



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E AGRIMENSURA

EDUARDO ALVES DA SILVA
RAFAEL LIMA BARROS DA SILVA

**ESTUDO DE DRENAGEM DE VIAS UTILIZANDO COMPARATIVOS ENTRE
NIVELAMENTO GEOMÉTRICO E LEVANTAMENTO GNSS**

Recife
2019

EDUARDO ALVES DA SILVA
RAFAEL LIMA BARROS DA SILVA

**ESTUDO DE DRENAGEM DE VIAS UTILIZANDO COMPARATIVOS ENTRE
NIVELAMENTO GEOMÉTRICO E MÉTODO GNSS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado ao Departamento de Engenharia
Cartográfica da Universidade Federal de Pernambuco –
UFPE, como requisito parcial para a obtenção do título
de Engenheiro Cartógrafo.

Orientadora: Prof^a Dr^a Karoline Paes Jamur

Coorientadora: Prof^a Dr^a Maria de Lourdes de Aquino Macedo Gonçalves

Recife

2019

Catálogo na fonte
Bibliotecário Josias Machado, CRB-4 / 1690

- S586e Silva, Eduardo Alves da.
Estudo de drenagem de vias utilizando comparativos entre nivelamento geométrico e levantamento GNSS / Eduardo Alves da Silva, Rafael Lima Barros da Silva. – Recife, 2019.
89 folhas, il., figs., tabs.
- Orientador: Prof^a. Dr^a. Karoline Paes Jamur.
Coorientador: Prof^a. Dr^a. Maria de Lourdes de Aquino Macedo Gonçalves.
- TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Graduação em Engenharia Cartográfica e Agrimensura, 2019.
Inclui referências, apêndices e anexos.
1. Engenharia cartográfica. 2. Topografia. 3. GNSS estático rápido. 4. Modelagem de terreno. 5. Escoamento superficial. I. Silva, Rafael Lima Barros da. II. Jamur, Karoline Paes (orientador). III. Gonçalves, Maria de Lourdes de Aquino Macedo (coorientador). IV. Título.

UFPE

526.1 CDD (22. ed.)

BCTG/2019-302

EDUARDO ALVES DA SILVA
RAFAEL LIMA BARROS DA SILVA

**ESTUDO DE DRENAGEM DE VIAS UTILIZANDO COMPARATIVOS ENTRE
NIVELAMENTO GEOMÉTRICO E MÉTODO GNSS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Cartográfica e Agrimensura da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Cartógrafo.

Aprovados em: Recife, 27 de Junho de 2019.

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a Karoline Paes Jamur (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Maria de Lourdes de Aquino Macedo Gonçalves - UFPE (Coorientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Francisco Jaime Bezerra Mendonça - UFPE (Examinador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Lucas Gonzales Lima Pereira Calado - UFPE (Examinador)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos colegas de Universidade, que lutaram conosco dia e noite, ao longo desta longa jornada, e não deixaram o cansaço nos vencer, especialmente a Lucas, Raquel, Saulo, Dannyelle e Arthur, que enfrentaram sol e chuva para garantir que este trabalho fosse concretizado. Aos nossos mestres que acompanharam toda a nossa trajetória dentro do curso. Às nossas orientadoras Karoline Paes Jamur e Maria de Lourdes de Aquino Macedo Gonçalves que foram incansáveis em suas orientações, pesquisas e revisões. Nosso muito obrigado à Universidade Federal de Pernambuco por nos proporcionar o melhor ambiente educacional possível para podermos alcançar este sonho.

Eduardo Alves e Rafael Lima.

Agradeço aos meus amigos, que cada um à sua maneira, me incentivaram a chegar até aqui. Aos meus pais, Jacqueline e Ednaldo, que dedicaram boa parte das suas vidas para me oferecer esta oportunidade, que hoje celebro em sua homenagem. Agradeço à minha companheira Débora, que me apoiou em todos os momentos, mesmo quando eu não tinha mais ânimo nem forças para continuar. E ao meu filho Hélio, que ainda há de nascer, eu agradeço pela maior motivação que eu poderia receber, que é a de ser um pai do qual ele possa se orgulhar.

Eduardo Alves da Silva

Agradeço aos meus pais, Aldiclere e Icoaracy que sempre me apoiaram e nunca mediram esforços para me proporcionar oportunidades de crescimento. Serei eternamente grato, amo vocês.

A minha namorada Mayara, que sempre me apoia e está disposta a me ajudar, desejando sempre o que for melhor para mim.

A minha irmã Aline que sempre esteve torcendo por mim e ao meu cunhado Artur que me ajudou no levantamento desse trabalho.

Ao meu amigo Lucas que viveu toda essa experiência comigo como aluno e agora como professor, além de me ajudar na execução deste trabalho. Obrigado, irmão.

Aos meus amigos Saulo, Dannyelle, Luan e Rony. Amizades que fiz durante essa jornada que levarei para o resto da vida. A Rayane, que sempre me ajudou durante a graduação e ao demais amigos que fiz durante essa jornada.

Agradeço aos professores Silvio e Jaime, pela oportunidade que tive no projeto do Monte dos Guararapes. A professora Simone pela oportunidade no GEGEP. Ao Américo pela oportunidade na Precisão Topografia. Foi um prazer trabalhar ao lado de vocês e aprender ainda mais.

Rafael Lima Barros da Silva

RESUMO

Diante do constante crescimento populacional, associado a expansões desordenadas das ocupações urbanas, as cidades atualmente se encontram impregnadas em problemas sociais e más condições de vida para seus cidadãos mais vulneráveis. A gestão pública deficiente do uso do solo, em conjunto com condições ambientais desfavoráveis pode causar sérios problemas à população quando se trata de enchentes, especialmente em cidades como Recife, onde grande parte da ocupação urbana se encontra a poucos metros do nível do mar. Conhecendo os problemas históricos de alagamentos enfrentados pela cidade, esta pesquisa tem como objetivo fornecer uma solução mais eficiente em termos de custos para o levantamento de terrenos, a fim de trazer recursos mais baratos, rápidos e válidos para a gestão pública. Para fins de avaliação da viabilidade do método de levantamento Estático Rápido GNSS (*Global Navigation Satellite System*) contra o nivelamento geométrico, foi escolhida uma área-piloto dentro do campus universitário com registro histórico de alagamentos, a qual foi levantada pelos dois métodos e comparada através de várias perspectivas. Os dados de altitude revelaram desvios entre 10 a 15 cm em quase 50% dos pontos medidos, quando comparados os resultados do GNSS com os dados de referência. A diferença nos resultados também pode ser vista na análise dos modelos digitais de terreno gerados a partir dos dados, que mostra que as áreas de alagamento foram superestimadas ao longo da área de estudo, no levantamento GNSS. Os resultados sugerem que o aumento do tempo de ocupação pode ser uma opção para melhorar a qualidade geral dos resultados do método estático rápido GNSS para fins de levantamento de terrenos.

Palavras-chave: Topografia. GNSS Estático rápido. Modelagem de terreno. escoamento superficial.

ABSTRACT

Faced with a constant population growth, associated with disorderly expansions of urban occupations, cities nowadays are entrenched in societal problems and bad life conditions to their most vulnerable citizens. Deficient state management of land use added to unfavorable environmental conditions can render the people to severe distress when it comes to floods, especially cities like Recife, where most of its urban occupations are situated a few meters above sea level. Knowing the historical flood problems faced by the city, this research aims to provide a more cost-efficient solution to land surveying, in order to bring up cheaper, faster and yet valid features to land public management. For the purpose of quality assessment of the Rapid Static GNSS (Global Navigation Satellite System) surveying method against geometric leveling, a pilot area inside university campus with known record of floods was chosen, which was surveyed by both methods and the results compared through various perspectives. Altitude data revealed deviations between 10 to 15 mm in almost 50% of the points measured when compared the GNSS results with the reference data. The difference in results could also be seen in the analysis of the digital terrain models generated from the data, which shows the flood areas were overestimated throughout the area of study in the GNSS survey. The results suggest that increasing occupation time might be an option to improve the overall quality of the Rapid Static GNSS method for land surveying purposes.

Keywords: Topography. Rapid Static GNSS. Terrain modelling. runoff.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Alagamento próximo ao Centro de Convenções da UFPE.	15
Figura 2 –	Alagamento na frente do restaurante universitário da UFPE.	15
Figura 3 –	Geometria do elipsoide de revolução.	17
Figura 4 –	Definição das altitudes elipsoidal, normal e vertical do ponto.	18
Figura 5 –	Nivelamento simples (a) e composto (b).	20
Figura 6 –	Posicionamento Relativo.	23
Figura 7 –	Imagem da área de estudo demarcada em vermelho no Google Earth.	24
Figura 8 –	Divisão da área de estudo em trechos de exibição.	29
Figura 9 –	Gráfico da dispersão dos desvios de altitude.	32
Figura 10 –	Histograma dos desvios de altitude dos pontos.	33
Figura 11 –	Mapa dos desvios de altitude (Trecho I).	35
Figura 12 –	Mapa dos desvios de altitude (Trecho II).	36
Figura 13 –	Mapa dos desvios de altitude (Trecho III).	37
Figura 14 –	Comparativo das cartas hipsográficas (Trecho I).	39
Figura 15 –	Comparativo das cartas hipsométricas (Trecho II).	40
Figura 16 –	Comparativo das cartas hipsométricas (Trecho III).	41
Figura 17 –	Comparativo das cartas isoclinais (Trecho I).	42
Figura 18 –	Comparativo das cartas isoclinais (Trecho II).	43
Figura 19 –	Comparativo das cartas isoclinais (Trecho III).	44
Figura 20 –	Mapa das áreas com potencial de alagamento (Trecho I).	46
Figura 21 –	Mapa das áreas com potencial de alagamento (Trecho II).	47
Figura 22 –	Mapa das áreas com potencial de alagamento (Trecho III).	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Classificação dos níveis conforme a precisão.	20
Tabela 2 –	Levantamentos Geodésicos – Nivelamento.	21
Tabela 3 –	Análise de frequência dos desvios padrão na horizontal dos pontos processados.	31
Tabela 4 –	Análise de frequência dos desvios padrão na vertical dos pontos processados.	31
Tabela 5 –	Desvios de altitude por data do levantamento GNSS.	32
Tabela 6 –	Análise de frequência dos desvios de altitude.	33
Tabela 7 –	Desvios de altitude dos pontos reprovados no controle de qualidade do processamento GNSS.	33
Tabela 8 –	Volumes calculados.	45
Tabela 9 –	Valores de área das zonas com potencial de alagamento.	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Climas
EMLURB	Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GRS	<i>Geodetic Reference System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGS	<i>International GNSS Service</i>
IGR	<i>IGS Rapid Products</i>
MDT	Modelo Digital do Terreno
NBR	Norma Técnica
NGS	<i>National Geodetic Survey</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Agency</i>
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RINEX	<i>Receiver Independent Exchange Format</i>
RN	Referencial de Nível
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SGRA	Sistema Geodésico de Referência Altimétrico
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
Σ	Somatório
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA	17
2.2	NIVELAMENTO GEOMÉTRICO	19
2.3	POSICIONAMENTO GNSS ESTÁTICO RÁPIDO	23
3	METODOLOGIA	24
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	24
3.2	MATERIAIS	25
3.2.1	Nivelamento	25
3.2.2	Rastreio dos Pontos	25
3.2.3	Processamento dos Dados	25
3.3	MÉTODOS	25
3.3.1	Nivelamento Geométrico Composto	25
3.3.1.1	Coleta dos dados	26
3.3.2	Levantamento GNSS Estático Rápido	26
3.3.2.1	Coleta dos Dados	26
3.3.2.2	Pós-Processamento	27
3.3.3	Cota de Alagamento	28
3.3.4	Modelo Digital do Terreno	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1	NIVELAMENTO GEOMÉTRICO COMPOSTO	30
4.2	LEVANTAMENTO GNSS ESTÁTICO RÁPIDO	31
4.3	DIFERENÇAS NA ALTITUDE	31
4.4	MODELO DIGITAL DO TERRENO	37
4.5	COTA DE ALAGAMENTO	45
5	CONCLUSÕES	49
	REFERÊNCIAS	50
	APÊNDICE A – PLANILHAS DE CÁLCULO DO NIVELAMENTO	52
	APÊNDICE B – RELATÓRIO DE QUALIDADE DO	

PROCESSAMENTO GNSS	61
APÊNDICE C – PERFIS LONGITUDINAIS	68
APÊNDICE D – SEÇÕES TRANSVERSAIS	71
ANEXO A – MONOGRAFIA DO MARCO EPS04	89
ANEXO B – RELATÓRIO DA ESTAÇÃO GEODÉSICA 3641A	91

1 INTRODUÇÃO

Recife é uma cidade com um longo histórico de alagamentos e problemas ligados à drenagem urbana. A rápida e desordenada expansão da capital do estado forçou mudanças drásticas na topografia e ocupação dos solos da cidade, como aterros de áreas de várzeas e mangues, canalizações de córregos e riachos, e pavimentações de vias e terrenos. Segundo TUCCI (2009), essas intervenções resultam no aumento da impermeabilidade dos solos, e consequentemente uma maior demanda da capacidade de escoamento do sistema de drenagem natural, que nem sempre é capaz de suportar esta carga excedente, criando áreas de potenciais inundações. Além dos fatores fisiográficos, a cidade apresenta um conjunto de fatores político-sociais agravantes que dificultam o escoamento das águas das chuvas, os quais vão desde a falta de infraestrutura de drenagem artificial adequada, por parte do poder público, à poluição causada pela população.

Diante de tantos fatores não controláveis pelo poder público, espera-se que normas e termos de referência tratem profundamente das questões técnicas envolvidas na prevenção e mitigação dos problemas relacionados à drenagem, mas na realidade isso não ocorre. O Plano Diretor da cidade do Recife, assim como os termos de referência de execução de obras e serviços da empresa de limpeza urbana (EMLURB) não traz critérios específicos de precisão e controle de qualidade nas obras de drenagem e pavimentação realizadas, abrindo espaço para mais um fator de risco para o funcionamento do sistema de drenagem da cidade.

A população recifense reconhece nos dias de chuvas mais intensas uma ameaça à mobilidade e ao bem-estar urbano, visto que grande parte das principais vias da cidade sofrem com pontos de alagamento, causando transtorno para o transporte, e levando risco à saúde da população.

Analisando uma série pluviométrica histórica da cidade, Ferreira (2016) constatou que mais da metade das chuvas ocorre entre os meses de abril e julho, período onde ocorrem também as maiores precipitações diárias, que podem passar de 100 mm. Em determinadas áreas da cidade, precipitações acumuladas de cerca de 50 mm são capazes de causar focos de alagamentos, como no campus Joaquim Amazonas da UFPE, onde um registro de abril de 2019 mostra vias de acesso da universidade completamente alagadas após uma chuva de pouco mais de 40 mm, segundo dados do pluviômetro da APAC (Agência Pernambucana de Água e Clima) situado no bairro da Várzea.

Enquanto os fatores de influência cultural dependem de uma melhoria na educação e no respeito ao meio ambiente, as soluções de infraestrutura dependem apenas de rigor técnico e investimento do poder público. No Brasil contamos com uma norma técnica que trata da execução de levantamentos topográficos, a NBR 13.133 (ABNT, 1994) que dispõe sobre diversos aspectos de procedimentos e precisões exigidas para cada tipo e classe de levantamento topográfico, mas nos instrumentos normativos locais, não temos referência clara a essa norma.

Com a consolidação do posicionamento global via satélite nas últimas três décadas, encontramos atualmente uma grande oferta de dispositivos e tecnologias cada vez mais acessíveis e eficientes. Segundo Gama, de Seixas e Souza. (2012), essa melhoria na qualidade dos métodos GNSS invoca um questionamento da possibilidade de uso dessas técnicas para a realização de levantamentos a nível cadastral.

A ideia de obter um levantamento mais rápido e com precisões satisfatórias para o trabalho, indica melhores condições para o planejamento urbano, ao passo que garante execuções mais rápidas e com menores custos do que os métodos de topografia convencional, dependendo dos detalhes de cada processo. Um cenário quase ideal para soluções de problemas reais.

1.1 JUSTIFICATIVA

A amplitude dos problemas de infraestrutura de drenagem urbana na cidade do Recife (Figuras 1 e 2) é alarmante, e as ferramentas de planejamento urbano disponíveis se mostram insuficientes para atender à demanda do município, o que leva a uma grande parte da população a ser afetada pelas consequências desses problemas.

Figura 1 – Alagamento próximo ao Centro de Convenções da UFPE, Campus Joaquim Amazonas.



Fonte: Jamur (2019).

Figura 2 – Alagamento na frente do restaurante universitário da UFPE, Campus Joaquim Amazonas.



Fonte: Jamur (2019).

O conhecimento do terreno de uma região é um dos principais instrumentos para se estabelecer boas soluções de infraestrutura, mas os levantamentos topográficos convencionais exigem mais tempo para execução, e grande quantidade de mão de obra envolvida no processo, o que dificulta a execução pelo poder público, normalmente limitado a orçamentos e prazos de trabalho.

A busca por melhorias tecnológicas e o aprimoramento de processos são papéis importantes do engenheiro junto à sociedade, e na perspectiva de se encontrar alternativas viáveis e mais eficientes nos levantamentos de terrenos para fins de infraestrutura de drenagem, vê-se a possibilidade de oferecer os resultados deste trabalho de conclusão de curso como uma ferramenta de melhoria no planejamento urbano da cidade.

1.2 OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo geral determinar as zonas de alagamento na área de estudo e verificar a qualidade do resultado, comparando os resultados através do método GNSS estático rápido e o nivelamento geométrico. Os seguintes objetivos específicos compreendem as etapas fundamentais desta pesquisa:

- Gerar o MDT a partir do nivelamento geométrico composto;
- Gerar o MDT a partir do levantamento GNSS estático rápido;
- Determinar a cota e respectivas zonas de alagamento;
- Avaliar a qualidade altimétrica do método GNSS estático rápido para levantamentos com finalidade de drenagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Através da modernização do sistema de altitudes é possível realizar a determinação das altitudes em relação ao *datum* vertical, através da tecnologia GNSS. Dependendo da precisão a ser utilizada é possível substituir as técnicas tradicionais de topografia. (Ferreira, 2013).

2.1 SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA

O formato e as dimensões da Terra sempre motivaram novas tecnologias, além de gerar muitas discussões e teorias. Para tornar possível a realização dos cálculos da superfície terrestre foram criados modelos matemáticos, sendo com melhor aproximação o elipsóide de revolução (rotação de uma elipse sobre um de seus eixos conforme a Figura 3) achatado nos polos. A superfície elipsoidal além de permitir as operações matemáticas, também é a mais utilizada em projeções cartográficas e serve de referencial para coordenadas geodésicas (latitude e longitude). Foram criados parâmetros para um país ou um grupo de países de modo a se adequarem melhor a realidade geodésica e topográfica (ARANA,2000).

Figura 3 - Geometria do elipsóide de revolução.



Fonte: (ARANA, 2000).

O elipsóide de revolução é definido através de parâmetros, sendo eles o semieixo maior (a) e o semieixo menor (b), conforme visto na Figura 3 e também o achatamento:

$$f = \frac{(a-b)}{a} \quad (1)$$

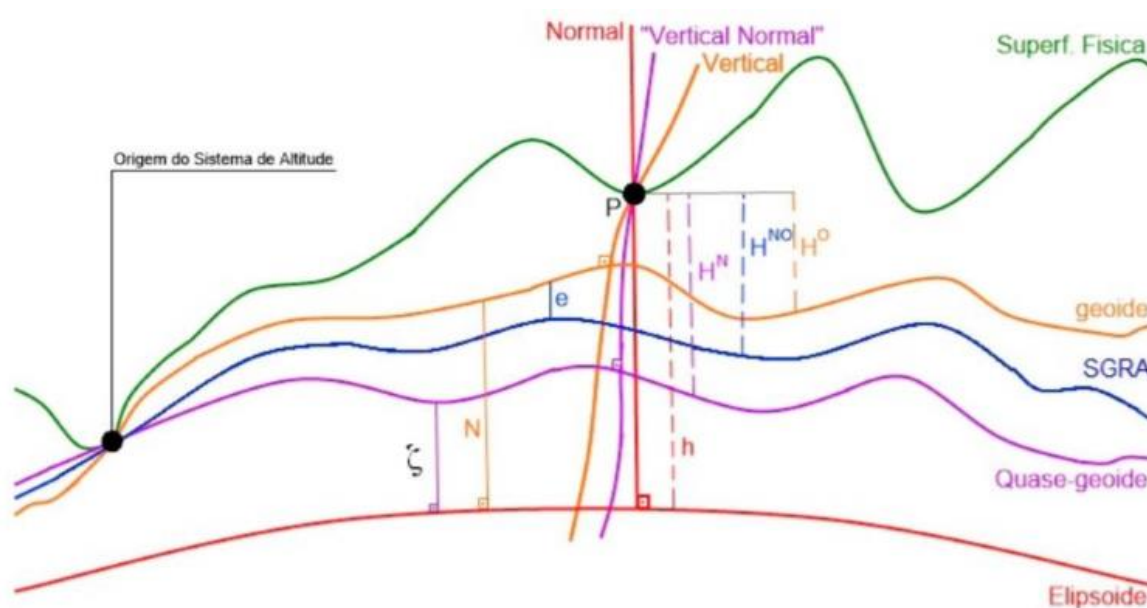
f = Achatamento do elipsóide;

a = Semieixo maior;
 b = Semieixo menor.

É utilizado para servir de base para um sistema de coordenadas geodésicas. No Brasil o elipsóide atual é o GRS80 (*Geodetic Reference System* 1980), tendo como parâmetros atuais o semieixo maior de 6.378.137,0m, achatamento $1/298,257222101$ com origem no centro de massa da terra. O atual SGB (Sistema Geodésico Brasileiro) é o SIRGAS 2000. Ele é descrito pela disposição do elipsóide em relação ao geóide, assim como suas características que definem seu tamanho e forma (IBGE, 2005).

O geóide é uma superfície equipotencial melhor ajustada com o nível médio não perturbado dos mares. (FREITAS; BLITZKOW, 1999). É superfície de referência da altitude normal (física) conforme a Figura 4, sendo esta a distância dada ao longo da vertical do ponto até o quase geóide que pode ser obtida através do nivelamento geométrico. (IBGE, 2018).

Figura 4- Definição das altitudes elipsoidal, normal e vertical do ponto.



Fonte: Adaptado (Jamur, 2018).

O SGB (Sistema Geodésico de Referência Altimétrico) é formado por conjuntos de informações e grandezas numéricas, sendo elas materializadas na superfície física, servindo de referencial espacial para o posicionamento vertical de alta precisão.

A altitude elipsoidal é definida pela distância ao longo da normal geodésica a partir de um ponto na superfície até sua interseção com a superfície do elipsoide de revolução. A altitude elipsoidal também pode ser obtida pelo GNSS, por meio dele é possível ter o posicionamento tridimensional (X, Y e Z).

A vertical do ponto é a linha de força que passa por um ponto. Sendo que a tangente a essa linha é sempre perpendicular às superfícies equipotenciais, por onde a linha de força passar. Com o uso do fio de prumo a vertical, direção do vetor gravidade, pode ser materializada. (VEIGA, ZANETTI, FAGGION, 2007).

2.2 NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

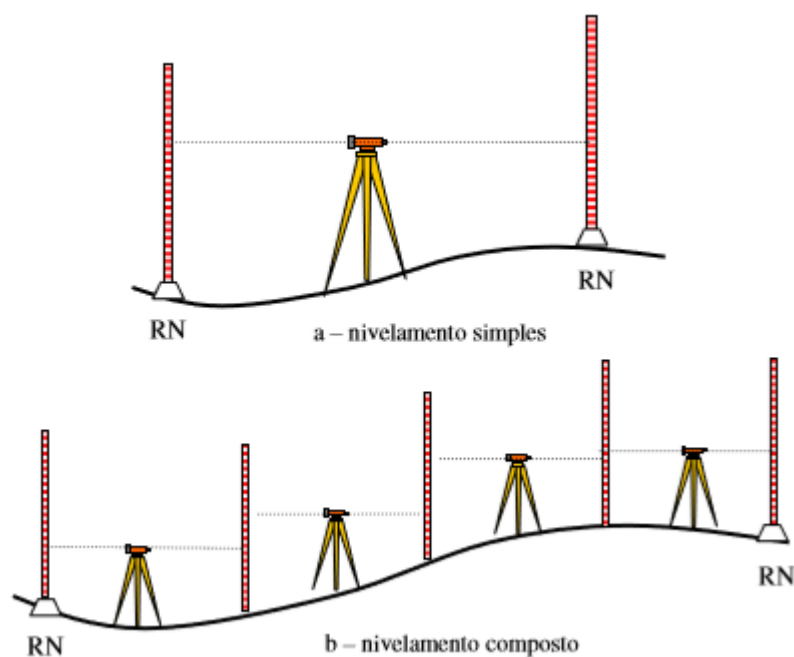
O nivelamento geométrico é realizado através de visadas horizontais utilizando instrumentos como níveis topográficos e miras verticais graduadas, conforme ilustra a Figura 5. Ele pode ser do tipo simples ou composto. No nivelamento simples a diferença de nível é dada entre dois pontos, com o equipamento instalado são feitas as leituras dos dois pontos. No nivelamento composto para calcular a diferença de nível é necessário fazer mais instalações entre o ponto de partida e o ponto de chegada, é utilizado quando o terreno possui desníveis acentuados ou quando a distância a ser percorrida é grande. (VEIGA, ZANETTI, FAGGION, 2012).

