

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS - UFPel
Centro de Engenharias - CEng
Curso de Geoprocessamento



**MODELAGEM GEOMÉTRICA DO CANAL DE SÃO GONÇALO ATRAVÉS DO
LEVANTAMENTO DE SEÇÕES TOPOBATIMÉTRICAS**

Reginaldo Galski Bonczynski

PELOTAS, 2018

Reginaldo Galski Bonczynski

Modelagem Geométrica do Canal de São Gonçalo Através do Levantamento de Seções Topobatimétricas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Pelotas como um dos pré-requisitos para a obtenção do grau de Tecnólogo em Geoprocessamento.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Felipe Bruch
Coorientador: Prof. Dr. Gilberto Loguercio Collares

PELOTAS
2018

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pela Vida.

A minha esposa Diovana, a minha filha Maria Eduarda e meu Filho Pedro Henrique, pela amizade, amor, dedicação, apoio, incentivo depositados em mim, e pela compreensão nas horas que estive ausente.

Aos meus Pais, Claudio e Lélia, os quais sempre me apoiaram e incentivaram.

A meu orientador Prof. Dr. Alexandre Felipe Brush pela orientação e incentivo.

Aos Prof. Dr. Gilberto Loguercio Collares e Prof. Dra. Viviane Santos Silva Terra pela amizade, cobrança, apoio e incentivo.

Aos demais professores curso de Engenharia Hídrica, os quais sempre me apoiaram.

Aos professores do curso de Geoprocessamento pelo conhecimento técnico.

Ao grupo HidroSedi, professores, bolsistas e voluntários, pela amizade e companheirismo e pela ajuda indispensável na realização das atividades de campo. Ao colega Anderson Noschang que esteve em todas as atividades de campo, necessárias para desenvolvimento deste trabalho.

Aos demais, citados aqui ou não, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

" Todos os rios vão para o mar, e contudo o mar não se enche; ao lugar para onde os rios vão, para ali tornam eles a correr."

Eclesiastes 1:7

Bonczynski, R. G. **Modelagem Geométrica do Canal de São Gonçalo Através do Levantamento de Seções Topobatimétricas**. Trabalho de Conclusão de curso - Tecnólogo em Geoprocessamento – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

RESUMO

O conhecimento da geometria de cursos d'água são de grande importância, tanto para entendimento da sua hidrodinâmica, navegação e necessárias ações de dragagens e também aos estudos de erosão e sedimentação a longo do tempo. Devido a importância do conhecimento da geometria de cursos d'água e a importância da bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo na região sul do Brasil e nordeste do Uruguai, este trabalho teve por objetivo a implantação de seções topobatimétricas ao longo do canal São Gonçalo, as quais permitiu a modelagem geométricas dessas seções. Para obtenção desses dados fez-se a implantação de seções topobatimétricas, que foram materializadas no terreno com marcos de concreto, para a obtenção de coordenadas, fez se o uso de GNSS L1/L2. No levantamento das seções, utilizou-se de estação total para o levantamento da parte seca da seção e ecobatímetro acoplado com GNSS na parte molhada. Outro dado importante alcançado, refere-se as cotas altimétricas obtidas ao longo do curso d'água, que permitiu análise da declividade de fundo do canal, que possibilitará futuras análises de oscilações de níveis da água e do terreno.

Palavras chave: levantamento batimétrico; topografia; geodésia; Canal São Gonçalo.

Abstract

Bonczynski, R. G. **Geometry modeling of São Gonçalo channel using topobathymetric sections surveys.** Course Conclusion Work - Geoprocessing Technologist - Federal University of Pelotas, Pelotas, 2018.

The knowledge regarding open channels are very important, as well as the understanding of hydrodynamics, navigation, needed dragging works, erosion and sedimentation researches over time. Due to the importance of knowing about the geometry of open channels and the importance of Mirim-São Gonçalo basin in south Brazil and northeast Uruguay, this thesis aims to install topobathymetric sections over the São Gonçalo channel, allowing the geometric modeling of its sections. To get the results its needs the installation of topobathymetric sections over the channel using topographic marks made of concrete. To get the coordinates was used a GNSS L1/L2. To survey the dry land was used a total station, as well an echosounder to the wet area. Another important achievement is knowing altimetric data over the channel allowing the analysis of bed slope, something that is going to support further analysis about water level and land level oscillation.

Keywords: Bathymetric surveys; Topography; Geodesy; São Gonçalo channel.

Sumário

1 Introdução	9
2 Referencial Teórico	11
2.1 Levantamentos hidrográficos	11
2.2 Batimetria	11
2.3 Geodésia	12
2.3.1 GNSS	12
2.3.2 Sistema de coordenadas Geográfica	13
2.3.3 Sistema de coordenadas planas	14
2.3.3.1 Projeção UTM (Universal Transverse Mercator)	14
2.4 Posicionamento relativo pós processado	15
3 Área De Estudo	16
4 Materiais E Métodos	20
4.2 Material utilizado	20
4.2.1 Etapa 1 – Levantamento Marcos topográficos	20
4.2.1 Etapa 2 – Levantamento topo batimétrico	20
4.3 Métodos	22
4.3.1 Primeira etapa.....	22
4.3.2 Segunda etapa.....	26
4.3.3 Terceira etapa.....	28
5 Discussão Dos Resultados	28
6 Considerações Finais	35
7 Referências Bibliográficas	37
Apêndices	38

1 Introdução

Os levantamentos hidrográficos são importantes ferramentas para acompanhar a morfologia de fundo de rios, lagos e ambientes oceânicos. Essas informações são de grande importância para projetos de engenharia, como pontes, barragens, estradas, portos e demais obras.

Os levantamentos batimétricos tem evoluído bastante ao longo dos últimos anos, inicialmente sendo realizado com varas ou cordas graduadas para obter profundidades e sextantes ou teodolitos para obtenção da posição. Atualmente se utilizam ecossondas para obtenção da profundidade acopladas a equipamentos de navegação, tipo GNSS, esse, fornecendo a posição. O GNSS sendo utilizado de maneira adequada pode fornecer resultado preciso no posicionamento.

O conhecimento da geometria dos cursos d'água são de grande importância, tanto para navegação, quanto para atividades de dragagem e estudos de erosão e sedimentação. Outro dado importante são referentes as cotas altimétricas, levantadas na extensão dos cursos fluviais e canais, os quais possibilita um melhor acompanhamento das oscilações de nível d'água ao longo do tempo.

Visto a importância dos levantamentos batimétricos, uma das bacias hidrográficas mais importantes do sul do Brasil e nordeste do Uruguai é a bacia Hidrográfica Mirim - São Gonçalo. Esta bacia está localizada na região sudeste do estado do Rio Grande do Sul e nordeste do Uruguai. Apresenta uma superfície de aproximadamente 62.250 km², dos quais 29.250 km² (47%), em território brasileiro e 33.000 km² (53%) em território uruguaio, constituindo uma bacia transfronteiriça, onde prevalece o regime de águas compartilhadas, segundo a ALM (2018).

O canal São Gonçalo, caracteriza-se por ser o responsável pelo total deflúvio do complexo hidrográfico Mirim-São Gonçalo, sendo seu único escoadouro (BIOSFERA, 2014). A sua largura média é de 250 metros, com profundidades podendo chegar a 15 metros. A cota mínima chega a -14,37 metros em relação ao nível médio do mar.

Sendo assim, devido a importância que os levantamentos batimétricos impõe para a determinação da geometria de rios e canais, somado a importância que a bacia hidrográfica Mirim - São Gonçalo tem para a região, definiu-se o objetivo desta pesquisa como a modelagem geométrica do canal de São Gonçalo através do levantamento de seções topobatimétrica. Com uma base de dados consistentes,

poder-se-á, posteriormente realizar novos estudos na região, de significativa importância para o desenvolvimento regional e transfronteiriço.

2 Referencial Teórico

2.1 Levantamentos hidrográficos

Segundo Correa (2012), os trabalhos hidrográficos podem ser definidos como sendo os levantamentos topográficos efetuados para a obtenção da posição de pontos em leitos de água tais como rios, lagos, lagoas e ambientes oceânicos. Os objetivos principais é o conhecimento da morfologia de fundo destes ambientes para a construção de cartas náuticas bem como para a planificação e controle de projetos de engenharia como pontes, túneis, barragens, portos e outros trabalhos relacionados à engenharia.

Na NORMAM 25, ano 2017, 2ª revisão, os Levantamento Hidrográfico (LH) são desenvolvidos em conjunto com atividades executadas na obtenção de dados batimétricos, geológicos, maregráficos, fluviométricos, topo-geodésicos, oceanográficos e geofísicos, em áreas marítimas, fluviais, lacustres e em canais naturais ou artificiais, navegáveis ou não, que não tenham como finalidade a pesquisa pura e a investigação científica, assuntos tratados pelo Decreto nº 96.000, de 2 de maio de 1988.

2.2 Batimetria

O termo batimetria é descrito no dicionário como a ciência do mensuramento da profundidade das massas de água (oceanos, mares, lagos etc.) para determinação da topografia do seu leito. De acordo com Correa (2012), o levantamento batimétrico consiste, basicamente, na obtenção de um conjunto de pontos distribuídos, de forma homogênea, por todo a área do reservatório, do fundo oceânico ou da seção do rio referente ao projeto em estudo, de maneira que toda a área estudada seja coberta. Cada ponto obtido deverá apresentar três coordenadas, sendo as duas primeiras referentes a localização do ponto em relação a coordenadas geográficas e a terceira referente a profundidade naquele ponto.

Para Resck et al. (2007), a batimetria é uma ferramenta de suma importância para o conhecimento das características morfométricas de corpos-d'água, possibilitando a elaboração de cartas batimétricas, as quais facilitam o entendimento da estrutura e do funcionamento dos ambientes aquáticos. Esses mapas constituem um importante subsídio para a realização de estudos sobre a evolução de assoreamento, qualidade da água e ictiofauna, entre outros. O conjunto dessas

informações tornam-se de grande valia no direcionamento de ações de conservação de corpos-d'água.

A batimetria ao passar dos anos teve uma significativa evolução, inicialmente os levantamentos batimétricos eram realizados com uma vara ou corda graduada, que ao ser inserida no corpo d'água, obtinha-se a medida de profundidade, e o posicionamento dava-se com o uso de cestante, teodolitos ou cabos de aço fixo nas margens. Atualmente o método mais empregado é o acústico, onde, o equipamento básico para transmissão de som para o interior de um corpo d'água é denominado de eco-sonda (COOKE, 2007).

Segundo Cooke (2007), esses equipamentos são compostos de um transmissor, um transdutor, um receptor/amplificador, uma base de tempo e um monitor. A base de tempo gera um sinal elétrico para ligar o transmissor, o qual produz um pulso de frequência e duração conhecidos para energizar o transdutor. A energia elétrica é convertida pelo transdutor em energia acústica que é transmitida para a água. Os "ecos" destes objetos retornam e são convertidos em energia elétrica pelo processo reverso do transdutor. Para cada pulso são processados os sinais de retorno ou ecos, e disponibilizados na forma de uma "imagem", cuja origem é acústica, que representa a disposição dos alvos detectados ao longo da propagação do som. O registro dos sinais acústicos se chama ecotraço, e corresponde à representação gráfica da energia dos alvos, O resultado da sequência de impressão de ecotraços é chamado de ecograma.

2.3 Geodésia

2.3.1 GNSS

Conceitualmente, a Geodésia é a ciência que se ocupa das determinações da dimensão, formas e gravidade da terra (IBGE). Tecnicamente, a Geodésia foi difundida a partir do desenvolvimento de sistemas de posicionamento e navegação por satélite, sendo na atualidade de suma importância para as atividades econômicas e científicas.

Os posicionamentos e navegação por satélite, foram enquadrados no termo GNSS, do inglês *Global Navigation Satellite System*, sendo concebida em 1991 durante a 10ª Conferência de Navegação Aérea. Na atualidade existem quatro

sistemas de navegação por satélites, entre os quais NAVISTAR-GPS sistema norte americano, mais conhecido como GPS *Global Positioning System*, GLONASS *Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya* sistema Russo, COMPASS/BEIDU *Chinas Compass Navigation Satellite System* sistema chinês e o sistema europeu denominado GALILEU (SILVA, 2015). Os dois primeiros em pleno funcionamento.

A constelação do sistema GPS conta com 24 satélites, sendo 21 em operação e 3 reservas, já o sistema GLONASS, opera com os 24 satélites (SILVA, 2015).

A tecnologia GNSS permite determinar a posição precisa de um ponto através da recepção de informações de pelo menos quatro satélites. Essas distâncias são determinadas pelo intervalo de tempo que o sinal emitido pelo satélite leva para chegar até o receptor. O tempo é medido por relógios atômicos de alta precisão que estão a bordo dos satélites (BRUCH, 2018).

Segundo Mônico (2008) e Sebem *et al.* (2010), os receptores de GNSS quanto a aplicação, podem ser classificados em:

- Navegação - onde as coordenadas são fornecidas em tempo real, com precisão de posicionamento de 3 a 10 metros com o código de degradação, e 0,3 a 1 metros sem o código de degradação;

- Topográficos – Utilizam a fase portadora L1 e o código C/A. Quando o rastreo for realizado em modo relativo, é possível obter um posicionamento preciso. Isso é possível apenas se a distância entre o local de rastreo e a base de referência não superar os 20 km;

- Geodésicos – São receptores de dupla frequência (L1/L2), com isso, sofrem uma menor interferência da degradação do sinal na ionosfera. Após o pós processamento podem ter precisões na ordem de 5mm + 1ppm, podem ser ajustados com linhas de base maiores de 20km.

Os GNSS, obtém resultados precisos, desde que utilizados de maneira adequada e realizado o pós processamento corretamente. Com isso, servem de apoio para levantamentos topográficos (DAL'FORNO *et al.*, 2009; BRUCH, 2018).

2.3.2 Sistema de coordenadas Geográfica

No sistema de coordenadas geográficas, cada ponto da superfície terrestre é localizado na interseção de um meridiano com um paralelo. Num modelo esférico os meridianos são círculos máximos cujos planos contêm o eixo de rotação. Já num modelo elipsoidal os meridianos são elipses definidas pelas interseções, com o

elipsoide, dos planos que contêm o eixo de rotação. Meridiano de origem é aquele que passa pelo antigo observatório britânico de Greenwich, escolhido convencionalmente como a origem (0°) das longitudes sobre a superfície terrestre e como base para a contagem dos fusos horários. A leste de Greenwich os meridianos são medidos por valores crescentes até $+180^\circ$. A oeste, suas medidas decrescem até o limite de -180° .

Tanto no modelo esférico como no modelo elipsoidal os paralelos são círculos cujo plano é perpendicular ao eixo dos pólos. O Equador é o paralelo que divide a Terra em dois hemisférios (Norte e Sul) e é considerado como o paralelo de origem (0°). Partindo do equador em direção aos pólos tem-se vários planos paralelos ao equador, cujos tamanhos vão diminuindo até que se reduzam a pontos nos pólos Norte ($+90^\circ$) e Sul (-90°).

Longitude de um lugar qualquer da superfície terrestre é a distância angular entre o lugar e o meridiano inicial ou de origem, contada sobre um plano paralelo ao equador.

Latitude é a distância angular entre o lugar e o plano do Equador, contada sobre o plano do meridiano que passa no lugar.

2.3.3 Sistema de coordenadas planas

O sistema de coordenadas planas, também conhecido por sistema de coordenadas cartesianas, baseia-se na escolha de dois eixos perpendiculares, geralmente os eixos horizontal e vertical, cuja intersecção é denominada origem, estabelecida como base para a localização de qualquer ponto do plano. Nesse sistema, um ponto é representado por um par de números reais, um representa a projeção sobre o eixo horizontal (x), e outro representa a projeção sobre o eixo vertical (y).

2.3.3.1 Projeção UTM (Universal Transverse Mercator)

Suas principais características são:

A superfície de projeção é um cilindro transversal e a projeção é conforme;

O meridiano central da região de interesse, o equador e os meridianos situados a 90° do meridiano central são representados por retas;

Os outros meridianos e os paralelos são curvas complexas;

A escala aumenta com a distância em relação ao meridiano central, tornando-se infinita a 90° do meridiano central;

como a Terra é dividida em 60 fusos de 6° de longitude, o cilindro transversal adotado como superfície de projeção assume 60 posições diferentes, já que seu eixo mantém-se sempre perpendicular ao meridiano central de cada fuso;

Aplica-se ao meridiano central de cada fuso um fator de redução de escala igual a 0,9996, para minimizar as variações de escala dentro do fuso;

Duas linhas aproximadamente retas, uma a leste e outra a oeste, distantes cerca de $1^\circ 37'$ do meridiano central, são representadas em verdadeira grandeza. (Introdução à Ciência da Geoinformação) INPE.

2.4 Posicionamento relativo pós processado

No posicionamento relativo, utiliza-se pelo menos dois receptores GNSS, onde o móvel (rover) é corrigido em relação a um referencial base de coordenadas conhecidas, ambos devem estar rastreando no mesmo instante de tempo (SILVA, 2015; MONICO, 2008). O tempo de rastreio do ponto a ser levantado depende do comprimento da linha de base, conforme INCRA (2013).

