – Da Ilha do Capim à Ilha da Conceição	Estado PA	Navio COLAM Ano 1973
Coordenadas geográficas		O nível de redução está 32,1 centímetros acima do zero da régua de 1973.	
Lat 01° 30' 1 S		Fonte de informação: Análise estatística e harmônica de 32 dias de observação da maré.	
Long 048° 54' 6 W		Tipo de marégrafo: OTT.	
Datum WGS-84		Zero do marégrafo: Coincide com o zero da régua.	
Fuso + 3			
Descrição das réguas de marés		Descrição das referências de nível	
Sem descrição.		RN-1: Marco testemunho nº 58452 (ponto da rede de triangulação principal "São Francisco"), situado próximo ao galinheiro. Citada a partir de 1973	
Esta ficha foi compilada das F-41-300-402/73 e F-41-305-001/90 e atualizada em 11/09/2007.		RN-2: Está fixado em pilar de concreto, na base da torre do pára-raios. Implantada em 1990.	
DHN-6016-A	Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM		Pessoal que tomou parte na montagem
	Recebida em		
Documento de referência		1 T QC Demarco	
		CB-HN Reginaldo	
		CB-SJ Menezes	
		Chefe da equipe 1 T Félix	



<div><div><div></div><div>10 567</div></div><div><div>F-41</div><div>Estação Abaetetuba (IMPEX)</div></div></div>		<div>F-41-Verificada- Abaetetuba (IMPEX)-10567-Versão 1/2007</div>	
<div><div>LH</div><div>Carta Nº. 304 – de Mosqueiro a Abaetetuba</div></div>		<div>Estado PA</div>	<div>Localidade Abaetetuba</div>
<div><div>Coordenadas geográficas</div><div>Lat 01º 42,6' S</div><div>Long 048º 52,9' W</div><div>Datum</div><div>Fuso + 3</div></div>		<div>Comissão DHN</div>	<div>Ano 1964</div>
<div><div>O nível de redução está 51,8 centímetros acima do zero da régua de 1964.</div><div>Fonte de informação: Análise estatística e harmônica de 32 dias de observação da maré.</div><div>Tipo de marégrafo: Leitura de régua.</div><div>Zero do marégrafo: Coincide com o zero da régua.</div></div>			
<div><div>Descrição das réguas de marés</div><div>Sem descrição.</div><div>Esta ficha foi compilada do modelo DHN-5503/64 e da F-41-304-002/80 e atualizada em 13/09/2007.</div></div>		<div>Descrição das referências de nível</div> <div>Marco-IMPEX: Marco testemunho nº 58034 da DHN estação IMPEX, situada embaixo da nova casa do srº Benigno cujas coordenadas são: 01º 42' 33,56"S e 048º 52,40,90"W. Citada a partir de 1963.</div>	
<div>DHN-6016-A</div>	<div>Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM</div> <div>Recebida em</div> <div>Documento de referência</div>	<div>Pessoal que tomou parte na montagem</div> <div>Equipe de 20/10/1980</div> <div>CT Rodrigues</div> <div>SGHN Prado</div> <div>MNHN Roque MN Soriano Jr.</div> <div>Chefe da equipe CT Ribas</div>	