Para a obtenção de um melhor resultado no nivelamento é necessário utilizar certos procedimentos durante sua execução, para evitar diversos erros:

- a) Instalar o nível sempre que possível entre os pontos a ser nivelado;
- b) Ler e anotar corretamente as leituras, mantendo o equipamento nivelado;
- c) Utilizar equipamentos em boas condições;
- d) Garantir que a instalação do equipamento esteja em lugar firme e seguro;
- e) Evitar realizar visadas de grandes distâncias;
- f) Evitar leituras inferiores a aproximadamente meio metro.

Os erros causados pela curvatura terrestre, refração atmosférica e colimação do nível, são minimizados através do método das visadas iguais (método mais preciso e utilizado na engenharia), onde é dada a mesma distância entre o nível e a linha visada de ré e o nível e a linha de visada da vante, não podendo exceder a diferença de 2m entre as distâncias. (Veiga, Zanetti, Faggion, 2012).

Figura 5 – Nivelamento simples (a) e composto (b).



Fonte: (VEIGA, ZANETTI, FAGGION, 2012).

A NBR 13.133 classifica os níveis segundo o desvio padrão de 1km de duplo nivelamento conforme a Tabela 1:

Tabela 1 - Classificação dos níveis conforme a precisão.

Classificação dos níveis	
Classes dos níveis	Desvio-padrão
1 - precisão baixa	$> \pm 10\text{mm/ km}$
2 - precisão média	$\leq \pm 10\text{mm/ km}$
3 - precisão alta	$\leq \pm 3 \text{ mm/ km}$
4 - precisão muito alta	$\leq \pm 1\text{mm / km}$

Fonte: (NBR13.133, 1994).

Já o resultado do nivelamento pode ser classificado de acordo com sua precisão, segundo a Tabela 2:

Tabela 2 - Levantamentos Geodésicos – Nivelamento.

ÍTEM	LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS			
	De Alta Precisão	De Precisão		Para Fins Topográficos
	Fundamental	Áreas Mais Desenvolvidas	Áreas Menos Desenvolvidas	Local
1. CONFIGURAÇÃO DOS CIRCUITOS E LINHAS				
1.1 – Geral				
. perímetro máximo dos circuitos	400 km	200 km	200 km	De acordo com as finalidades
. comprimento máximo das linhas	100 km	50 km	50 km	De acordo com as finalidades
. intervalo máximo entre as estações monumentadas ou comprimento máximo da seção	3 km	3 km	3 km	–
1.2 – Regiões metropolitanas	8 – 10 km	2 – 8 km	De acordo com as finalidades	De acordo com as finalidades
. perímetro dos circuitos	2 km	2 km	De acordo com as finalidades	De acordo com as finalidades
. comprimento desejável das linhas	1 – 3 km	1 – 3 km	< 3 km	< 3 km
. comprimento da seção				
2. MEDIÇÃO DE DESNÍVEIS	Nivelamento duplo (N e CN)	Nivelamento duplo (N e CN)	Nivelamento duplo (N e CN)	Nivelamento duplo (N e CN) ou simples
2.1 – Procedimento				Nível automático ou de bolha e miras.
2.2 – Instrumental	Nível automático ou de bolha provido de micrômetro ótico de placas plano-paralelas. Miras de invar com dupla graduação.	Nível automático ou de bolha provido de micrômetro ótico de placas plano-paralelas. Miras de invar com dupla graduação.	Nível automático ou de bolha provido de micrômetro ótico de placas plano-paralelas. Miras de invar.	–
2.3 – Colimação do nível (C)	ICI ≤ 0,01 mm/m	Idem	Idem	–
a) Não precisa ser retificado	0,01 < ICI ≤ 0,03 mm/m	Idem	Idem	–
b) Poderá ser retificado	ICI > 0,03 mm/m	Idem	Idem	100 metros
c) Deverá ser retificado	100 metros	Idem	Idem	Idem
2.4 – Comprimento máximo da visada	0,0002 m	Idem	Idem	Idem
2.5 – Divergência de leituras entre duas graduações em unidades da mira	0,002 m	Idem	Idem	0,005 m
2.6 – Uso dos três fios – divergência entre o 1º e 2º, 2º e 3º	3 m	0,002 m	0,005 m	10 m
2.7 – Diferença máxima tolerável entre os comprimentos das visadas de ré e vante, acumulada para a seção		5 m	10 m	
3. CONTROLES PARA A QUALIDADE	3 mm $\sqrt{k}$		8 mm $\sqrt{k}$	12 mm $\sqrt{k}$
3.1 – Diferença máxima aceitável entre o nivelamento e o contra-nivelamento de uma seção (k = comprimento da seção em km)	4 mm $\sqrt{k}$	6 mm $\sqrt{k}$	8 mm $\sqrt{k}$	12 mm $\sqrt{k}$
3.2 – Diferença máxima aceitável entre o nivelamento e o contra-nivelamento de uma linha (k = comprimento da linha em km)	0,5 mm/km	6 mm $\sqrt{k}$	5 mm/km	10 mm/km
3.3 – Valor máximo para a razão entre a discrepância acumulada e o perímetro do circuito	2 mm $\sqrt{k}$	5 mm/km	4 mm $\sqrt{k}$	6 mm $\sqrt{k}$
4. ERRO-PADRÃO MÁXIMO ACEITÁVEL PARA UMA LINHA APÓS O AJUSTAMENTO (k = comprimento da linha em km).		3 mm $\sqrt{k}$		

Fonte: (IBGE, 1983).

Para determinação dos resultados é necessário fazer utilização das seguintes fórmulas (Saraiva, Oliveira, 2012):

a) Determinação da altura do instrumento (plano de referência):

$$A.I = Cota - Leitura\ de\ ré \quad (2)$$

$A.I$ = Altura do instrumento, também conhecida como plano de referência.

$Cota$ = Ponto com altitude conhecida.

b) Determinação da cota:

$$Cota = A.I + Leitura\ de\ ré \quad (3)$$

c) Somatório de controle:

$$\sum Ré - \sum Vante = Cfc - Ci \quad (4)$$

$\sum Ré$ = Somatório de todas as leituras de ré.

$\sum Vante$ = Somatório de todas as leituras de vante.

Cfc = Cota final após o contranivelamento.

Ci = Cota inicial.

d) Erro do nivelamento:

$$En = Cfc - Ci \quad (5)$$

En = Erro do nivelamento;

e) Tolerância do nivelamento:

$$T = c . k . \sqrt{l} \quad (6)$$

T = Tolerância do nivelamento;

c = Coeficiente de precisão;

k = Erro médio admitido por quilômetro:

5 mm para nivelamento de precisão de primeira ordem;

10 mm para nivelamento de precisão de segunda ordem;

15 mm para nivelamento de precisão de terceira ordem;

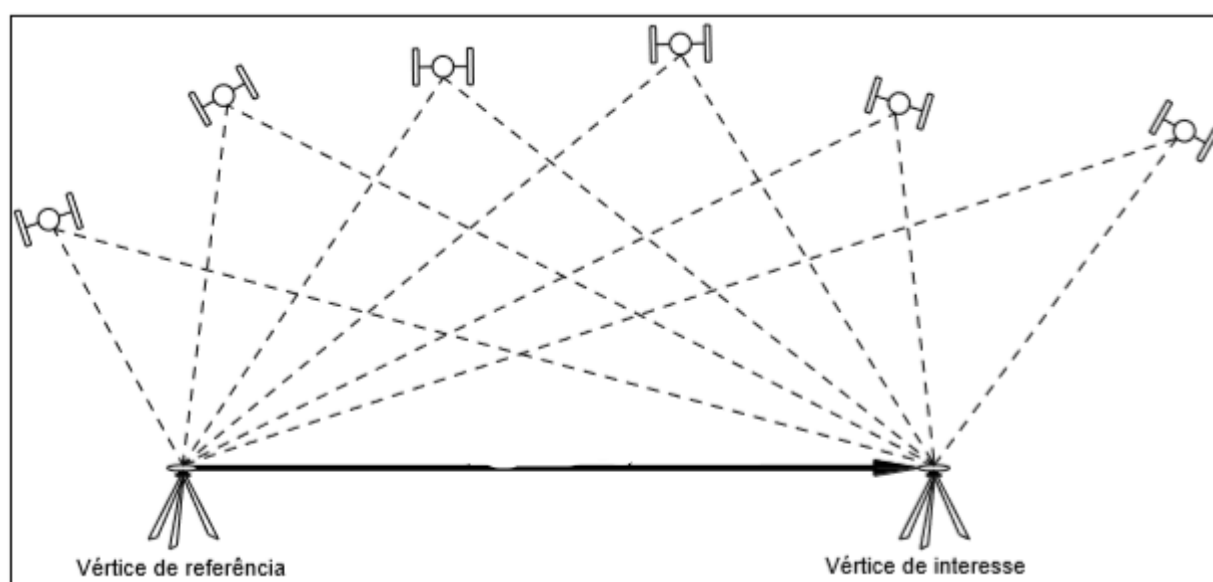
l = Extensão nivelada em km.

2.3 POSICIONAMENTO GNSS ESTÁTICO RÁPIDO

O Sistema de Navegação por Satélite (GNSS) tem como objetivo proporcionar aos usuários a posição tridimensional. O sistema tem cobertura global e funciona 24h por dia. O posicionamento é realizado através da medição de distâncias ao mesmo tempo, através da medição da distância entre a estação de recepção e ao menos 4 satélites. (SARAIVA, OLIVEIRA, 2002).

O posicionamento é definido através da localização dos objetos com um referencial específico. O posicionamento relativo (Figura 6) tem como definição a determinação das coordenadas com relação a um referencial materializado por um ou mais vértices de coordenadas conhecidas. (DOCKHORN, 2006).

Figura 6 – Posicionamento Relativo



Fonte: Incra (2013).

No posicionamento relativo estático, os receptores base e itinerante devem permanecer imóveis durante o período do rastreo. O comprimento da linha de base deve ser inferior a 10km. O tempo de rastreo deve ser no mínimo 20 minutos. Este método é ideal para levantamentos geodésicos.

O posicionamento pelo método relativo estático rápido, difere do posicionamento relativo estático apenas no tempo de duração do rastreo, que deve ser inferior a 20 minutos, este método é adequado para uma alta produtividade de pontos. (MONICO, 2000).

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a via que está localizada no campus da UFPE de Recife, possui aproximadamente 5605 m² e 570m de extensão. Ela abrange a área das imediações do Restaurante Universitário até as proximidades do NIATE da Área II.

A via é quase toda asfaltada com exceção da parte próxima a curva do NIATE que é de paralelepípedo.

Figura 7 - Imagem da área de estudo demarcada em vermelho no Google Earth.



Fonte: Google Earth.

3.2 MATERIAIS

3.2.1 Nivelamento

Nível digital Foif EL - 302

2 Sapatas de ferro

Mira de alumínio com código de barras

Nível de cantoneira

Tinta acrílica de piso

Prancheta

Pregos de aço e martelo

3.2.2 Rastreio dos pontos

Par de receptores GNSS Leica Viva GS15

Controladora Leica CS10

Bastão telescópico

Bipé de apoio

Trena

3.2.3 Processamento dos dados

Software de planilha eletrônica

Software Topcon Tools 7.5.1

Plataforma ArcGIS 10.5

Software Topograph 98SE

3.3 MÉTODOS

Primeiramente foi realizada uma vistoria em campo para planejar os levantamentos. Foram realizados dois levantamentos da mesma área para fins comparativos e com equipamentos e metodologias diferentes, o nivelamento geométrico composto e o método de posicionamento GNSS estático rápido.

3.3.1 Nivelamento Geométrico Composto

3.3.1.1 Coleta dos dados

O primeiro método utilizado foi o nivelamento geométrico composto, ele foi realizado pelo método das visadas iguais, desta forma a diferença da distância horizontal entre a estação e as visadas de vante e ré não poderia ser maior que 2m. Outro ponto importante é que para as visadas de vante e ré a distância horizontal máxima realizada foi inferior a 17m e sempre foram realizadas duas leituras tanto para vante e ré durante o levantamento.

A primeira parte realizada do nivelamento foi o transporte de altitude para um parafuso colocado perto do restaurante universitário (o ponto foi chamado de “Partida”). O ponto escolhido para o início do nivelamento foi o RN 3641A localizado no canteiro central, no segundo degrau ao lado do monumento alusivo do Reitor Joaquim Inácio de Almeida Amazonas, por ser um ponto de altitude conhecida.

A segunda parte do nivelamento foi do ponto Partida para o parafuso localizado no EPS04. Durante esse percurso foram levantadas linhas de visadas intermediárias no sentido de um lado da calçada para outro, os pontos na pista foram marcados com tinta e a cada 5m estimados durante o percurso do nivelamento novas linhas de visadas intermediárias foram sendo marcadas e levantadas. Também foram levantadas bocas de lobo durante o percurso pegando o ponto médio na frente delas.

Para a terceira (EPS04 – RN-D) e quarta (RN-D – Final), o levantamento seguiu o mesmo princípio, as únicas alterações foram que as linhas passaram a ser realizadas a cada 10m e pelo fato de conter lombadas nesse trecho, linhas de visadas intermediárias foram feitas nas partes mais baixas das lombadas e na parte mais alta.

3.3.2 Levantamento GNSS Estático Rápido

3.3.2.1 Coleta dos Dados

A segunda parte do trabalho de coleta em campo correspondeu ao levantamento dos pontos marcados anteriormente, no nivelamento, pelo método de posicionamento GNSS estático rápido, para o qual foi utilizado um par de receptores GNSS Viva GS15 da Leica Geosystems, onde um dos aparelhos serviu de base e ficou instalado no marco EPS04, que conta com um pilar de centragem forçada, enquanto o outro receptor foi instalado em um

bastão com nível de cantoneira e apoio de bipé para fazer o rastreo dos pontos. O levantamento foi realizado ao longo de dois dias, através de ocupações estáticas de 1 minuto para cada ponto de interesse, com o uso da unidade coletora de dados do receptor.

3.3.2.2 Pós-Processamento

A etapa de processamento dos dados se iniciou com as descargas dos receptores, que contam com a opção de acesso rápido por cartão de memória dos arquivos brutos nativos do sistema Leica, na extensão “.m00”. Os arquivos descarregados foram convertidos para o formato RINEX a para poderem ser utilizados no *software* de processamento disponível, que foi o Topcon Tools v.7.5.1.

Por se tratar de uma versão um pouco mais antiga, o programa não oferecia opção de configurações nativas para as antenas dos receptores utilizados, foi preciso então criar uma configuração personalizada utilizando os parâmetros de calibração de antenas no padrão ANTINFO, disponibilizados pelo NGS/NOAA.

Após o término dos procedimentos preliminares, os dados RINEX foram carregados no programa, distinguindo as ocupações de base das autônomas, e então seguiu-se a rotina de pós-processamento relativo das ocupações, configurando os parâmetros de cada ocupação. As soluções das órbitas transmitidas não foram utilizadas para o processamento, portanto foi preciso descarregar as soluções de órbitas precisas dos dois de trabalho para garantir o processamento satisfatório das observações. Devido à urgência no processamento dos dados, optou-se pelo uso das soluções rápidas das órbitas IGR, que em termos práticos oferece precisões semelhantes à opção IGS num prazo muito menor.

Processados os pontos pelo método GNSS, obteve-se suas posições no sistema geodésico de referência SIRGAS2000, que permitiriam a elaboração do modelo digital de terreno da área de estudo. Para garantir a condição de comparação entre as altitudes medidas nos dois tipos de levantamento, as altitudes geométricas dos pontos precisaram ser convertidas em ortométricas. O *software* MAPGEO2015 foi utilizado para obter as alturas geoidais do modelo, para cada posição.

3.3.3 Cota de Alagamento

Foram utilizados registros históricos fotográficos para determinar um ponto de ocorrência de alagamento em condições médias de chuvas, e que pertencesse ao roteiro do nivelamento, a cota obtida para este ponto de referência serviu de parâmetro para determinação das áreas de potencial de alagamento, em cada modelo digital de terreno gerado.

3.3.4 Modelo Digital de Terreno

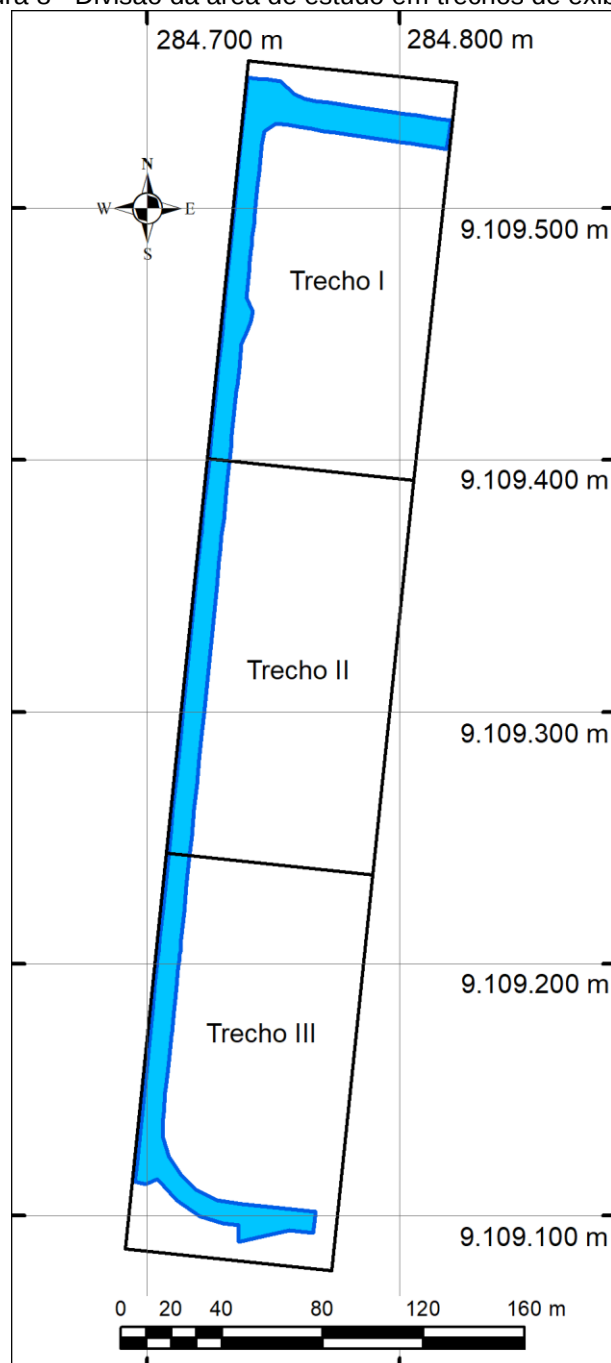
As posições obtidas em ambos os métodos de levantamento foram formatadas em arquivos tabulares, para serem utilizados como dados de entrada nos programas de processamento de dados de topografia. O método escolhido para criação dos MDT foi o de malha triangular irregular, muito utilizado em modelagens de terreno em levantamentos topográficos. Inicialmente foram gerados modelos no *software* Topograph 98 SE, onde o módulo de projeto topográfico permite estabelecer linhas obrigatórias de triangulação, onde é possível evitar interpolações forçadas de triângulos que não representam a realidade do terreno. Por se tratarem de coordenadas norte e este iguais nos diferentes modelos, as malhas foram identicamente configuradas, a fim de garantir que todas as diferenças observadas nos modelos fossem oriundas exclusivamente das diferenças de altitudes medidas nos diferentes levantamentos. Os modelos criados no Topograph 98 SE serviram para obtenção dos perfis longitudinais e das seções transversais ao longo da área de estudo.

Com os mesmos dados tabulares formatados, foram geradas malhas triangulares na plataforma ArcGIS 10.5, das quais é possível obter automaticamente produtos de análise da superfície do terreno, como declividade e aspecto das superfícies dos triângulos. Foram realizadas operações de análise sobre as superfícies geradas a fim de obter informações sensíveis para o estudo da área, como os volumes das superfícies sobre um plano de referência, superfície de diferenças dos MDT, que mostra a distribuição visual dos desvios entre os levantamentos, e os fatiamentos das superfícies para ilustrar as áreas de potencial de alagamento na área de estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises dos resultados obtidos nesta pesquisa são apresentadas em diferentes formatos. As cartas geradas para as representações visuais foram divididas em três trechos contíguos, como mostra a Figura 8, a fim de melhorar a condição de visualização dos dados, e serão trazidas em sequência, sempre que um resultado visual for chamado.

Figura 8 - Divisão da área de estudo em trechos de exibição.



Fonte: Os Autores.

4.1 NIVELAMENTO GEOMÉTRICO COMPOSTO

A primeira tarefa a ser feita foi realizar média das leituras de vante e de ré de modo a conter apenas uma para cada observação realizada. Com esta nova planilha foi feita a diferença dos somatórios de vante e ré para obtenção do erro de fechamento do nivelamento.

O cálculo do transporte de altitude foi realizado com as informações da RN 3641A disponíveis no site do LAGEO, como o primeiro ponto visado do levantamento foi a RN 3641A para o cálculo da altura do instrumento também conhecido como plano de referência e o cálculo da altitude de vante foram utilizadas as fórmulas 2 e 3.

Após a troca da estação, era utilizada a altitude da vante anteriormente calculada para calcular a nova altura do instrumento, altitude dos pontos intermediários e da nova vante a partir da fórmula 2. Após o cálculo das altitudes foi realizado cálculo de verificação através da fórmula 4, obtendo:

$$98,6795 - 98,6770 = 11,3150 - 11,3125 = 2,5mm$$

O erro do fechamento do nivelamento foi calculado a partir da fórmula 5:

$$En = 11,3150 - 11,3125 = 2,5mm$$

O cálculo da tolerância do nivelamento foi realizado através da fórmula 6:

$$T = 2 \times 5 \times \sqrt{0,8639}$$

$$T = 9,295 mm$$

O erro cometido está dentro da precisão do nivelamento de alta precisão, $2,5mm < 9,295mm$.

Como nas observações de ré e vante foram realizadas duas observações, algumas vezes a diferença entre elas chegou a ser 1mm, como foi utilizada a média na planilha, a menor medida utilizada foi 0,5mm. Não foi necessário fazer o cálculo de correção devido o resultado ser indiferente para a precisão utilizada.

4.2 LEVANTAMENTO GNSS ESTÁTICO RÁPIDO

O apêndice B traz uma tabela com os resultados do pós-processamento GNSS, que constam da posição dos pontos com suas respectivas altitudes elipsoidais, e o desvios padrão horizontal e vertical. Analisando a qualidade das posições calculadas, constatamos que cerca de 5% dos pontos tiveram falha no controle de qualidade, dos quais já era esperado este comportamento, tendo em vista que vários pontos do levantamento são situados em condições adversas para o sistema GNSS, como proximidade de árvores e linhas de transmissão de alta tensão, fatores conhecidos de grande influência em erros de multicaminhamento e ruído.

Uma avaliação dos desvios padrão calculados no processamento revelaram que os indicadores de qualidade tanto para as dimensões horizontais quanto verticais apresentaram valores até 1 cm em mais de 80% dos pontos, como mostram as análises de frequência dos desvios, apresentadas nas tabelas 03 e 04.

Tabela 3 - Análise de frequência dos desvios padrão na horizontal dos pontos processados.

Desvio Padrão (m)	Frequência	% cumulativo
0,005	150	56,18%
0,01	76	84,64%
0,02	26	94,38%
Mais	15	100,00%

Fonte: Os Autores.

Tabela 4 - Análise de frequência dos desvios padrão na vertical dos pontos processados.