Tabela 1. Características técnicas para posicionamento relativo estático

Linha de Base	Tempo de Mínimo (Minutos)	Equipamento Utilizado	Solução da Ambiguidade	Efemérides
00 – 10 km	20	L1 ou L1/L2	Fixa	Transmitidas ou Precisas
10 – 20 km	30	L1/L2	Fixa	Transmitidas ou Precisas
10 – 20 km	30	L1	Fixa	Transmitidas ou Precisas
20 – 100 km	120	L1/L2	Fixa ou Flutuante	Transmitidas ou Precisas
100 – 500 km	240	L1/L2	Fixa ou Flutuante	Precisas
500 – 1000 km	480	L1/L2	Fixa ou Flutuante	Precisas

Fonte: INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária– Manual técnico de posicionamento, 1^o edição, 2013.

3 Área De Estudo

A Bacia Hidrográfica Mirim São Gonçalo está localizada na região sudeste do estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas 31°30' e 34°35' de latitude sul e entre as coordenadas 52°10' e 55° 15' de longitude Oeste (Figura 1). Apresenta uma superfície de aproximadamente 62.250 km², dos quais 29.250 km² (47%), em território brasileiro e 33.000 km² (53%) em território uruguaio, constituindo uma bacia transfronteiriça, onde prevalece o regime de águas compartilhadas, segundo a ALM (2018).

A Lagoa Mirim, como corpo de água principal da bacia, possui uma área aproximada de 3.749 km², uma extensão de 185 km e uma largura média de 20 km, estando ligada à Lagoa dos Patos através do Canal São Gonçalo, o qual, por sua vez, apresenta uma extensão de 76 km. Está dividida em oito bacias hidrográficas menores que são: no lado brasileiro, a bacia do São Gonçalo (9.147 km²) cujo principal afluente é o Rio Piratini, a bacia do Arroio Grande (4.080 km²) que incorpora, dentre outros, o próprio Arroio Grande e o Arroio Chasqueiro e a bacia do Litoral (6.416 km²), onde

estão localizados o Banhado do Taim e a Lagoa Mangueira, entre outras menores; no lado uruguaio, a bacia do Tacuari (5.143 km²), a bacia do Cebollati (17.328 km²), a bacia do Sarandi (1.266 km²) e a bacia do São Miguel (6933 km²) – integrada pelo São Miguel e por outros arroios de menor expressão; na divisa entre o Brasil e o Uruguai, está a bacia do Rio Jaguarão, com 8.188 km².

O Canal São Gonçalo caracteriza-se por ser o responsável pela totalidade do deflúvio do Complexo Hidrográfico Mirim, sendo seu único escoadouro (BIOSFERA, 2014). De origem natural, este canal pode ser descrito como sinuoso, com suas larguras variando entre 200 e 300m e possuindo profundidade de até 10m (BURNS, 2010), apresentando baixa variação de nível por influência de amplitude de marés, 0,47m em média por ano (HARTMANN e SCHETTINI, 1991).

A Bacia hidrográfica Mirim São Gonçalo abrange as províncias geomorfológicas Planície Costeira e Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense. O Escudo é formado por rochas ígneas, metamórficas e sedimentares com idades variando entre o Proterozóico e o Fanerozóico. De maneira geral, os terrenos do Escudo foram intensamente arrasados pelos processos de intemperismo, restando na paisagem apenas formas resíduas, como morros e colinas. Já a Planície Costeira, foi formada por sucessos eventos de regressão e transgressão marinha, constituindo quatro sistemas deposicionais do tipo Laguna/Barreira, com idades variando entre o pleistoceno e o Holoceno (TOMAZELLI e VILLWOCK, 2003). Segundo Buchmann *et al.* (2009), a Lagoa Mirim está assentada sobre os terrenos da barreira Pleistocênica 2, sendo parte marcante dos eventos regressivos e transgressivos (BUCHMANN *et al.*, 2009).

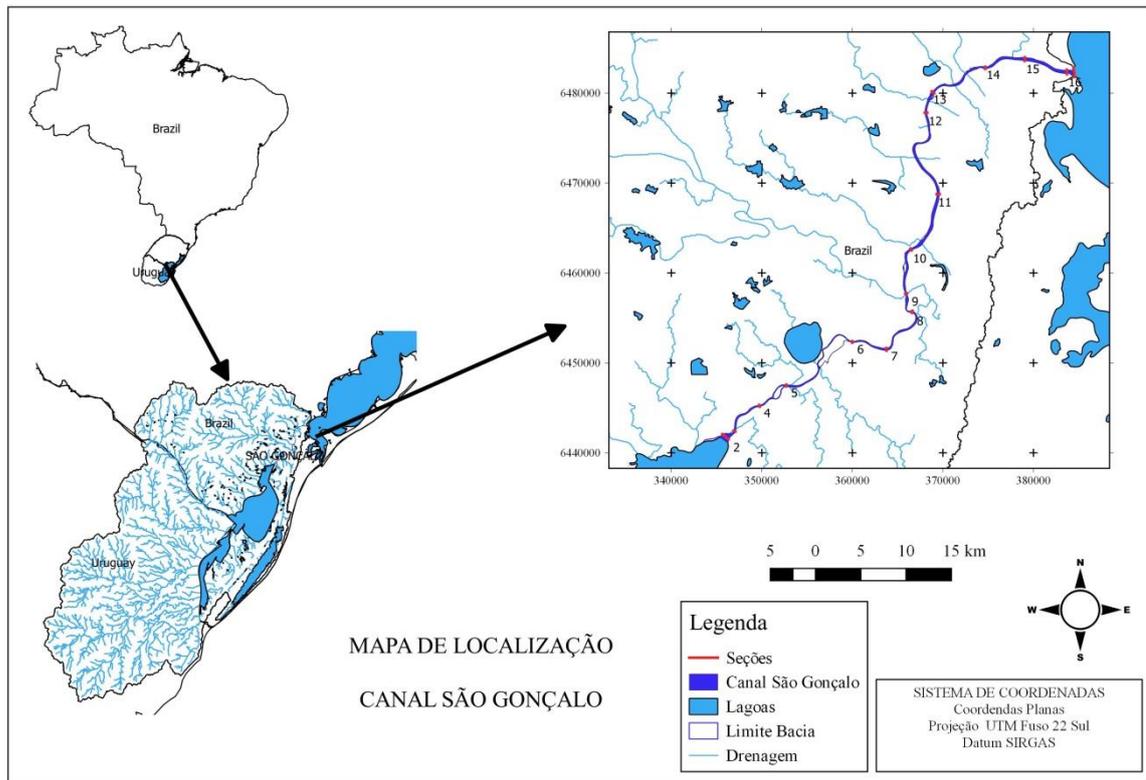


Figura 1: Localização da área de estudo

O presente estudo foi realizado desde a desembocadura da Lagoa Mirim 6441137 de latitude e 345072 de longitude até a foz do Canal São Gonçalo na Lagoa dos Patos 6484191 de latitude e 385001 de longitude, ambos relacionados a o sistema de referência SIRGAS UTM fuso 22S.

As seções topo batimétricas, foram localizadas estrategicamente, conforme descrito na Tabela 2:

Tabela 2: localização das seções topo batimétricas.

Ponto (Marco)	Coordenada Norte	Coordenada Leste	Altitude Ortométrica	Largura seção	DESCRIÇÃO
2 MD	6441491,8	346326,69	2,03	888,37	Desembocadura Lagoa Mirim
2 ME	6442068,42	345650,88	3,83		Desembocadura Lagoa Mirim
3 ME	6442445,81	346894,69	2,89	206,50	Início Canal São Gonçalo
3 MD	6442354,93	347080,12	2,11		Início Canal São Gonçalo
4 ME	6445306,32	349704,71	4,49	199,94	Vila de Santa Isabel
4 MD	6445117,21	349769,61	2,85		Vila de Santa Isabel
5 ME	6447570,41	352712,63	3,53	189,68	Jusante Ilha Pequena
5 MD	6447381,52	352695,36	2,91		Jusante Ilha Pequena
6 ME	6452401,44	360011,12	2,35	159,58	Jusante Ilha Grande
6 MD	6452242,57	359996,07	3,29		Jusante Ilha Grande
7 ME	6451640,70	363750,31	2,62	281,68	Montante Captação água de Rio Grande
7 MD	6451360,76	363781,54	2,48		Montante Captação água Rio Grande
8 ME	6455554,00	366599,23	1,84	232,69	Montante Rio Piratini
8 MD	6455783,16	366639,60	2,47		Montante Rio Piratini
9 MD	6457723,60	366033,66	2,31	205,13	Jusante Rio Piratini
9 MD	6457727,54	366046,95	2,12		Jusante Rio Piratini
10 MD	6462513,44	366554,93	1,62	234,31	Jusante do Canal do Pavão
10 ME	6462712,86	366431,92	1,89		Jusante do Canal do Pavão
11 ME	6468761,44	369331,66	2,05	316,46	11km a montante da barragem Eclusa
11 MD	6468760,28	369648,11	1,52		11km a montante da barragem Eclusa
12MD	6477795,85	368283,27	1,98	266,21	Montante Barragem Eclusa
12 MD	6477825,21	368277,11	1,99		Montante Barragem Eclusa
13 ME	6480196,88	368773,37	1,28	346,06	Jusante Barragem Eclusa
13 MD	6479976,20	369039,95	1,57		Jusante Barragem Eclusa
14 MD	6482929,83	374687,46	3,53	235,56	Campus Porto UFPel
14 MD	6482939,54	374686,86	3,92		Campus Porto UFPel
15 MD	6483581,74	379043,79	1,53	402,23	Jusante Arroio Pelotas
15 ME	6483983,68	379059,24	1,23		Jusante Arroio Pelotas
16 MD	6482110,14	383710,25	1,41	488,87	Pontal da Barra
16 ME	6482598,55	383689,03	1,76		Pontal da Barra
17 ME	6482862,05	384444,26	1,68	1075,39	Desembocadura Canal São Gonçalo na Lagoa dos Patos
17 MD	6481792,81	384559,09	2,47		Desembocadura Canal São Gonçalo na Lagoa dos Patos

4 Materiais E Métodos

4.2 Material utilizado

4.2.1 Etapa 1 – Levantamento Marcos topográficos

Para o presente trabalho, no levantamento de campo foi utilizado um par de receptores GNSS marca Ashtech modelo ProMark 500 de dupla frequência L1/L2, tripé, bastão e trena. No processamento dos dados foi utilizado o software GNSS Solutions.

4.2.1 Etapa 2 – Levantamento topo batimétrico

No levantamento topo batimétrico, para levantamento da seção transversal na parte seca, compreendida entre o marco topográfico e o nível d'água, foi utilizado estação total Marca LEICA modelo TS 02, com precisão angular de 3" e precisão na distancia de 2mm +2ppm

Na parte molhada, ecobatimetria, compreendida entre o nível d'água margem direita/margem esquerda utilizou-se ecossonda Marca SOUTH modelo SDE-28S, acoplado a um transdutor com frequência de 200 kHz, instalado a bombordo da embarcação (Figura 2). O conjunto pode executar a tarefa de coleta de dados batimétricos por emissão de sons hidroacústicos em um canal com profundidades entre 0,39m e 300m. O mesmo equipamento também possui dois softwares instalados, Power Nav (Figura 3) e o SDE-28S (Figura 4), o qual faz se necessário para a coleta dos pontos (SOUTH, 2014).

Juntamente a sonda utilizou-se um receptor GNSS marca Ashtch modelo proMark 500, conforme figura 2. O receptor GNSS fornece as informações de posicionamento X, Y, enquanto a sonda fornece informações de profundidade.



Figura 2: Conjunto equipamento para levantamento batimétrico.

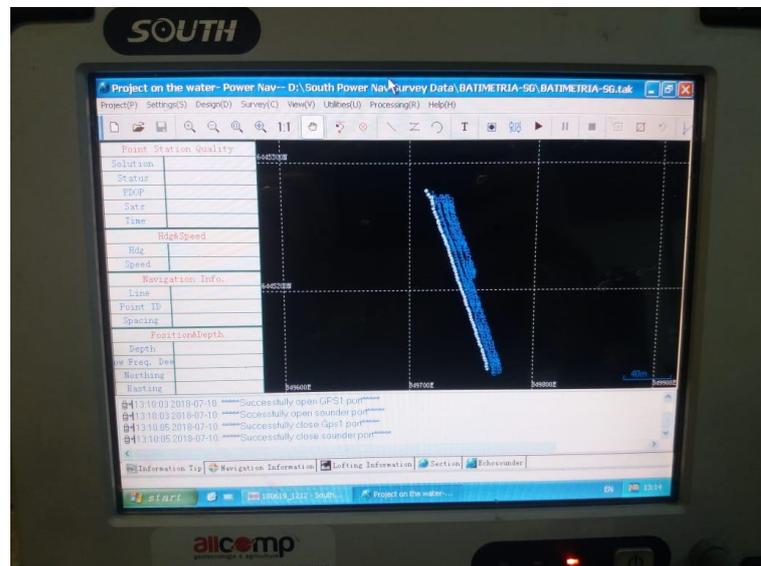


Figura 3: Software Power Nav.

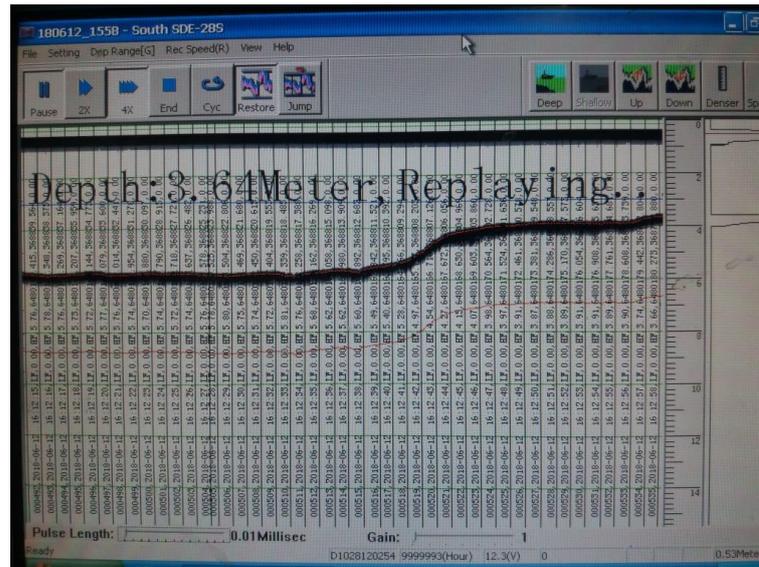


Figura 4: Software SDE-28S.

No software SDE-28S (Figura 4), podemos observar o ecograma, onde, cada linha vertical representa uma dado coletado, com posição, X e Y e profundidade.

Na navegação foi utilizada uma lancha de alumínio de 19 pés, RIMA I, com motor de popa de 75hp marca Mercury e lancha de alumínio modelo Karib 500, ALM I, com motor de popa de 40hp marca Sailor.

4.3 Métodos

4.3.1 Primeira etapa.

A primeira etapa do trabalho foi executada nos meses de março, abril e maio de 2018.

Em cada seção, instalou-se dois marcos topográficos com 0,60 m de comprimento. Com 0,5 m sob o solo e 0,10 m acima da superfície do solo (Figura 5).



Figura 5: Rastreamento marco com GNSS.

Para realizar o ajustamento do posicionamento das coordenadas dos marcos de cada seção, foram utilizados 4 pontos base de referência (figura 6):

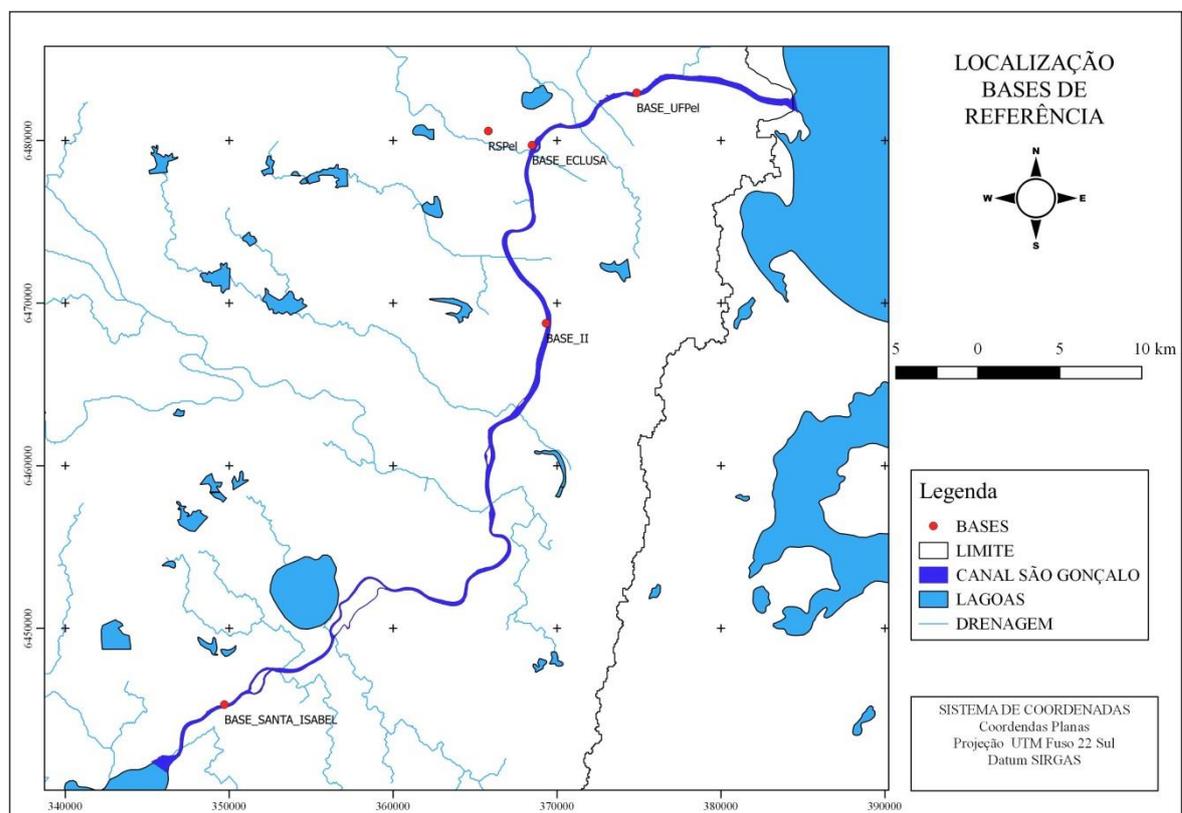


Figura 6: Localização das bases de referência.

