ISSN 1984-7203

C O L E Ç Ã O E S T U D O S C A R I O C A S

Proposta de rede geodésica de referência para o Município do Rio de Janeiro

Nº 20190201
Fevereiro - 2019

Filipi Rodrigues dos Santos – Universidade do Estado do Rio de Janeiro/Faculdade de Engenharia/Departamento de Engenharia Cartográfica;

Luiz Carlos Teixeira Coelho Filho – IPP/Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro;

Luiz Henrique Guimarães Castiglione – Universidade do Estado do Rio de Janeiro/Faculdade de Engenharia/Departamento de Engenharia Cartográfica

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO
Secretaria Municipal da Casa Civil
Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos

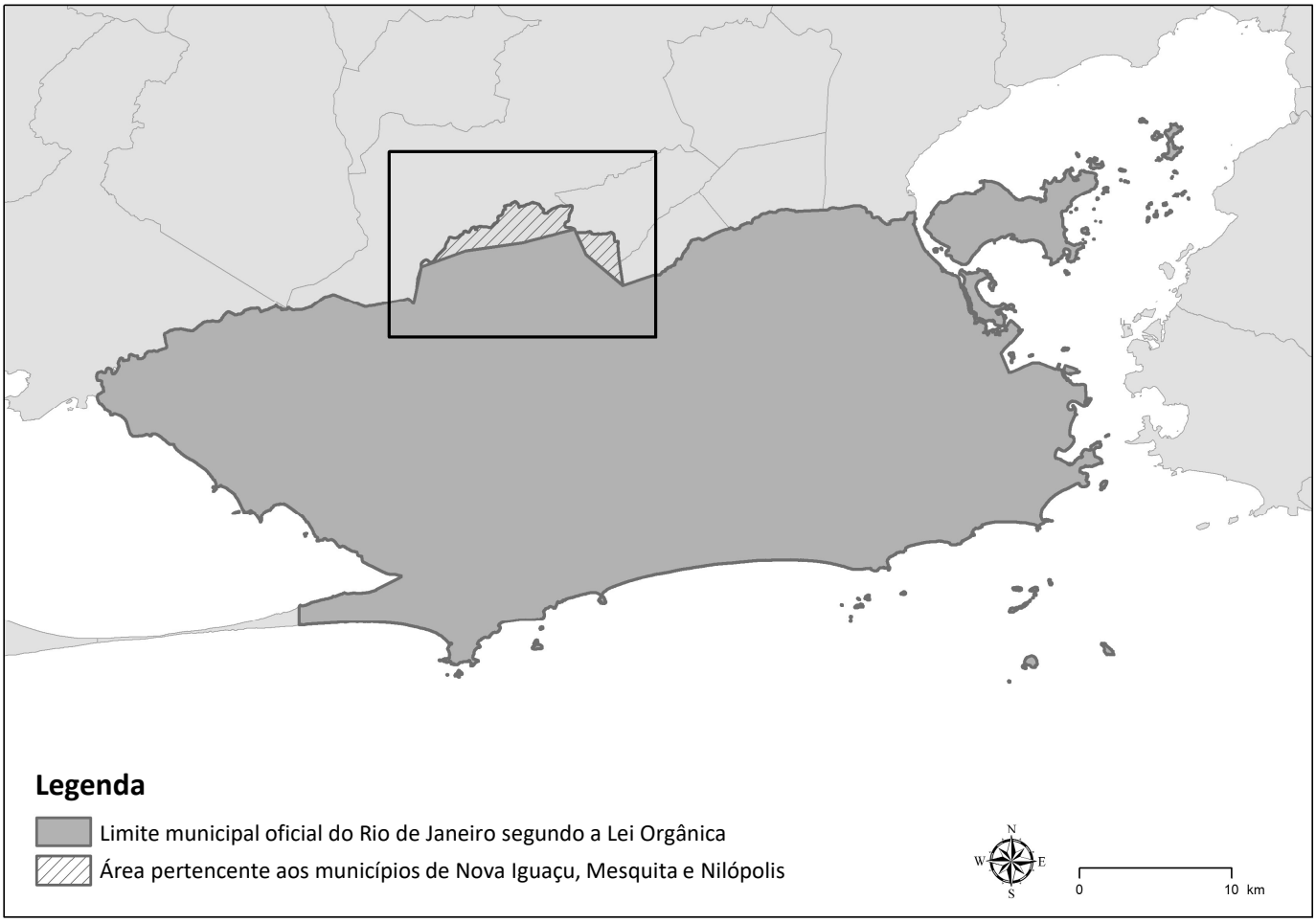
E R R A T A

A partir de reuniões técnicas realizadas entre o Instituto Pereira Passos e a Câmara Metropolitana (Governo do Estado do Rio de Janeiro), no âmbito do projeto para a confecção de um Mapa da Região Metropolitana, foi discutida a divergência existente na representação dos limites municipais de Rio de Janeiro, Nova Iguaçu, Mesquita e Nilópolis.