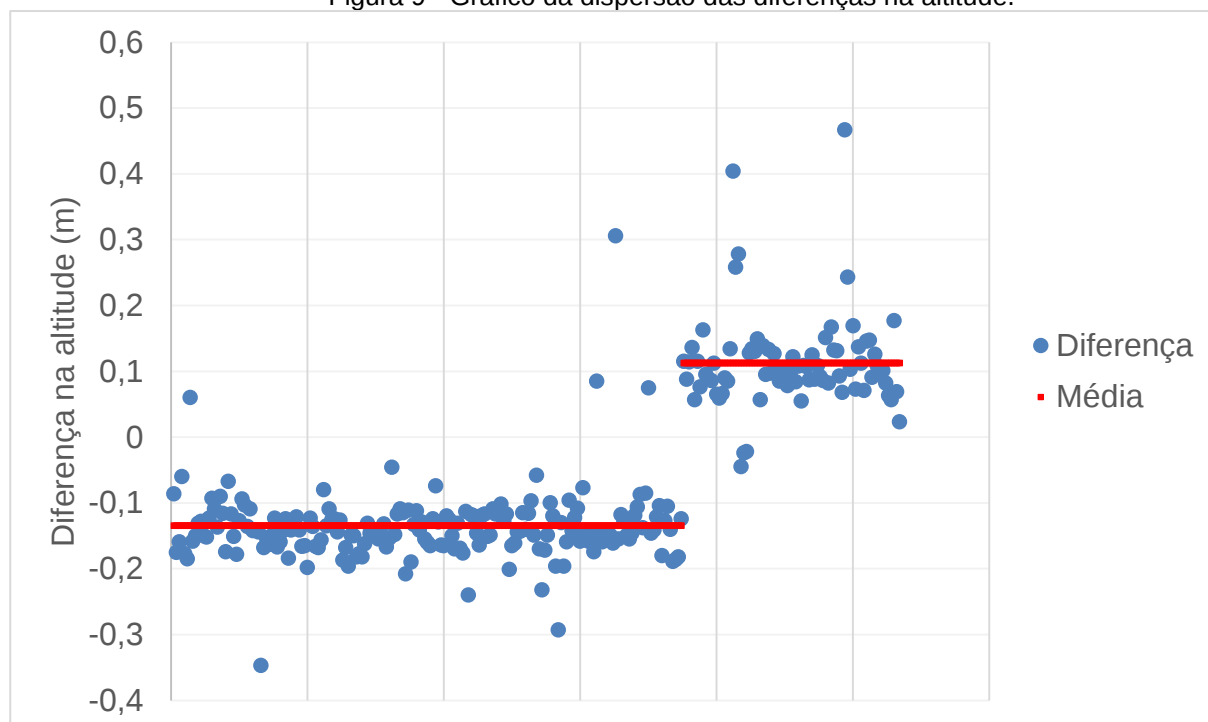
Desvio Padrão (m)	Frequência	% cumulativo
0,01	168	62,92%
0,02	64	86,89%
0,04	20	94,38%
Mais	15	100,00%

Fonte: Os Autores.

4.3 DIFERENÇAS NA ALTITUDE

Os resultados das diferenças na altitude entre os dois levantamentos foram analisados sob diferentes perspectivas e revelaram panoramas interessantes para o estudo. A dispersão dos valores apresentou duas linhas de tendência bem definidas para os dois dias de levantamento GNSS, como mostra a Figura 9.

Figura 9 - Gráfico da dispersão das diferenças na altitude.



Fonte: Os Autores.

Tratando os dados separadamente por dia de levantamento, temos uma média de 0,142 m, e um desvio padrão de 0,039 m para o primeiro dia, enquanto no segundo a média apresentou 0,115 m, e 0,068 m de desvio padrão, assim como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Desvios de altitude por data do levantamento GNSS.

Data	Pontos levantados	Média dos desvios (m)	σ (m)
11/05/2019	187	0,142	0,039
18/05/2019	80	0,115	0,068

Fonte: Os Autores.

A diferença notável apresentada nas duas datas pode ser fruto de uma série de fatores em geral sistemáticos, inerentes ao sistema GNSS, além de aspectos operacionais, a exemplo da altura dos bastões, que foi diferente para cada dia devido a troca dos instrumentos, sendo a primeira medida de altura inferior a 1,40 m, enquanto a segunda medida foi maior que 1,80 m.

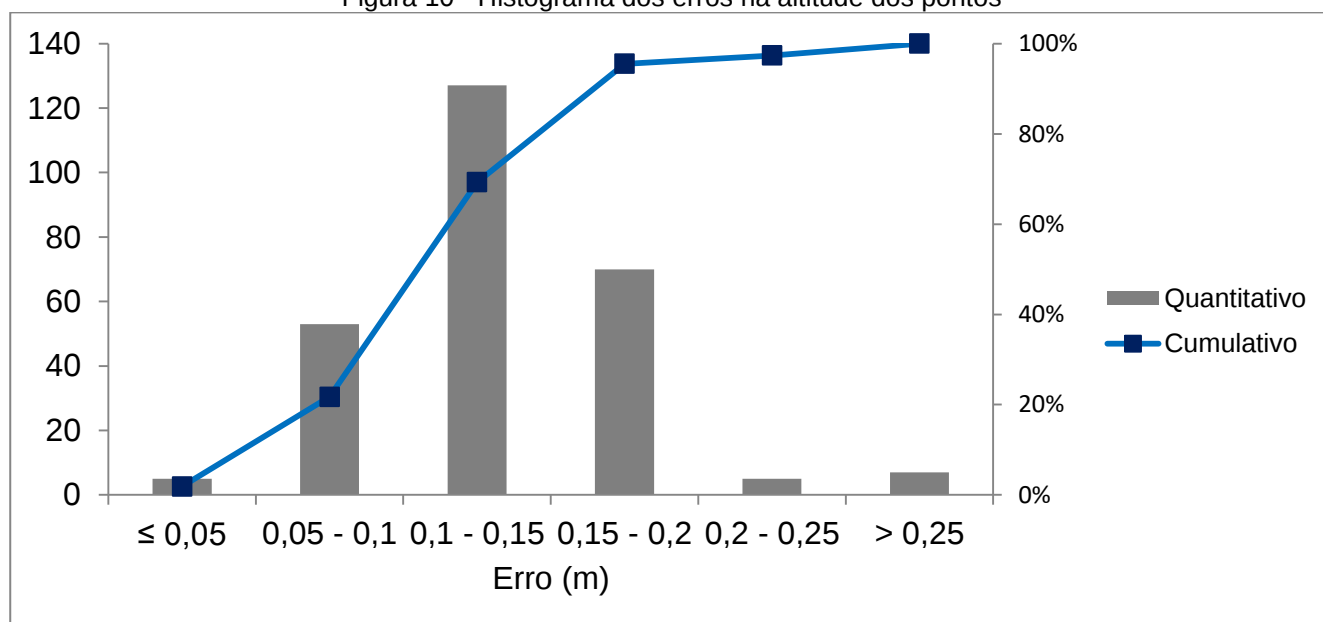
Considerando a totalidade dos dados, constatamos que apenas uma pequena fração dos pontos apresentou erros inferiores a 5 cm, somando cerca de 20% do total na faixa até 10 cm, chegando a pouco mais de 95% para o acumulado até 20 cm. A tabela 06 apresenta a frequência completa dos erros enquanto a Figura 10 ilustra o histograma dos dados.

Tabela 6 - Análise de frequência dos erros na altitude.

Erro (m)	Quantitativo	Cumulativo (%)
≤ 0,05	5	1,87
0,05 - 0,1	53	21,72
0,1 - 0,15	127	69,29
0,15 - 0,2	70	95,51
0,2 - 0,25	5	97,38
> 0,25	7	100,00

Fonte: Os Autores.

Figura 10 - Histograma dos erros na altitude dos pontos



Fonte: Os Autores.

Levando em consideração os pontos que falharam nos testes de qualidade do processamento GNSS, seja por não atenderem às precisões estabelecidas, quanto por apresentarem soluções flutuantes, apenas dois não tiveram erros na altitude maiores que a média. Na faixa de maior discrepância (> 20 cm), do total de onze pontos, sete fazem parte desse grupo, incluindo o ponto de maior erro, com 0,467 m de diferença entre as cotas medidas, como mostra a Tabela 7.

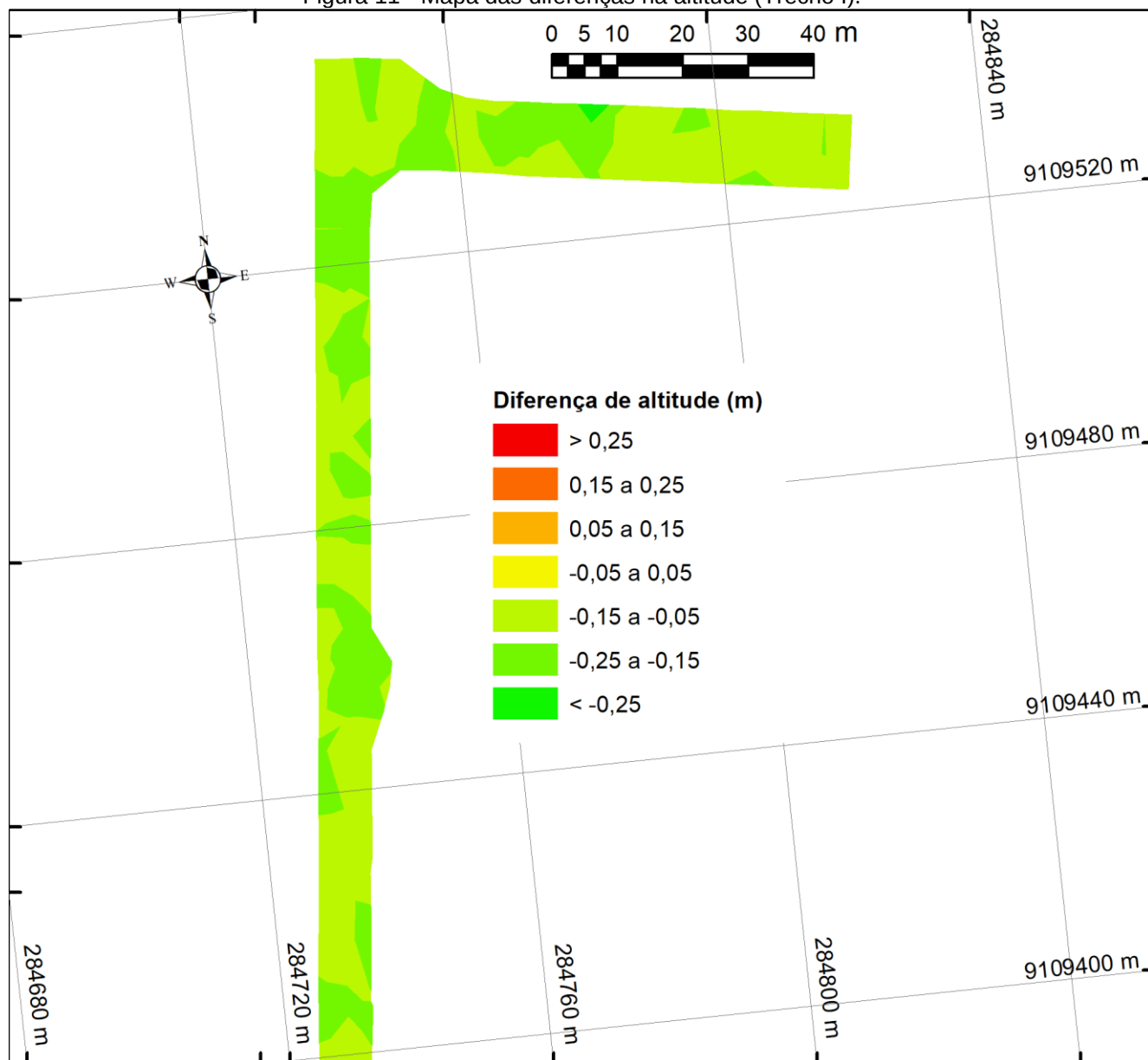
Tabela 7 – Erro na altitude dos pontos reprovados no controle de qualidade do processamento GNSS.

Ponto	Solução	Erro na altitude
P012	Fixa	0,174
P042	Fixa	0,198
P091	Fixa	0,164
P101	Fixa	0,240

P125	Fixa	0,149
P128	Flutuante	0,232
P134	Fixa	0,293
P141	Fixa	0,108
P148	Fixa	0,085
P155	Flutuante	0,306
P192	Fixa	0,404
P214	Fixa	0,122
P233	Fixa	0,467
P234	Fixa	0,243
P236	Fixa	0,169

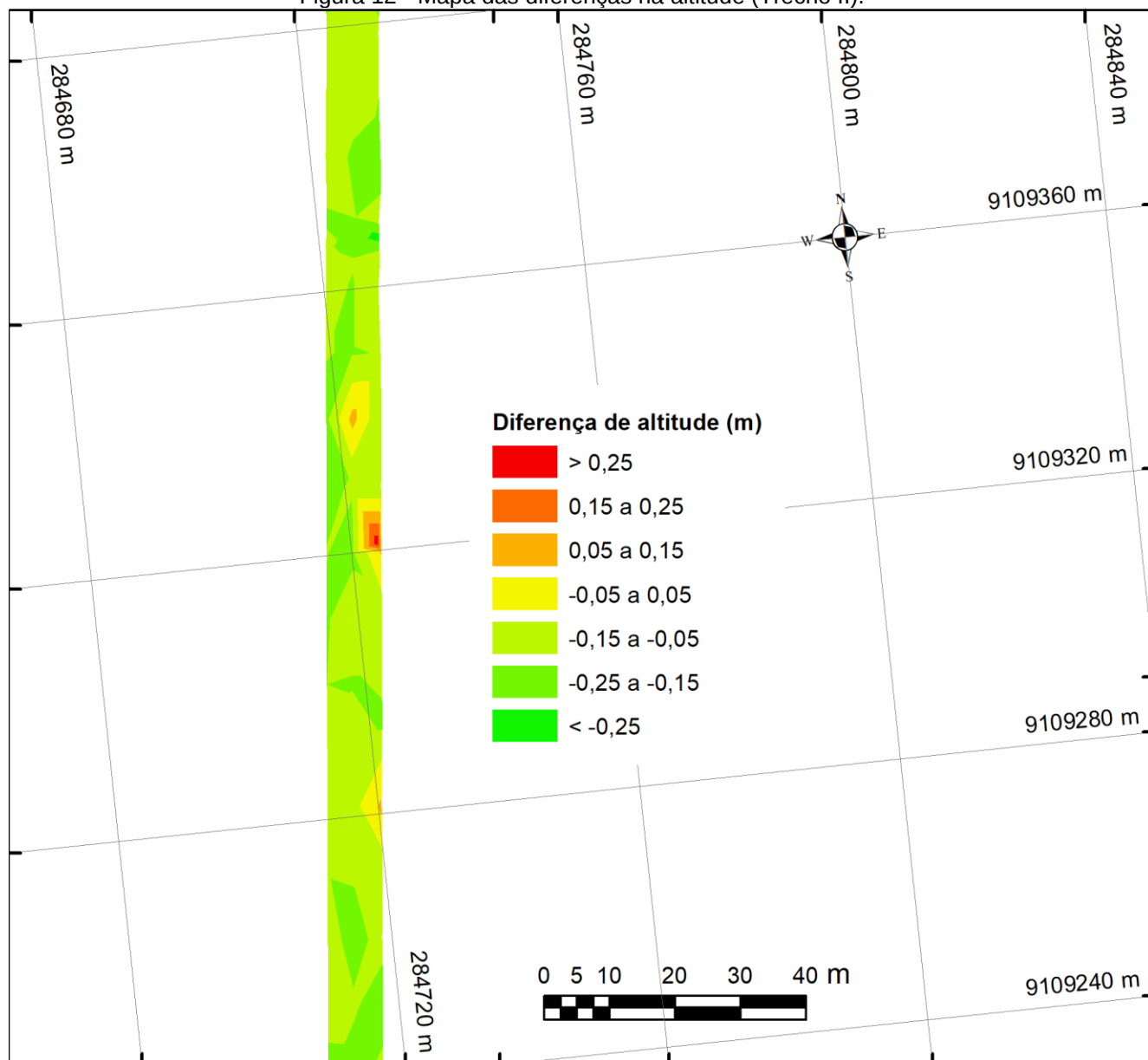
Fonte: Os Autores.

Figura 11 - Mapa das diferenças na altitude (Trecho I).



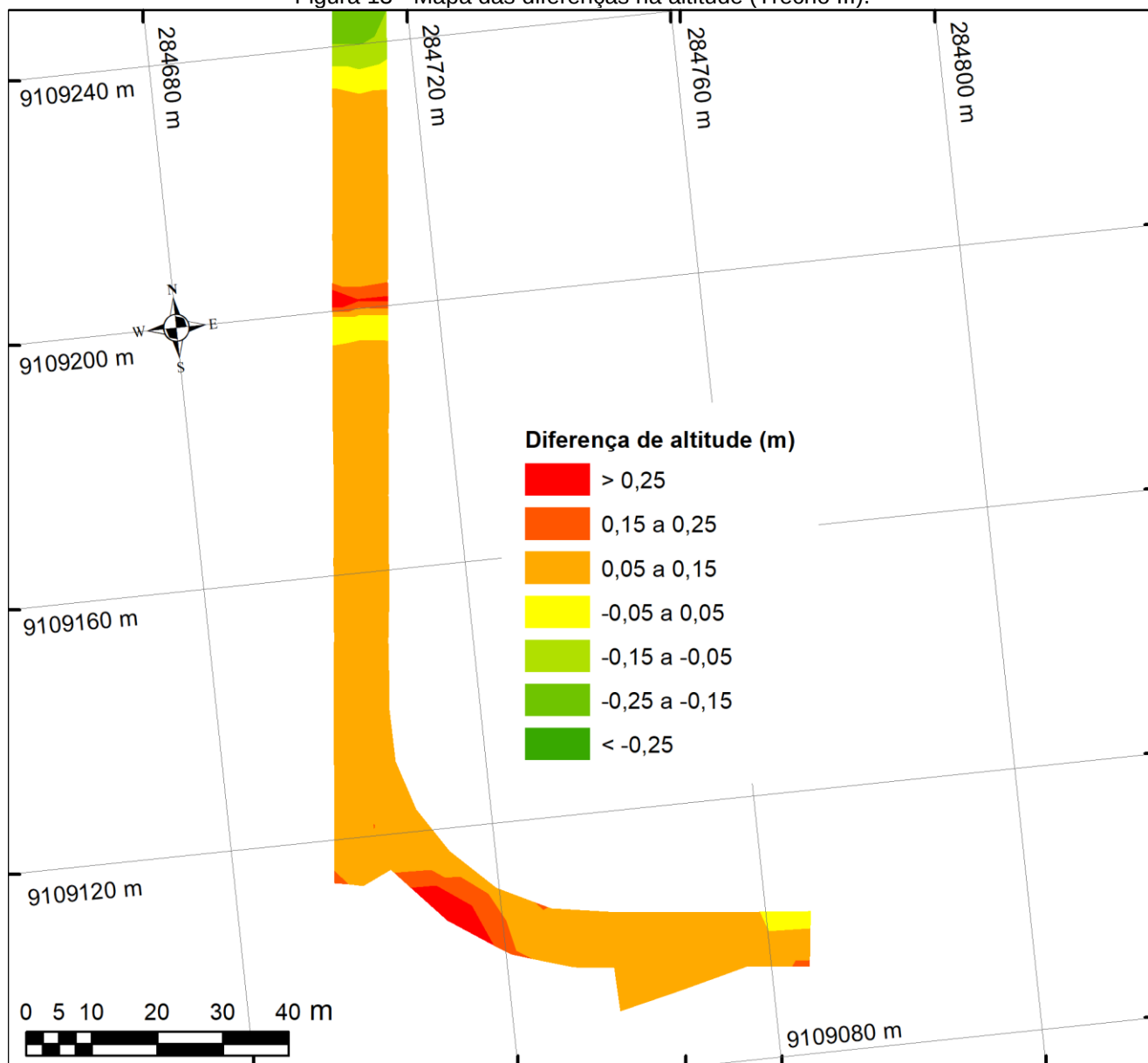
Fonte: Os Autores.

Figura 12 - Mapa das diferenças na altitude (Trecho II).



Fonte: Os Autores.

Figura 13 - Mapa das diferenças na altitude (Trecho III).



Fonte: Os Autores.

4.4 MODELO DIGITAL DE TERRENO

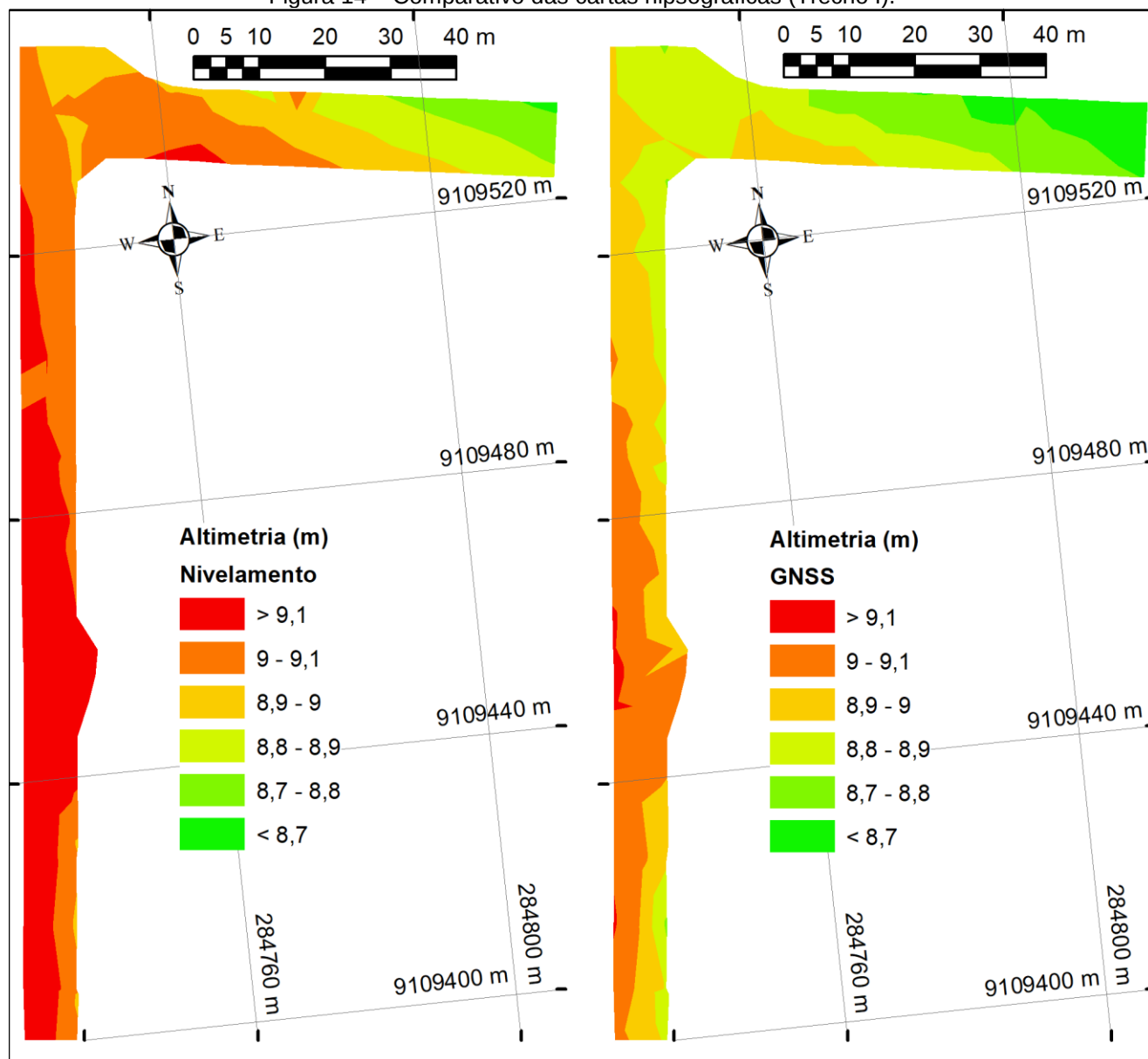
Uma análise visual da carta hipsográfica do MDT de referência, gerado a partir dos dados do nivelamento, mostra uma condição de tendência de inclinação do terreno de oeste para leste, e em boa parte do percurso, do norte para o sul. A carta de declividades reforça a disposição da declividade do terreno observada anteriormente, mostrando uma certa consistência nas condições de escoamento do terreno, que mesmo relativamente plano, ainda apresenta declividades satisfatórias para o escoamento superficial.

O MDT baseado no levantamento GNSS apresentou características mais variadas no terreno, e apesar de apresentar tendências semelhantes ao modelo de referência, é possível

identificar pontos de inversão de declividade não esperados, e conseqüentemente menos consistência funcional para o terreno, em concordância com a inconsistência altimétrica conferida nos pontos do levantamento.