A base 1, foi implantada em um terreno da UFPel na vila de Santa Isabel, município de Arroio Grande. A base 2, foi implantada a 11 km a montante da barragem

Eclusa, município de Pelotas, RS. A base 3, foi implantada na barragem Eclusa, município de Pelotas, RS. A base 4, foi implantada no Campus Porto da UFPel, município de Pelotas, RS (Figura 7).



Figura 7: Base de referência para ajustamento dos pontos.

Para a obtenção das coordenadas das bases, foi realizado o rastreamento com o GNSS de dupla frequência (L1/L2) com no mínimo 6 horas para cada ponto, com intervalo de registro de 1 segundo, após a obtenção dos dados de rastreamento, foi realizado o processamento dos mesmos. Para o Processamento dos pontos Base, foi utilizado como referência a estação da rede RBMC do IBGE, estação RSPEL(Pelotas).

Os dados brutos do rastreamento foram importados para o *software* GNSS Solutions, juntamente com os dados da estação RSPEL da rede RBMC, onde realizou-se o processamento das coordenadas das estações base. No levantamento geodésico foi utilizado o sistema de referência de coordenadas SIRGAS fuso 22S.

Com a implantação dos marcos em cada seção, foi realizado o rastreamento dos mesmos com GNSS. Para os pontos das seções 02 a 07, utilizou-se como base do GNSS o marco localizado na vila de Santa Isabel. Nas seções de 08 a 10 foi utilizado como base o Marco localizado a 11km a montante da barragem Eclusa. Nas seções de 11 a 13 foi utilizado como base o Marco localizado na Eclusa. Nas seções de 14 a 16 foi utilizado como base o marco localizado no Campus Porto da UFPel, conforme tabela 3.

Tabela 3: Localização das bases de referência

Seções	Base	Coordenadas UTM – Fuso 22S	Sigmas	Altitude elipsoide (m)	Sigmas	Ondulação Geoidal	Altitude Ortométrica (m)
2 - 7	Santa Isabel	349704,710m E	-0,002	13,838	0,001	9,35	4,488
		6445306,321 N	-0,003				
8 - 10	Base II	369331,6550m E	-0,006	11,023	0,000	8,97	2,053
		6468761,439m N	0,000				
11 - 13	Eclusa	368471,0480m E	-0,002	12,456	-0,005	9,05	3,406
		6479714,2863m N	-0,004				
14 - 16	Porto - UFPel	374856,1170m E	0,000	12,306	0,000	8,86	3,446
		6482937,3195m N	-0,002				

Após posicionar o GNSS 1 na base, posicionou o GNSS 2 no ponto a ser levantado. O tempo de rastreamento de cada ponto foi de no mínimo 30 minutos, conforme recomendado pelo NCRA (Tabela 1).

Com os dados do GPS de cada seção levantados em campo, a próxima etapa a ser realizada foi de processamento dos pontos em relação à base determinada. Para isso foi utilizado o *software* GNSS Solutions. Os dados brutos de cada ponto do rastreamento foram importados para o *software*, juntamente com os dados da respectiva base, realizando o processamento das coordenadas de cada ponto.

Com os pontos processados no GNSS solutions, obteve-se as coordenadas de X, Y e Z elipsoidal (h), a qual foi convertida em altitude ortométrica (H), utilizando a seguinte equação:

$$H=h-N$$

onde,

H - altitude ortométrica;

h - altitude elipsoidal;

N - altura geoidal.

Ou seja, conforme a figura 8.

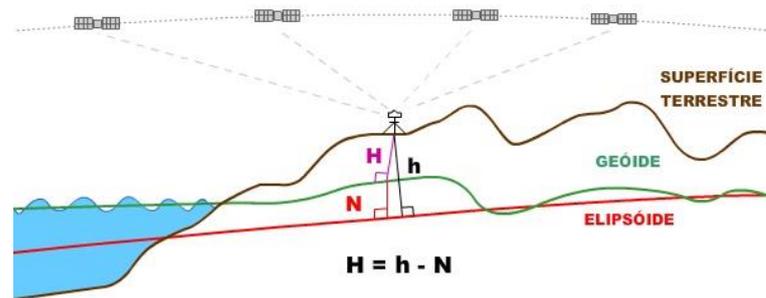


Figura 8: Superfícies de referências em levantamentos topográfico e geodésicos.

Fonte: IBGE

A ondulação geoidal de cada ponto foi obtida através modelo geoidal MAPGEO 2015, disponível para download site do IBGE.

4.3.2 Segunda etapa.

A segunda etapa do trabalho foi realizado nos meses de maio, junho e julho de 2018.

Após obter as coordenadas processadas, dos marcos de cada seção, foi realizada a segunda etapa do trabalho de campo. Nessa etapa, realizou paralelamente o levantamento topográfico e batimétrico de cada seção.

O levantamento topográfico consistiu em instalar a estação total sobre um o marco (Figura 9) e visar a Ré no outro marco da seção, ambos com coordenadas conhecidas. Utilizamos o método da irradiação para obter as coordenadas de cada ponto, iniciou o trabalho de levantamento da parte seca da seção, objetivando obter as coordenadas X, Y e Z de cada mudança de cota do terreno até o nível d'água. A cota do nível d'água, foi obtida com o levantamento topográfico.



Figura 9: Instalação da estação total sobre marco.

No levantamento batimétrico, o transdutor foi instalado a bordo da embarcação RIMA I, na mesma posição do transdutor foi posicionada a antena do receptor GNSS (Figura 2), com isso, evitando a necessidade de correção da posição do GNSS em relação ao transdutor.

O ecobatímetro SDE-28S utiliza dois *softwares* para configurar os parâmetros, visualizar e gravar os dados, sendo eles, *EchoSounder* e *Power Nav*. No *software EchoSounder*, realiza-se a configuração da velocidade do som (temperatura e salinidade da água tem influência diretamente), profundidade do transdutor, intensidade do sinal, faixa de profundidade que o ecobatímetro irá trabalhar. No *software Power Nav*, faz-se os ajustes do intervalo de coleta, parâmetros geodésicos (elipsóide, projeção), tipo de receptor GNSS, tipo de ecossonda. Os dois *softwares* trabalham paralelamente.

Para ajustar a velocidade do som emitido pelo transdutor, existem dois métodos: Primeiro método, mede-se a temperatura e a salinidade d'água no local de estudo, pois, com esses dados o *software* calcula a velocidade do som. O segundo método, onde, insere-se a profundidade medida pelo transdutor e a profundidade medida diretamente através de uma trena ou corda graduada, com esses valores o *software* calcula a velocidade do som adequada.

Durante o levantamento batimétrico das seções, o barco se deslocou com velocidade média de 5 km.h⁻¹, o ecobatímetro juntamente com o GNSS foram configurados para coletar pontos a cada 1 segundo.

Juntamente com o levantamento batimétrico, foi realizada a aferição da ecossonda, em pontos aleatórios e com diferentes profundidades. Com o barco ancorado, foi medida a profundidade com o uso de um guincho hidrométrico e lastro de 15kg, ou mira graduada, e comparado com a medida obtida na ecossonda no mesmo local, conforme figura 10.

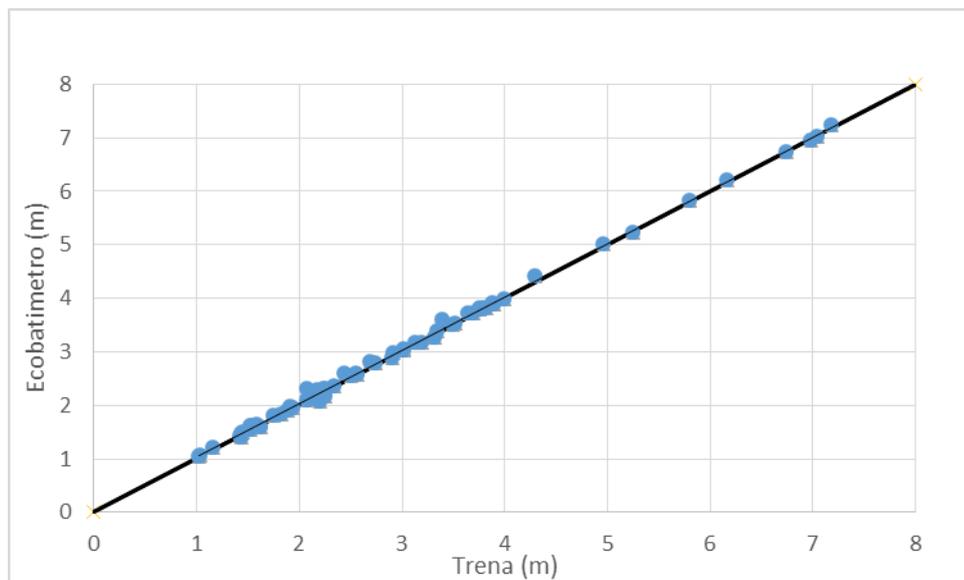


Figura 10: comparação da dados de profundidade ecobatímetro x trena.

4.3.3 Terceira etapa

Com o trabalho de campo concluído, a terceira etapa realizada em laboratório consistiu em unir os dados de geodesia, topografia e batimetria, e gerar os respectivos perfis topo batimétricos de cada seção.

5 Discussão dos Resultados

A densidade de pontos amostrados nas seções estão representados graficamente na figura 11. A densidade média dos pontos amostrados foi de 1,46 metros nas seções. Na seção S17, a distância entre os pontos amostrados foi 2,68 metros, esta por ser uma seção com maior largura e profundidades baixas,

aproximadamente 50% da seção foi realizado com levantamento topográfico, resultando em um espaçamento maior entre as amostras.

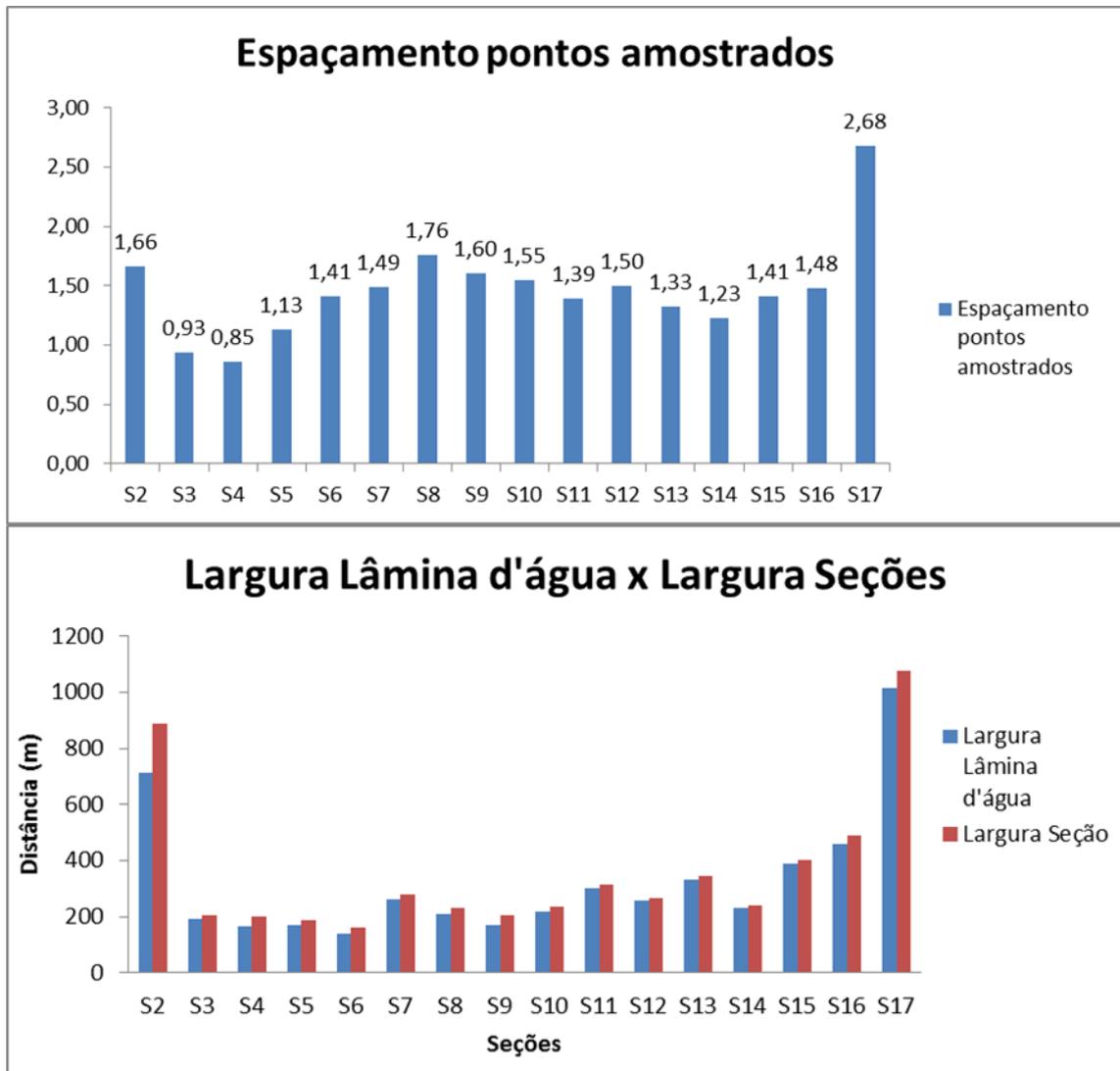


Figura 11: Espaçamento entre pontos amostrados x Largura seção

Nas seções Levantadas obtivemos os seguintes resultados:

Na Seção 01, na realização do levantamento geodésico, o GNSS, por algum problema, não armazenou os dados, com isso, nessa seção não foi realizado o levantamento topo batimétrico. Nas seções S02 a S17 os resultados estão representados na tabela 4.

Tabela 4: Resultados levantamento topobatimétrico.

Seção	Coordenada Norte	Coordenada a Leste	Altitude Ortométrica (m)	Largura seção (m)	Largura superfície molhada (m)	Prof. Máxima (m)	Cota mínima (m)
2 MD	6441491,8	346326,69	2,03	888,37	712,55	4,55	-3,53
2 ME	6442068,42	345650,88	3,83				
3 ME	6442445,81	346894,69	2,89	206,50	193,62	10,78	-9,77
3 MD	6442354,93	347080,12	2,11				
4 ME	6445306,32	349704,71	4,49	199,94	166,74	9,52	-8,61
4 MD	6445117,21	349769,61	2,85				
5 ME	6447570,41	352712,63	3,53	189,68	168,49	15,3	-14,37
5 MD	6447381,52	352695,36	2,91				
6 ME	6452401,44	360011,12	2,35	159,58	139,89	13,32	-12,08
6 MD	6452242,57	359996,07	3,29				
7 ME	6451640,70	363750,31	2,62	281,68	262,73	6,88	-5,65
7 MD	6451360,76	363781,54	2,48				
8 ME	6455554,00	366599,23	1,84	232,69	209,11	8,91	-7,81
8 MD	6455783,16	366639,60	2,47				
9 MD	6457723,60	366033,66	2,31	205,13	168,98	10,25	-9,20
9 MD	6457727,54	366046,95	2,12				
10 MD	6462513,44	366554,93	1,62	234,31	216,97	9,64	-8,63
10 ME	6462712,86	366431,92	1,89				
11 ME	6468761,44	369331,66	2,05	316,46	303,52	8,47	-7,57
11 MD	6468760,28	369648,11	1,52				
12MD	6477795,85	368283,27	1,98	266,21	255,27	8,23	-7,31
12 MD	6477825,21	368277,11	1,99				
13 ME	6480196,88	368773,37	1,28	346,06	333,43	6,86	-6,00
13 MD	6479976,20	369039,95	1,57				
14 MD	6482929,83	374687,46	3,53	235,56	232,01	7,17	-6,60
14 MD	6482939,54	374686,86	3,92				
15 MD	6483581,74	379043,79	1,53	402,23	388,14	6,44	-5,76
15 ME	6483983,68	379059,24	1,23				
16 MD	6482110,14	383710,25	1,41	488,87	457,58	6,18	-5,49
16 ME	6482598,55	383689,03	1,76				
17 ME	6482862,05	384444,26	1,68	1075,3 9	1014,01	6,59	-5,90
17 MD	6481792,81	384559,09	2,47				

A cota mínima está relacionada ao nível médio do mar. Os Perfis de cada seção constam nas figuras 12 a 27.