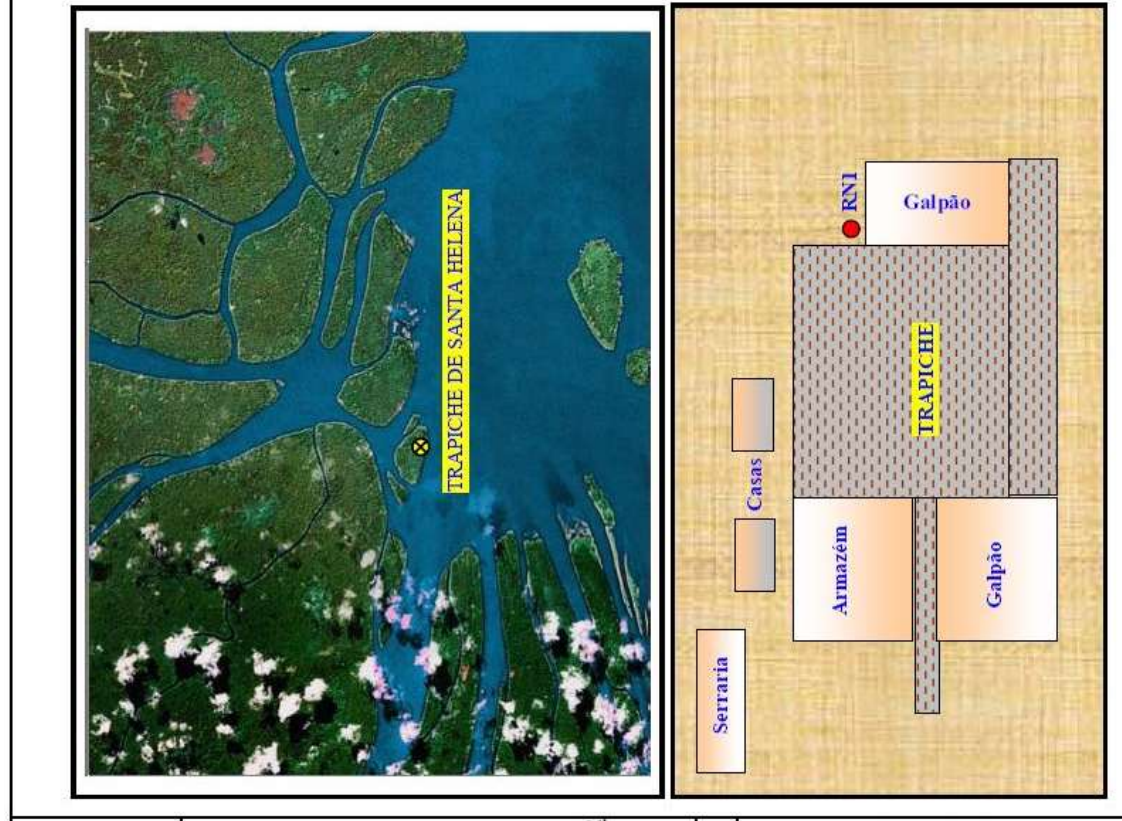
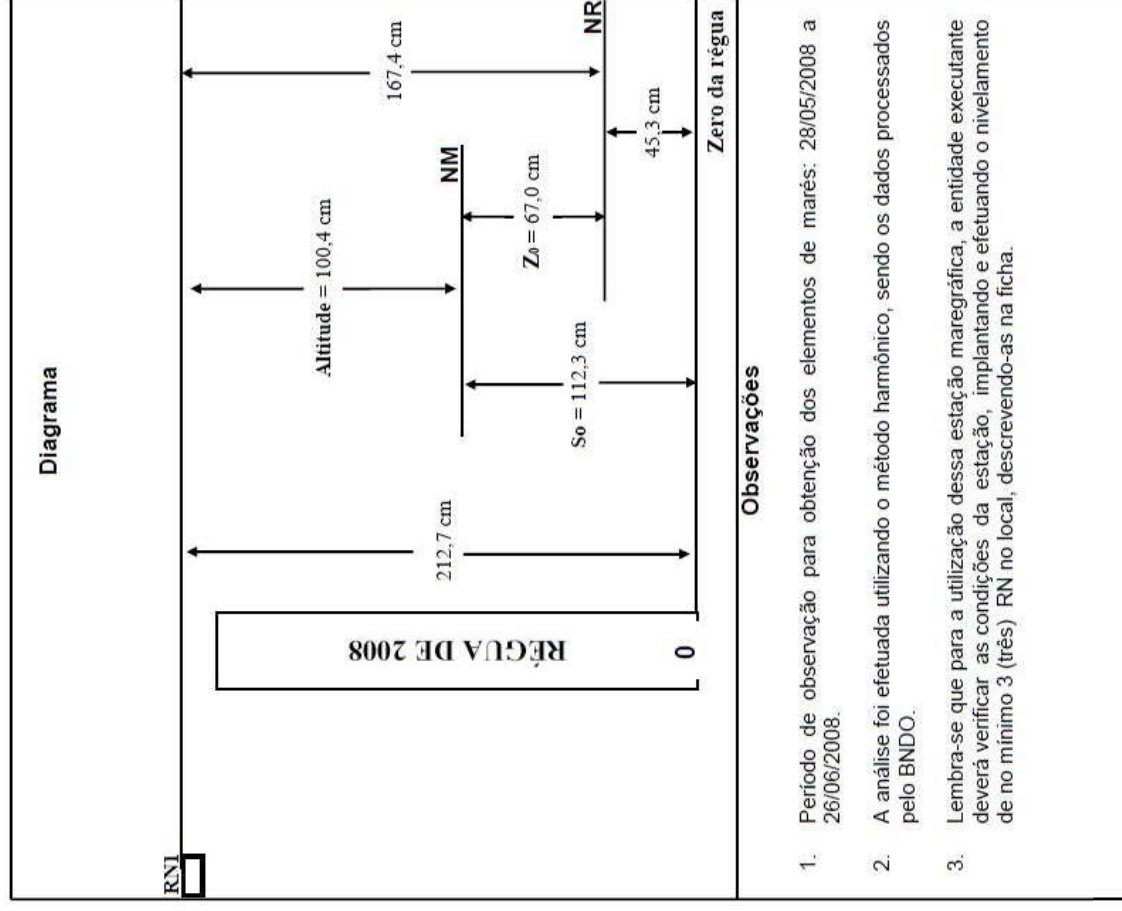
<div><div></div><div><div>10 569</div><div>F-41</div></div></div>		<div>F-41 - Verificada – Cocalzinho – 10569 - Versão 1/2007</div> <div>F-41-305-404/73</div>	
Estação Cocalzinho		Estado PA	Localidade Cocalzinho
LH	Carta N°. 305 – Da Ilha do Capim à Ilha da Conceição	Navio COLAM	Ano 1973
Coordenadas geográficas		O nível de redução está <u>50,7</u> centímetros acima do zero da régua de 1973.	
Lat 01° 39' 00.40" S		Fonte de informação: Análise estatística e harmônica de 32 dias de observação da maré.	
Long 049° 21' 10.59" W		Tipo de mareógrafo:	
Datum		Zero do mareógrafo: Coincide com o zero da régua.	
Fuso + 3			
Descrição das réguas de marés		Descrição das referências de nível	
Régua sem descrição.		RN-2: Marco testemunho padrão DHN, localizada entre as duas residências a ré da RN-4, fixada em pilar de concreto com tubo PVC. Implantada em 1973;	
Esta ficha foi compilada das F-41- 300-404/73 e da F-41-305-001/03. Atualizada em 04/09/2013.		RN-3: Marco testemunho padrão DHN, localizada a aproximadamente 30 m a oeste do comércio (antiga escola Major Moura Carvalho), em um pilar de concreto. Implantada em 1999;	
		RN-4: Marco testemunho padrão DHN, localizada entre as duas residências, fixada em pilar de concreto com tubo de PVC. Implantada a partir de 1999.	
Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM		Pessoal que tomou parte na montagem	
Recebida em		Equipe de 13/11/1999	
Documento de referência		3ºSG-HN Ferreira	
LH-007/03 (RA:014/04)		CB-HN Macedo	
		CB-HN Fred	
		Chefe da equipe 1T Lins de Mello	
DHN-6016-A		Equipe de 27/10/03	
		1ºSG-HN Ronaldo	
		2º SG-HN Hugo	
		Chefe da equipe CT Carvalho	