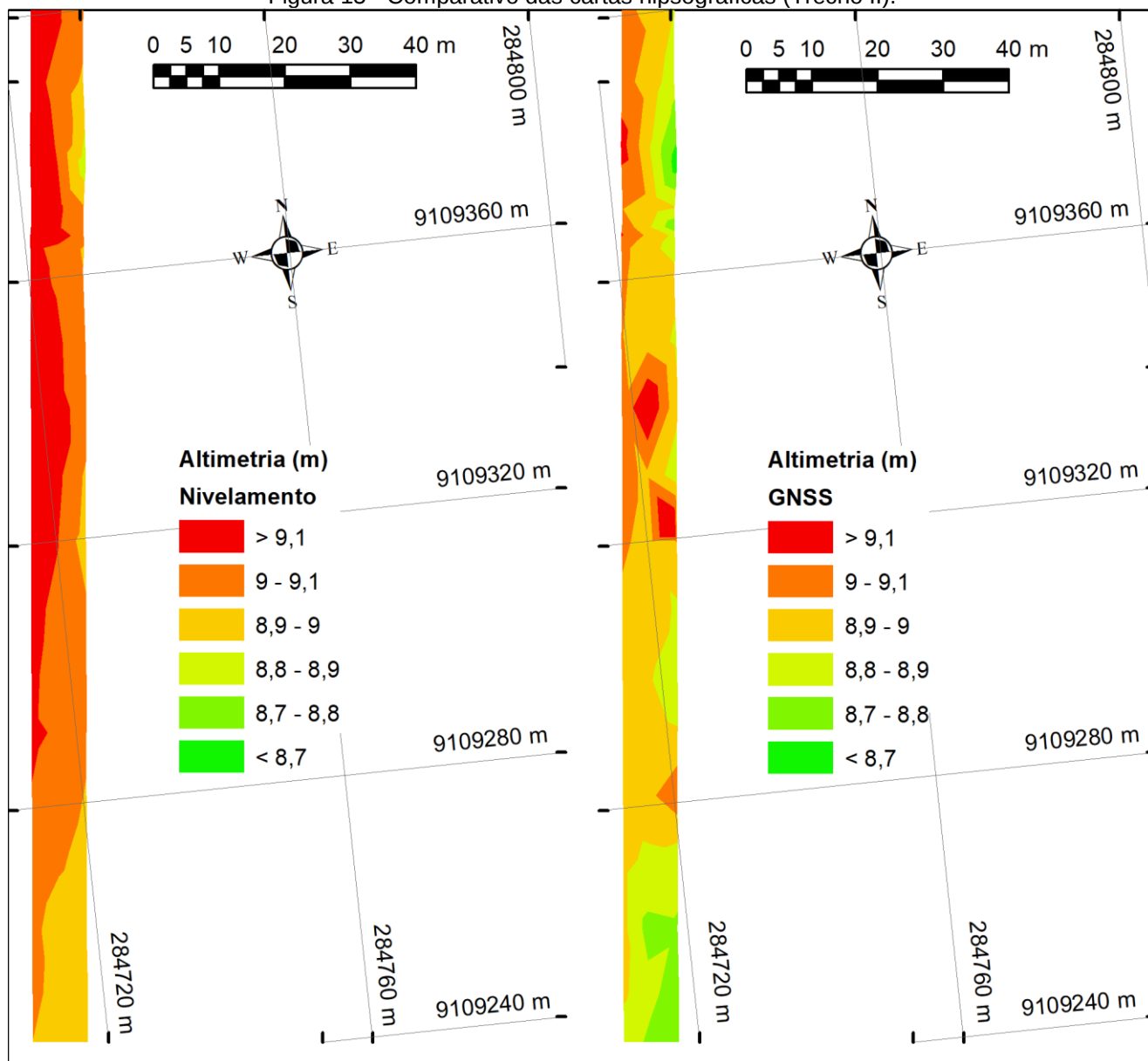
As cartas hipsográficas e de declividade elaboradas neste TCC foram produzidas de forma comparativa entre os produtos do levantamento de referência (à esquerda) e o levantamento GNSS (à direita), e são apresentadas nas Figuras 14 até 19. Os perfis longitudinais e seções transversais elaborados no *software* Topograph são representados nos apêndices C e D.

Figura 14 – Comparativo das cartas hipsográficas (Trecho I).



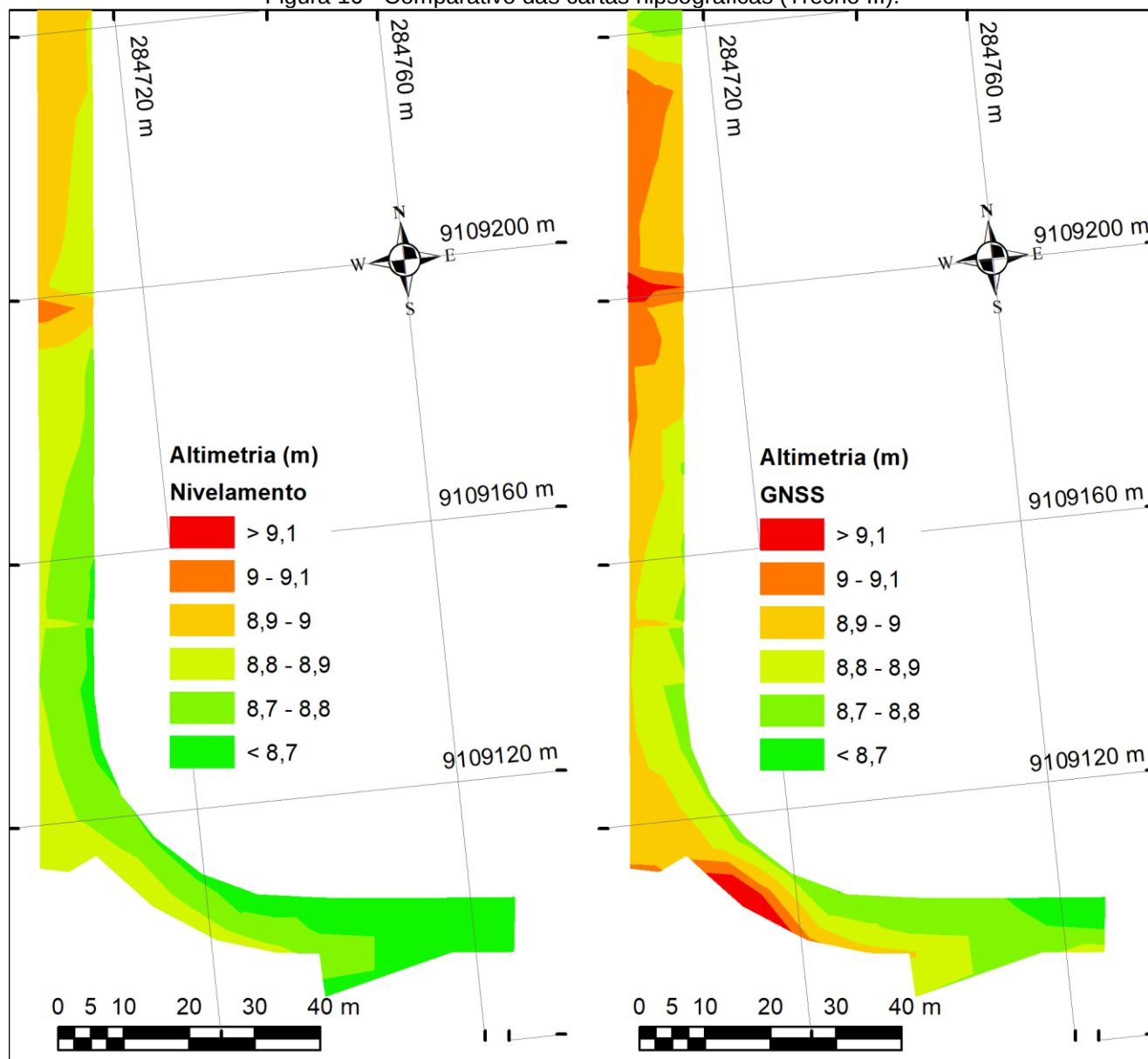
Fonte: Os Autores.

Figura 15 - Comparativo das cartas hipsográficas (Trecho II).



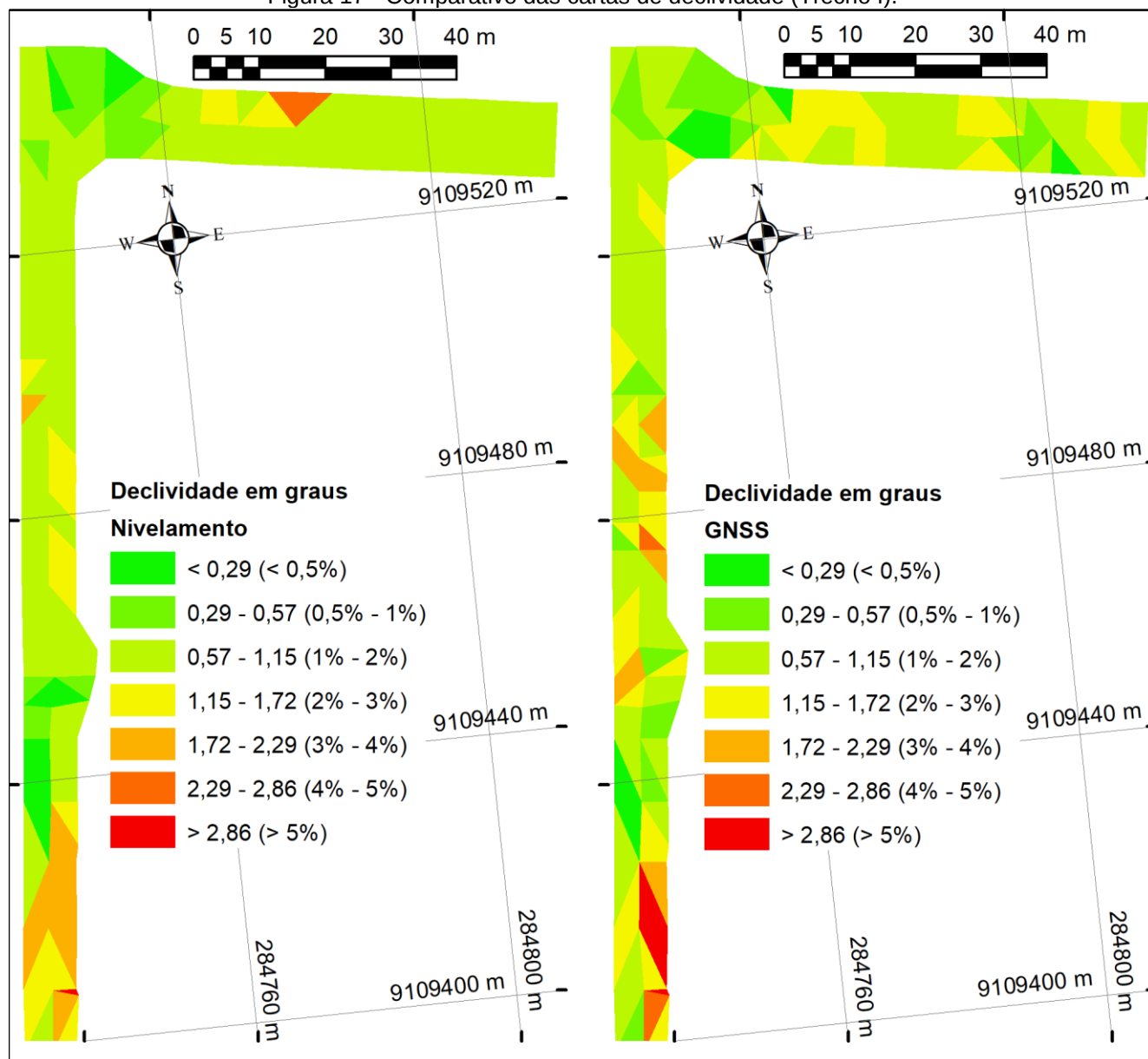
Fonte: Os Autores.

Figura 16 - Comparativo das cartas hipsográficas (Trecho III).



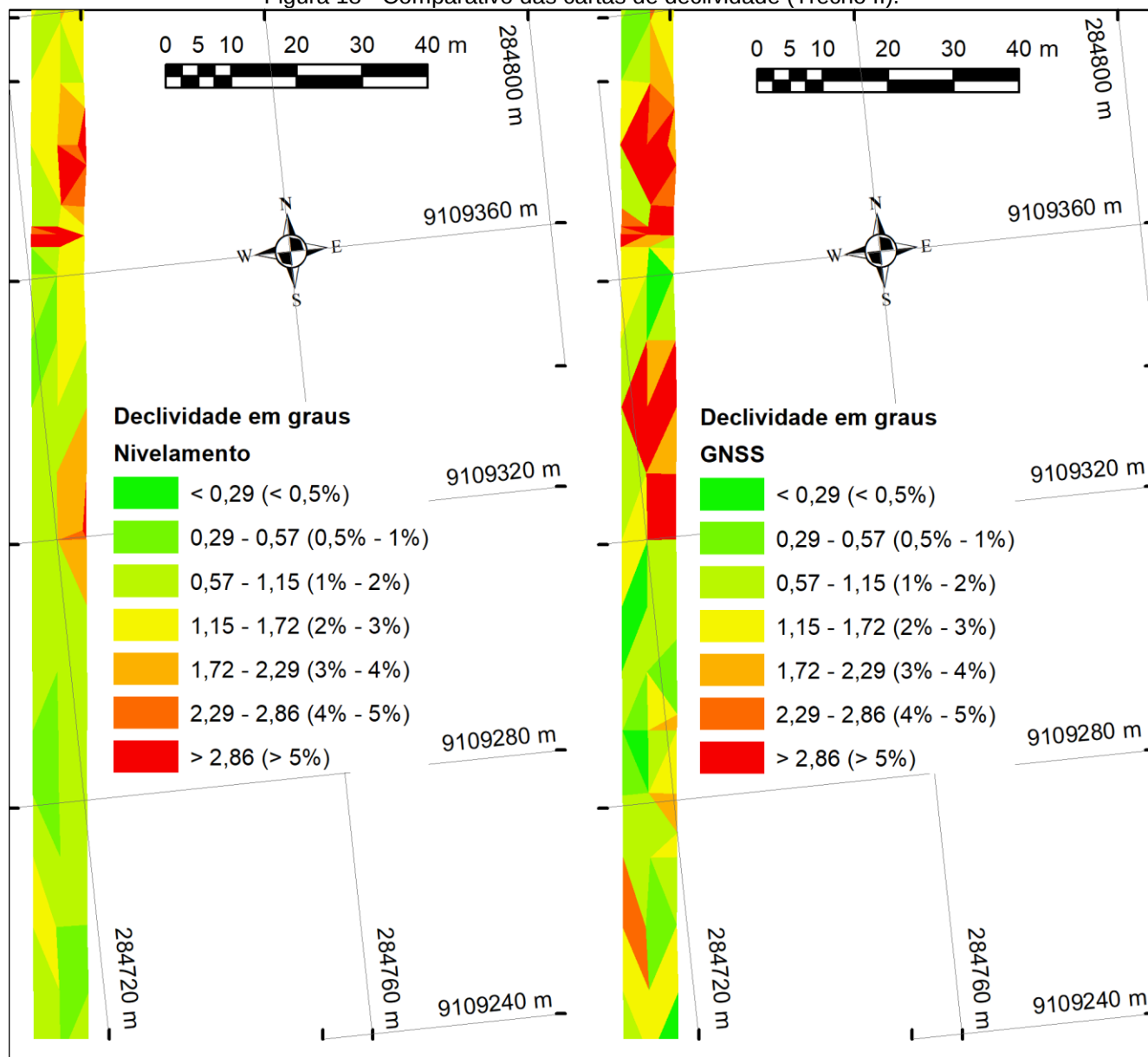
Fonte: Os Autores.

Figura 17 - Comparativo das cartas de declividade (Trecho I).



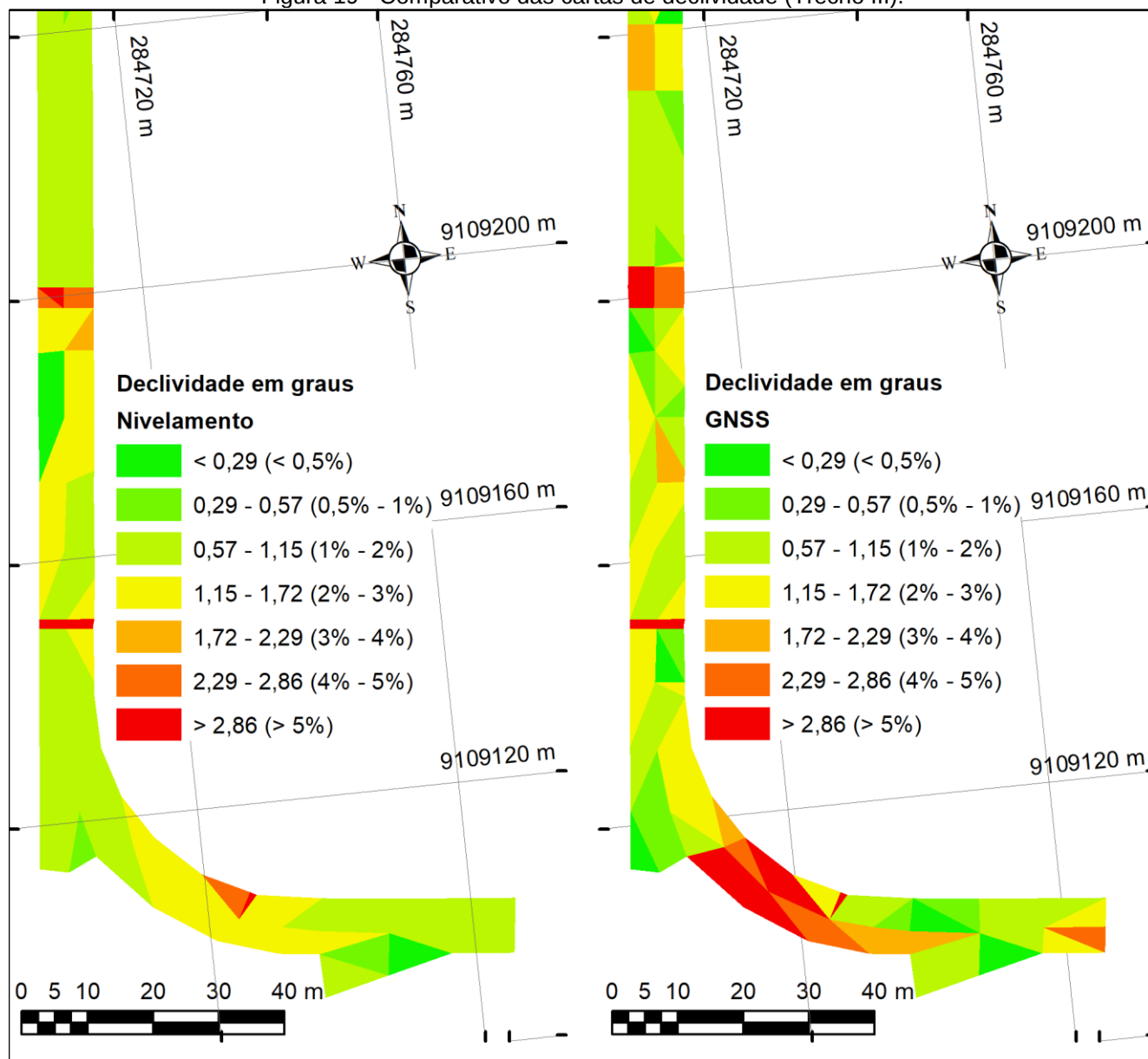
Fonte: Os Autores.

Figura 18 - Comparativo das cartas de declividade (Trecho II).



Fonte: Os Autores.

Figura 19 - Comparativo das cartas de declividade (Trecho III).



Fonte: Os Autores.

O cálculo dos volumes das superfícies resultantes foi realizado sobre um plano de referência de cota 8,5 m, um valor abaixo do menor nível em ambas superfícies, e sua análise revelou um valor aproximadamente 12% menor para o modelo gerado a partir do levantamento GNSS estático rápido, comparado ao MDT do nivelamento, um resultado razoavelmente coerente com o esperado, tendo em vista que a maior parte dos pontos levantados tiveram diferença negativa no comparativo da altimetria. As áreas de superfície tiveram uma diferença muito pequena (menos de 0,1%), como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 - Volumes calculados.

Levantamento	Volume (m³)	Área de Superfície (m²)
Nivelamento	2.437,663	5.265,169
GNSS	2.139,322	5.266,532

Fonte: Os Autores.

4.5 COTA DE ALAGAMENTO

Tomada a cota do ponto P015, escolhido como referência para a cota de alagamento no trabalho, o fatiamento dos MDT mostrou um crescimento significativo da área potencial de alagamento entre o nivelamento e o GNSS. Enquanto no modelo de referência as áreas abaixo da cota de alagamento representam pouco menos de 40% da área, no modelo a partir do GNSS essas áreas totalizam mais de 55% da área total, um aumento de quase 40%. A Tabela 9 mostra o panorama das áreas calculadas.

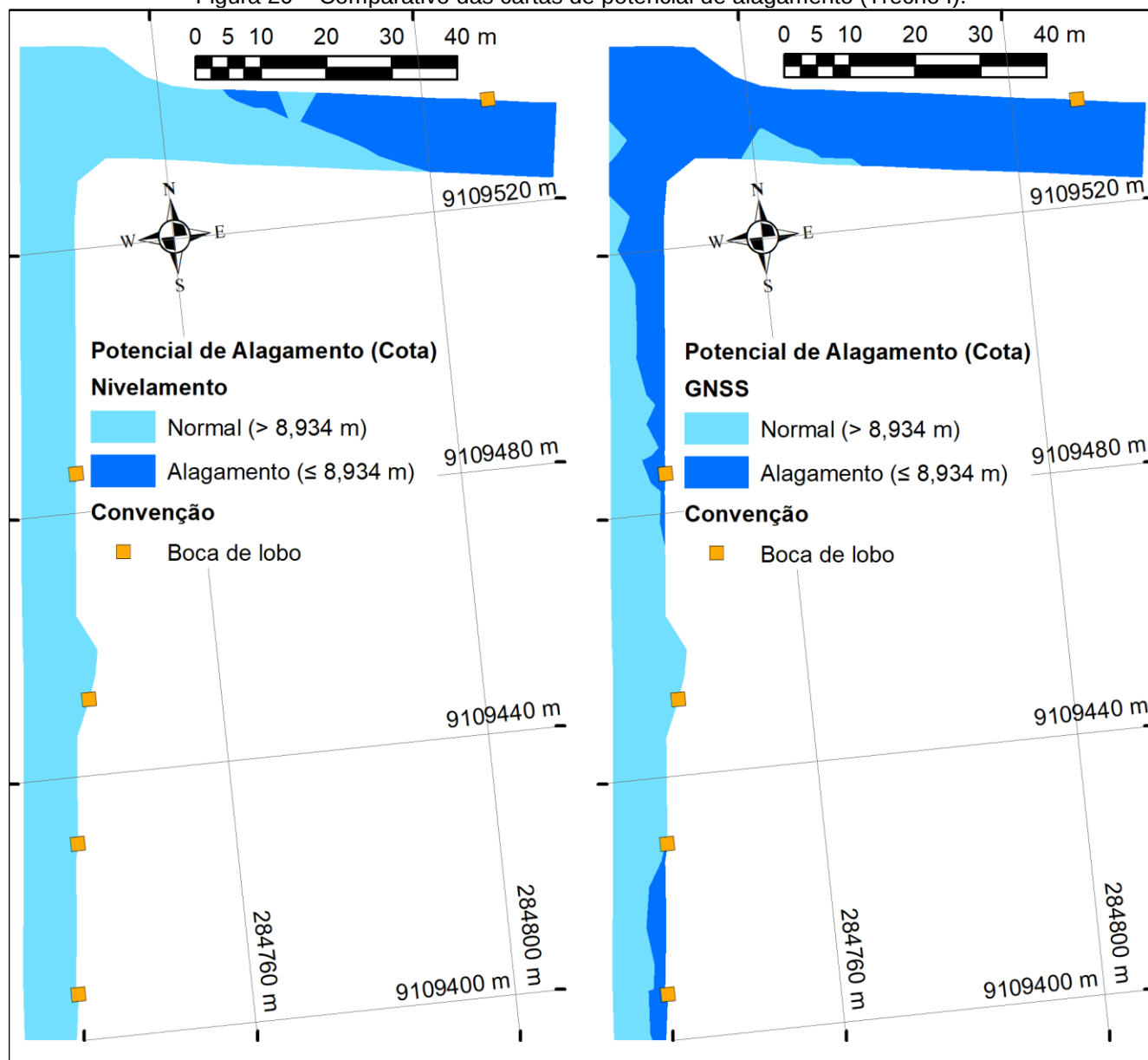
Tabela 9 - Valores de área das zonas com potencial de alagamento.

Fonte do MDT	Área projetada (m²)	
	Potencial de alagamento	Demais
Nivelamento	2.053,299	3.210,777
GNSS	2.987,071	2.277,005

Fonte: Os Autores.