Tal divergência, localizada na área do maciço do Mendanha, se dava pelo fato do Município do Rio de Janeiro produzir há décadas mapas que possuíam o traçado do limite municipal nesta área seguindo o divisor de águas, pela cumeada dos morros da região, limite este que assim como o restante da fronteira municipal segue acidentes geográficos como rios, canais etc.

Por sua vez, tanto o limite adotado pelo IBGE quanto aquele utilizado pela Fundação CEPERJ (Estado do Rio de Janeiro) seguem por linhas retas a partir dos picos dos morros, não condizendo com o que vinha sendo traçado pelo Município do Rio de Janeiro, porém de acordo com a descrição existente na Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro.

*Desta forma, o Instituto Pereira Passos, **seguindo o determinado na Lei Orgânica Municipal**, efetuou a revisão da representação cartográfica da fronteira municipal em questão, adequando-se assim ao já utilizado pelos órgãos federais e estaduais e solucionando quaisquer problemas ou questões advindas desta divergência entre os municípios supracitados.*



Instituto Pereira Passos – Rua Gago Coutinho, 52 – Laranjeiras – Rio de Janeiro – 22.221-070
Coordenadoria Técnica de Informações da Cidade – Tel. (21) 2976-6546
http://www.data.rio - http://prefeitura.rio/web/ipp - https://siurb.rio

EXPEDIENTE

A **Coleção Estudos Cariocas** é uma publicação virtual de estudos e pesquisas sobre o Município do Rio de Janeiro, vinculada ao portal de informações do Instituto Pereira Passos (IPP) da Secretaria Municipal da Casa Civil da Prefeitura do Rio de Janeiro: www.data.rio

Seu objetivo é divulgar a produção de técnicos da Prefeitura sobre temas relacionados à cidade do Rio de Janeiro e à sua população. Está também aberta a colaboradores externos, desde que seus textos, bem como os dos colaboradores internos, sejam aprovados pelo Conselho Editorial.

Periodicidade: A periodicidade é anual, mas o número de artigos por edição é variável, pois depende da produção de textos por parte dos técnicos do IPP, de outros órgãos e de colaboradores.

Conselho Editorial: Luis F. Valverde Salandía, Rosemary Compans da Silva.

Revisão de Texto: ASCOM / IPP

PROPOSTA DE REDE GEODÉSICA DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Filipi Rodrigues dos Santos[1]; Luiz Carlos Teixeira Coelho Filho[2] e Luiz Henrique Guimarães Castiglione[3]

Resumo

O município do Rio de Janeiro carece de uma rede geodésica unificada de modo a servir às suas atividades fundamentais de apoio cartográfico e levantamento cadastral. Esse fato é ainda mais evidenciado pela elevada antropização da cidade, o que acarretou na destruição de boa parte dos marcos geodésicos implementados ao longo do Século XX. A fim de adensar a rede geodésica fundamental do IBGE já existente no município, propõe-se a implantação de 70 referências de nível distribuídas em 7 linhas de nivelamento e 4 microcircuitos, além da implantação de 5 estações ativas que comporiam uma nova rede de referência do município do Rio de Janeiro. Após a etapa de definição da quantidade e localização dos marcos à serem implantados, deve ser realizada a materialização das estações geodésicas, seguida da medição e por fim é realizado o ajustamento da rede.
Palavras-chave: Rede Geodésica. Rede Ativa. Rede Geodésica Municipal. Marco Geodésico.

Abstract

The municipality of Rio de Janeiro needs a unified geodetic network in order to support its fundamental activities of cartographic support and cadastral surveying. This fact is corroborated by the city's intense growth and human activity, which led to the destruction of many marks implemented throughout the 20th century. In order to consolidate a fundamental geodetic network for the city of Rio, this study proposes implementing 70 leveling references distributed along 7 leveling lines and 4 microcircuits, plus 5 active geodetic stations which would compose a new reference network for the municipality of Rio de Janeiro. After defining the amount and location of geodetic marks, they should be built physically, measured and adjusted in bulk.
Keywords: Geodetic Network. Active Network. Municipal Geodetic Network. Geodetic Mark.

1. REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL MUNICIPAL

De acordo com a NBR 14166 (1998), a Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) é definida como uma:

> Rede de apoio básico de âmbito municipal para todos os serviços que se destinem a projetos, cadastros ou implantação e gerenciamento de obras, sendo constituída por pontos de coordenadas planialtimétricas, materializados no terreno, referenciados a uma única origem (Sistema Geodésico Brasileiro - SGB) e a um mesmo sistema de representação cartográfica, permitindo a amarração e consequente incorporação de todos os trabalhos de topografia e cartografia na construção e manutenção da Planta Cadastral Municipal e Planta Geral do Município, sendo esta rede amarrada ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), fica garantida a posição dos pontos de representação e a correlação entre os vários sistemas de projeção ou representação (ABNT, 1998, p.5).