CURRALINHO
(Informação não disponível)

CURRALINHO
(Informação não disponível)

 10 582		F-41 - Padrão – Trapiche de Santa Helena – 10582 - Versão 1/2011	
F-41		DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA	
Estação Trapiche de Santa Helena		Localidade Santa Helena	
LH	Carta N°. 4341 – Estreitos de Breves e de Boiçu – Da I. Santa Helena a I. Pracaxi	Navio Transrio	Ano 2008
Coordenadas geográficas		O nível de redução está 45,3 centímetros acima da régua de 2008.	
Lat 01° 47' 3 S		Fonte de informação: Análise harmônica de 30 dias de observação da maré.	
Long 050° 16' 5 W		Tipo de mareógrafo:	
Datum		Zero do mareógrafo: Coincide com o zero da régua.	
Fuso + 3			
Descrição das réguas de marés		Descrição das referências de nível	
Régua padrão DHN, com 3m pintados de 10 em 10 cm, fixada na estrutura do Trapiche de Santa Helena.		RN1 – Parafuso sextavado, instalada em um tubo de PVC, atrás do galpão do armazém do Sr. Lúcio. Implantada em 2008.	
Esta ficha foi compilada da F-41-4341-001/08 e atualizada em 06/01/2011.			
Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM		Pessoal que tomou parte na montagem	
DHN-6016-A	Recebida em:	Equipe de 2008	
	Documento de referência:	1º SG-HN RRM Batista	
		Chefe da equipe: 2º SG-HN RRM Luis	



ANEXO 2 – CATÁLOGO DAS ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS DE INTERESSE UTILIZADAS NO PRESENTE ESTUDO

FONTE: Fundação de Estudos do Mar – FEMAR. Disponível em:
<<https://www.fundacaofemar.org.br/biblioteca/emb/indice.html>>

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação :		SALINÓPOLIS – PA			
Localização :		Próximo ao Posto dos Práticos (Porto Grande)			
Organ. Responsável :		IAGS / DHN			
Latitude :		00° 37,0' S	Longitude : 47 ° 21,0' W		
Período Analisado :		01/01/55 a 30/12/55	Nº de Componentes : 60		
Análise Harmônica :		Método do Tidal Liverpool Institute.			
Classificação :		Maré Semidiurna.			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		VII H 19 min	Nível Médio (Zo): 275 cm acima do NR.		
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :		503 cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN) : 391 cm acima do NR.		
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :		46 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) : 158 cm acima do NR.		
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	2,1	311	MU ₂	9,0	279
Ssa	7,6	003	N ₂	32,4	202
Mm	2,2	025	NU ₂	6,2	185
Mf	1,4	008	M ₂	172,5	211
MTM	-	-	L ₂	7,4	194
Msf	2,8	027	T ₂	4,4	184
Q ₁	1,5	230	S ₂	55,7	246
O ₁	9,6	223	K ₂	14,0	240
M ₁	0,2	354	MO ₃	1,6	013
P ₁	2,9	245	M ₃	2,4	006
K ₁	11,2	247	MK ₃	1,4	040
J ₁	0,6	266	MN ₄	3,1	336
OO ₁	0,5	254	M ₄	8,2	316
MNS ₂	2,6	257	SN ₄	1,2	067
2N ₂	3,7	188	MS ₄	6,6	005
Referências de Nível: RN 1 na soleira da escada de acesso na base do Farol de Salinópolis. RN IAGS localizado no Porto Grande.					
Obs: Outros Períodos: 04/01/77 a 04/02/77; 21/09/81 a 21/10/81; 14/05/59 a 28/05/59; 28/08/51 a 01/09/52; 14/12/58 a 14/01/59.					
Consta das Tábuas das Marés					