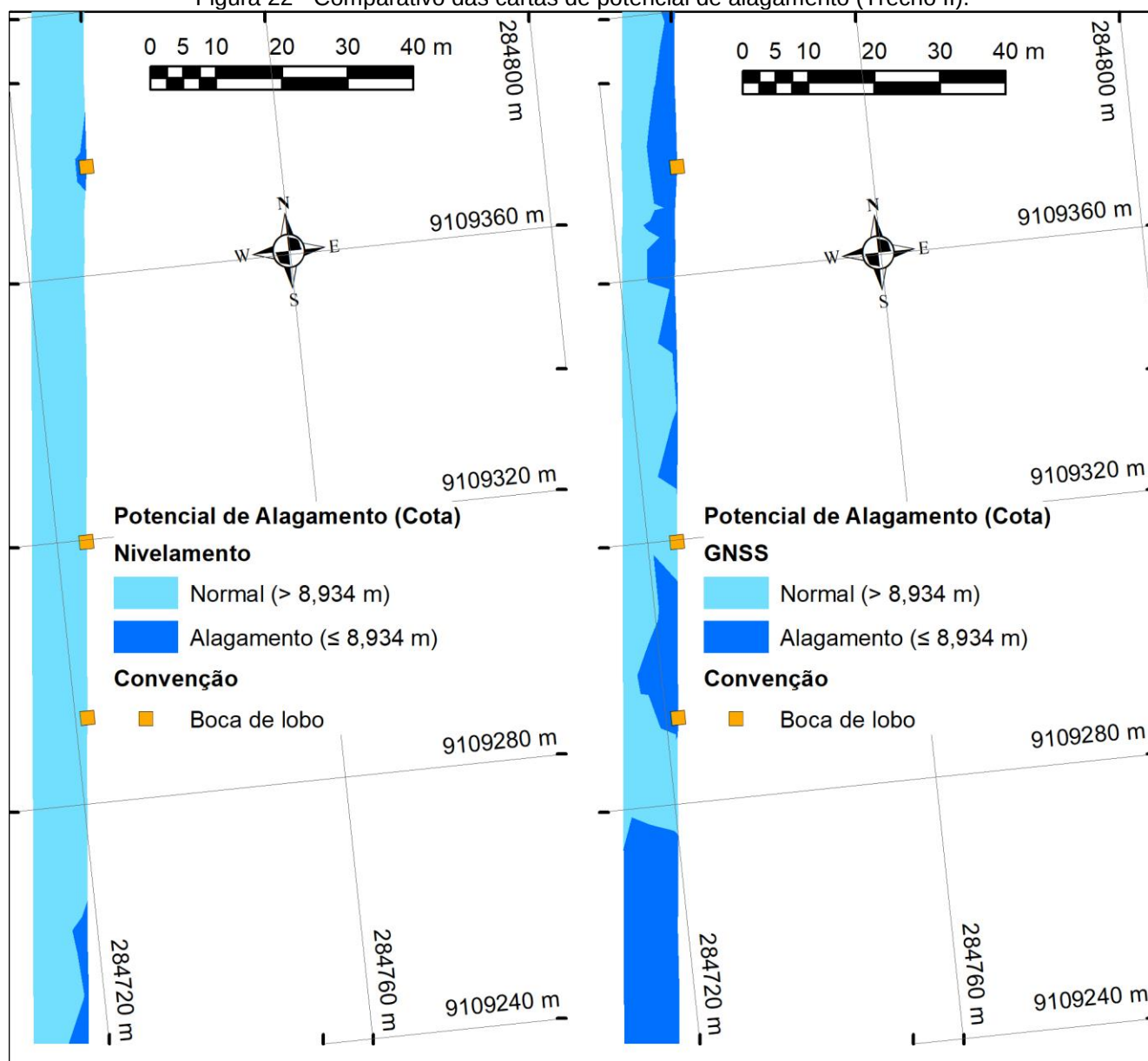
Além das análises quantitativas, uma abordagem qualitativa dos resultados aponta uma condição mais uniforme do terreno no modelo de referência, como era de se esperar, devido à presença de desvios de ordem significativa nos dados do GNSS, que acarretam uma condição de variação irreal do terreno. As Figuras 20, 21 e 22 trazem o mapa comparativo das áreas de potencial de alagamento, onde é possível ver uma concentração de resultados positivos nos extremos da área de estudo, para o MDT do nivelamento, enquanto o modelo gerado a partir do levantamento GNSS mostra diversos focos distribuídos pela área.

Figura 20 – Comparativo das cartas de potencial de alagamento (Trecho I).



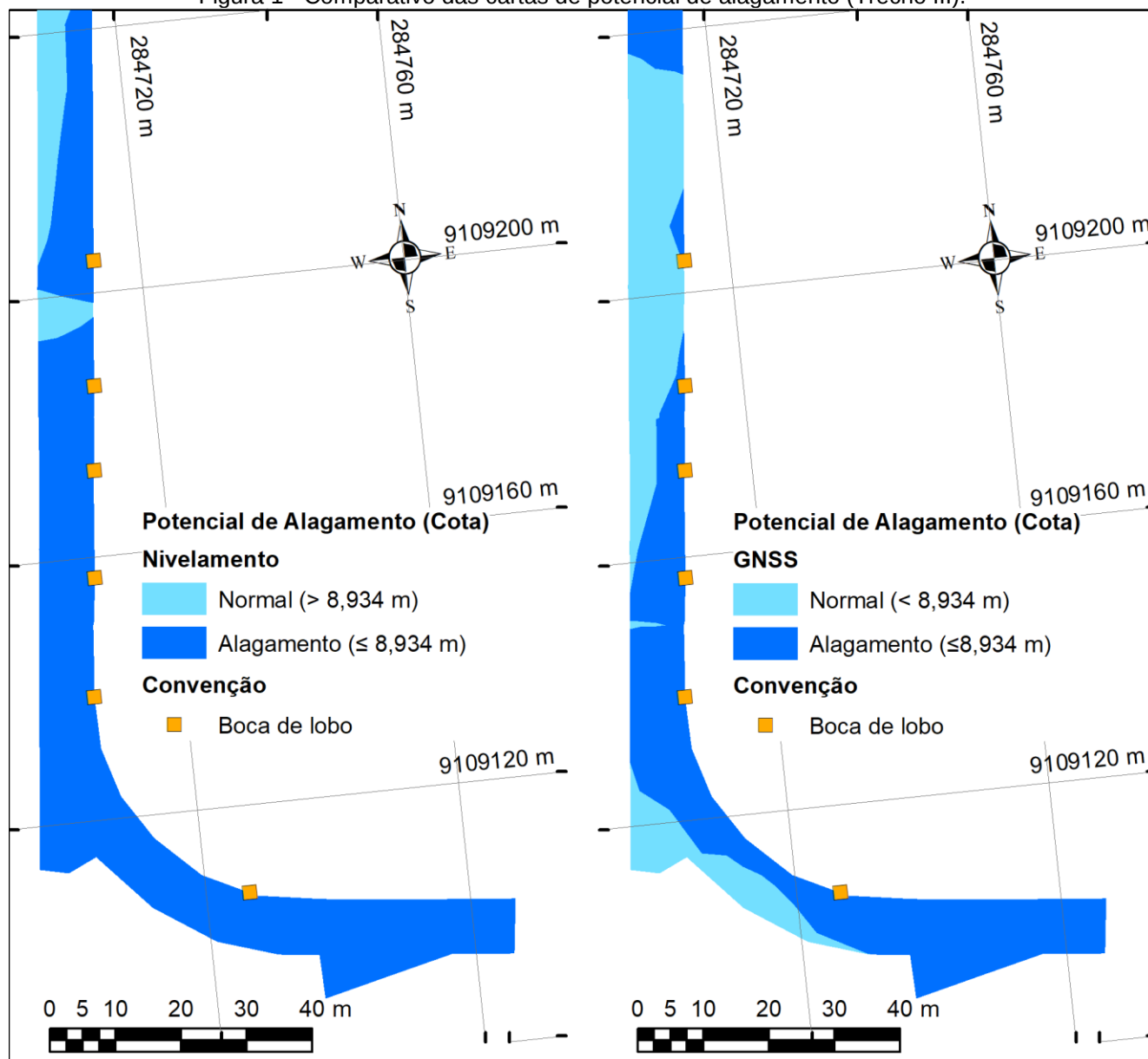
Fonte: Os Autores.

Figura 22 - Comparativo das cartas de potencial de alagamento (Trecho II).



Fonte: Os Autores.

Figura 1 - Comparativo das cartas de potencial de alagamento (Trecho III).



Fonte: Os Autores.

Apesar de apresentar boa parte do terreno sob condição potencial de alagamento, a região conta com uma boa distribuição de galerias pluviais, que em condições normais de funcionamento deveriam mitigar a ocorrência dos alagamentos da região, que podem ocorrer devido a alguma deficiência na rede.

5 CONCLUSÕES

A análise dos resultados finais deste TCC indica que o levantamento GNSS estático rápido, sob as condições operacionais do trabalho realizado, é rápido, de modo que levou menos que a metade do tempo decorrido para a execução do nivelamento, e oferece uma solução de posição completa, mas não muito consistente, tendo em vista que os resultados mostraram um deslocamento sistemático evidente entre os pontos levantados em dias distintos, mas ainda assim, com tendências coerentes para o escoamento no terreno. Mesmo nas condições encontradas nesta pesquisa, o levantamento GNSS estático rápido pode oferecer um produto de baixo custo benefício, desde que utilizado para considerações preliminares e avaliações qualitativas do terreno, para projetos de infraestrutura e gestão de recursos e serviços preventivos.

Durante o levantamento chegou-se a ter duas equipes realizando o nivelamento, quando as atividades foram encerradas e foi feito o cálculo de verificação, observou-se que uma das equipes trabalhou com 5 casas decimais enquanto a outra trabalhou com 3 casas decimais. Como erro do instrumento está na quarta casa decimal (0,7mm) e não tinha tempo suficiente para refazer o levantamento, os valores das observações foram arredondados para 3 casas decimais e adotou-se esse padrão para o restante do nivelamento, acarretando em um maior erro do nivelamento.

Na modelagem de terrenos com potencial de alagamento, o método superestimou o quantitativo das áreas de alagamento, e apontou falsos positivos em alguns focos isolados, o que conta como um erro mais aceitável do que a perda de informações potencialmente sensíveis para a gestão pública.

A perspectiva de melhoria dos resultados sugere a abordagem de outros cenários operacionais, como ocupações mais longas, maior número de bases de referência para o processamento, e eventuais reambulções para corrigir erros isolados, desta forma acreditamos que é possível encontrar um equilíbrio entre custo, tempo e qualidade, para atingir o propósito buscado nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-13133-Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro ABNT, maio 1994.
- ARANA, J.M. – **Determinação da Ondulação do Geóide por GPS/Nivelamento e Modelos Geopotenciais**. Notas de Aula. Departamento de Engenharia Cartográfica, Faculdade de Ciências e Tecnologia Unesp – Campus de Presidente Prudente, 2000.
- DE FREITAS, S.R.C; BLITZKOW, D. Altitudes e Geopotencial. **International Geoid Service**, Milão, n 9, p 46-62, Junho 1999.
- DOCKHORN, S. E. **Comparação de dois tipos de solução no posicionamento com receptores GPS**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geomática) - Tecnologia da Geoinformação, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2006.
- FERREIRA, G. V. – **Novas Estratégias de Solução para a Modernização de Redes Altimétricas**. Apostila. UFPR, Curitiba, 2013.
- GAMA, L. F.; DE SEIXAS, A. Implantação e Análise de Estruturas Geodésicas Planimétricas Obtidas por GPS e Estação Total: Aplicações em Levantamentos Cadastrais Urbanos. In **Anais do II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação - SIMGEO**, Recife. 2008.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Relatório – **Reajustamento da Rede Altimétrica com Números Geopotenciais** – Realt, 2018.
- IBGE, **Resolução do Presidente, de 25 de Fevereiro de 2005**. Estabelece a definição do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).
- IBGE, **Resolução do Presidente, de 21 de Julho de 1983**. Estabelece especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos em território brasileiro.

INCRA, **Manual Técnico de Posicionamento: Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 2013.

JAMUR, P. K – **Mudança de Referencial Altimétrico**. UFPE – Campus Recife - Notas de Aula Curso de Engenharia Cartográfica e Agrimensura, 2018.

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo GNSS**: Descrição, fundamentos e aplicações. 2 ed. UNESP, 2008.

SARAIVA, C. L. S, OLIVEIRA, T. M – **Fundamentos da Topografia** – 1 ed. Bookman, 2012.

TUCCI, C. E. M. – **Hidrologia - Ciência e Aplicação**. 4 ed. UFRGS ABRH, 2009.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia**. 2 ed. UFPR, 2012.

APÊNDICE A – PLANILHAS DE CÁLCULO DO NIVELAMENTO

ESTAÇÃO	PONTO	RÉ	A.I	INTER	VANTE	COTAS	DH
E1		0,892	12,2045			11,3125	4,213
					2,670	9,5345	3,975
E2		1,083	10,6175			9,5345	13,997
					1,1920	9,4255	14,637
E3		1,069	10,4945			9,4255	14,195
					1,294	9,2005	13,479
E4		1,122	10,3225			9,2005	13,461
					1,1860	9,1365	13,415
E5		1,297	10,4335			9,1365	12,432
					1,390	9,0435	12,157
E6		1,370	10,4135			9,0435	14,219
					1,3640	9,0495	14,054
E7		1,363	10,4125			9,0495	14,438
					1,426	8,9865	13,584
E8		1,5555	10,5420			8,9865	13,19
					1,4820	9,0600	13,083
E9		1,270	10,3300			9,0600	15,437
					1,496	8,8340	15,282
E19		1,4385	10,2725			8,8340	13,86
	P1			1,595		8,6775	3,634
	P2			1,523		8,7495	8,816
	P3			1,449		8,8235	13,843
	P4			1,581		8,6915	6,167
	P5			1,495		8,7775	9,73
	P6			1,42		8,8525	14,404
	P7			1,555		8,7175	10,412
	P8			1,466		8,8065	12,84
	P9			1,384		8,8885	16,656
	BL 1			1,554		8,7185	11,566
	P10			1,542		8,7305	14,438
	P11			1,442		8,8305	16,637
	P12			1,365		8,9075	19,477
					1,279	8,9935	13,738
E20		1,376	10,3695			8,9935	6,778
	P13			1,612		8,7575	3,663
	P14			1,522		8,8475	8,77
	P15			1,436		8,9335	13,83
	P16			1,584		8,7855	7,028
	P17			1,494		8,8755	10,164

	P18			1,417		8,9525	14,82
					1,331	9,0385	7,046
E21		1,339	10,3775			9,0385	6,301
	P19			1,566		8,8115	3,789
	P20			1,47		8,9075	8,868
	P21			1,4		8,9775	13,975
	P22			1,54		8,8375	7,254
	P23			1,438		8,9395	10,091
	P24			1,362		9,0155	14,957
	P25			1,326		9,0515	11,672
	P26			1,426		8,9515	13,49
	P27			1,334		9,0435	17,352
					1,294	9,0835	6,905
E22		1,362	10,4455			9,0835	5,209
	P28			1,571		8,8745	7,861
	P29			1,445		9,0005	10,623
	P30			1,37		9,0755	15,211
	P31			1,542		8,9035	12,098
	P32			1,444		9,0015	13,813
	P33			1,351		9,0945	17,704
	P34			1,462		8,9835	16,626
	P35			1,391		9,0545	17,176
	P36			1,306		9,1395	20,576
					1,311	9,1345	5,414
E23		1,435	10,5695			9,1345	9,587
					1,335	9,2345	12,361
E24		1,382	10,6165			9,2345	5,773
	P37			1,628		8,9885	9,012
	P38			1,567		9,0495	12,002
	P39			1,497		9,1195	17,254
	P40			1,613		9,0035	5,597
	P41			1,566		9,0505	10,459
	P42			1,522		9,0945	16,353
	P43			1,639		8,9775	5,678
	P44			1,594		9,0225	11,451
	P45			1,549		9,0675	16,786
	P46			1,657		8,9595	9,817
	P47			1,61		9,0065	13,004
	P48			1,637		8,9795	21,007
	P49			1,641		8,9755	13,288
	P50			1,615		9,0015	15,698
	P51			1,575		9,0415	22,926

	P52			1,576		9,0405	17,281
	P53			1,551		9,0655	19,155
	P54			1,532		9,0845	25,313
					1,557	9,0595	5,656
E25		2	11,0595			9,0595	15,869
					1,4305	9,6290	15,331
E26		1,291	10,9200			9,6290	8,84
	P55			1,821		9,0990	5,562
	P56			1,873		9,0470	8,966
	P57			1,931		8,9890	12,661
	P58			1,798		9,1220	9,215
	P59			1,85		9,0700	11,185
	P60			1,91		9,0100	14,177
	P61			1,791		9,1290	13,663
	P62			1,847		9,0730	15,488
	P63			1,908		9,0120	17,798
					1,425	9,4950	8,327
E27		1,213	10,7080			9,4950	8,998
	P64			1,58		9,1280	5,617
	P65			1,636		9,0720	8,65
	P66			1,697		9,0110	12,545
	P67			1,577		9,1310	6,667
	P68			1,618		9,0900	9,021
	P69			1,693		9,0150	13,166
					1,313	9,3950	8,306
E28		1,298	10,6930			9,3950	8,997
	P70			1,538		9,1550	6,964
	P71			1,591		9,1020	8,335
	P72			1,663		9,0300	11,656
	P73			1,665		9,0280	17,474
	P74			1,596		9,0970	6,288
	P75			1,669		9,0240	10,25
	P76			1,523		9,1700	6,13
	P77			1,592		9,1010	7,917
	P78			1,65		9,0430	11,4
					1,254	9,4390	8,088
E29		1,381	10,8200			9,4390	11,216
	P79			1,631		9,1890	9,021
	P80			1,682		9,1380	11,016
	P81			1,767		9,0530	14,144
	P82			1,62		9,2000	5,342
	P83			1,671		9,1490	8,231

	P84			1,77		9,0500	12,096
	P85			1,602		9,2180	5,389
	P86			1,657		9,1630	8,471
	P87			1,738		9,0820	12,202
					1,429	9,3910	13,138
E36		1,495	10,8860			9,3910	12,475
	BL 2			1,858		9,0280	12,454
	P88			1,665		9,2210	8,054
	P89			1,731		9,1550	9,993
	P90			1,822		9,0640	12,748
	P91			1,655		9,2310	12,128
	P92			1,709		9,1770	13,412
	P93			1,797		9,0890	15,545
	P94			1,644		9,2420	16,924
	P95			1,717		9,1690	17,586
	P96			1,783		9,1030	19,649
					1,527	9,3590	12,868
E37		1,496	10,8550			9,3590	11,954
	P97			1,615		9,2400	4,903
	P98			1,66		9,1950	8,119
	P99			1,69		9,1650	14,576
	P100			1,596		9,2590	5,369
	P101			1,615		9,2400	9,032
	P102			1,657		9,1980	14,831
	P103			1,622		9,2330	8,596
	P104			1,616		9,2390	10,822
	BL 3			1,638		9,2170	14,566
	P105			1,658		9,1970	12,879
	P106			1,658		9,1970	14,219
	P107			1,662		9,1930	16,271
	P108			1,699		9,1560	12,883
					1,58	9,2750	12,881
E38		1,575	10,8500			9,2750	13,535
	P109			1,689		9,1610	5,568
	P110			1,699		9,1510	8,795
	P111			1,764		9,0860	12,241
	BL 4			1,865		8,9850	12,568
	P112			1,644		9,2060	8,219
	P113			1,704		9,1460	10,447
	P114			1,831		9,0190	13,23
					1,534	9,3160	13,484
E39		1,403	10,7190			9,3160	10,822

	P115			1,482		9,2370	7,558
	P116			1,598		9,1210	8,418
	P117			1,739		8,9800	10,673
	P118			1,495		9,2240	5,077
	P119			1,586		9,1330	6,608
	P120			1,684		9,0350	9,34
	BL 5			1,74		8,9790	9,965
					1,487	9,2320	10,538
E40		1,4365	10,6685			9,2320	13,486
	P121			1,512		9,1565	10,641
	P122			1,561		9,1075	11,304
	P123			1,639		9,0295	13,043
	P124			1,619		9,0495	5,587
	P125			1,684		8,9845	8,727
	P126			1,465		9,2035	10,373
	P127			1,575		9,0935	10,78
	P128			1,697		8,9715	12,607
					1,384	9,2845	13,16
E41		1,834	11,1185			9,2845	5,934
	P129			1,965		9,1535	16,731
	P130			1,944		9,1745	5,968
	P131			2,006		9,1125	8,477
	P132			2,111		9,0075	12,221
	BL 6			2,284		8,8345	12,56
	P133			1,928		9,1905	7,887
	P134			2,007		9,1115	10,556
	P135			2,102		9,0165	13,263
	P136			1,877		9,2415	9,046
	P137			1,948		9,1705	10,972
	P138			2,084		9,0345	13,944
	P139			1,989		9,1295	10,635
	P140			2,052		9,0665	12,498
	P141			2,13		8,9885	15,03
	P142			1,99		9,1285	14,257
	P143			2,029		9,0895	15,38
	P144			2,114		9,0045	17,555
					1,437	9,6815	5,953
E42		1,342	11,0235			9,6815	13,558
	P145			1,874		9,1495	8,038
	P146			1,905		9,1185	9,93
	P147			1,997		9,0265	13,333
	P148			1,835		9,1885	16,987

	P149			1,899		9,1245	17,987
	P150			1,957		9,0665	19,748
					1,7575	9,2660	13,457
E43		1,4	10,6660			9,2660	10,879
	P151			1,48		9,1860	5,85
	P152			1,534		9,1320	6,73
	P153			1,682		8,9840	9,794
	P154			1,491		9,1750	14,805
	P155			1,561		9,1050	15,143
	P156			1,68		8,9860	16,604
	BL 7			1,722		8,9440	16,033
					1,402	9,2640	10,884
E44		1,413	10,6770			9,2640	11,757
	P157			1,551		9,1260	5,373
	P158			1,597		9,0800	6,284
	P159			1,664		9,0130	9,629
	P160			1,559		9,1180	14,231
	P161			1,614		9,0630	14,659
	P162			1,663		9,0140	16,202
					1,469	9,2080	11,687
E45		1,4315	10,6395			9,2080	15,42
	P163			1,528		9,1115	4,898
	P164			1,548		9,0915	6,047
	P165			1,623		9,0165	9,429
	BL 8			1,628		9,0115	10,413
	P166			1,544		9,0955	8,078
	P167			1,576		9,0635	8,635
	P168			1,648		8,9915	11,191
	P169			1,566		9,0735	16,547
	P170			1,625		9,0145	16,759
	P171			1,682		8,9575	18,154
					1,481	9,1585	15,187
E46		1,388	10,5465			9,1585	15,537
	P172			1,519		9,0275	4,598
	P173			1,593		8,9535	5,948
	P174			1,632		8,9145	9,439
	P175			1,526		9,0205	8,164
	P176			1,579		8,9675	8,889
	P177			1,619		8,9275	11,354
	P178			1,558		8,9885	17,44
	P179			1,611		8,9355	17,571
	P180			1,657		8,8895	18,977

	P LUCAS			1,472		9,0745	17,516
					1,476	9,0705	15,282
E47		1,424	10,4945			9,0705	10,126
	P181			1,507		8,9875	8,08
	P182			1,557		8,9375	8,764
	P183			1,603		8,8915	11,162
	P184			1,52		8,9745	5,125
	P185			1,575		8,9195	6,194
	P186			1,652		8,8425	9,621
	P187			1,534		8,9605	14,014
	P188			1,592		8,9025	14,289
	P189			1,656		8,8385	16,047
	CC06			1,538		8,9565	7,721
					1,456	9,0385	9,865
E48		1,344	10,3825			9,0385	12,968
	P190			1,45		8,9325	4,689
	P191			1,498		8,8845	5,993
	P192			1,566		8,8165	9,473
	P193			1,46		8,9225	10,237
	P194			1,516		8,8665	10,712
	P195			1,561		8,8215	12,865
	BL 9			1,568		8,8145	12,252
	P196			1,326		9,0565	13,095
	P197			1,364		9,0185	13,37
	P198			1,412		8,9705	15,068
	P199			1,484		8,8985	15,815
	P200			1,529		8,8535	16,131
	P201			1,581		8,8015	17,502
					1,2295	9,1530	13,125
E49		1,507	10,6600			9,1530	10,125
					1,323	9,3370	9,642
E60		1,173	10,5100			9,3370	12,568
	P202			1,621		8,8890	13,288
	P203			1,628		8,8820	14,486
	P204			1,722		8,7880	16,877
	BL 10			1,749		8,7610	13,652
	P205			1,627		8,8830	5,187
	P206			1,627		8,8830	7,94
	P207			1,75		8,7600	11,819
	P208			1,623		8,8870	8,799
	P209			1,71		8,8000	10,398
	P210			1,784		8,7260	13,483