[1] Engenheiro Cartógrafo (UERJ). E-mail: filipieng@hotmail.com

[2] Engenheiro Cartógrafo (IME), Mestre em Informática (UFAM), Doutorando em Planejamento Urbano e Regional (IPPUR/UFRJ), servidor lotado na Cordenadoria Técnica de Informações da Cidade do Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP) da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. E-mail: luizc.coelho@rio.rj.gov.br

[3] Engenheiro Cartógrafo (UERJ), Mestre em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais (ENCE), Doutor em Ciêrncia da Informação (UFF), professor do Departamento de Engenharia Cartográfica da Faculdade de Engenharia da UERJ. E-mail: castiglione.luiz@gmail.com

Depreende-se, então, a importância quanto à existência de uma rede de apoio básico no âmbito municipal, a fim de estruturar e prover suporte a diferentes serviços de levantamentos que possam vir a ocorrer no território municipal.

Os órgãos responsáveis pela cartografia municipal do Rio de Janeiro, embora tenham implantado (ou contratado de terceiros a implantação) diversos tipos de pontos de controle, não buscaram organizá-los como uma rede de referência unificada, havendo contudo feito um levantamento de larga escala sobre a situação de todos os marcos, executado no período 1994-1995. A bem dizer, então, a rede de referência municipal existente neste momento carece de uma sistematização e unificação. É, de momento, apenas um catálogo de pontos em *data* diversos, espalhados ao longo do território sem lógica espacial.

E quais são os pré-requisitos do estabelecimento de uma rede geodésica (municipal)? De acordo com Rocha (2011), o estabelecimento de uma rede geodésica abrange as etapas de planejamento, materialização, medição e documentação.

- Planejamento: Nesta etapa é realizado o levantamento quantitativo de marcos existentes da rede fundamental do IBGE, para em seguida estimar a quantidade e a localização dos marcos que serão implantados. Para definir a quantidade de marcos, é necessário conhecer a topografia e a extensão do município.
- Materialização: Etapa onde será concretizada a monumentalização dos marcos no terreno, nos locais pré-estabelecidos no planejamento.
- Medição: Após a materialização é realizada a medição. Para a rede horizontal é realizado o método relativo estático e para a rede vertical é realizado o nivelamento geométrico composto.
- Documentação: Deve ser elaborada a monografia do marco, contendo o croqui de localização, tipo de materialização, identificação do método de medição, o desvio-padrão obtido, coordenadas geodésicas, fotografia do marco e data de implantação.

Para a estruturação da rede de referência cadastral municipal, deve ser seguido o escalonamento hierárquico, de acordo com a NBR 14166:

> **Referências de nível de precisão**: Referência de nível do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, classificada como de precisão, existente na área municipal, ou na sua vizinhança, utilizada como apoio altimétrico da Rede de Referência Cadastral
> **Referências de nível de apoio imediato**: Referência de nível obtida por nivelamento geométrico da classe I N (ver NBR 13133) a partir da referência de nível de precisão do SGB, com a finalidade de apoio aos levantamentos locais, parcelamento de áreas, obras, estruturas de drenagem, gradientes e de base ao apoio suplementar de campo dos levantamentos aerofotogramétricos (ABNT, 1998, p.5).

Estes dois conceitos definidos pela norma técnica brasileira, guiaram os estudos para a escolha dos locais, onde será proposta a implantação das referências de nível.

Segundo o IBGE (2008), a rede de 1ª ordem refere-se a rede fundamental de alta precisão do IBGE. A implantação das estações geodésicas de 1ª ordem ocorre ao longo das rodovias federais e estaduais (IBGE, 2005).

De acordo com o IBGE (2008), a rede de precisão regional de 2ª ordem, consiste na densificação da rede de 1ª ordem, com seu levantamento sendo realizado através do método de nivelamento geométrico e das técnicas de posicionamento com receptores GNSS. A fim de melhor distribuir os erros, procura-se ao máximo uma geometria regular. O ajustamento da rede deve ser feito junto com a rede de 1ª ordem.

A rede vertical deve estar amarrada à rede de referência altimétrica do SGB, devendo ser associado ao datum vertical do marégrafo de Imbituba em Santa Catarina, com a exceção do estado do Amapá, onde deverá ser associado ao datum vertical do marégrafo de Santana (IBGE, 2000).