Código BNDO: 20520

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR*Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação :		ILHA DOS GUARÁS (Ponta da Romana) – PA			
Localização :		Barra do Rio Pará			
Organ. Responsável :		DHN			
Latitude :		00° 34,5' S	Longitude :		47° 54,0' W
Período Analisado :		28/04/80 a 29/05/80		N° de Componentes : 46	
Análise Harmônica :		Método Almirante Santos Franco.			
Classificação :		Maré Semidiurna.			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		VIII H 32 min	Nível Médio (Zo):		209 cm acima do NR.
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :		365 cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :		314 cm acima do NR.
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :		52 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :		103 cm acima do NR.
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU ₂	27,2	311
Ssa	-	-	N ₂	45,3	251
Mm	9,3	259	NU ₂	8,6	250
Mf	-	-	M ₂	131,2	249
MTM	1,1	087	L ₂	30,6	265
Msf	5,8	078	T ₂	1,5	306
Q ₁	9,9	183	S ₂	25,2	308
O ₁	4,6	165	K ₂	6,9	313
M ₁	2,3	309	MO ₃	7,2	071
P ₁	3,6	253	M ₃	4,1	229
K ₁	10,8	260	MK ₃	3,0	147
J ₁	5,6	028	MN ₄	9,0	123
OO ₁	3,6	171	M ₄	6,1	140
MNS ₂	16,9	353	SN ₄	4,2	185
2N ₂	6,0	254	MS ₄	4,1	166
Referências de Nível: RN 1 instalada em pilar de concreto próximo à casa existente na Ponta da Romana					
Obs: Outros Períodos: 26/10/72 a 26/11/72; 28/04/82 a 15/05/82; 14/06/59 a 28/06/59. Consta das Tábuas das Marés					

Código BNDO: 20533

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR*Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação :		COLARES – PA			
Localização :		Na Ponta Bacuri – Farol Colares			
Organ. Responsável :		DHN			
Latitude :	00° 55,0' S	Longitude :	48 ° 17,5' W		
Período Analisado :	26/10/59 a 27/11/59	Nº de Componentes :	36		
Análise Harmônica :	Método Tidal Liverpool Institute				
Classificação :	Maré Semidiurna.				
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)	IX H 22 min	Nível Médio (Zo):	174 cm acima do NR.		
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :	331 cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :	242 cm acima do NR.		
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :	18 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :	106 cm acima do NR.		
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU ₂	13,2	018
Ssa	-	-	N ₂	22,3	243
Mm	4,5	034	NU ₂	4,3	243
Mf	-	-	M ₂	112,4	268
MTM	-	-	L ₂	6,6	329
Msf	2,4	317	T ₂	2,6	311
Q ₁	0,7	170	S ₂	44,3	311
O ₁	8,7	265	K ₂	12,1	311
M ₁	2,6	169	MO ₃	5,4	092
P ₁	2,9	298	M ₃	0,4	241
K ₁	8,9	298	MK ₃	8,2	117
J ₁	2,8	233	MN ₄	5,3	080
OO ₁	5,8	230	M ₄	12,4	118
MNS ₂	-	-	SN ₄	4,6	287
2N ₂	3,0	218	MS ₄	9,1	155
Referências de Nível: RN cravada em concreto a 0,5 m da quina direita da casa em frente ao farol.					
Obs: Outros Períodos : 30/03/80 a 30/04/80, 04/04/82 a 02/05/82					

Código BNDO: 10545

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR*Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação :		ILHA DO MOSQUEIRO – PA			
Localização :		No trapiche municipal			
Organ. Responsável :		DHN			
Latitude :		01° 09,6' S	Longitude : 48° 28,6' W		
Período Analisado :		08/08/73 a 07/09/73	Nº de Componentes : 40		
Análise Harmônica :		Método Almirante Santos Franco			
Classificação :		Maré Semidiurna			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)	X H 35 min	Nível Médio (Zo):	184 cm acima do NR.		
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :	338 cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :	266 cm acima do NR.		
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :	31 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :	103 cm acima do NR.		
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU ₂	9,8	029
Ssa	-	-	N ₂	20,9	294
Mm	3,1	137	NU ₂	4,0	296
Mf	-	-	M ₂	117,5	308
MTM	3,8	020	L ₂	5,2	356
Msf	2,9	276	T ₂	2,1	342
Q ₁	0,7	103	S ₂	36,0	343
O ₁	10,9	276	K ₂	9,8	346
M ₁	2,3	171	MO ₃	4,2	122
P ₁	4,7	291	M ₃	1,1	111
K ₁	14,1	292	MK ₃	3,8	177
J ₁	0,9	125	MN ₄	3,6	193
OO ₁	1,1	133	M ₄	6,8	207
MNS ₂	0,9	032	SN ₄	1,2	254
2N ₂	2,8	281	MS ₄	5,8	232
Referências de Nível: RN implantada junto a um banco na praça em frente ao trapiche.					
Obs: Outros períodos : 18/07/60 a 23/07/60; 08/08/73 a 08/09/73 Consta das Tábuas das Marés					

Código BNDO: 10525

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR**Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras**