	P211			1,787		8,7230	12,763
					1,452	9,0580	12,42
E61		1,336	10,3940			9,0580	14,226
	P212			1,551		8,8430	10,74
	P213			1,636		8,7580	7,436
	P214			1,688		8,7060	3,545
	BL 11			1,706		8,6880	5,044
	P215			1,581		8,8130	14,101
	P216			1,627		8,7670	11,938
	P217			1,719		8,6750	10,538
	P218			1,48		8,9140	14,557
	P219			1,533		8,8610	12,521
	P220			1,647		8,7470	11,309
	P221			1,583		8,8110	15,096
	P222			1,636		8,7580	13,094
	P223			1,721		8,6730	11,968
					1,476	8,9180	13,982
E62		1,49	10,4080			8,9180	14,484
	P224			1,61		8,7980	13,652
	P225			1,675		8,7330	11,189
	P226			1,729		8,6790	9,473
	BL 12			1,739		8,6690	7,489
	P227			1,572		8,8360	11,055
	P228			1,646		8,7620	7,498
	P229			1,733		8,6750	3,728
	P230			1,527		8,8810	15,52
	P231			1,622		8,7860	12,8
	P232			1,706		8,7020	10,351
	P233			1,572		8,8360	22,077
	P234			1,536		8,8720	21,131
	P235			1,564		8,8440	18,389
	P236			1,628		8,7800	17,473
	P237			1,722		8,6860	17,263
					1,454	8,9540	14,429
E63		1,459	10,4130			8,9540	14,733
	P238			1,524		8,8890	12,586
	P239			1,639		8,7740	8,412
	P240			1,739		8,6740	4,179
	P241			1,559		8,8540	11,249
	P242			1,677		8,7360	8,358
	BL 13			1,882		8,5310	6,673
	P243			1,801		8,6120	7,566

	P244 PONTA			1,588		8,8250	15,414
	P245			1,679		8,7340	12,96
					1,557	8,8560	15,028
E64		1,4815	10,3375			8,8560	14,616
	P246			1,683		8,6545	20,425
	P247			1,572		8,7655	16,287
	P248			1,649		8,6885	14,722
	P249			1,707		8,6305	13,636
	P250			1,655		8,6825	13,902
	P251			1,606		8,7315	10,976
	P252			1,655		8,6825	7,85
	P253			1,707		8,6305	4,832
	P254			1,639		8,6985	12,377
	P255			1,695		8,6425	9,857
	P256			1,736		8,6015	7,999
	P257			1,667		8,6705	18,814
	P258			1,727		8,6105	17,395
	P259			1,785		8,5525	16,674
					1,6	8,7375	14,21

APÊNDICE B – RELATÓRIO DE QUALIDADE DO PROCESSAMENTO GNSS

Nome	Coordenadas UTM (m)			Desvio padrão (m)	
	N	E	h	Horizontal	Vertical
BL01	9.109.536,152	284.810,059	3,103	0,014	0,025
BL02	9.109.485,920	284.741,503	3,323	0,006	0,011
BL03	9.109.451,542	284.739,831	3,528	0,006	0,014
BL04	9.109.429,770	284.735,855	3,395	0,008	0,012
BL05	9.109.406,942	284.733,543	3,272	0,009	0,016
BL06	9.109.376,463	284.730,458	3,119	0,007	0,013
BL07	9.109.319,667	284.724,535	3,474	0,010	0,013
BL08	9.109.292,967	284.721,884	3,324	0,002	0,003
BL09	9.109.204,842	284.713,005	3,399	0,002	0,002
BL10	9.109.185,792	284.711,136	3,357	0,009	0,013
BL11	9.109.172,993	284.709,736	3,240	0,008	0,011
BL12	9.109.156,782	284.708,110	3,263	0,006	0,011
BL13	9.109.138,690	284.706,180	3,205	0,001	0,002
BL14	9.109.106,618	284.726,657	3,154	0,017	0,038
P001	9.109.534,649	284.820,466	2,998	0,002	0,003
P002	9.109.529,195	284.819,615	3,089	0,009	0,017
P003	9.109.523,343	284.818,741	3,166	0,007	0,011
P004	9.109.535,203	284.816,286	3,012	0,003	0,004
P005	9.109.529,273	284.815,491	3,096	0,003	0,004
P006	9.109.523,944	284.814,694	3,200	0,004	0,006
P007	9.109.535,920	284.811,371	3,095	0,002	0,003
P008	9.109.530,254	284.810,294	3,168	0,006	0,007
P009	9.109.524,757	284.809,224	3,222	0,001	0,001
P010	9.109.536,671	284.806,874	3,111	0,014	0,019
P011	9.109.531,004	284.805,292	3,185	0,002	0,003
P012	9.109.525,497	284.804,540	3,204	0,043	0,057
P013	9.109.537,263	284.802,128	3,161	0,015	0,025
P014	9.109.531,713	284.800,989	3,201	0,005	0,006
P015	9.109.526,129	284.800,049	3,253	0,006	0,009
P016	9.109.538,088	284.796,915	3,078	0,003	0,004
P017	9.109.531,860	284.795,906	3,219	0,001	0,002
P018	9.109.526,851	284.795,165	3,329	0,010	0,016
P019	9.109.538,834	284.791,814	3,179	0,004	0,006
P020	9.109.532,866	284.790,746	3,242	0,002	0,003
P021	9.109.527,588	284.789,928	3,339	0,003	0,004
P022	9.109.539,674	284.786,367	3,166	0,002	0,003
P023	9.109.533,252	284.785,403	3,269	0,003	0,003
P024	9.109.528,329	284.784,800	3,342	0,006	0,010

P025	9.109.540,407	284.781,261	3,175	0,002	0,003
P026	9.109.535,145	284.780,250	3,254	0,002	0,002
P027	9.109.529,125	284.779,488	3,361	0,003	0,004
P028	9.109.540,958	284.776,639	3,182	0,002	0,003
P029	9.109.535,548	284.775,523	3,321	0,002	0,003
P030	9.109.529,815	284.774,672	3,423	0,010	0,017
P031	9.109.541,742	284.771,806	3,207	0,005	0,010
P032	9.109.536,275	284.771,591	3,313	0,003	0,004
P033	9.109.530,529	284.769,815	3,423	0,001	0,002
P034	9.109.542,348	284.766,756	3,330	0,003	0,004
P035	9.109.537,141	284.765,774	3,341	0,010	0,018
P036	9.109.531,417	284.765,201	3,469	0,001	0,002
P037	9.109.543,361	284.762,193	3,326	0,004	0,006
P038	9.109.537,306	284.761,312	3,399	0,003	0,004
P039	9.109.532,185	284.760,248	3,449	0,002	0,002
P040	9.109.545,202	284.758,264	3,308	0,002	0,003
P041	9.109.539,106	284.756,780	3,356	0,005	0,008
P042	9.109.532,848	284.755,978	3,367	0,032	0,045
P043	9.109.550,247	284.752,715	3,325	0,002	0,004
P044	9.109.540,914	284.751,479	3,357	0,001	0,002
P045	9.109.533,331	284.750,897	3,372	0,005	0,008
P046	9.109.550,944	284.748,035	3,262	0,002	0,003
P047	9.109.541,516	284.747,031	3,321	0,002	0,004
P048	9.109.536,799	284.746,568	3,370	0,003	0,004
P049	9.109.551,347	284.743,620	3,311	0,002	0,002
P050	9.109.541,279	284.743,664	3,363	0,005	0,008
P051	9.109.537,042	284.742,734	3,387	0,005	0,008
P052	9.109.551,671	284.739,705	3,387	0,002	0,004
P053	9.109.541,900	284.738,731	3,392	0,001	0,002
P054	9.109.537,511	284.738,219	3,429	0,005	0,009
P055	9.109.531,039	284.737,592	3,382	0,008	0,012
P056	9.109.530,713	284.741,689	3,349	0,003	0,004
P057	9.109.530,322	284.746,326	3,263	0,013	0,020
P058	9.109.525,914	284.737,075	3,443	0,003	0,006
P059	9.109.525,473	284.741,241	3,390	0,004	0,007
P060	9.109.525,204	284.745,415	3,298	0,003	0,005
P061	9.109.520,875	284.736,576	3,422	0,003	0,005
P062	9.109.520,252	284.740,665	3,361	0,009	0,016
P063	9.109.520,064	284.744,817	3,320	0,001	0,002
P064	9.109.515,648	284.736,021	3,467	0,003	0,005
P065	9.109.515,153	284.740,370	3,396	0,003	0,005
P066	9.109.514,514	284.744,336	3,331	0,003	0,005

P067	9.109.509,462	284.735,419	3,458	0,002	0,004
P068	9.109.509,094	284.739,429	3,405	0,001	0,001
P069	9.109.508,586	284.743,751	3,337	0,002	0,003
P070	9.109.504,259	284.734,875	3,493	0,005	0,008
P071	9.109.503,860	284.738,847	3,405	0,002	0,004
P072	9.109.503,415	284.743,253	3,346	0,002	0,004
P073	9.109.498,959	284.734,398	3,452	0,004	0,007
P074	9.109.498,438	284.738,244	3,419	0,002	0,003
P075	9.109.497,968	284.742,675	3,377	0,003	0,006
P076	9.109.494,336	284.733,940	3,531	0,007	0,014
P077	9.109.494,007	284.737,890	3,456	0,006	0,010
P078	9.109.493,524	284.742,245	3,305	0,011	0,018
P079	9.109.489,195	284.733,411	3,548	0,004	0,006
P080	9.109.488,872	284.737,565	3,418	0,015	0,028
P081	9.109.488,999	284.741,687	3,390	0,001	0,002
P082	9.109.484,384	284.732,903	3,558	0,002	0,005
P083	9.109.483,802	284.736,964	3,478	0,002	0,003
P084	9.109.483,366	284.741,081	3,391	0,003	0,006
P085	9.109.479,451	284.732,382	3,533	0,001	0,003
P086	9.109.479,053	284.736,425	3,473	0,002	0,003
P087	9.109.478,780	284.740,690	3,387	0,002	0,003
P088	9.109.475,249	284.731,979	3,567	0,003	0,005
P089	9.109.474,943	284.736,096	3,551	0,007	0,013
P090	9.109.474,464	284.740,243	3,405	0,007	0,015
P091	9.109.470,086	284.731,428	3,537	0,026	0,054
P092	9.109.469,650	284.735,562	3,482	0,003	0,006
P093	9.109.469,366	284.739,743	3,439	0,013	0,028
P094	9.109.465,168	284.731,020	3,587	0,006	0,010
P095	9.109.464,750	284.734,939	3,489	0,003	0,005
P096	9.109.464,362	284.739,268	3,403	0,005	0,009
P097	9.109.460,517	284.730,567	3,579	0,003	0,007
P098	9.109.460,266	284.734,491	3,496	0,003	0,006
P099	9.109.458,948	284.741,880	3,459	0,003	0,006
P100	9.109.456,115	284.730,289	3,616	0,007	0,015
P101	9.109.455,612	284.734,996	3,470	0,036	0,084
P102	9.109.455,260	284.741,150	3,550	0,003	0,007
P103	9.109.451,837	284.729,874	3,583	0,007	0,017
P104	9.109.450,989	284.734,044	3,563	0,003	0,007
P105	9.109.446,683	284.729,291	3,503	0,004	0,008
P106	9.109.446,311	284.733,180	3,544	0,006	0,012
P107	9.109.445,953	284.737,399	3,509	0,006	0,012
P108	9.109.437,058	284.728,247	3,480	0,001	0,003

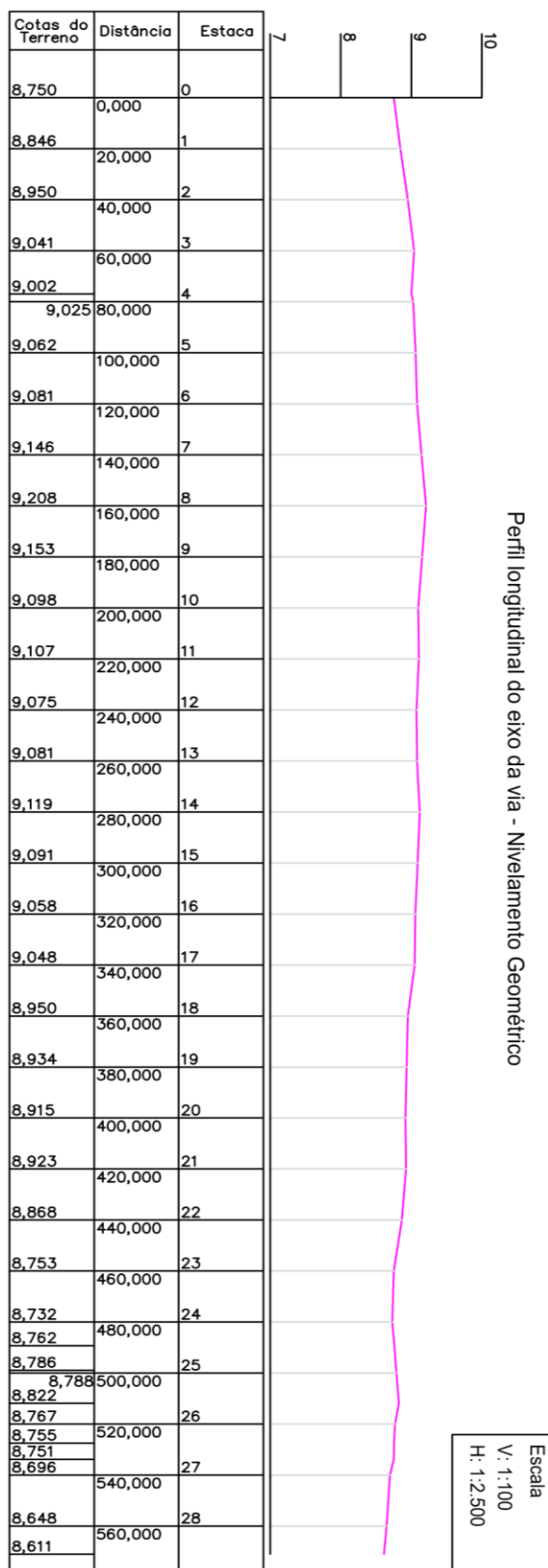
P109	9.109.436,675	284.732,384	3,472	0,010	0,020
P110	9.109.436,332	284.736,442	3,447	0,003	0,006
P111	9.109.428,018	284.727,366	3,559	0,010	0,019
P112	9.109.427,665	284.731,096	3,504	0,005	0,010
P113	9.109.427,247	284.735,247	3,387	0,007	0,012
P114	9.109.418,220	284.726,254	3,580	0,010	0,017
P115	9.109.417,586	284.729,976	3,474	0,003	0,005
P116	9.109.417,323	284.734,349	3,249	0,011	0,017
P117	9.109.408,652	284.725,245	3,529	0,005	0,008
P118	9.109.408,102	284.729,782	3,442	0,009	0,013
P119	9.109.407,958	284.733,258	3,361	0,015	0,027
P120	9.109.399,318	284.724,478	3,484	0,001	0,002
P121	9.109.398,789	284.728,776	3,463	0,007	0,016
P122	9.109.398,579	284.732,367	3,360	0,002	0,004
P123	9.109.390,231	284.723,477	3,508	0,008	0,015
P124	9.109.389,338	284.727,862	3,423	0,005	0,008
P125	9.109.389,077	284.731,400	3,306	0,043	0,074
P126	9.109.380,487	284.722,326	3,616	0,007	0,013
P127	9.109.380,019	284.726,313	3,394	0,016	0,027
P128	9.109.379,656	284.729,419	3,210	0,170	0,205
P129	9.109.370,787	284.721,532	3,472	0,003	0,006
P130	9.109.370,784	284.725,934	3,434	0,002	0,004
P131	9.109.370,202	284.729,476	3,377	0,010	0,015
P132	9.109.367,965	284.721,116	3,541	0,005	0,012
P133	9.109.367,552	284.725,227	3,386	0,008	0,014
P134	9.109.367,272	284.729,206	3,194	0,071	0,141
P135	9.109.366,862	284.720,956	3,581	0,007	0,012
P136	9.109.366,354	284.725,022	3,445	0,010	0,021
P137	9.109.365,820	284.729,051	3,346	0,005	0,008
P138	9.109.364,865	284.720,753	3,503	0,012	0,025
P139	9.109.364,391	284.724,997	3,395	0,003	0,005
P140	9.109.363,841	284.728,912	3,336	0,003	0,004
P141	9.109.360,828	284.720,359	3,491	0,023	0,042
P142	9.109.360,289	284.724,280	3,402	0,002	0,003
P143	9.109.359,890	284.728,282	3,398	0,007	0,012
P144	9.109.350,870	284.719,307	3,474	0,001	0,002
P145	9.109.350,302	284.723,192	3,431	0,001	0,002
P146	9.109.349,865	284.727,604	3,352	0,005	0,008
P147	9.109.340,590	284.718,237	3,485	0,005	0,007
P148	9.109.340,277	284.722,245	3,680	0,117	0,186
P149	9.109.339,780	284.726,667	3,393	0,003	0,005
P150	9.109.330,516	284.717,255	3,497	0,008	0,014

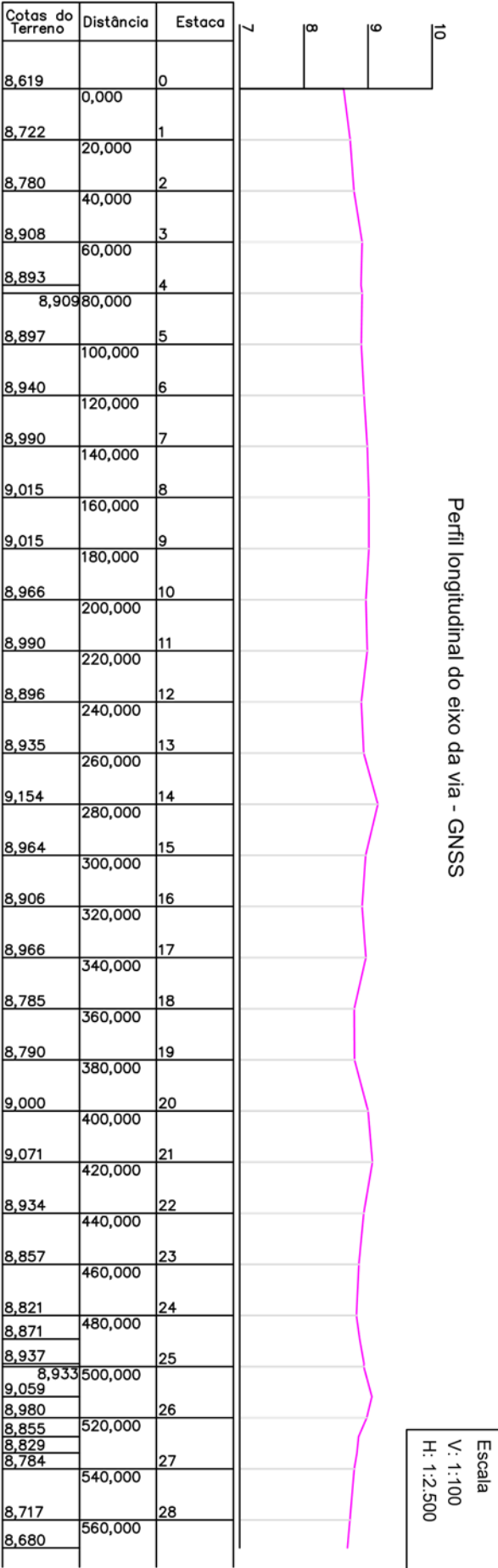
P151	9.109.330,113	284.721,026	3,455	0,001	0,002
P152	9.109.329,528	284.725,552	3,309	0,006	0,010
P153	9.109.320,518	284.716,225	3,496	0,006	0,009
P154	9.109.319,952	284.720,135	3,414	0,005	0,008
P155	9.109.321,057	284.724,096	3,762	0,185	0,177
P156	9.109.310,302	284.715,158	3,441	0,009	0,013
P157	9.109.309,906	284.719,062	3,432	0,002	0,004
P158	9.109.309,463	284.723,539	3,354	0,008	0,009
P159	9.109.300,428	284.714,147	3,438	0,002	0,004
P160	9.109.299,963	284.717,962	3,378	0,004	0,007
P161	9.109.299,401	284.722,478	3,338	0,002	0,003
P162	9.109.291,428	284.713,277	3,463	0,010	0,014
P163	9.109.291,053	284.717,146	3,456	0,018	0,029
P164	9.109.290,573	284.721,575	3,400	0,012	0,019
P165	9.109.281,571	284.712,259	3,428	0,008	0,012
P166	9.109.281,552	284.716,237	3,449	0,019	0,029
P167	9.109.280,929	284.720,525	3,537	0,015	0,022
P168	9.109.272,186	284.711,294	3,398	0,005	0,007
P169	9.109.271,722	284.715,501	3,344	0,007	0,010
P170	9.109.271,306	284.719,617	3,307	0,002	0,003
P171	9.109.261,430	284.710,200	3,394	0,018	0,026
P172	9.109.261,240	284.713,699	3,244	0,018	0,018
P173	9.109.261,070	284.718,470	3,258	0,008	0,009
P174	9.109.251,823	284.709,216	3,386	0,008	0,010
P175	9.109.251,547	284.713,182	3,298	0,003	0,005
P176	9.109.250,866	284.717,594	3,209	0,009	0,010
P177	9.109.241,566	284.708,217	3,273	0,013	0,021
P178	9.109.241,162	284.712,248	3,224	0,006	0,010
P179	9.109.240,697	284.716,517	3,236	0,005	0,007
P180	9.109.231,488	284.707,159	3,573	0,004	0,007
P181	9.109.231,032	284.711,292	3,496	0,005	0,008
P182	9.109.230,638	284.715,536	3,457	0,003	0,003
P183	9.109.221,501	284.706,187	3,533	0,008	0,011
P184	9.109.220,827	284.710,177	3,476	0,006	0,008
P185	9.109.220,490	284.714,539	3,425	0,007	0,010
P186	9.109.211,064	284.705,061	3,496	0,001	0,002
P187	9.109.210,759	284.709,199	3,432	0,001	0,002
P188	9.109.209,907	284.713,482	3,375	0,004	0,006
P189	9.109.204,835	284.704,436	3,493	0,001	0,002
P190	9.109.204,426	284.708,368	3,440	0,003	0,005
P191	9.109.203,880	284.712,823	3,421	0,002	0,003
P192	9.109.201,712	284.704,019	3,797	0,121	0,194

P193	9.109.201,269	284.708,074	3,595	0,002	0,004
P194	9.109.200,880	284.712,596	3,570	0,008	0,013
P195	9.109.198,532	284.703,798	3,482	0,012	0,020
P196	9.109.198,163	284.707,650	3,465	0,002	0,003
P197	9.109.197,685	284.712,191	3,419	0,011	0,019
P198	9.109.191,729	284.703,084	3,487	0,001	0,002
P199	9.109.191,701	284.707,149	3,476	0,016	0,023
P200	9.109.191,249	284.711,566	3,378	0,003	0,004
P201	9.109.182,106	284.702,112	3,492	0,005	0,007
P202	9.109.181,614	284.706,073	3,400	0,002	0,003
P203	9.109.181,239	284.710,505	3,359	0,007	0,010
P204	9.109.172,120	284.701,194	3,442	0,001	0,001
P205	9.109.171,647	284.705,323	3,393	0,006	0,010
P206	9.109.171,324	284.709,493	3,283	0,002	0,004
P207	9.109.162,042	284.700,074	3,430	0,006	0,010
P208	9.109.161,413	284.703,905	3,323	0,002	0,004
P209	9.109.161,182	284.708,478	3,251	0,007	0,010
P210	9.109.151,405	284.699,051	3,371	0,006	0,011
P211	9.109.150,888	284.703,137	3,330	0,002	0,003
P212	9.109.150,590	284.707,363	3,213	0,002	0,003
P213	9.109.150,632	284.698,994	3,468	0,008	0,015
P214	9.109.150,123	284.702,972	3,443	0,049	0,091
P215	9.109.149,704	284.707,159	3,291	0,002	0,004
P216	9.109.149,879	284.698,848	3,379	0,003	0,005
P217	9.109.149,427	284.702,936	3,273	0,007	0,010
P218	9.109.148,985	284.707,079	3,242	0,003	0,006
P219	9.109.141,860	284.698,031	3,365	0,018	0,030
P220	9.109.141,375	284.701,870	3,280	0,002	0,003
P221	9.109.140,933	284.706,404	3,264	0,003	0,005
P222	9.109.131,976	284.697,006	3,384	0,006	0,012
P223	9.109.131,113	284.701,049	3,331	0,003	0,006
P224	9.109.130,842	284.706,322	3,227	0,003	0,006
P225	9.109.122,200	284.696,075	3,427	0,009	0,017
P226	9.109.121,541	284.702,062	3,397	0,006	0,013
P227	9.109.123,316	284.708,652	3,244	0,008	0,013
P228	9.109.113,422	284.695,151	3,463	0,009	0,019
P229	9.109.112,510	284.699,475	3,464	0,008	0,018
P230	9.109.114,495	284.703,856	3,435	0,002	0,004
P231	9.109.115,353	284.709,678	3,333	0,001	0,003
P232	9.109.116,461	284.713,027	3,214	0,004	0,007
P233	9.109.105,966	284.711,618	3,816	0,181	0,279
P234	9.109.107,879	284.715,659	3,477	0,120	0,218