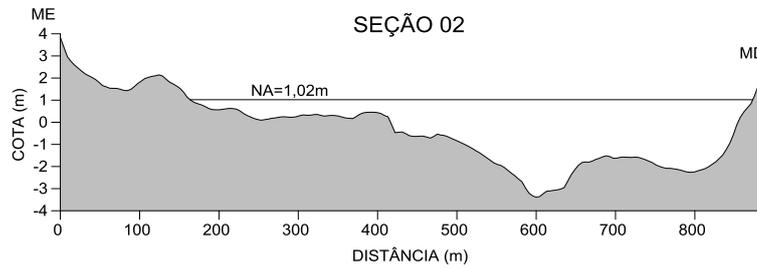


Figura 12: Seção 02

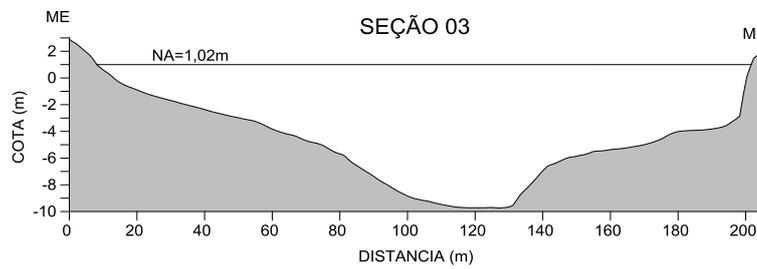


Figura 13: Seção 03.

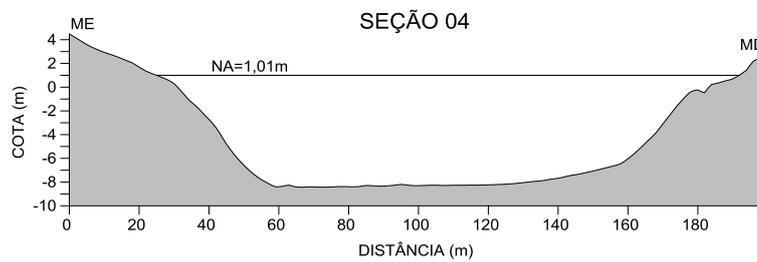


Figura 14: Seção 04

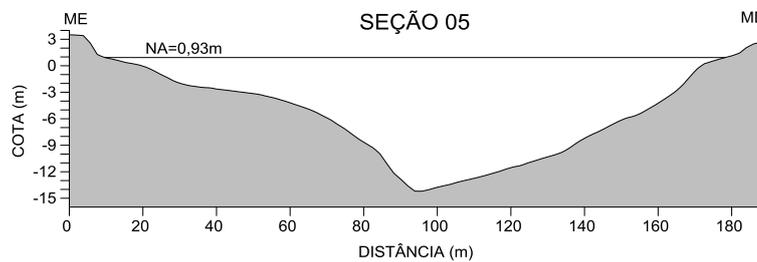


Figura 15: Seção 05.

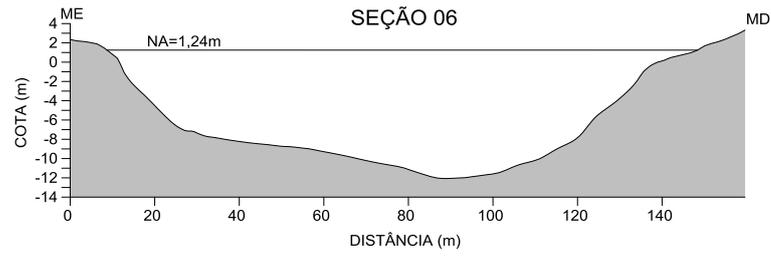


Figura 16: Seção 06.

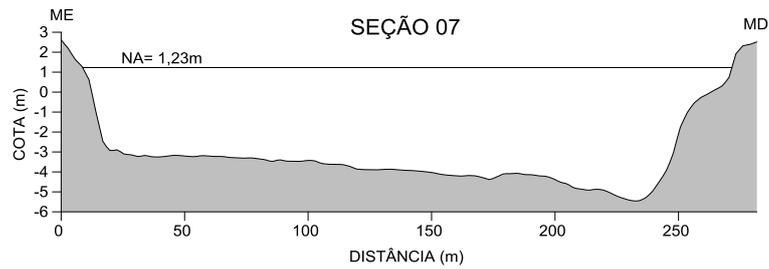


Figura 17: Seção 07.

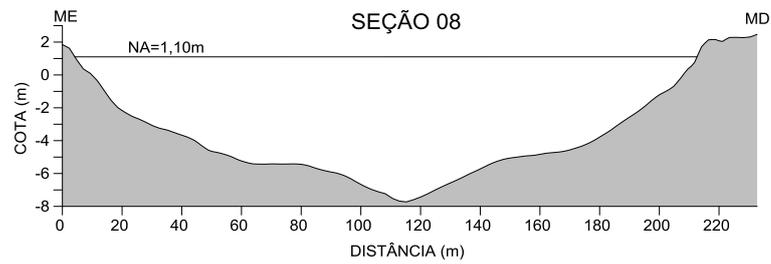


Figura 18: Seção 08.

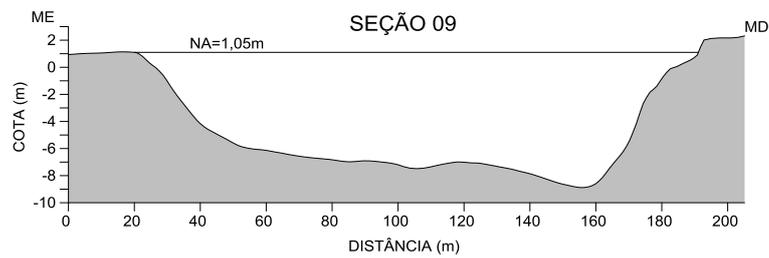


Figura 19: Seção 09.

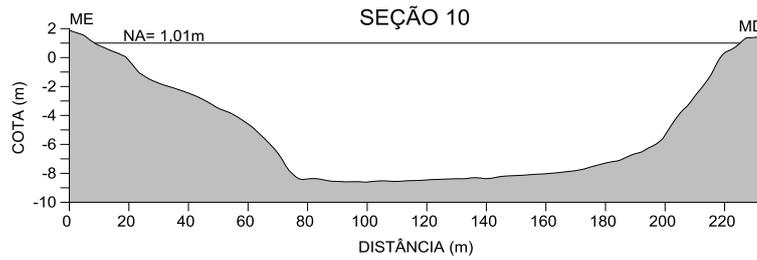


Figura 20: Seção 10.

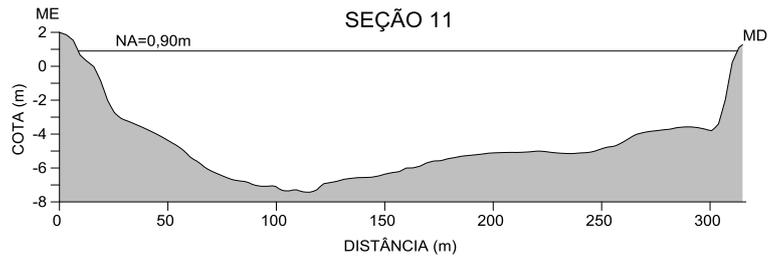


Figura 21: Seção 11.

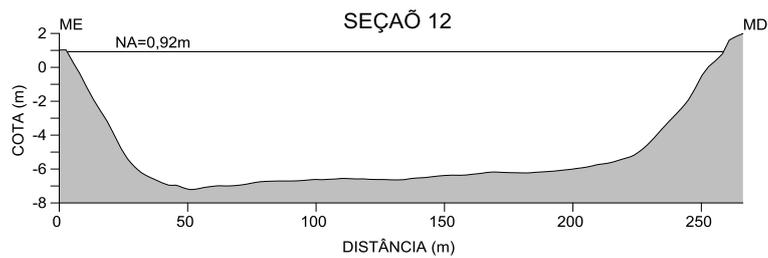


Figura 22: Seção 12.

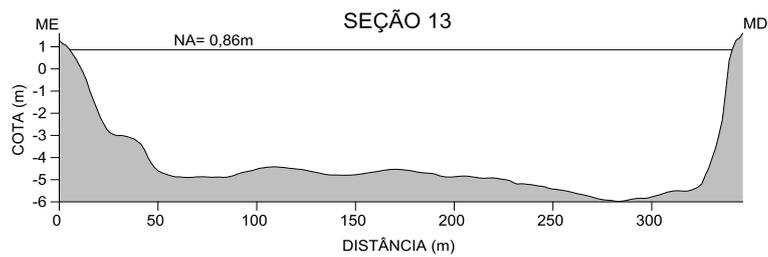


Figura 23: Seção 13.

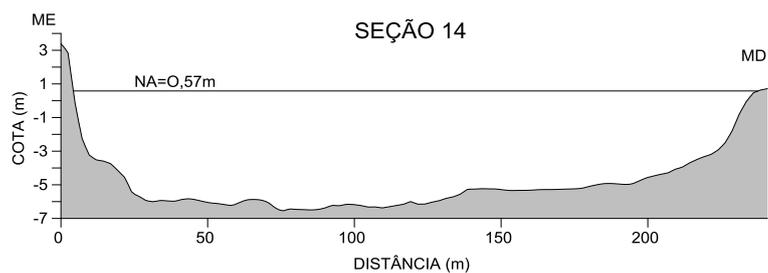


Figura 24: Seção 14.

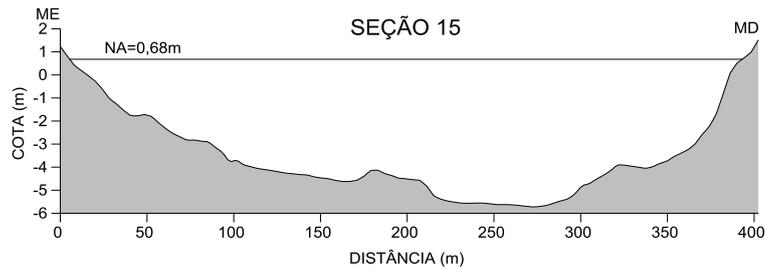


Figura 25: Seção 15.

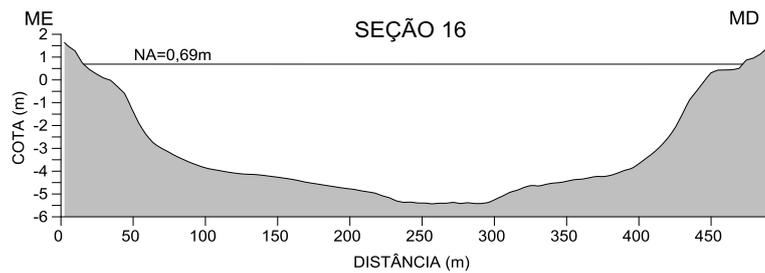


Figura 26: Seção 16.

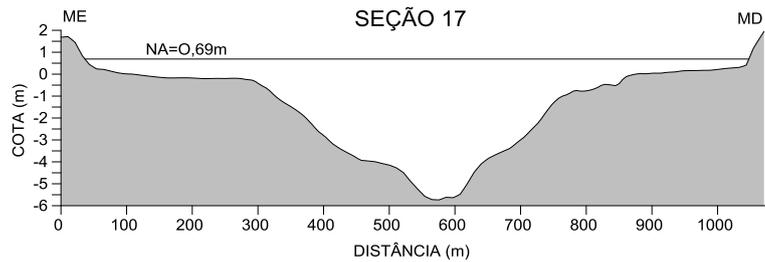


Figura 27: Seção 17.

As seções 05 e 06 foram as que apresentaram a maior profundidade, ambas estão localizadas a jusante de ilhas, o que pode influenciar na forma e profundidade das mesmas, conforme pode ser observado na figura 28. Os respectivos perfis com a localização, consta nos apêndices.

O canal São Gonçalo apresenta uma declividade baixa em sua extensão, com 0,004%, entre a seção S2 e seção S17. Este resultado é concordante com os terrenos onde se localiza, pertencentes a planície costeira do Rio Grande do Sul.

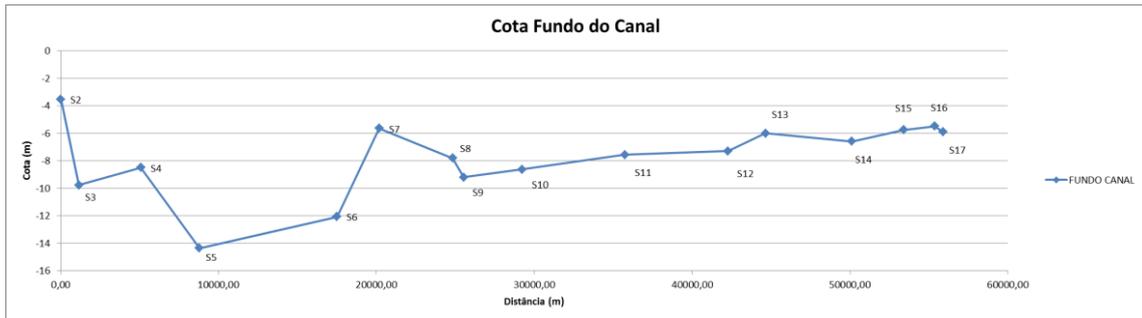


Figura 28. Cota fundo canal.

O canal são Gonçalo por estar situado em uma região da planície costeira, com baixa declividade, apresenta uma variação do nível da lamina d'água, podendo até inverter (Figura 29). Esse fenômeno é causado, conforme Karsburg (2016), pela influência da velocidade e direção dos ventos na região, ocasionando oscilações dos níveis das lagoas Mirim e Patos, conseqüentemente, do canal de São Gonçalo.

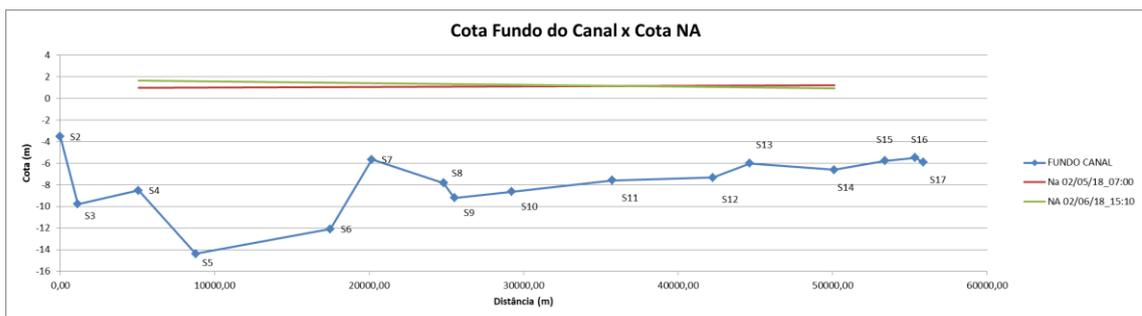


Figura 29: Variação cota nível d'água.

Conforme pode ser observado na figura 11, a largura das seções foram proporcionais as larguras da lamina d'água de cada seção. A largura média da lamina d'água do canal São Gonçalo é de 250 metros. Essa largura foi calculada excluindo-se as seções S2 e S17 as quais sofrem influência da geometria das lagoas Mirim e Patos. Existe uma tendência crescente na largura do canal no sentido Mirim-Patos. Uma das seções que apresentou resultados discrepantes com relação ao aumento da largura do canal no sentido Mirim-Patos, foi a seção S14. Isto pode ter ocorrido em função do aterramento e construção do antigo frigorífico Anglo, hoje Campus Porto UFPel, margem esquerda do canal, impeditivo do processo erosivo nesta margem.

6 Considerações Finais

Neste trabalho podemos concluir que o Canal São Gonçalo, apresenta uma significativa variabilidade no formato das seções em sua extensão e amplas diferenças de cota em sua extensão, sendo as cotas de maior altitude representadas pela S2 no início do canal, S7 1/3 do início do canal e S16 na foz do canal São Gonçalo, e as de menor altitude representadas pelas seções S15 e S14 respectivamente. A declividade de fundo da S2 à S17 é considerada baixa, com 0,004% de declividade.

O Canal São Gonçalo pode ter a cota do nível d'água invertido em função dos níveis das lagoas Mirim e Patos e por influência dos ventos.

Com uma base de dados adquiridos neste trabalho, poderá servir para que em trabalhos futuros, ao utilizar um levantamento temporal, comparar com os resultados obtidos, e determinar processos erosivos ou sedimentação empregando as seções referenciadas. O levantamento temporal apenas será possível de ser obtido com resultados acurados, já que esse trabalho implantou (materializando) marcos topográficos, identificando no terreno as seções a serem levantadas e comparadas.

Sendo assim, com a determinação das cotas ao longo de sua extensão, podemos entender melhor a oscilação de nível d'água ao longo do Canal, principalmente quando existe significativa influência do vento.

Por fim, também ficou constatado neste trabalho, que as alterações antrópicas influenciaram na geometria do canal, principalmente em áreas onde a margem do canal foi ocupada. Este processo foi constatado no perfil da seção S14.

7 Referências Bibliográficas

<https://www.marinha.mil.br/dhn/sites/www.marinha.mil.br.dhn/files/normam/NORMAN-25-REV2.pdf> – consultado em 01.05.2018.

Agencia da Lagoa Mirim, site: <http://alm.ufpel.edu.br/>. Consultado em 02.05.18.