Nome da Estação :		BELÉM (PORTO) – PA			
Localização :		Na quina norte do cais do porto			
Organ. Responsável :		IAGS / INPH / DNH			
Latitude :		01° 26,6' S	Longitude :		48° 29,1' W
Período Analisado :		01/03/55 a 21/02/56		N° de Componentes : 36	
Análise Harmônica :		Método Tidal Liverpool Institute			
Classificação :		Maré Semidiurna..			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		XI H 29 min	Nível Médio (Zo):		181 cm acima do NR.
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :		331 cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :		264 cm acima do NR.
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :		31 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :		98 cm acima do NR.
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	3,6	321	MU ₂	5,9	051
Ssa	6,7	006	N ₂	22,3	319
Mm	4,2	015	NU ₂	4,8	296
Mf	2,6	068	M ₂	116,3	334
MTM	-	-	L ₂	6,5	330
Msf	8,3	039	T ₂	2,6	347
Q ₁	1,4	295	S ₂	33,3	012
O ₁	9,0	293	K ₂	9,1	011
M ₁	0,9	146	MO ₃	4,4	175
P ₁	2,4	325	M ₃	1,3	181
K ₁	9,5	317	MK ₃	3,8	205
J ₁	0,1	198	MN ₄	5,1	237
OO ₁	0,3	040	M ₄	12,2	253
MNS ₂	0,6	089	SN ₄	0,8	268
2N ₂	4,3	285	MS ₄	7,6	279
Referências de Nível: RN - 1 IAGS localizada no extremo Norte do cais do porto, em frente ao abrigo do marégrafo . RN - 2 IAGS localizada no capeamento do cais do porto ao lado do cabeço no. 11.					
Obs: Outros períodos: 01/04/55 a 02/05/55; 01/01/36 a 04/01/37; 04/01/77 a 08/03/77; 01/01/48 a 31/12/50; 01/01/61 a 30/12/62; 01/01/63 a 31/12/87; 14/08/78 a 14/09/73 e 01/01/62 a 11/07/62.					
Há observações do INPH de 1926 a 1991.					
Consta das Tábuas das Marés					

Código BNDO: 10520

UFPA
(Informação não disponível)

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR
Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras

Nome da Estação :		VILA DO CONDE (PORTO) – PA			
Localização :		Baía de Marajó			
Organ. Responsável :		DHN			
Latitude :		01° 33,9' S	Longitude : 48° 46,0' W		
Período Analisado :		01/04/91 a 01/05/91	Nº de Componentes : 42		
Análise Harmônica :		Método Almirante Santos Franco			
Classificação :		Maré Semidiurna.			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		XII H 33 min	Nível Médio (Zo): 168 cm acima do NR.		
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :		306 cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN) : 246 cm acima do NR		
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :		30 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) : 91 cm acima do NR.		
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU ₂	3,8	154
Ssa	-	-	N ₂	22,3	343
Mm	6,6	344	NU ₂	4,2	345
Mf	-	-	M ₂	107,7	356
MTM	-	-	L ₂	4,6	316
Msf	12,1	028	T ₂	1,8	043
Q ₁	1,9	308	S ₂	30,2	030
O ₁	9,4	287	K ₂	8,2	003
M ₁	1,8	168	MO ₃	4,1	201
P ₁	3,2	323	M ₃	1,3	187
K ₁	9,6	326	MK ₃	5,0	217
J ₁	-	-	MN ₄	6,4	273
OO ₁	-	-	M ₄	17,9	285
MNS ₂	4,5	253	SN ₄	2,8	273
2N ₂	2,9	330	MS ₄	9,3	312
Referências de Nível: RN DHN localizada na parte de trás da Igreja de São João Batista. RN da Oceanotécnica localizada no capeamento do cais, quina norte, ao lado do primeiro cabeço de amarração.					
Obs: Outros Períodos: 10/06/63 a 16/06/63; 27/10/72 a 27/11/72. Consta das Tábuas das Marés					

Código BNDO: 10566

ABAETETUBA
(Informação não disponível)

COCALZINHO
(Informação não disponível)

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação :		CURRALINHO – PA			
Localização :		Rio Pará – Baía das Bocas – No Trapiche Municipal			
Organ. Responsável :		DHN			
Latitude :		01° 49,3' S	Longitude : 49° 47,5' W		
Período Analisado :		14/08/73 a 14/09/73	Nº de Componentes : 82		
Análise Harmônica :		Método Almirante Santos Franco			
Classificação :		Maré Semidiurna.			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		III H 03 min	Nível Médio (Zo):		75 cm acima do NR.
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :		142 cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :		117 cm acima do NR.
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :		9 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :		33 cm acima do NR.
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) Graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU ₂	4,8	185
Ssa	-	-	N ₂	5,7	085
Mm	6,0	355	NU ₂	0,4	113
Mf	-	-	M ₂	54,2	093
MTM	4,6	082	L ₂	2,5	134
Msf	10,9	354	T ₂	0,7	135
Q ₁	0,7	349	S ₂	12,1	137
O ₁	6,5	353	K ₂	3,3	140
M ₁	1,6	251	MO ₃	2,0	327
P ₁	1,8	039	M ₃	0,3	206
K ₁	5,3	013	MK ₃	1,4	354
J ₁	2,0	125	MN ₄	1,2	067
OO ₁	2,1	239	M ₄	3,8	085
MNS ₂	2,2	195	SN ₄	0,3	122
2N ₂	0,7	077	MS ₄	1,5	104
Referências de Nível: RN-1 marco fixado sobre um pilar de cimento ao pé do relógio da Praça da Bandeira.					
Obs: Não há referências a outros períodos.					