P235	9.109.110,109	284.719,549	3,237	0,005	0,009
P236	9.109.099,757	284.720,850	3,483	0,031	0,057
P237	9.109.102,730	284.724,545	3,269	0,011	0,022
P238	9.109.106,137	284.727,583	3,209	0,006	0,014
P239	9.109.096,830	284.730,030	3,397	0,002	0,005
P240	9.109.100,851	284.731,099	3,265	0,005	0,011
P241	9.109.089,453	284.736,393	3,261	0,012	0,027
P242	9.109.096,150	284.736,170	3,373	0,007	0,014
P243	9.109.099,635	284.736,482	3,240	0,003	0,005
P244	9.109.104,555	284.737,537	3,217	0,008	0,015
P245	9.109.091,774	284.746,288	3,251	0,002	0,004
P246	9.109.098,224	284.747,108	3,239	0,001	0,003
P247	9.109.103,441	284.747,484	3,192	0,002	0,006
P248	9.109.094,190	284.756,243	3,241	0,008	0,016
P249	9.109.098,061	284.756,898	3,166	0,009	0,019
P250	9.109.102,484	284.757,075	3,119	0,010	0,022
P251	9.109.093,215	284.765,822	3,308	0,004	0,008
P252	9.109.097,179	284.766,287	3,140	0,002	0,004
P253	9.109.101,589	284.766,832	3,036	0,016	0,035

APÊNDICE C – PERFIS LONGITUDINAIS





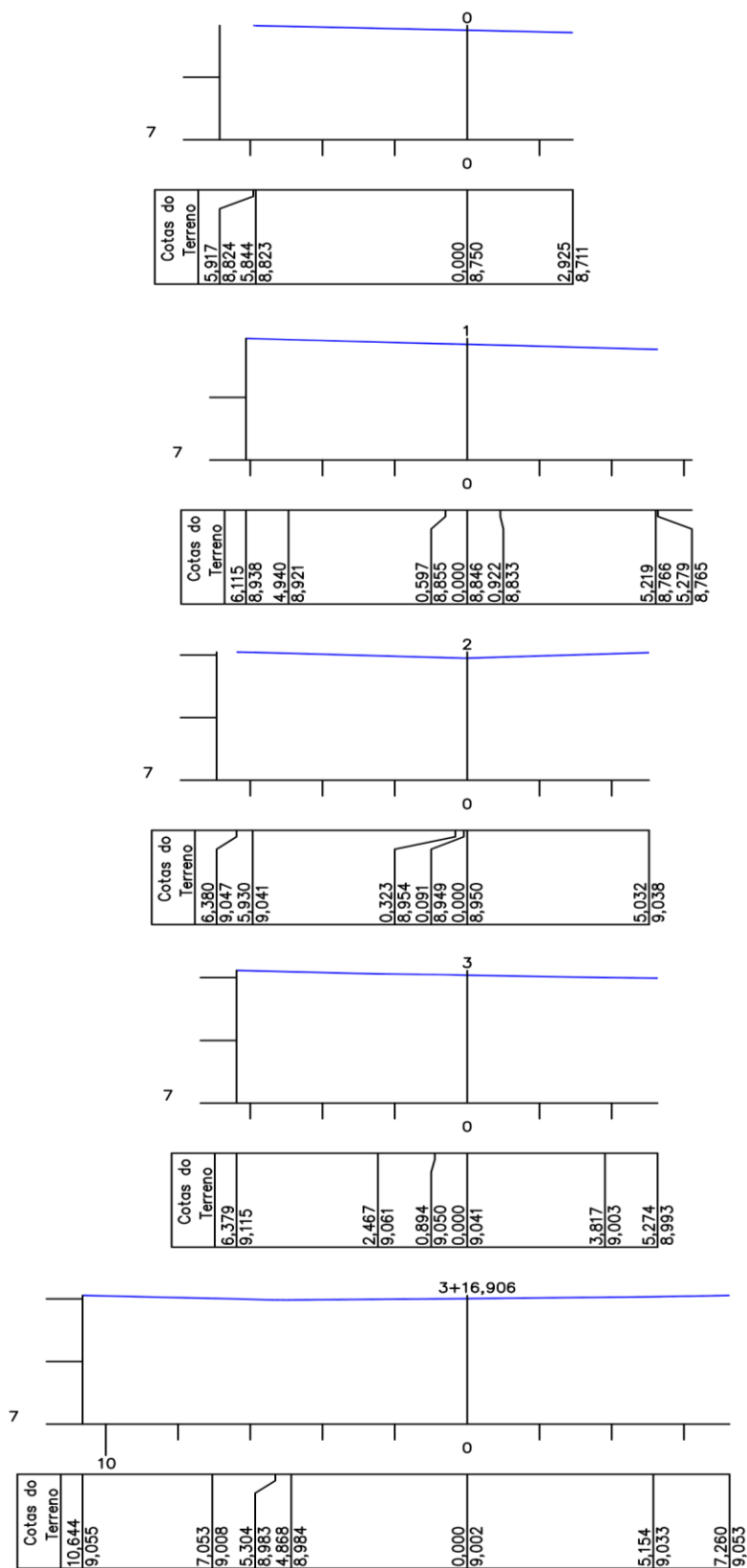
APÊNDICE D – SEÇÕES TRANSVERSAIS

Seções transversais ao longo do eixo da via – Nivelamento

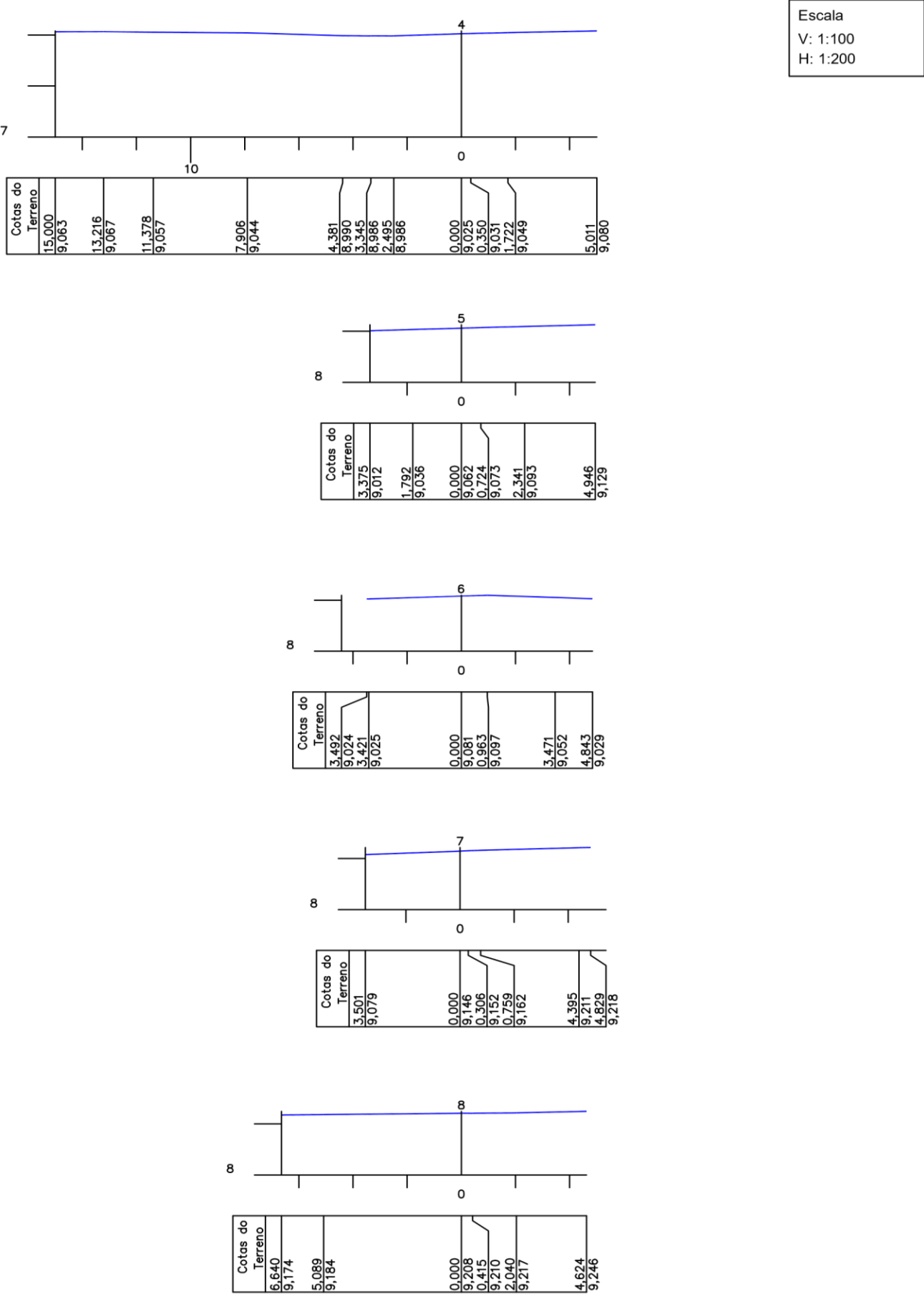
Escala

V: 1:100

H: 1:200

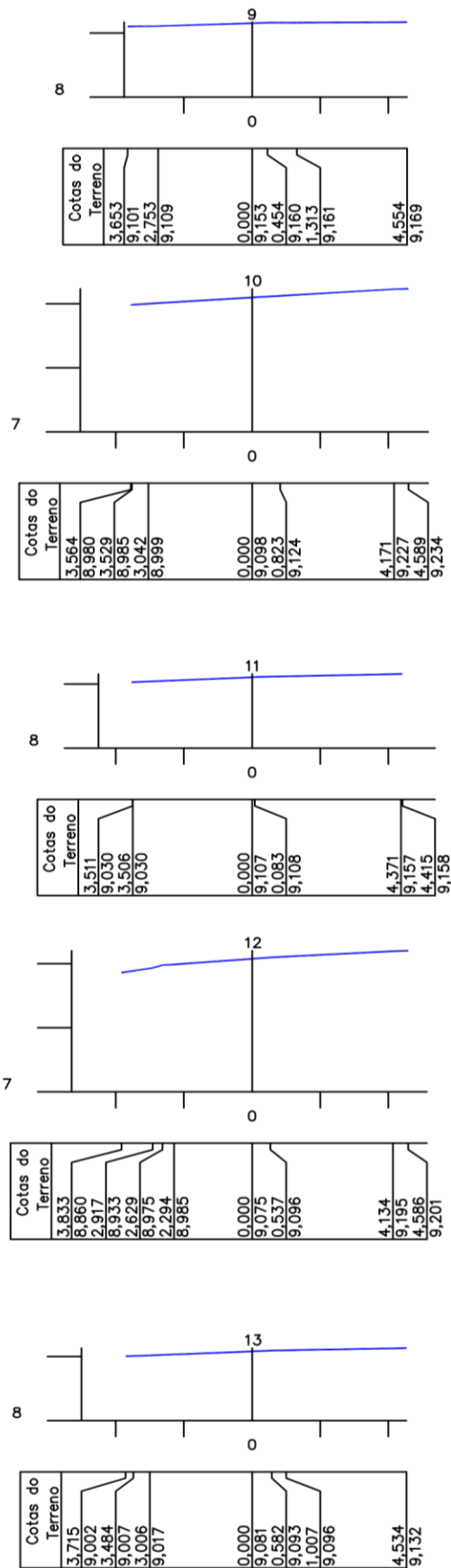


Seções transversais ao longo do eixo da via – Nivelamento



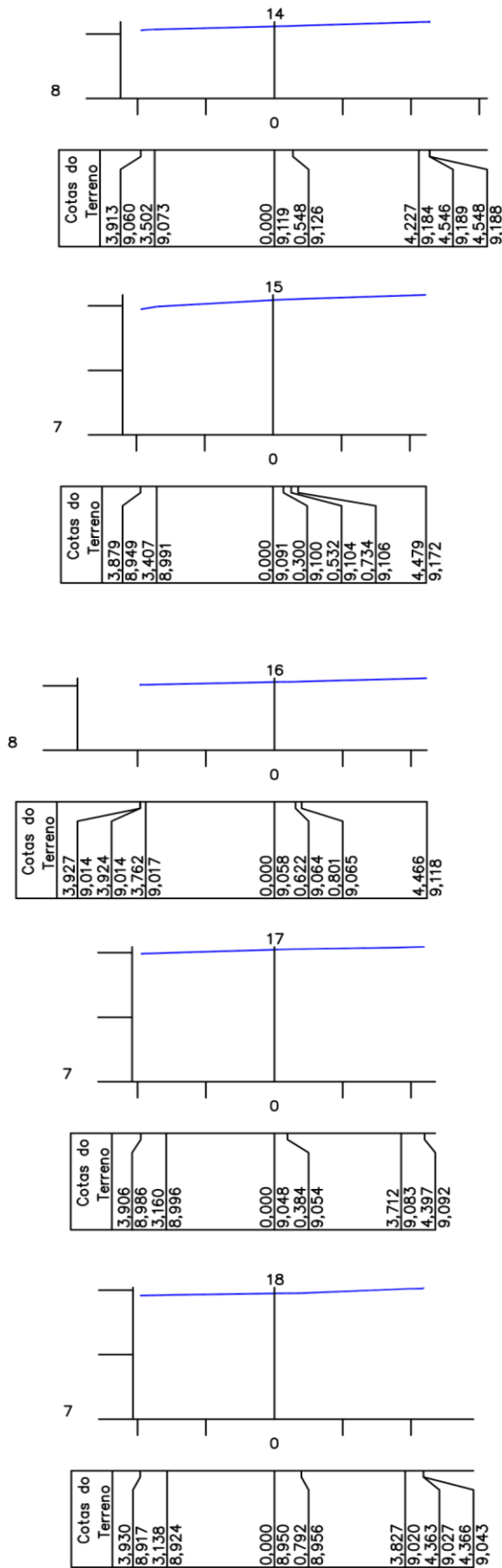
Seções transversais ao longo do eixo da via – Nivelamento

Escala
V: 1:100
H: 1:200



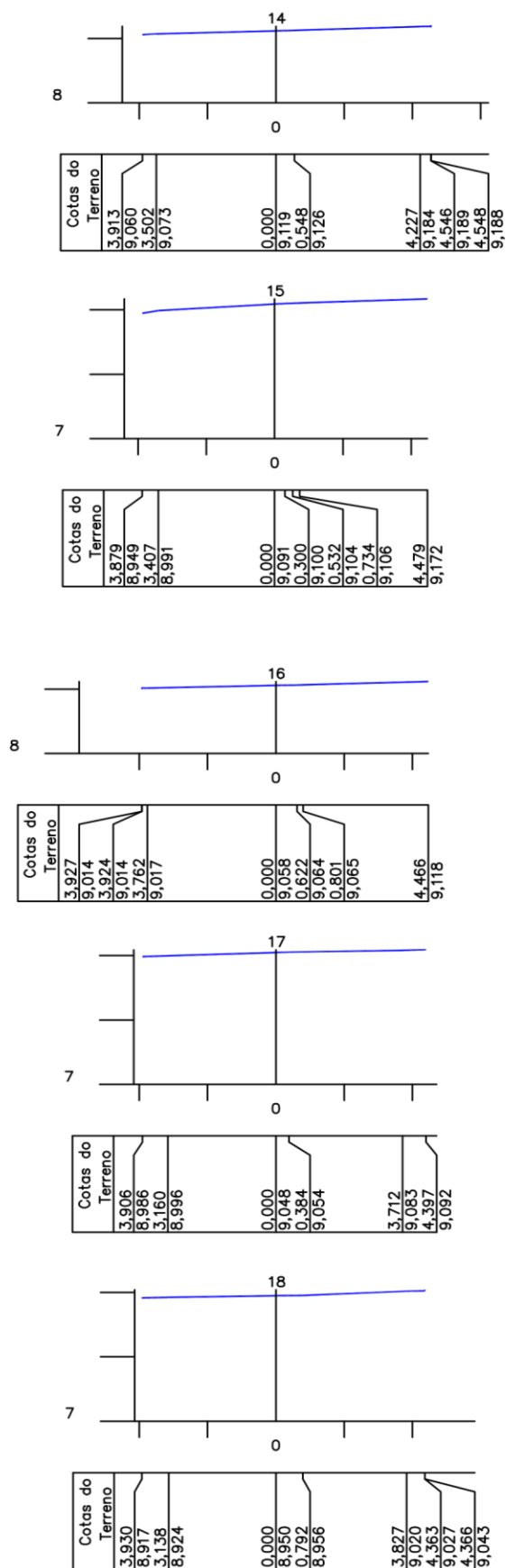
Seções transversais ao longo do eixo da via – Nivelamento

Escala
V: 1:100
H: 1:200



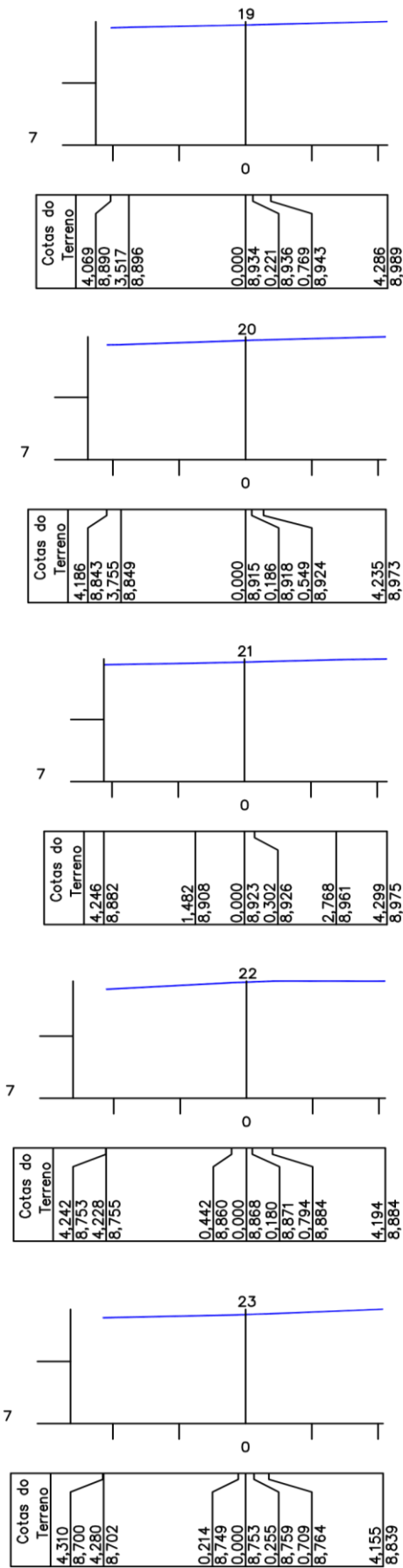
Seções transversais ao longo do eixo da via – Nivelamento

Escala
V: 1:100
H: 1:200



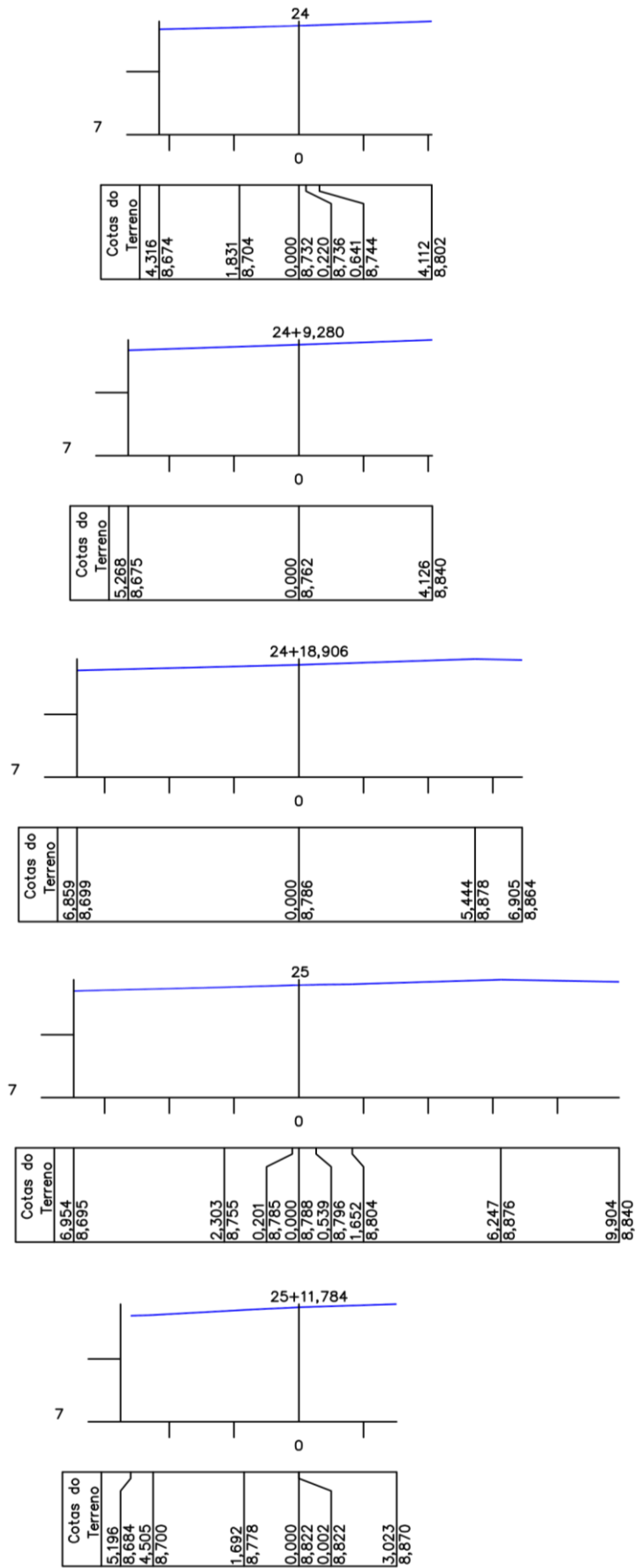
Seções transversais ao longo do eixo da via – Nivelamento

Escala
V: 1:100
H: 1:200



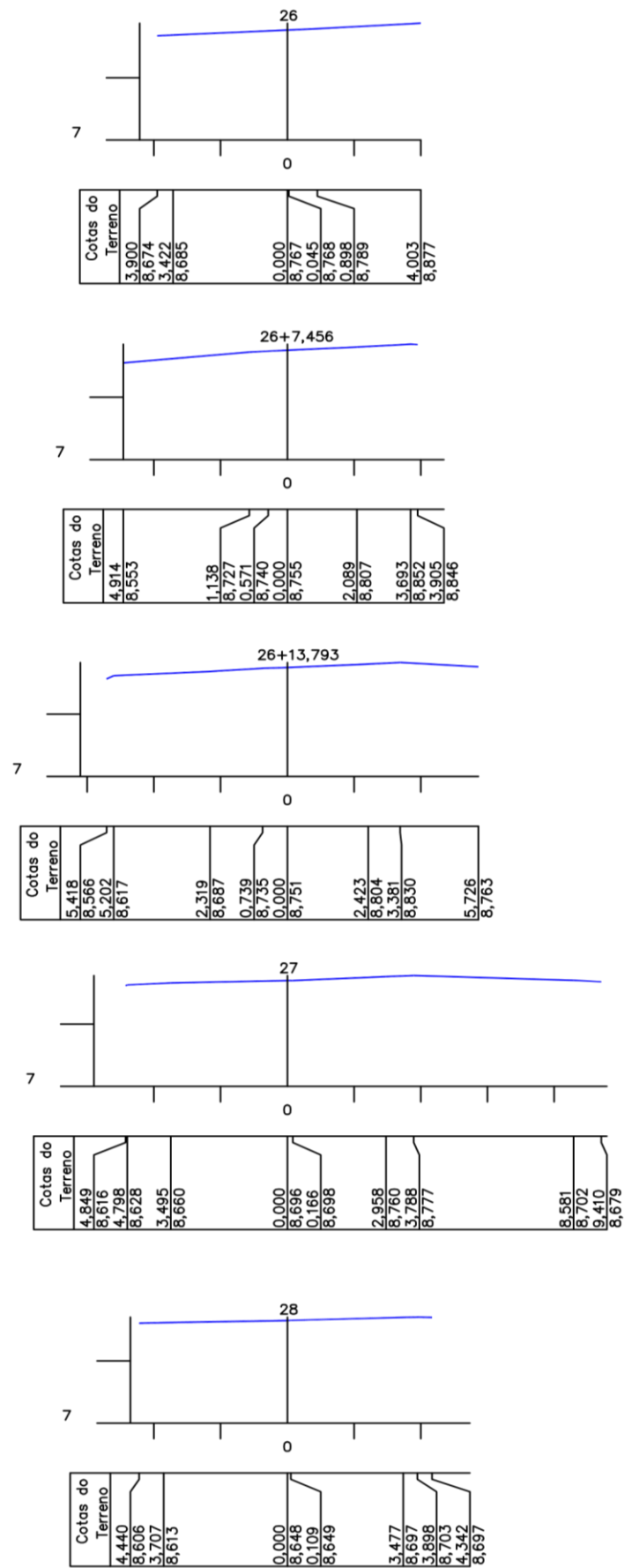
Seções transversais ao longo do eixo da via – Nivelamento