BUCHMANN, F.; CARON, F; LOPES, R.; UGRI, A; LIMA, L.L. Panorama geológico da planície costeira do Rio Grande do Sul. Quaternário do Rio Grande do Sul- Integrando Conhecimentos, **Monografias da Sociedade Brasileira de Paleontologia**. 1. 35-56. 2009.

COOKE, C. V., MADUREIRA, L. S. P., GRIEP, G. H.; PINHO, M. P. D. Análise de dados de ecossondagem de fundo oriundos de cruzeiros realizados entre Fortaleza (CE) e Chuí(RS) com enfoque na morfologia e tipos de fundo. **Revista Brasileira de Geofísica**, 2007. v. 25, n. 4, p. 443–457. disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-261X2007000400008. Acessado em 02.05.18

CORRÊA, I.C.S., Topografia aplicada à engenharia civil, 2012, UFRGS. Disponível em: http://www.ufrgs.br/igeo/departamentos/geodesia/trabalhosdidaticos/Topografia_Aplicada_A_Engenharia_Civil/Apostila/TopoAplicada_2012.pdf. Acessado em 02.05.18.

INCRA, Manual Téc. de Posicionamento: georref. de imóveis rurais, 1ª edição, 2013.

Introdução à Ciência da Geoinformação. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap6-cartografia.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).
Recomendações para levantamentos relativos estáticos – GNSS, 2008

KARSBURG, R. M. Precipitação e velocidade do vento na oscilação dos níveis d'água do canal São Gonçalo-RS. 2016, 79p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

MONICO, J. F. G. Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicação, 2ª edição, São Paulo: Editora da UNESP, 2008, 331p.

RESCK, R.P.; BEZERRA NETO, J.F. & PINTO-COELHO, R.M.. Nova batimetria e avaliação de parâmetros morfométricos da Lagoa da Pampulha (Belo Horizonte, Brasil). *Revista Geografias*, 2007, vol. 5.

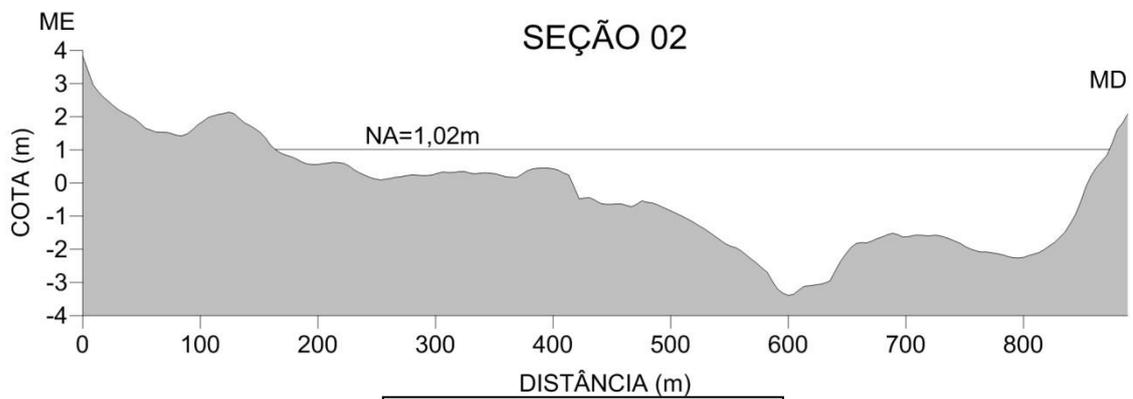
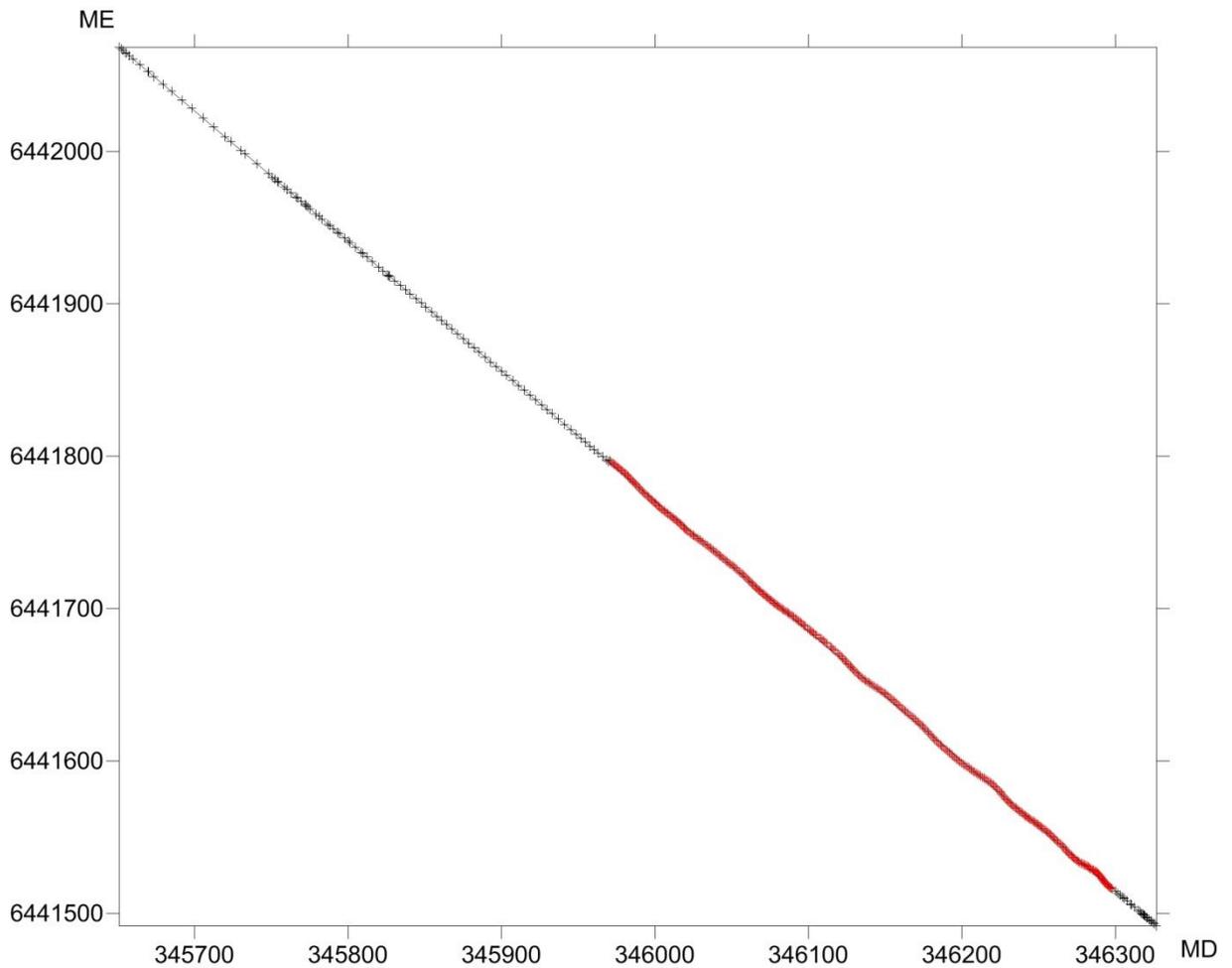
SILVA, C. A. Avaliação da acurácia dos ortomosaicos e modelos digitais do terreno gerados por vant e sua aplicação no cálculo de volume de pilhas de rejeito da pedra cariri. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará – CE, 2015. 148p.

QGIS Development Team, [ANO]. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

TOMAZELLI, L.J; VILLWOCK, J.A. Mapeamento geológico de planícies costeiras: o exemplo do Rio Grande do Sul. *Gravel*, 3: 109-115. 2003

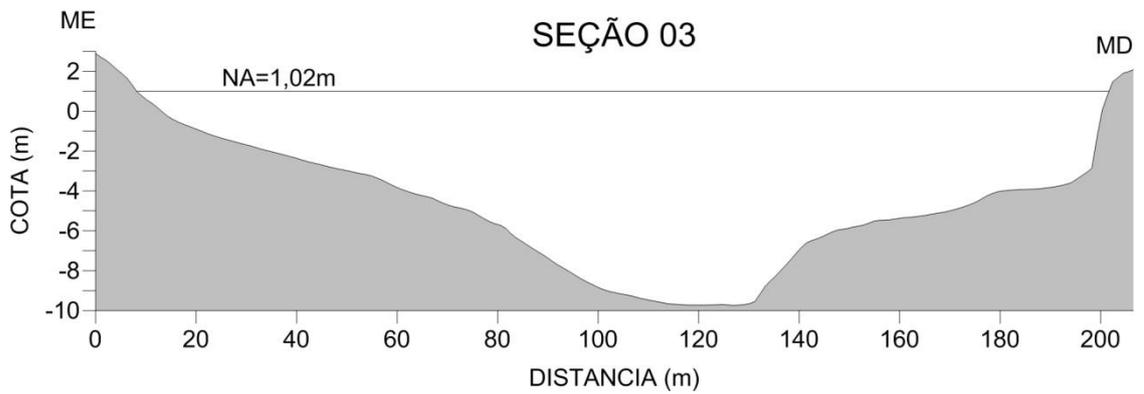
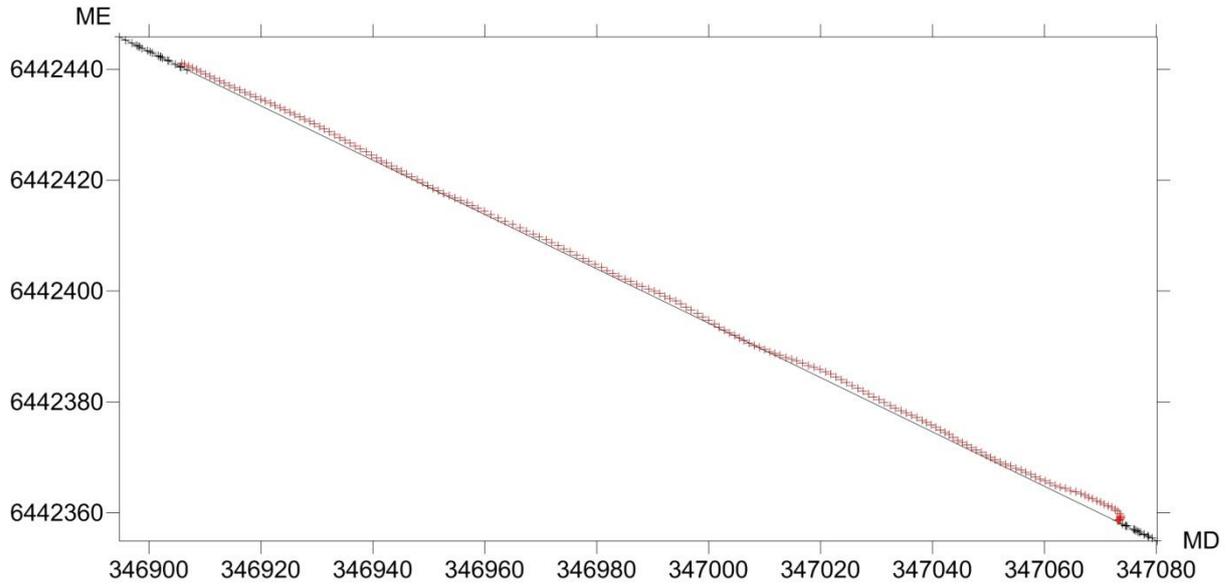
Apêndices

Apêndices A – Seção 02



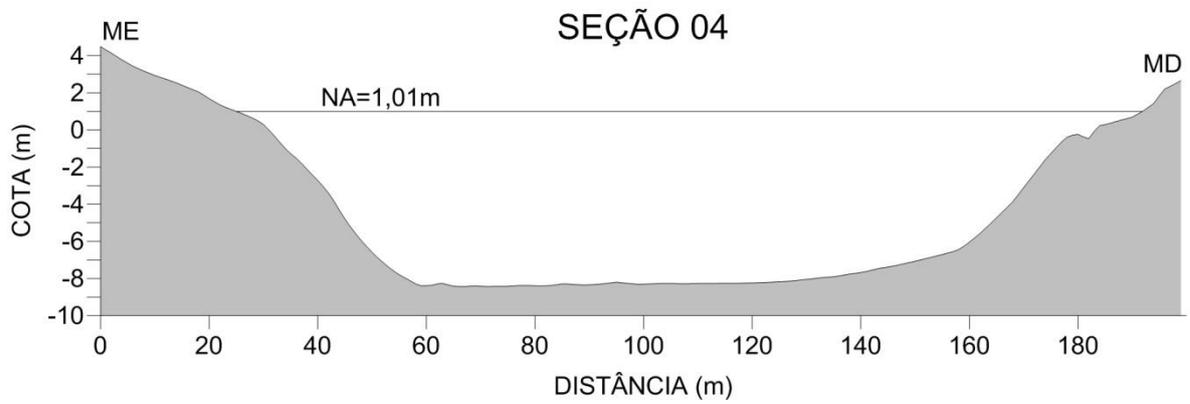
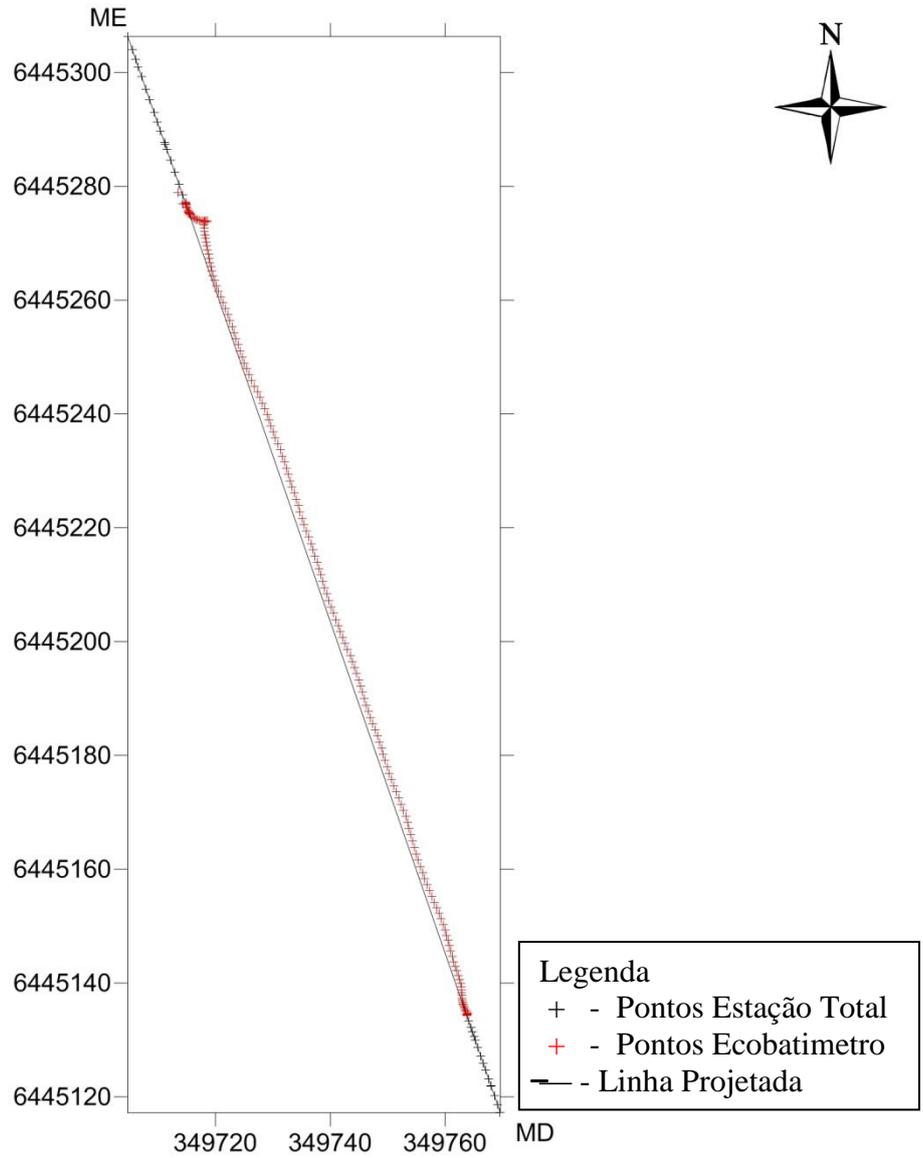
Legenda	
+	- Pontos Estação Total
+	- Pontos Ecobatimetro
—	- Linha Projetada