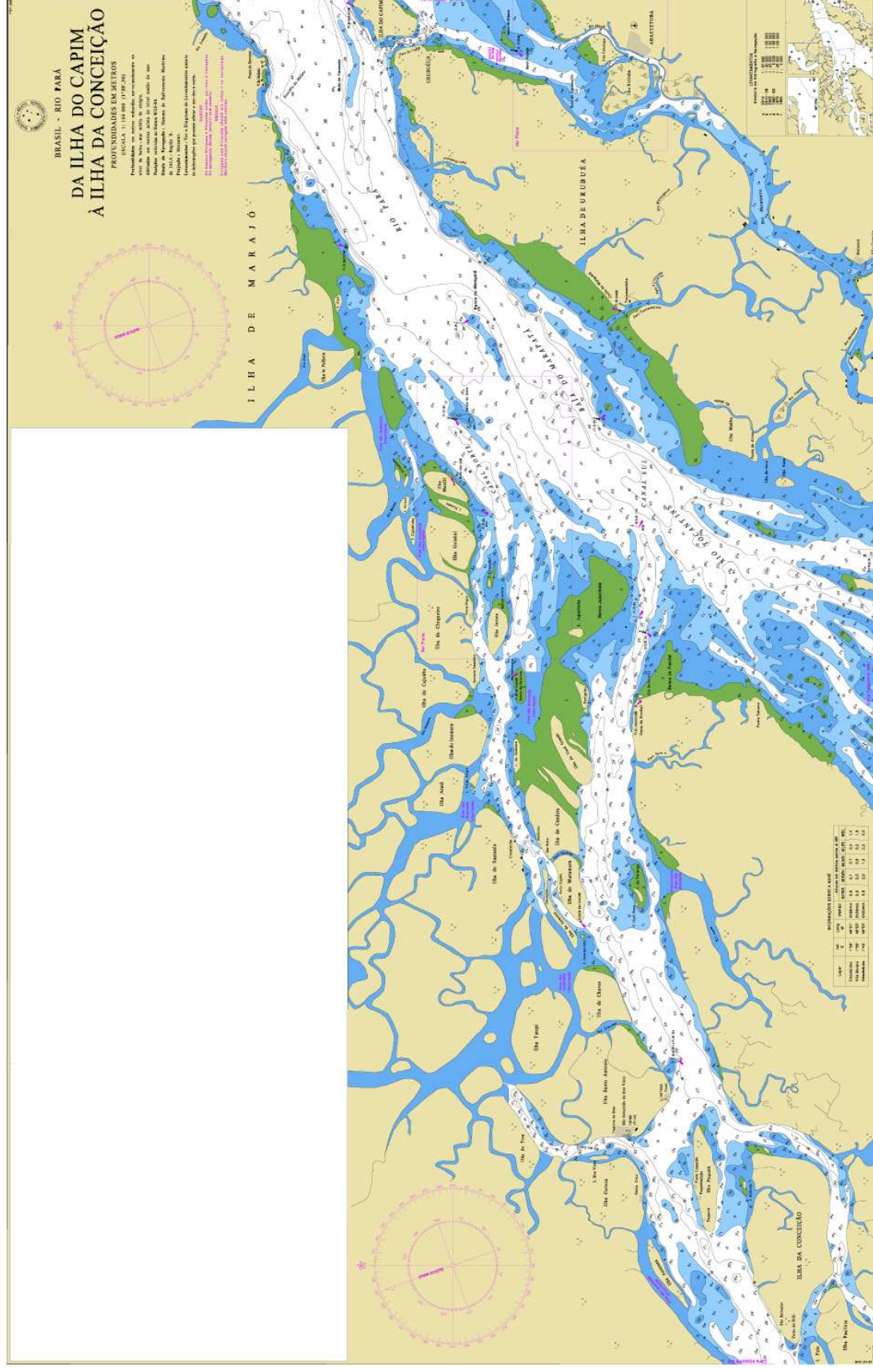
Código BNDO: 10584

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação :		ILHA SANTA HELENA – PA			
Localização :		Baía das Bocas (Estreitos). Em frente ao Farol.			
Organ. Responsável :		DHN			
Latitude :		01° 48,0' S	Longitude : 50 ° 16,5' W		
Período Analisado :		18/09/89 a 01/11/89	Nº de Componentes : 25		
Análise Harmônica :		Método Almirante Santos Franco			
Classificação :		Maré Semidiurna.			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)	V H 54 min	Nível Médio (Zo):	67 cm acima do NR.		
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :	124 cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :	105 cm acima do NR.		
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :	11 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :	29 cm acima do NR.		
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU ₂	5,6	297
Ssa	-	-	N ₂	8,2	154
Mm	-	-	NU ₂	1,6	156
Mf	-	-	M ₂	47,3	165
MTM	-	-	L ₂	6,7	132
Msf	-	-	T ₂	0,6	202
Q ₁	-	-	S ₂	9,2	204
O ₁	5,0	020	K ₂	2,5	207
M ₁	-	-	MO ₃	2,1	074
P ₁	2,2	069	M ₃	1,0	174
K ₁	6,8	073	MK ₃	1,8	111
J ₁	-	-	MN ₄	1,3	208
OO ₁	-	-	M ₄	4,3	223
MNS ₂	-	-	SN ₄	-	-
2N ₂	1,1	144	MS ₄	1,6	258
Referências de Nível: RN-1 na sapata à esquerda da estrutura do Farol de Santa Helena.					
Obs: Outros Períodos : 16/08/73 a 16/09/73; 23/03/74 a 23/04/74. Maré com influência fluvial					