Escala
V: 1:100
H: 1:200



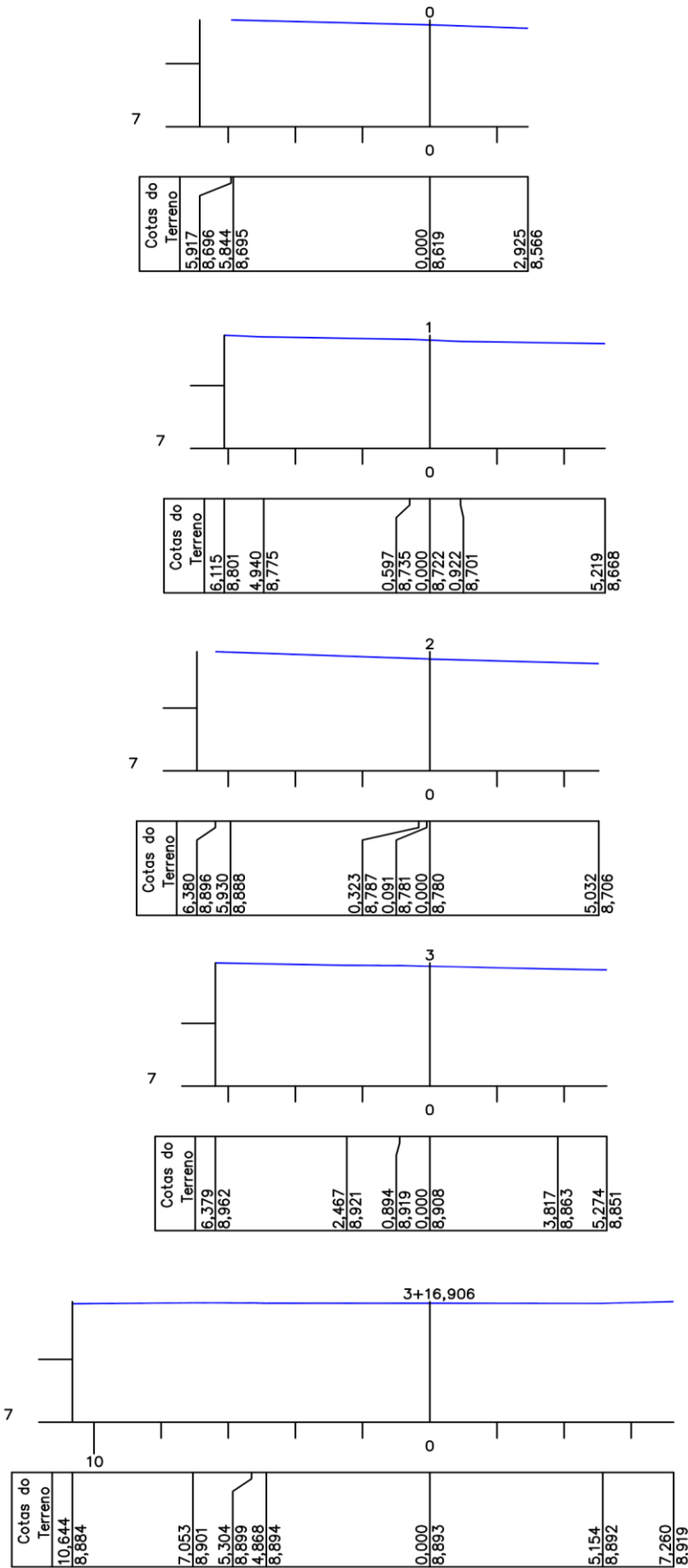
Seções transversais ao longo do eixo da via – Nivelamento

Escala
V: 1:100
H: 1:200

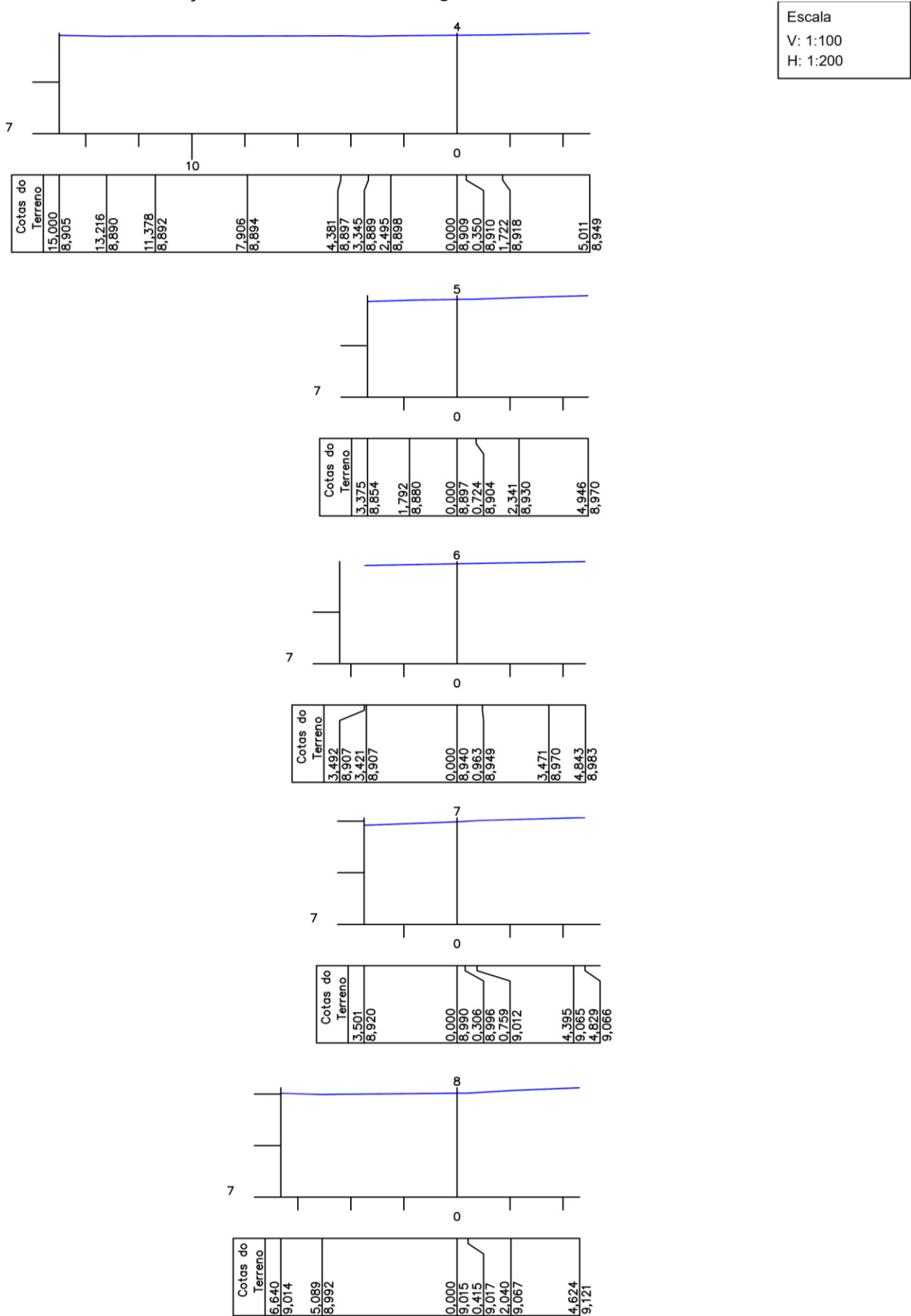


Seções transversais ao longo do eixo da via – GNSS

Escala
V: 1:100
H: 1:200

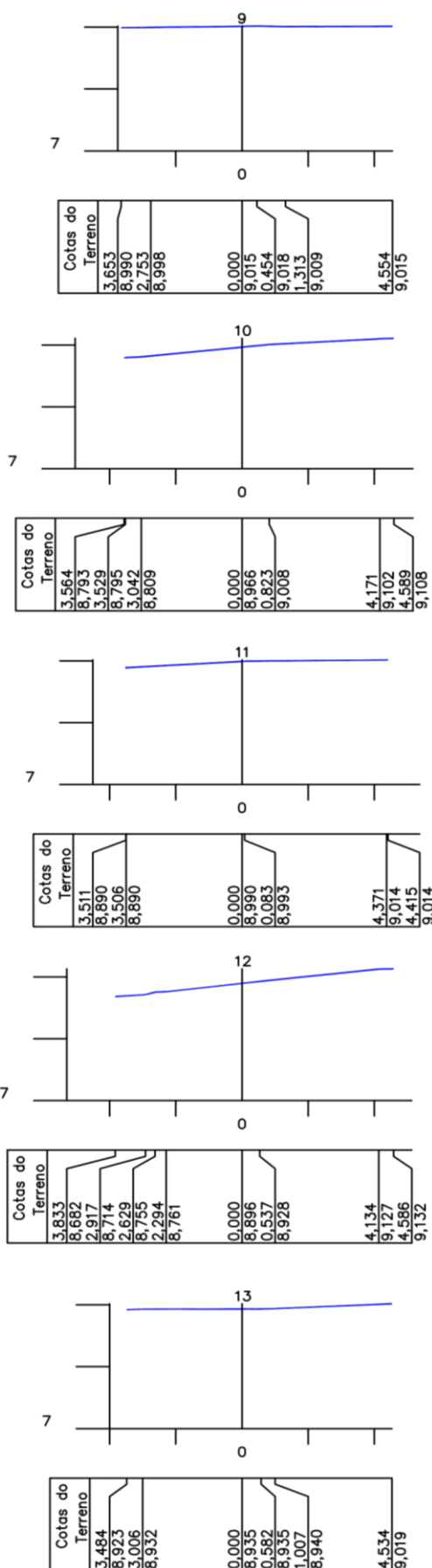


Seções transversais ao longo do eixo da via – GNSS



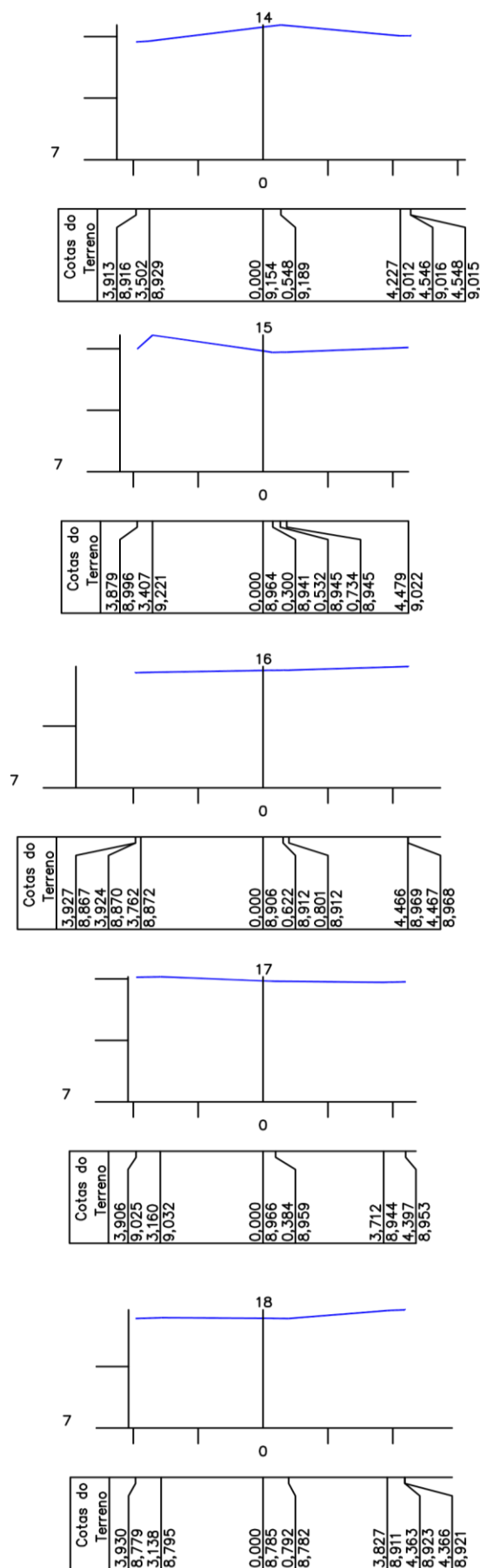
Seções transversais ao longo do eixo da via – GNSS

Escala
V: 1:100
H: 1:200



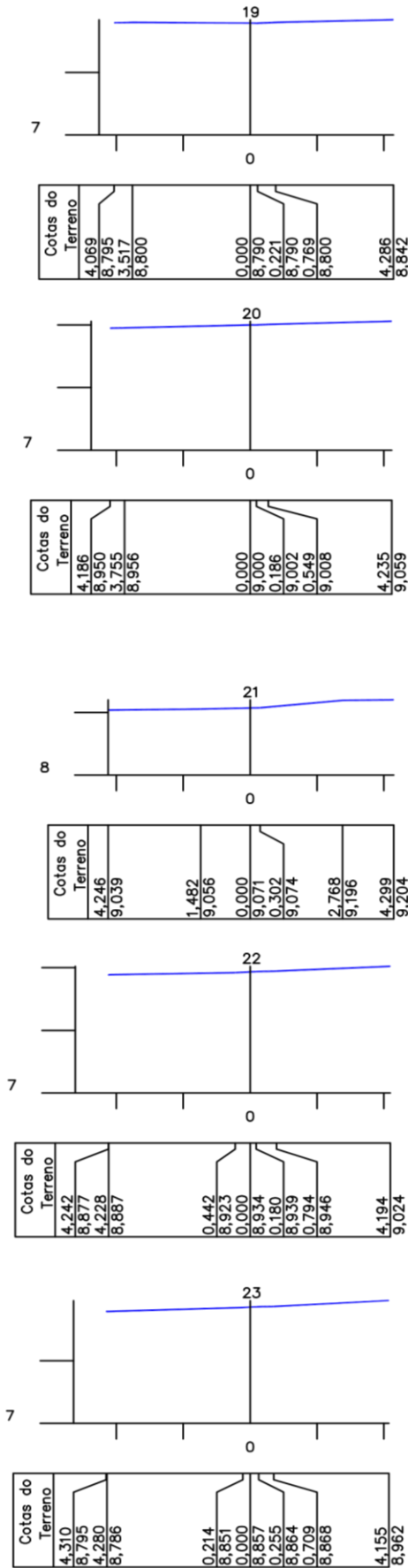
Seções transversais ao longo do eixo da via – GNSS

Escala
V: 1:100
H: 1:200



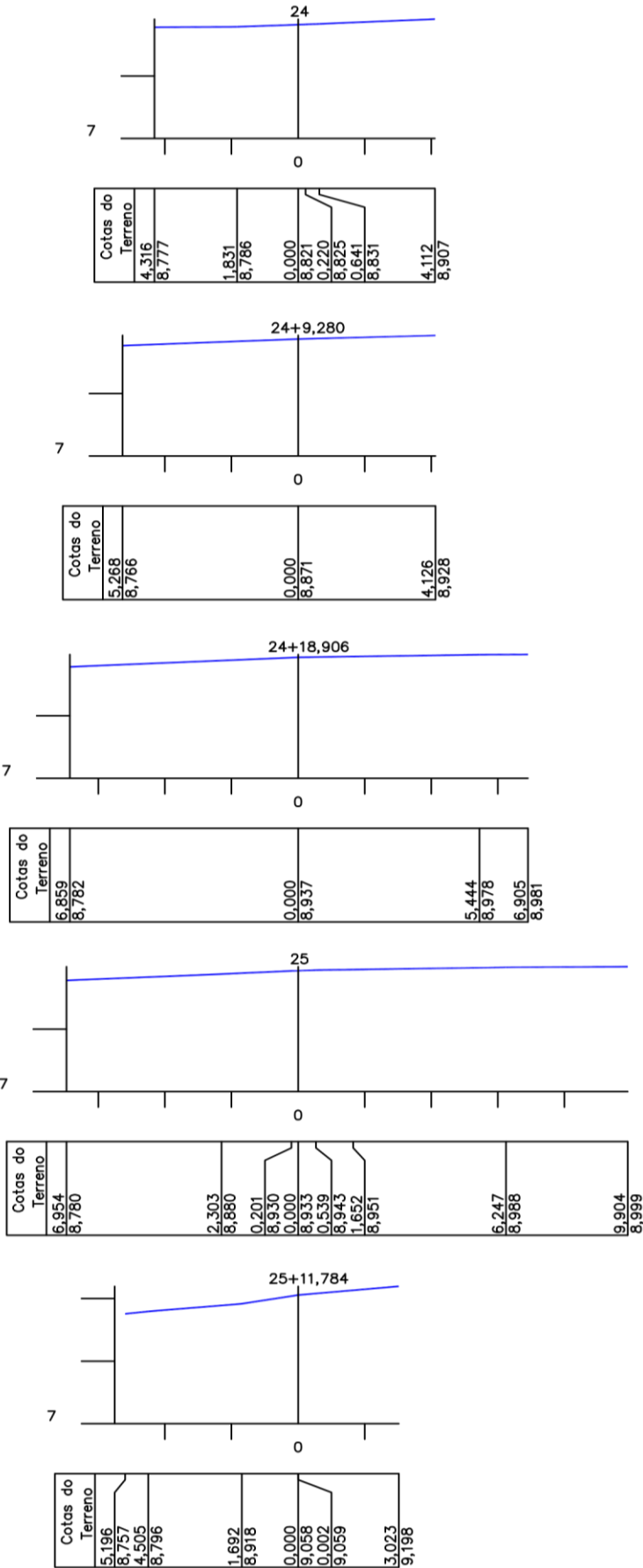
Seções transversais ao longo do eixo da via – GNSS

Escala
V: 1:100
H: 1:200



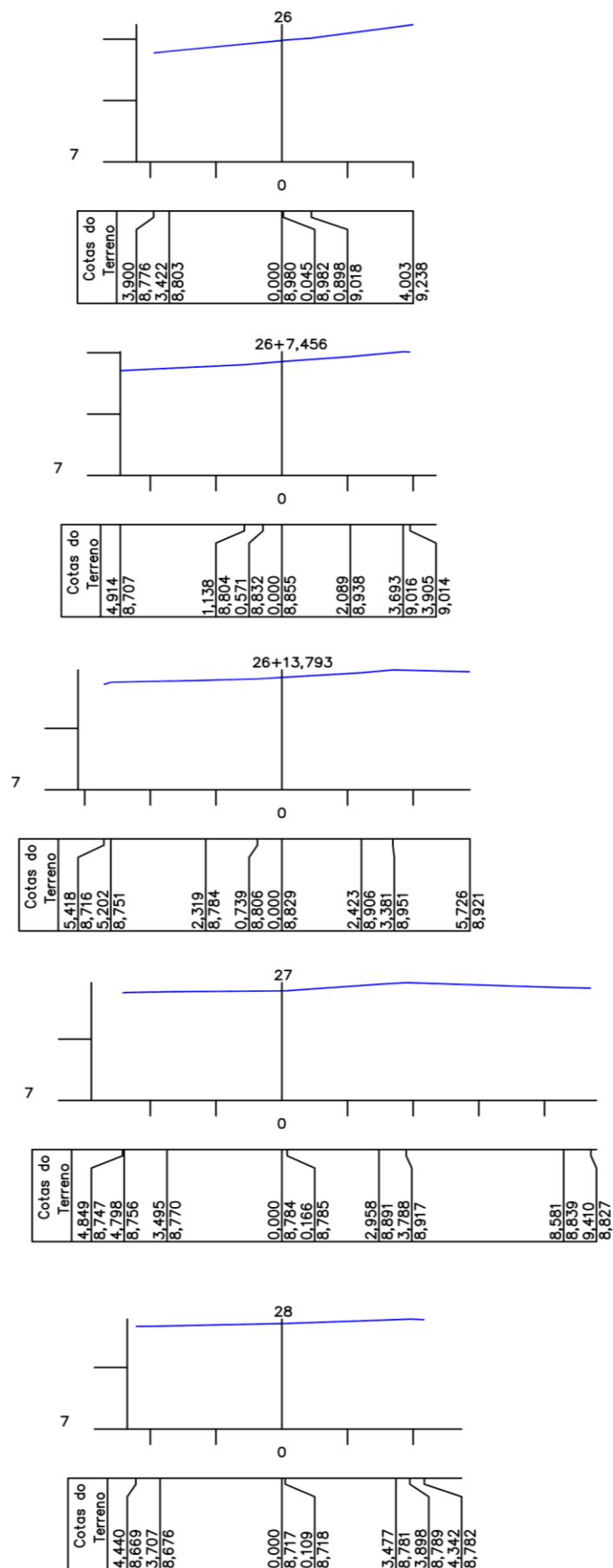
Seções transversais ao longo do eixo da via – GNSS

Escala
V: 1:100
H: 1:200

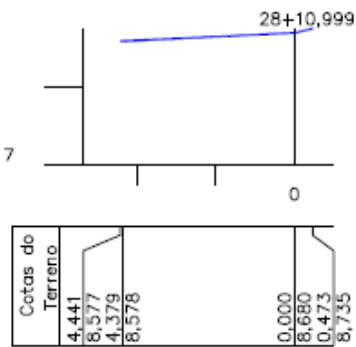


Seções transversais ao longo do eixo da via – GNSS

Escala
V: 1:100
H: 1:200



Seções transversais ao longo do eixo da via – GNSS



Escala
V: 1:100
H: 1:200

ANEXO A – MONOGRAFIA DO MARCO EPS04

MONOGRAFIA DE MARCO GEODÉSICO DA REDE DE		
REFERÊNCIA CADASTRAL DA UFPE		
Nome da Estação: EPS04		Obra / Ano: TCC - VILA FLOR / 2010
DADOS GERAIS	SISTEMA DE PROJEÇÃO-UTM	COORDENADAS
Município:Recife Localidade:Várze a – Campus Recife da UFPE TCC (VILA FLOR,2010)	Meridiano Central = 33° W Origem N (Equador) = 10000000 m Origem E (MC 33° W) = 500000 m K0 = 0.9996 DATUM H SIRGAS2000 DATUM V Imbituba/SC	* LAT. = 8°03' 05,84148"S * LONG. =34°57' 11,62465"W * N =9109481,118 m * E =284742,576 m * H (GEOM) = 4,892 m
SISTEMA TOPOCÊNTRICO LOCAL		
* Origem: RECF Latitude: 8° 03'03,46970"S Longitude: 34° 57'05,45910"W Altitude: 4,217 m	Coordenadas Topocêntricas: * X: 149811,215 m * Y: 249927,136 m	
Descrição: Cilindro de concreto, medindo 30 cm de diâmetro, altura de 1,17 m e base retangular de 0,97 m x 1,03 m x 0,16 m. Possui no seu topo base metálica com pino de centragem forçada com rosca universal. Chapa cravada estampada no pilar: UFPE- RRC- EPS04. Obs: * (MENDONÇA,GARNÉS et al., 2010)		
CROQUI	ITINERÁRIO	
	Estação EPS04 está localizada no canteiro central, a 42 m a leste do prédio do Centro de Artes e Comunicação - CAC, no Campos da Universidade Federal de Pernambuco.	
	FOTO	
		
Fonte: VILA FLOR (2010)		



Data da foto: Maio de 2017

Monografia elaborada em (Souza, 2017) - PIBIC - Propesq / UFPE

ANEXO B – RELATÓRIO DA ESTAÇÃO GEODÉSICA 3641A



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	3641A	Nome da Estação :	3641A	Tipo :	Referência de Nível - RN
Município :	RECIFE			UF :	PE
Última Visita:	26/04/2018	Situação Marco Principal :	Bom		
Conexões :	EG : 8131577				

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	08 ° 03 ' 06 " S	Altitude Normal(m)	11,3125	Gravidade(mGal)	978.158,35
Longitude	34 ° 57 ' 02 " W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	RGFB
Fonte	GPS Navegação	Sigma Altitude(m)	0,089	Data Medição	23/04/2015
Origem		Datum	Imbituba	Data Cálculo	29/11/2018
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	16/07/2014		
Data Medição	23/04/2015	Data Cálculo	30/07/2018		
Data Cálculo		Número Geopotencial (m ² /s ²)	110,651		
Sigma Latitude(m)					
Sigma Longitude(m)					
UTM(N)	9.109.478				
UTM(E)	285.037				
MC	-33				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 30/07/2018 - Relatório em : ftp://geotip.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_altimetrica/relatorio/relatorio_REALT_2018.pdf
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em : ftp://geotip.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_planialtimetrica/relatorio/rel_sirgas2000.pdf
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em : <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10855-modelo-de-ondulacao-geoidal.html>
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015 disponível em : ftp://geotip.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf

Localização

No segundo degrau, ao lado do monumento alusivo ao Reitor Joaquim Inácio de Almeida Amazonas, no canteiro central defronte ao Centro de Convenções, no Campus Universitário da UFPE.

Descrição

Chapa metálica medindo 6,0 cm de diâmetro estampada RN 3641 A, fixada no piso.

Observação

A RN encontra-se a 0,39 km além da RN 3675 G

Foto(s) :