Apêndices B – Seção 03

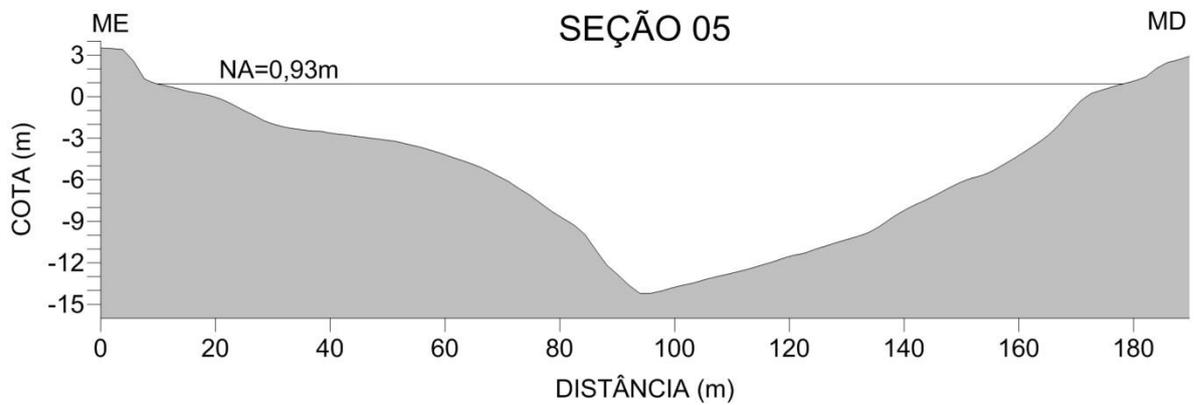
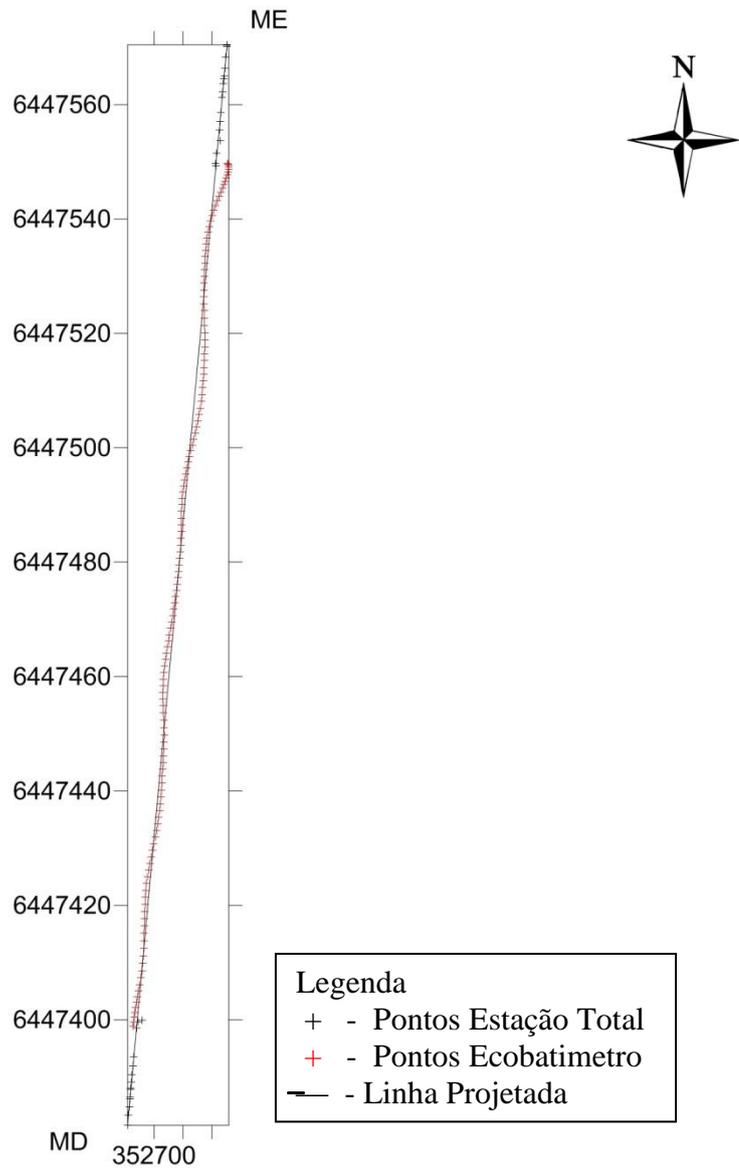


- Legenda**
- + - Pontos Estação Total
 - + - Pontos Ecobatimetro
 - - Linha Projetada

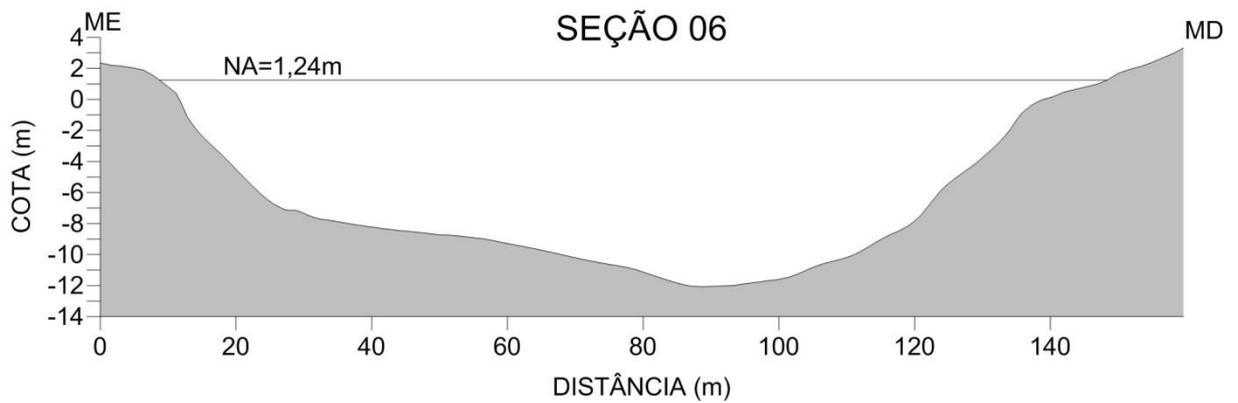
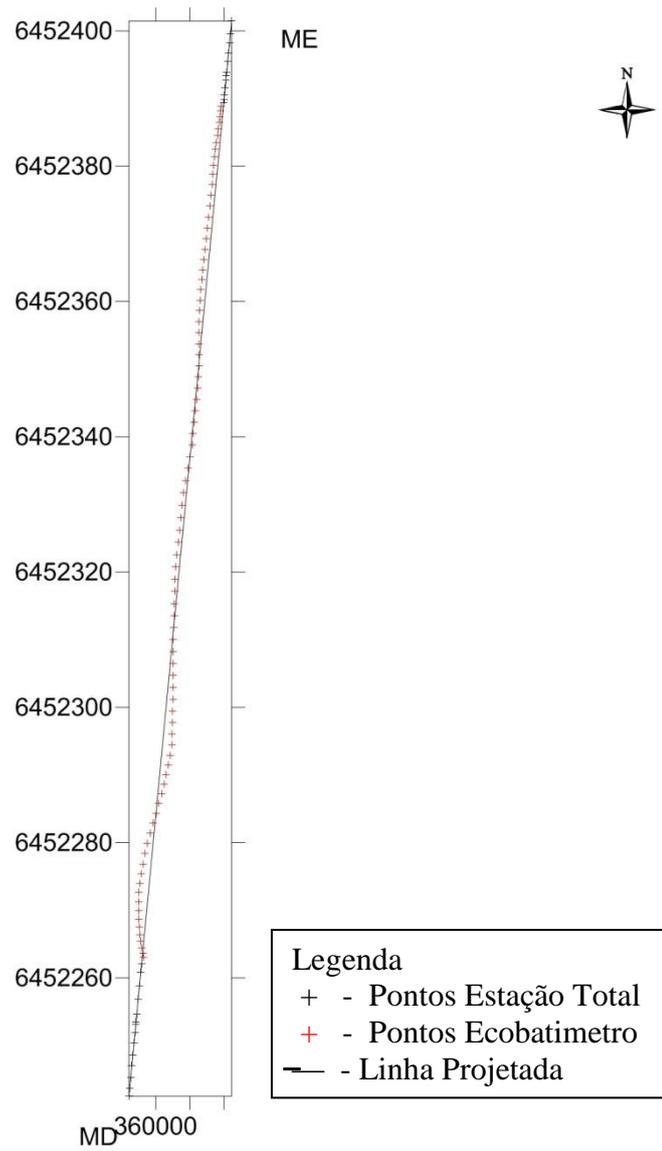
Apêndices C – Seção 04



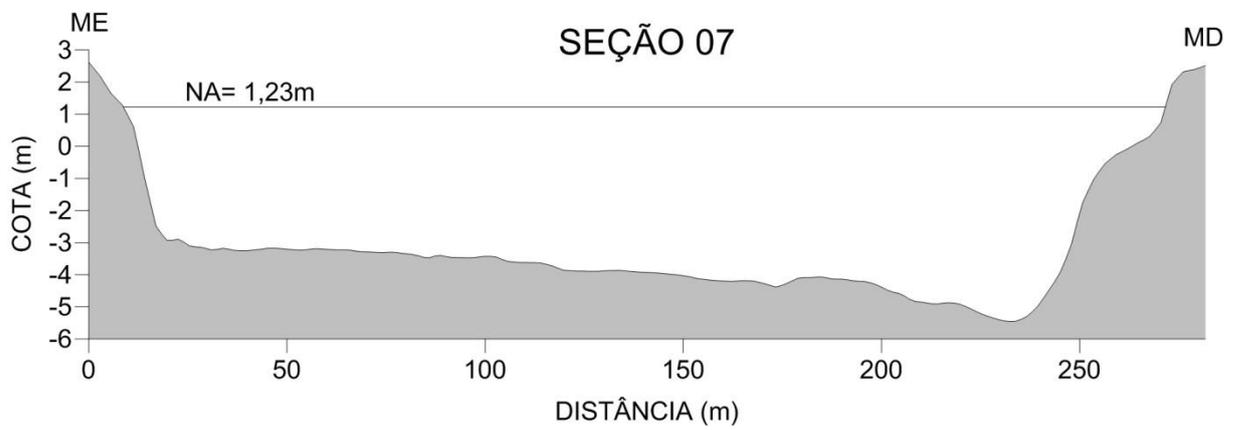
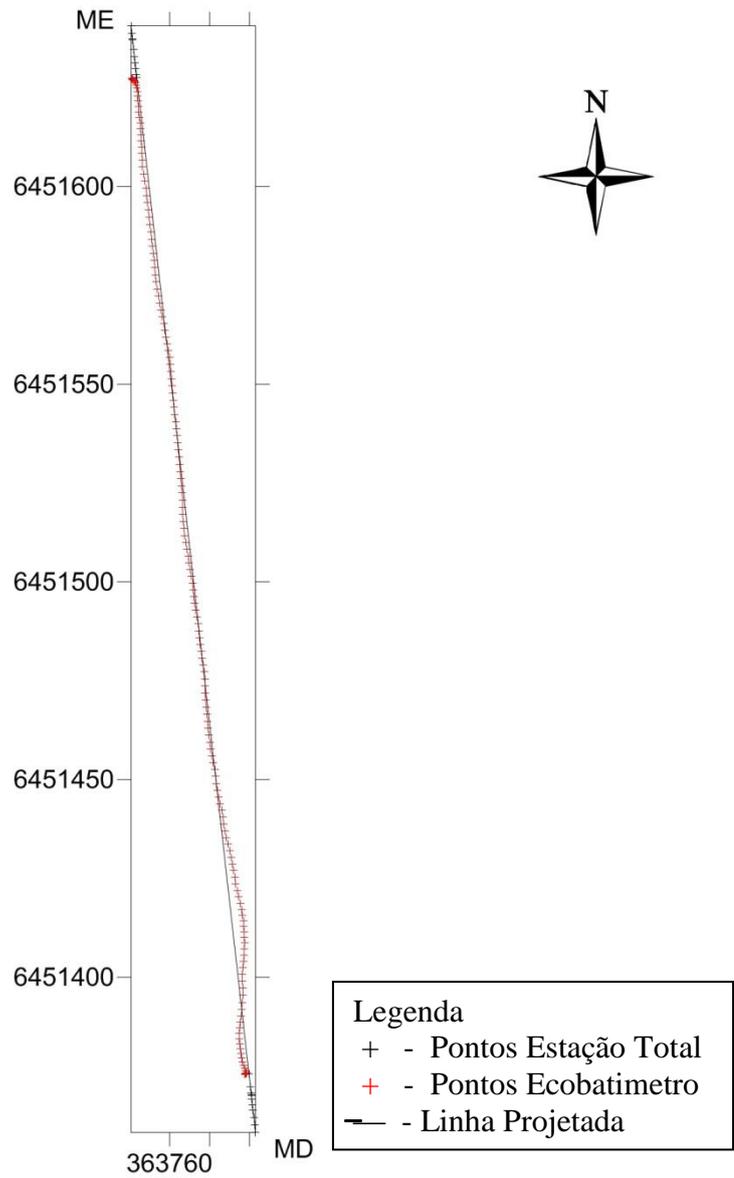
Apêndices D – Seção 05



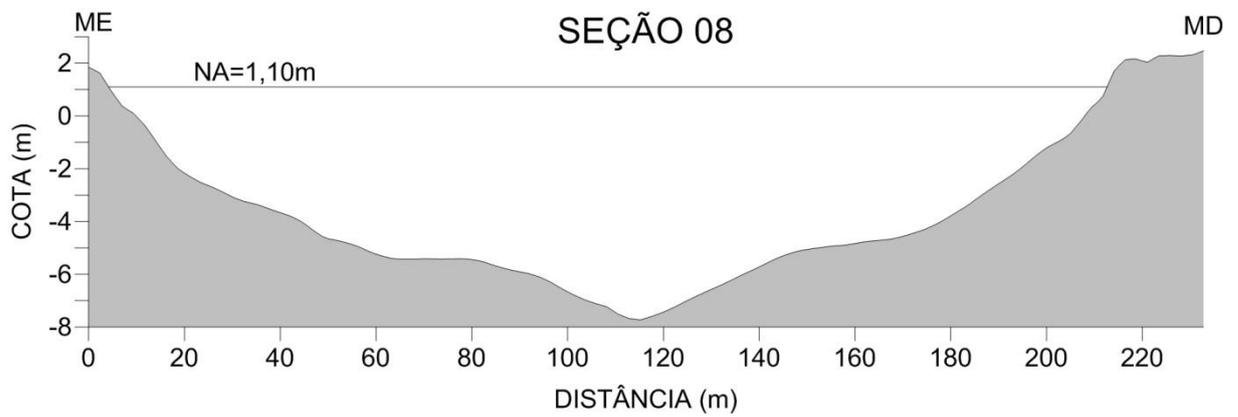
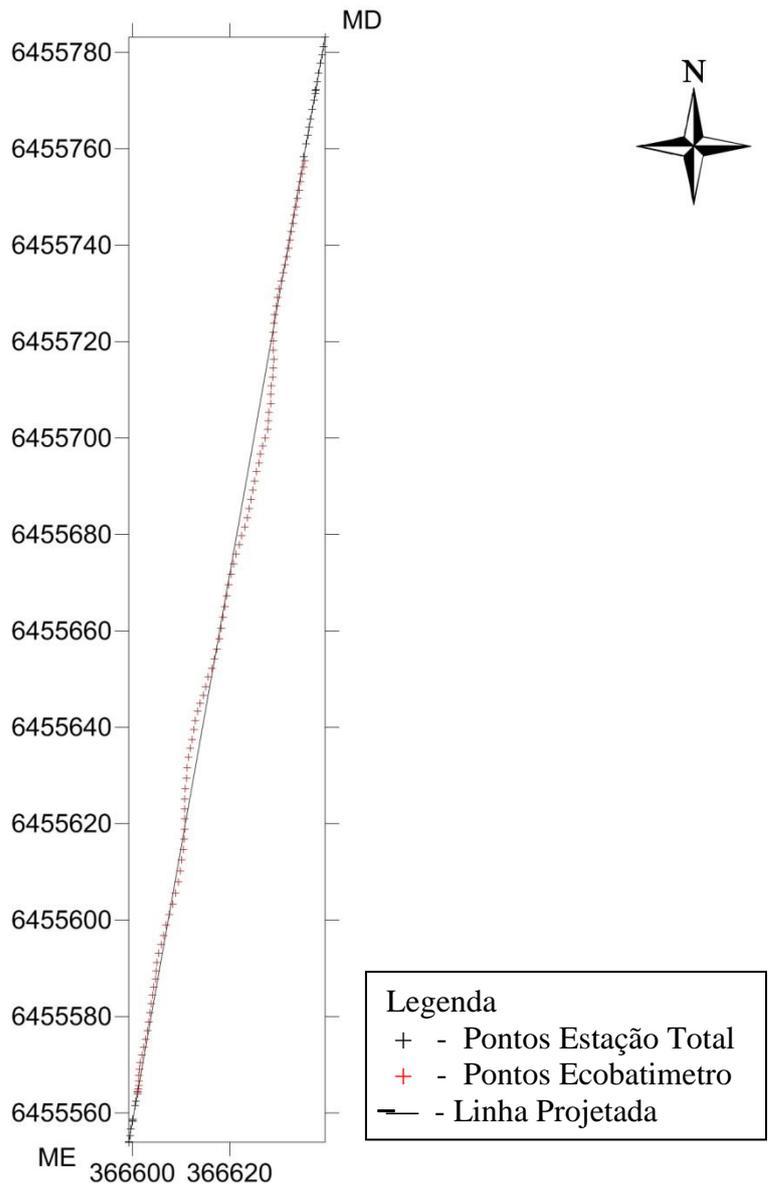
Apêndices E – Seção 06