Código BNDO: 10581

ANEXO 3 – CARTA NÁUTICA DA ILHA DO CAPIM À ILHA DA CONCEIÇÃO



**ANEXO 4 – TABELA RESUMO DOS DADOS DAS ESTAÇÕES
MAREGRÁFICAS DE INTERESSE**

Estação Maregráfica		Coordenadas		Coordenadas (UTM)		Nível de Redução (m)**	Alturas em metros sobre o NR			
		Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	N	E		Nível Médio (m)**	Média das preamares de sizígia (m)***	Média das baixa-mares de sizígia (m)***	Média das preamares de quadratura (m)***
1	Fundeadoiro de Salinópolis*	00° 37'	47° 21'	9931782	238445	0.591	2.750	5.030	0.460	3.910
2	Cabo Maguari	00° 15' 10.72"	48° 24' 59.85"	9972009	787560	0.378	1.999	3.660	0.350	2.800
3	Ilha dos Guarás III*	00° 36' 2.90"	43° 54' 55.7"	9933506	175457	0.570	2.735	3.650	0.520	3.140
4	Ponta Taipu	00° 39.62'	48° 2.6'	9927025	829037	-0.417	2.559	4.600	0.510	3.670
5	Soure	00° 44' 05.01"	48° 31' 65"	9918671	776238	0.622	2.193	4.290	0.430	3.450
6	Colares	00° 56' 00.54"	48° 17' 46.28"	9896706	800939	0.758	2.144	3.310	0.180	2.420
7	Ilha do Mosqueiro	01° 09' 55.43"	48° 28' 26.78"	9871062	781102	0.995	1.938	3.380	0.310	2.660
8	Porto Belém	01° 26' 10.64"	48° 29' 38.20"	9841093	778863	-0.399	1.808	3.310	0.310	2.640
9	UFPA	01° 28' 38.58"	48° 27' 13.36"	9836542	783339	-0.026	1.866	N/D	N/D	N/D
10	Porto de Vila do Conde	01° 32' 20.89"	48° 45' 11.81"	9829747	749978	1.877	1.713	3.060	0.300	2.460
11	Vila Malato	01° 30'.1"	48° 54' 6"	9833666	732542	0.321	1.587	2.900	0.300	2.300
12	Ponta Negra	01° 37' 34.60"	49° 13' 23.77"	9820147	697682	0.487	1.596	2.290	0.250	2.370
13	Abetetuba	01° 42.7'	48° 52.9'	9810678	735667	0.518	2.050	3.800	0.300	2.900
14	Cocalzinho	01° 39' 40"	49° 21' 10.59"	9817536	683226	0.507	1.397	2.600	0.200	2.100
15	Curralinho	01° 49.3'	49° 47.5'	9798607	634404	N/D	0.750	1.420	0.090	1.170
16	Trapiche de Santa Helena	01° 47.3'	50° 16.5'	9802303	580609	0.453	0.670	1.240	0.110	1.050
17	Cametá	02° 14.5'	49° 29.9'	9752141	666990	0.696	1.621	3.030	0.310	2.520

NOTAS:

*As estações maregráficas Ilha dos Guarás III e Fundeadouro de Salinópolis estão no fuso 23;

**FONTE: Marinha do Brasil. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/estacoes-maregraficas>> (exceto as informações grifadas na cor cinza);

***FONTE: Fundação de Estudos do Mar – FEMAR. Disponível em: <https://www.fundacaofemar.org.br/biblioteca/emb/indice.html> (exceto as informações grifadas na cor cinza);

FONTE: Carta náutica da Ilha do Capim à Ilha da Conceição – ANEXO 3;

N/D: informação não disponível.

**ANEXO 5 – LEVANTAMENTO DE CAMPO – ZERO DA ESTAÇÃO
MAREGRÁFICA UFPA – CONFORME DOCUMENTO 1724-TU-8-GE-
G00-00-C-10-DE-1001 (FOLHA 07/07)**



Leitura da Régua de Maré - Estação Maregráfica UFPA

07/05/2018			08/05/2018			09/05/2018		
Hora	Leitura	Cota IBGE	Hora	Leitura	Cota IBGE	Hora	Leitura	Cota IBGE
11:00 hrs	2.95 m	-0.39 m	10:00 hrs	2.95 m	-0.39 m	09:30 hrs	3.46 m	0.12 m
11:15 hrs	3.02 m	-0.32 m	10:15 hrs	2.91 m	-0.43 m	09:45 hrs	3.35 m	0.01 m
11:30 hrs	3.09 m	-0.25 m	10:30 hrs	2.89 m	-0.45 m	10:00 hrs	3.25 m	-0.09 m
11:45 hrs	3.14 m	-0.20 m	10:45 hrs	2.85 m	-0.49 m	10:15 hrs	3.19 m	-0.15 m
12:00 hrs	3.15 m	-0.19 m	11:00 hrs	2.83 m	-0.51 m	10:30 hrs	3.13 m	-0.21 m
12:15 hrs	3.18 m	-0.16 m	11:15 hrs	2.83 m	-0.51 m	10:45 hrs	3.07 m	-0.27 m
12:30 hrs	3.20 m	-0.14 m	11:30 hrs	2.83 m	-0.51 m	11:00 hrs	2.99 m	-0.35 m
12:45 hrs	3.29 m	-0.05 m	11:45 hrs	2.86 m	-0.48 m	11:15 hrs	2.95 m	-0.39 m
13:00 hrs	3.35 m	0.01 m	12:00 hrs	2.90 m	-0.44 m			
13:15 hrs	3.40 m	0.06 m	12:15 hrs	2.96 m	-0.38 m			
13:30 hrs	3.49 m	0.15 m	12:30 hrs	3.00 m	-0.34 m			
13:45 hrs	3.59 m	0.25 m	12:45 hrs	3.04 m	-0.30 m			
14:00 hrs	3.69 m	0.35 m	13:00 hrs	3.04 m	-0.30 m			
14:15 hrs	3.82 m	0.48 m	13:15 hrs	3.04 m	-0.30 m			
14:30 hrs	3.94 m	0.60 m	13:30 hrs	3.08 m	-0.26 m			

O zero Imbituba está 3,34 metros acima do zero da régua.

Descrição / Localização da Régua:

Régua de madeira com 6,00 metros de comprimento, pintada nas cores preta e branca, graduada e numerada de 10 em 10 cm, fixada em uma estaca em frente ao trapiche Instalado UFPA.

Coordenadas Aproximadas;

E = 782918 m N = 9836463 m

Os níveis de água apresentados no desenho estão todos em altitude ortométrica.

TUC.SBR-PSB-2024-650-R00.pdf

Documento número #7249e13c-4cd7-4a5b-a802-f7a71f81bc04

Hash do documento original (SHA256): 4a55edf50bf74cbbcb2d63dcb34765d4ada548cbf0bcc0407046dee55d9d4451c

Assinaturas

✓ **RAFAEL MARQUES CARDOSO**
CPF: [REDACTED]
Assinou em 26 nov 2024 às 13:10:55

✓ **Camila de Goes Silva**
CPF: [REDACTED]
Assinou em 26 nov 2024 às 13:34:40

Log

26 nov 2024, 11:12:43	Operador com email TDSR@intertechne.com.br na Conta 95b49d73-c497-4ce7-86fa-dd20740970d8 criou este documento número 7249e13c-4cd7-4a5b-a802-f7a71f81bc04. Data limite para assinatura do documento: 26 de dezembro de 2024 (14:10). Finalização automática após a última assinatura: habilitada. Idioma: Português brasileiro.
26 nov 2024, 11:12:43	Operador com email TDSR@intertechne.com.br na Conta 95b49d73-c497-4ce7-86fa-dd20740970d8 adicionou à Lista de Assinatura: RM@INTERTECHNE.com.br para assinar, via E-mail, com os pontos de autenticação: Token via E-mail; Nome Completo; CPF; endereço de IP. Dados informados pelo Operador para validação do signatário: nome completo RAFAEL MARQUES CARDOSO e [REDACTED]
26 nov 2024, 11:12:43	Operador com email TDSR@intertechne.com.br na Conta 95b49d73-c497-4ce7-86fa-dd20740970d8 adicionou à Lista de Assinatura: CDGS@intertechne.com.br para assinar, via E-mail, com os pontos de autenticação: Token via E-mail; Nome Completo; CPF; endereço de IP. Dados informados pelo Operador para validação do signatário: nome completo Camila de Goes Silva e [REDACTED]
26 nov 2024, 13:10:55	RAFAEL MARQUES CARDOSO assinou. Pontos de autenticação: Token via E-mail RM@INTERTECHNE.com.br. CPF informado: [REDACTED]. Localização compartilhada pelo dispositivo eletrônico: [REDACTED]. URL para abrir a localização no mapa: https://app.clicksign.com/location . Componente de assinatura versão 1.1056.0 disponibilizado em https://app.clicksign.com .
26 nov 2024, 13:34:40	Camila de Goes Silva assinou. Pontos de autenticação: Token via E-mail CDGS@intertechne.com.br. CPF informado: [REDACTED]. Componente de assinatura versão 1.1056.0 disponibilizado em https://app.clicksign.com .
26 nov 2024, 13:34:41	Processo de assinatura finalizado automaticamente. Motivo: finalização automática após a última assinatura habilitada. Processo de assinatura concluído para o documento número 7249e13c-4cd7-4a5b-a802-f7a71f81bc04.



Documento assinado com validade jurídica.

Para conferir a validade, acesse <https://www.clicksign.com/validador> e utilize a senha gerada pelos signatários ou envie este arquivo em PDF.

As assinaturas digitais e eletrônicas têm validade jurídica prevista na Medida Provisória nº. 2200-2 / 2001

Este Log é exclusivo e deve ser considerado parte do documento nº 7249e13c-4cd7-4a5b-a802-f7a71f81bc04, com os efeitos prescritos nos Termos de Uso da Clicksign, disponível em www.clicksign.com.