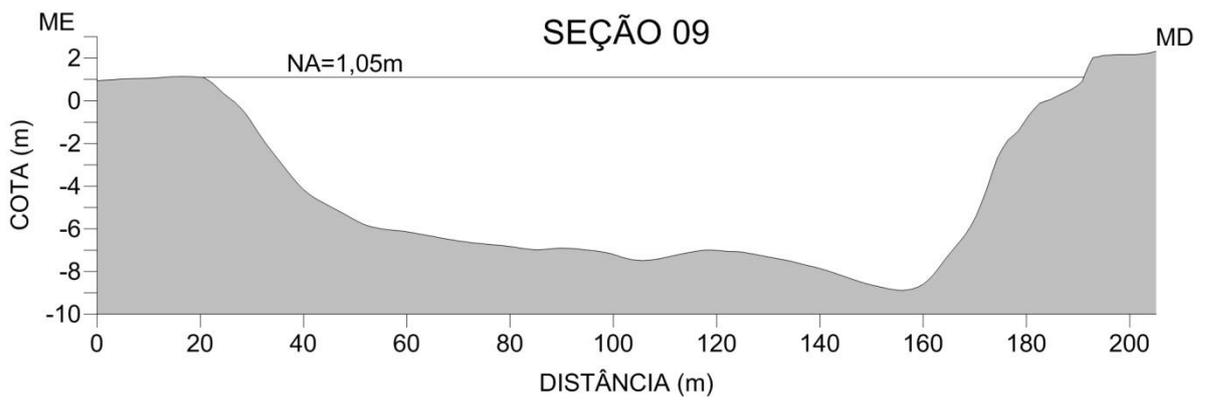
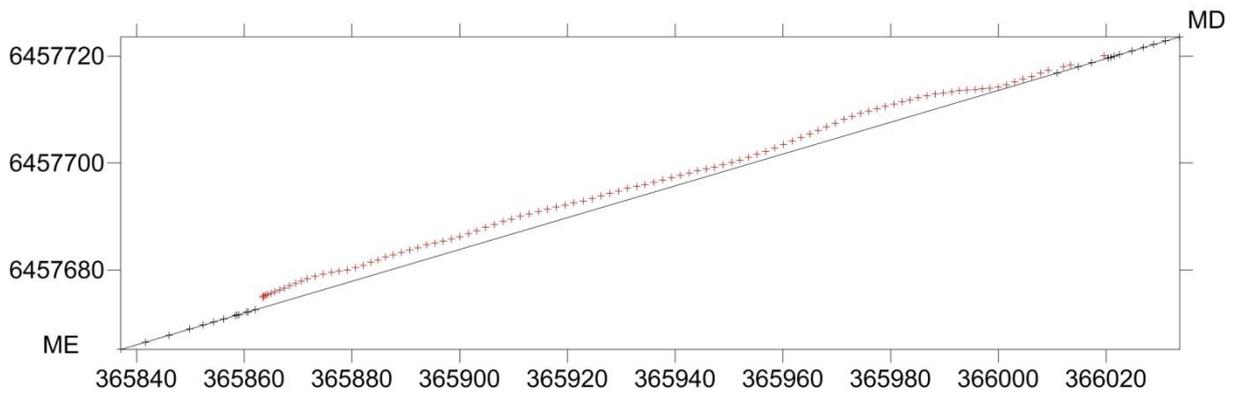
Apêndices F – Seção 07



Apêndices G – Seção 08

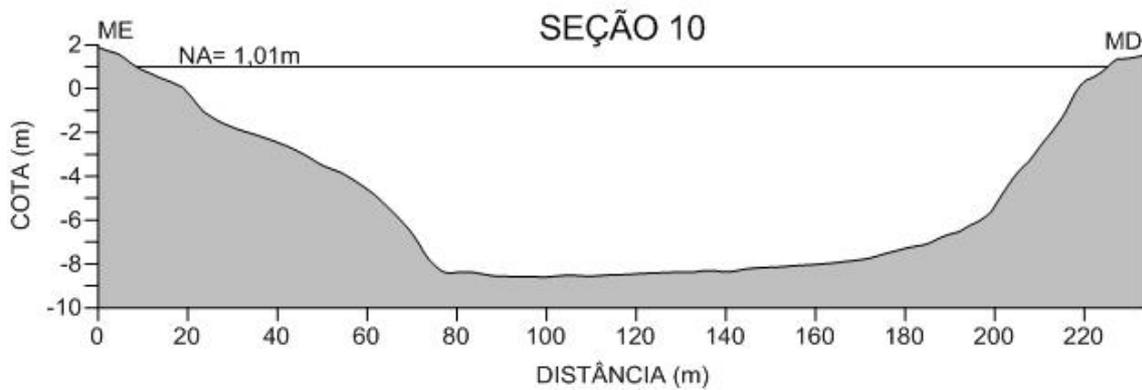
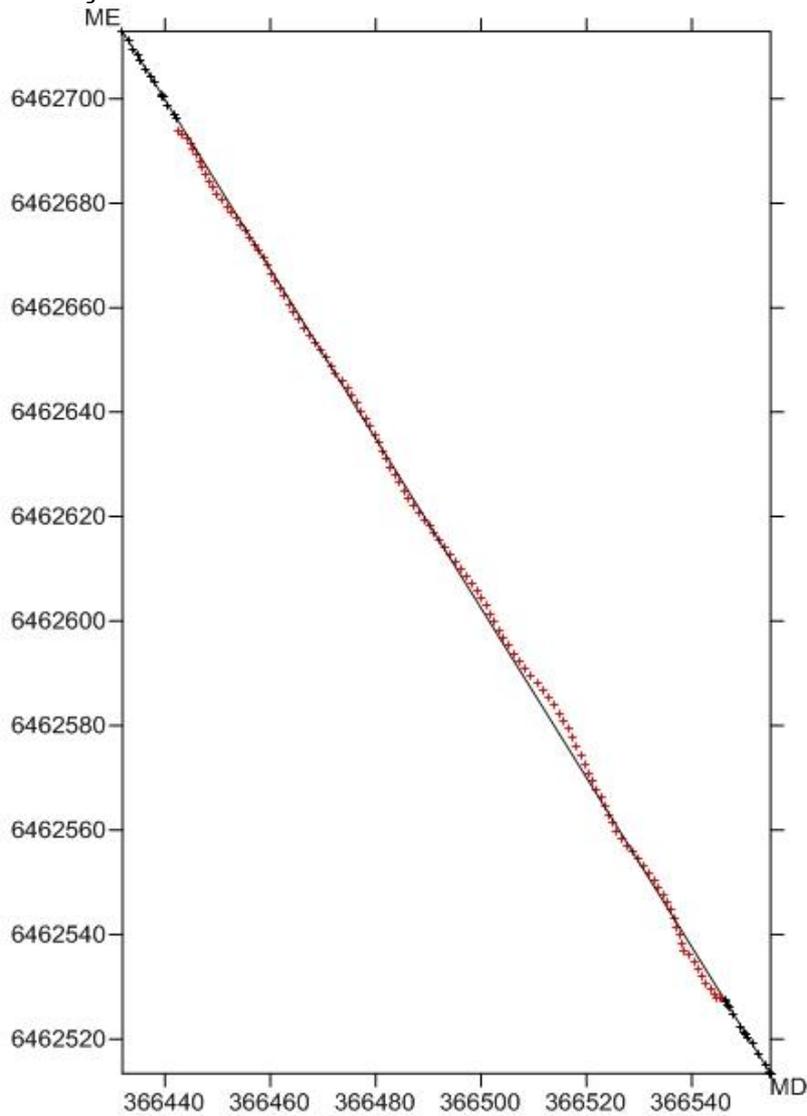


Apêndices H – Seção 09



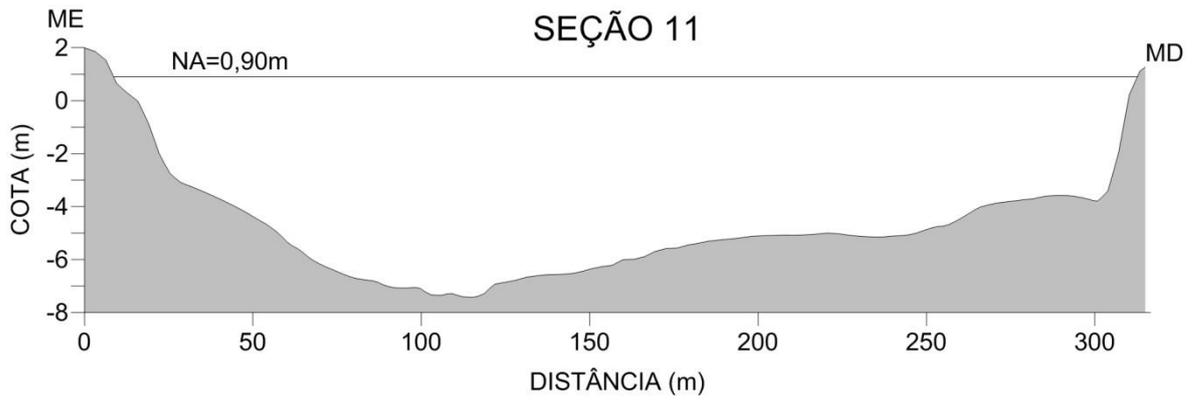
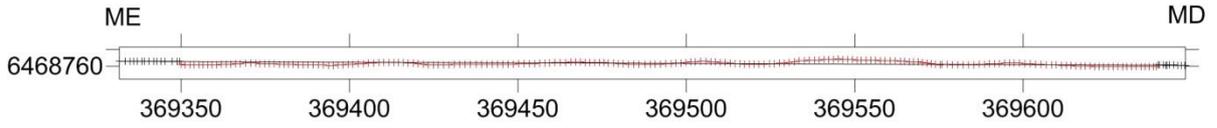
Legenda	
+	- Pontos Estação Total
+	- Pontos Ecobatimetro
—	- Linha Projetada

Apêndices I – Seção 10



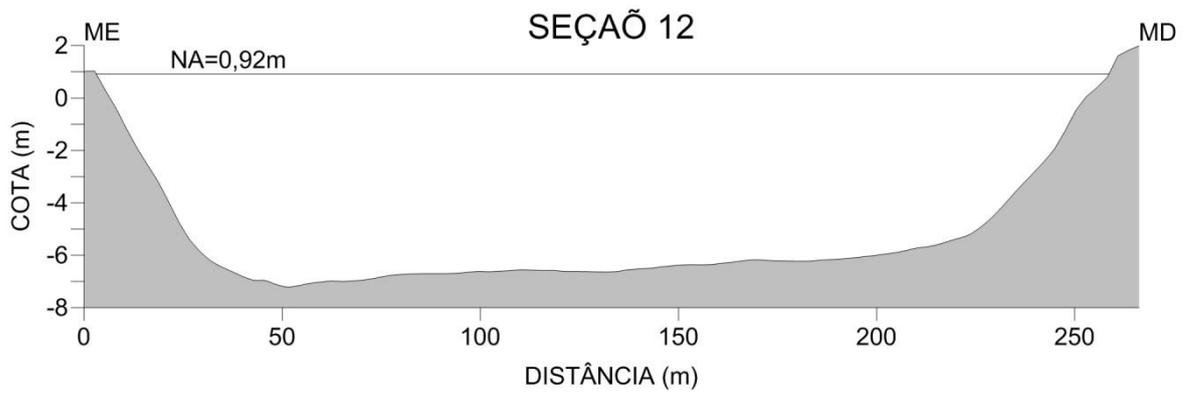
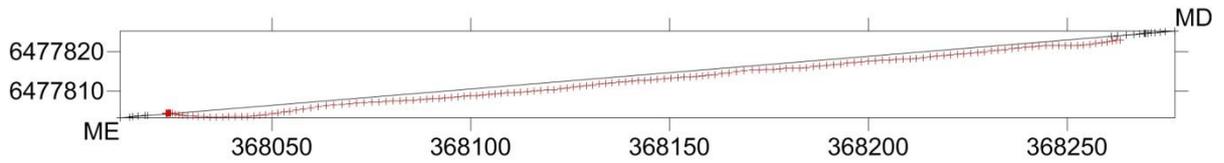
Legenda	
+	- Pontos Estação Total
+	- Pontos Ecobatimetro
—	- Linha Projetada

Apêndices J – Seção 11



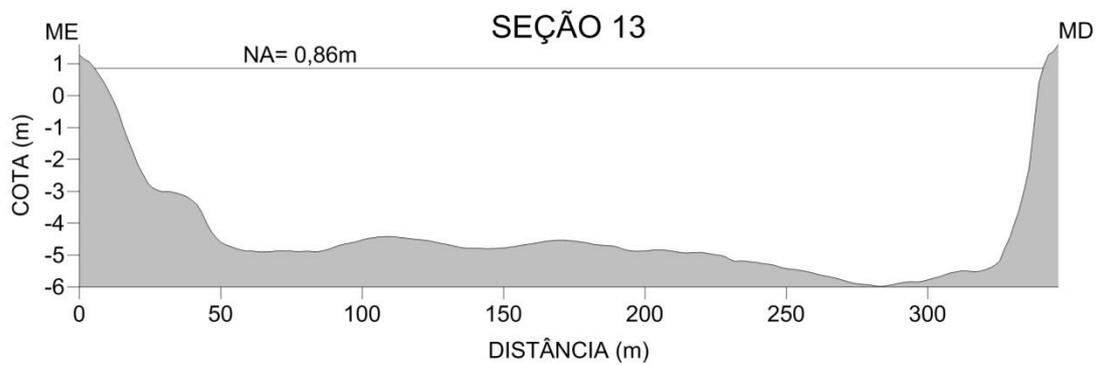
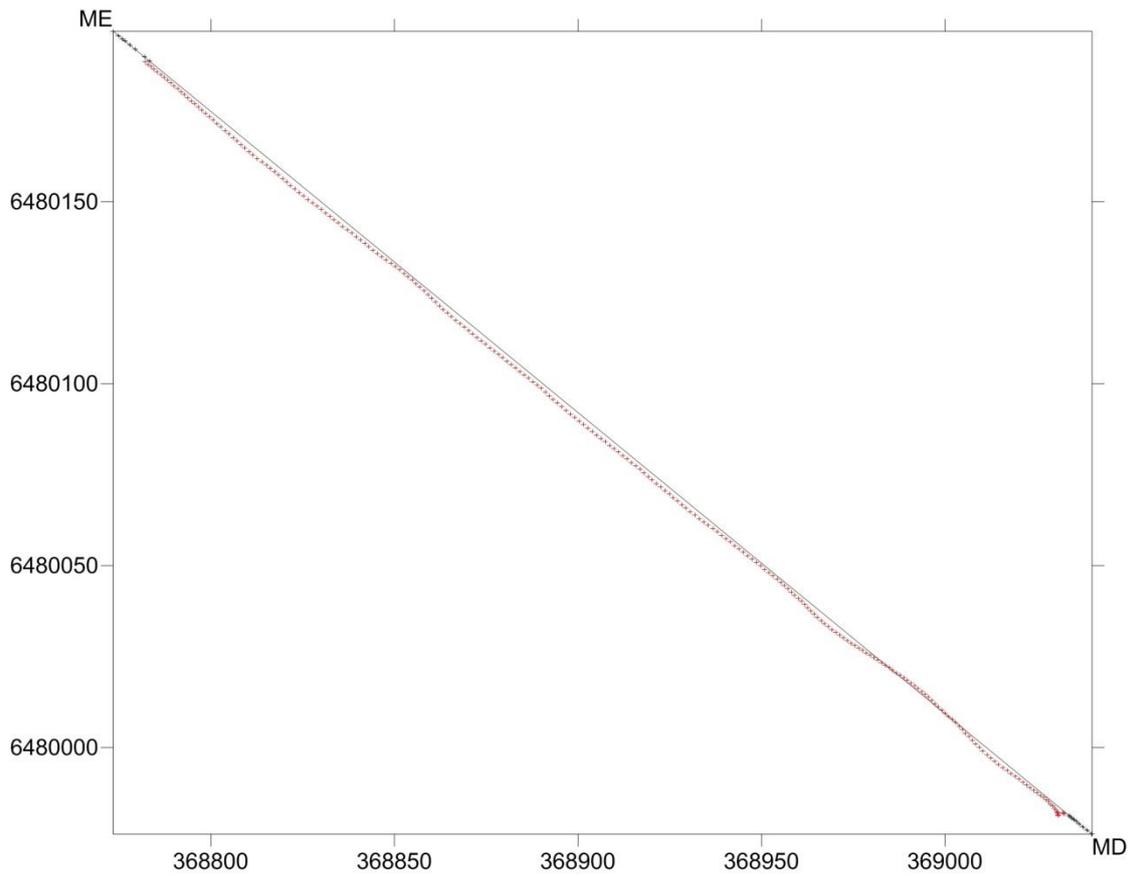
Legenda	
+	- Pontos Estação Total
+	- Pontos Ecobatimetro
—	- Linha Projetada

Apêndices K – Seção 12



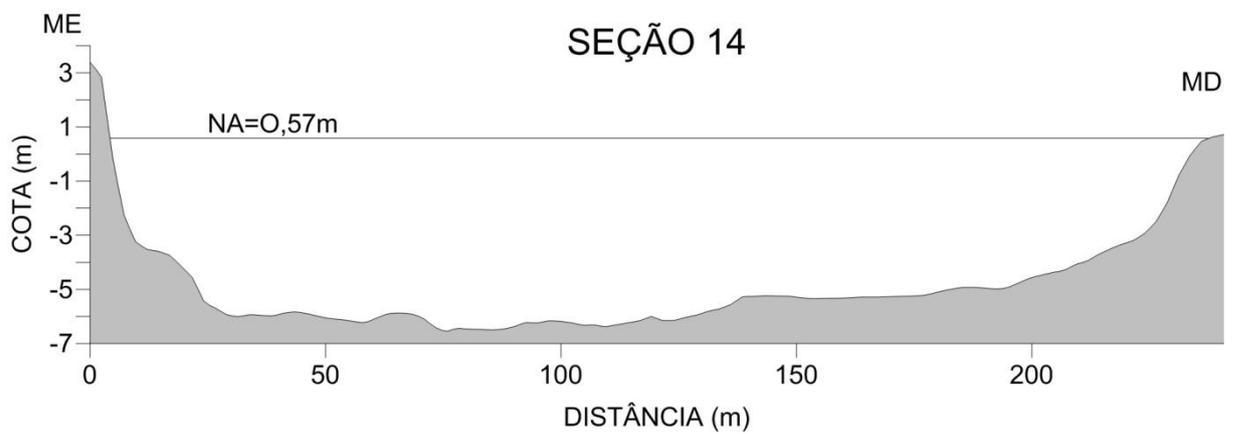
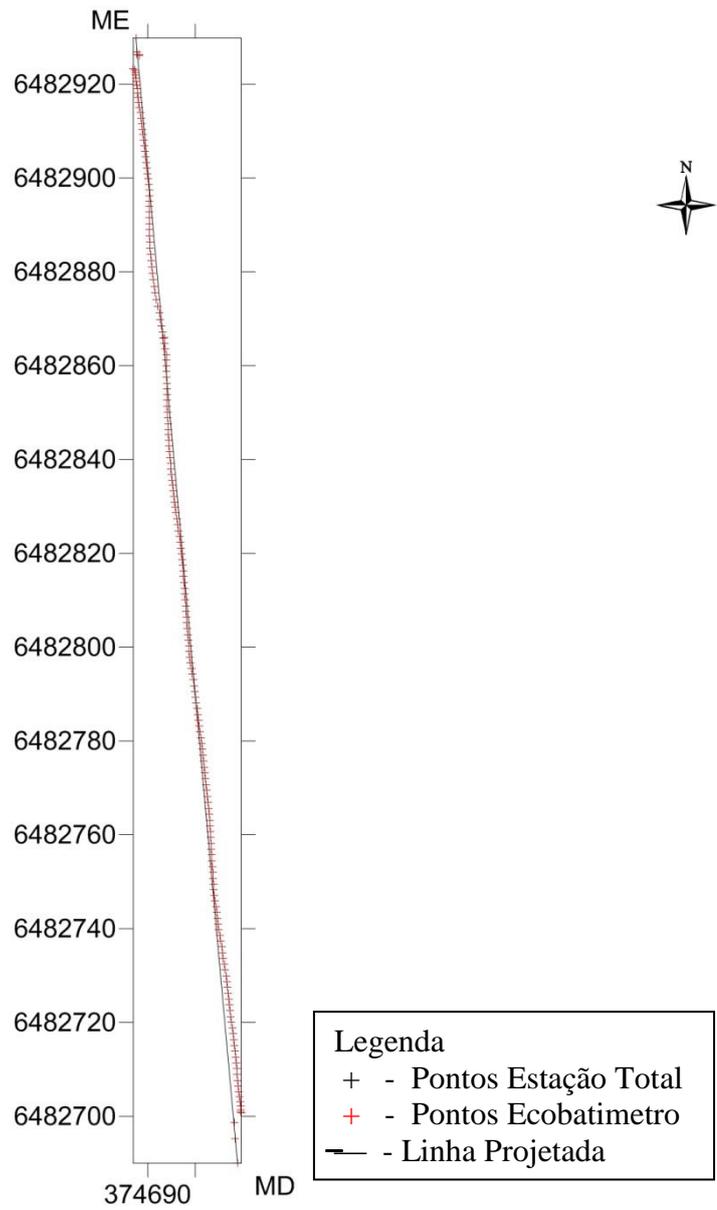
- Legenda
- + - Pontos Estação Total
 - + - Pontos Ecobatimetro
 - - Linha Projetada

Apêndices L – Seção 13

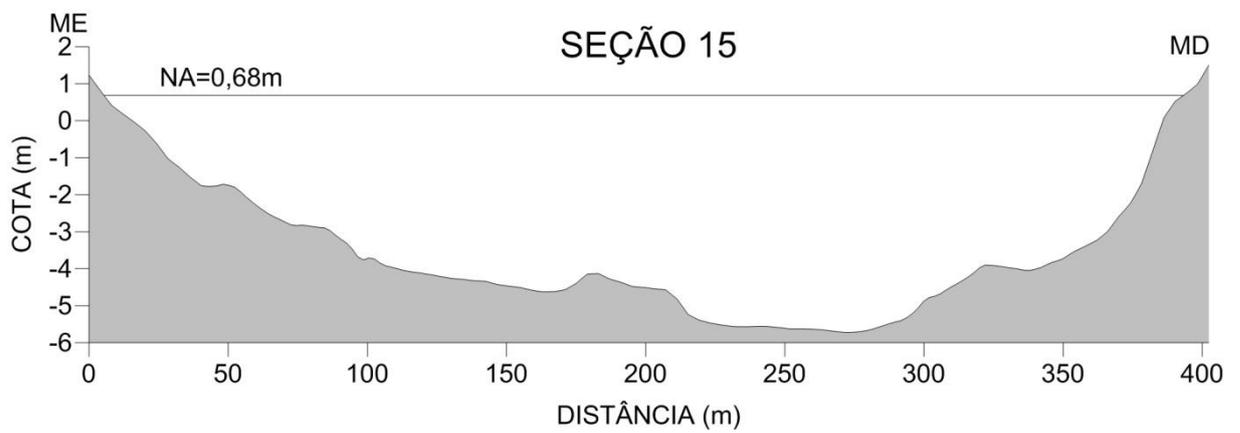
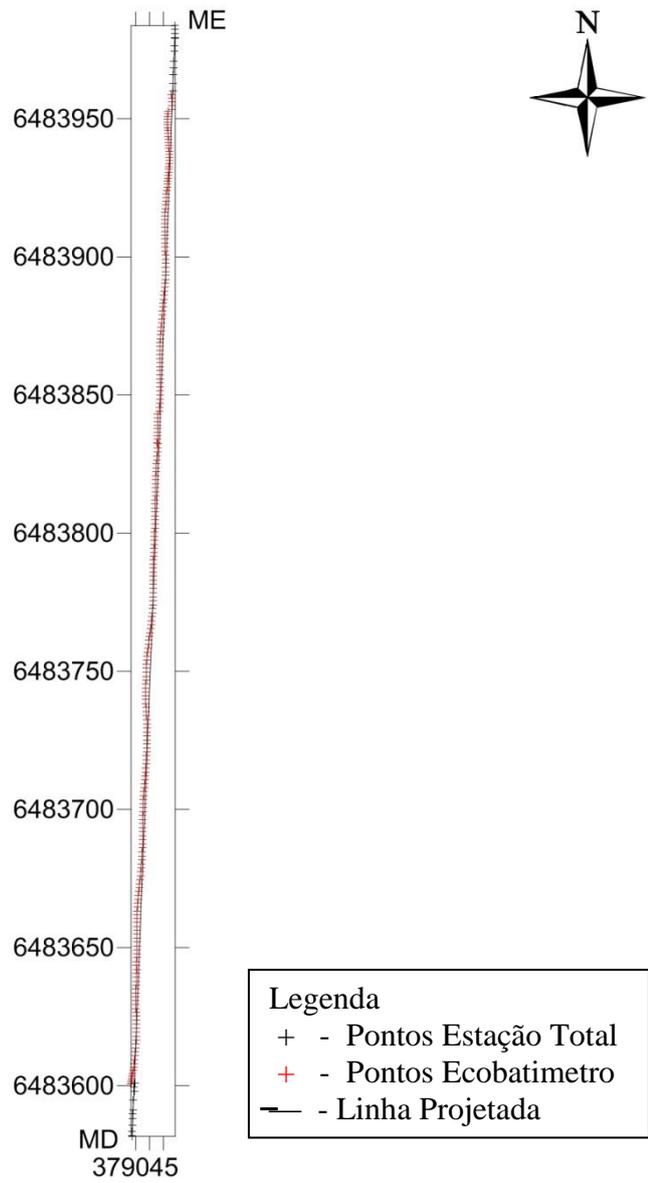


- Legenda**
- + - Pontos Estação Total
 - + - Pontos Ecobatimetro
 - - Linha Projetada

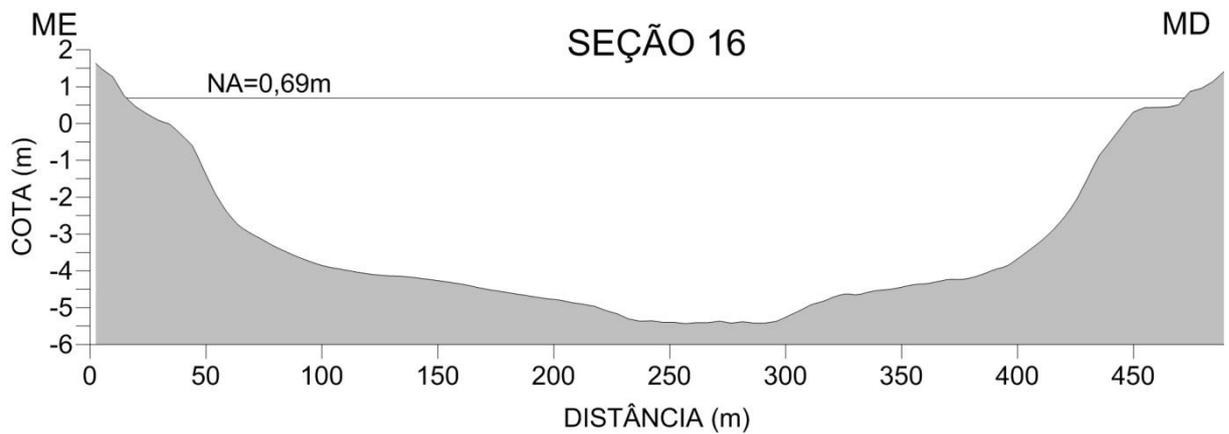
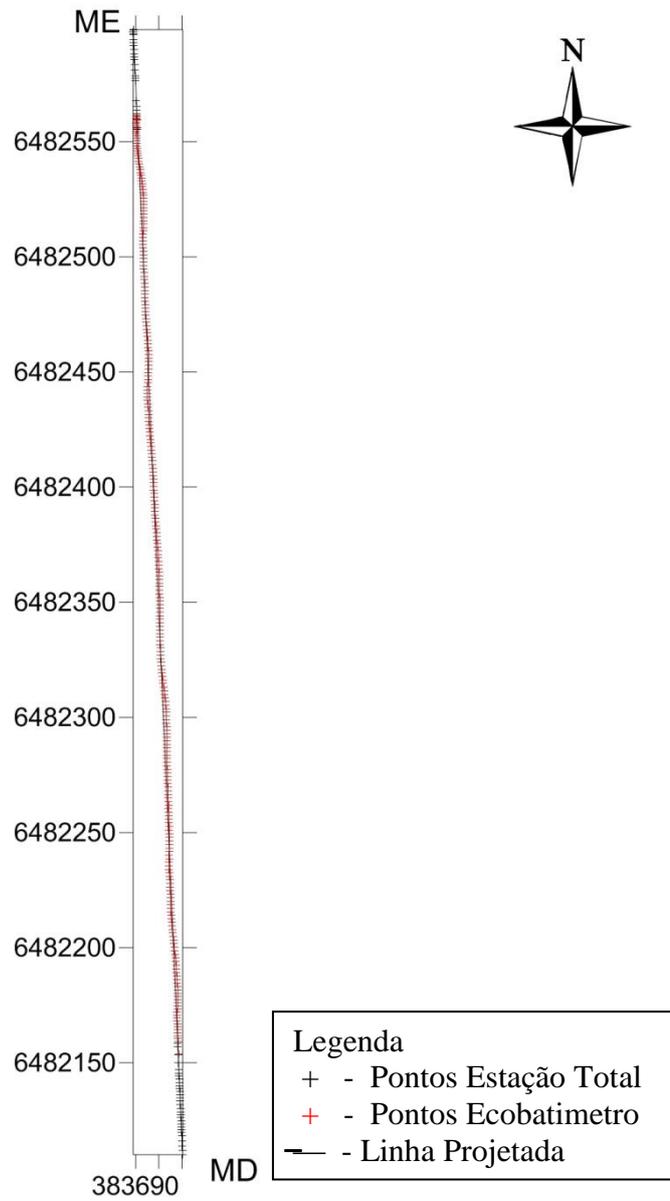
Apêndices M – Seção 14



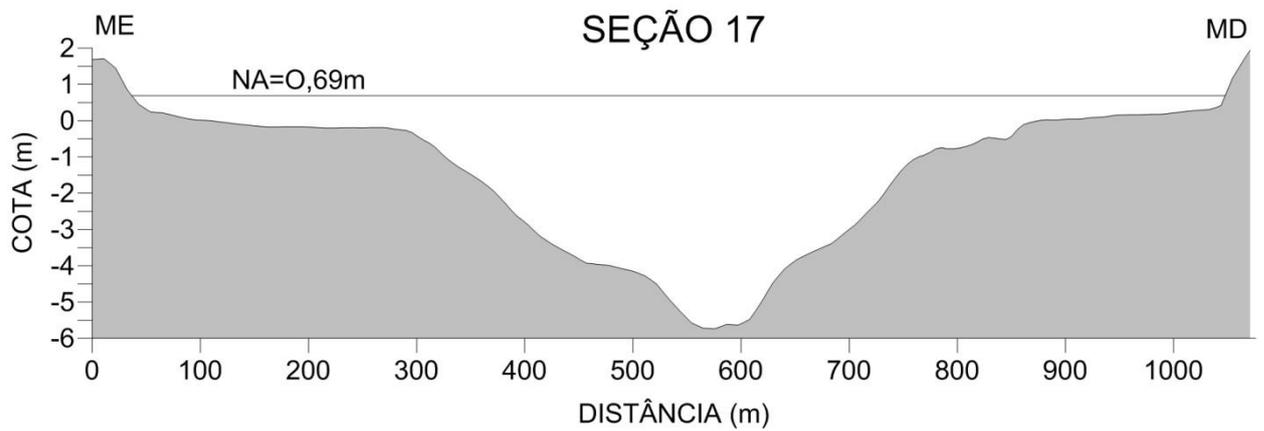
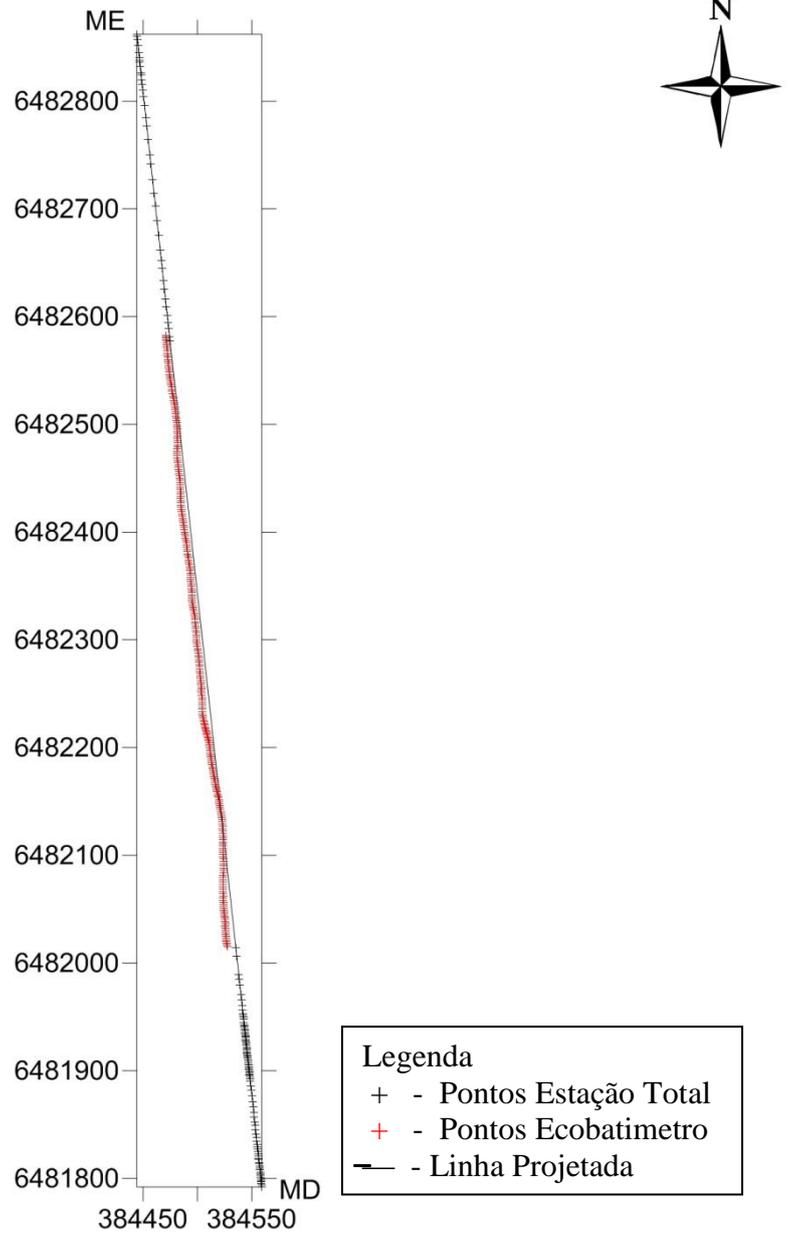
Apêndices N – Seção 15



Apêndices O – Seção 16



Apêndices P – Seção 17



Apêndices Q – Mapa localização das seções.