1.1 Tipos de monumentalização

A norma de Serviço do Diretor de Geociências n° 29 de 22 de Setembro de 1988 "Padronização de Marcos Geodésicos" contém as especificações para construção e implantação de marcos geodésicos no Brasil. A escolha do tipo de monumento que representará a estação geodésica é de extrema importância, sendo selecionado de acordo com o objetivo do levantamento e das condições do local onde será implantada.

De acordo com IBGE (2007), ao decorrer dos anos, foram utilizados diversos tipos de monumentos, para identificar as estações geodésicas materializadas. As três principais materializações são:

- Chapa: Uma peça metálica circular e convexa cravada em superfície estável geralmente de concreto ou rocha, já existente no local.
- Marco de concreto de forma piramidal: Contendo uma chapa metálica no topo, podendo conter uma plataforma adicional de proteção.
- Pilar de concreto: Com dispositivo de centragem forçada incrustado no topo .

Figura 1: Chapa cravada no concreto

Figura 2: Marco de concreto com plataforma adicional de proteção

Figura 3 : Pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada no topo
(fonte: IBGE, 2008)

1.2 Métodos de medição

Os principais métodos de levantamento planimétrico utilizados para a medição das estruturas geodésicas de controle horizontal denominadas clássicas foram as redes de triangulação e poligonação. Segundo Tuler & Saraiva (2014), o método da triangulação é baseado na sequência de triângulos estabelecida por medidas angulares, sendo considerado um método muito preciso e utilizado para a densificação da rede fundamental do IBGE. O método da poligonação é estabelecido a partir da medição de ângulos e distâncias, podendo partir de um ponto e retomar a esse mesmo ponto (looping) ou partir de um ponto e chegar a outro ponto, sendo denominada poligonal aberta (TULER & SARAIVA, 2014).

Para a determinação da altitude nas triangulações e poligonações geodésicas era executado o nivelamento trigonométrico, em que era calculado a medida indireta do desnível a partir da determinação do ângulo vertical da direção que conecta os pontos e da distância entre eles (TULER & SARAIVA, 2016).

O método moderno utilizado para a medição das estações materializadas se dá mediante o estabelecimento de uma rede de estações geodésicas com coordenadas tridimensionais. Estas coordenadas são estabelecidas através de técnicas de posicionamento espacial de alta precisão (IBGE, 2010).

1.2.1 Posicionamento relativo

Segundo o IBGE (2008), o posicionamento relativo consiste na determinação das coordenadas de um ponto em relação a um referencial materializado através das coordenadas conhecidas de uma ou mais estações. Para realizar a técnica de posicionamento relativo é necessário utilizar no mínimo dois receptores, onde um deve ocupar a estação base e o outro a estação à qual quer determinar as coordenadas, sendo imprescindível que ambos os receptores coletem simultaneamente os dados. As principais observáveis para o posicionamento relativo são:

- Pseudodistância
- Fase da Onda Portadora
- Fase da Onda Portadora e Pseudodistância

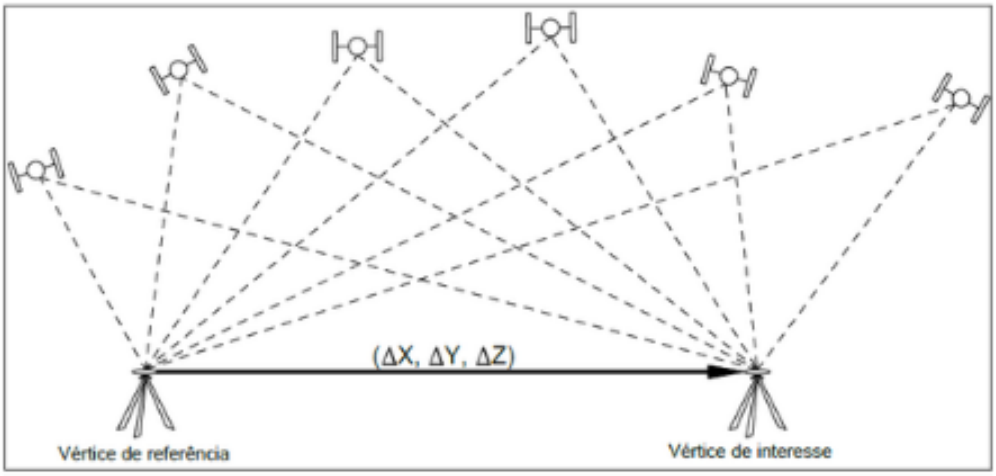


Figura 4: Posicionamento Relativo (Fonte: INCRA, 2013)

O posicionamento relativo estático é o atual método utilizado para obtenção das coordenadas planimétricas do SGB, utilizando receptores geodésicos de dupla frequência, em que o receptor estacionado na estação a qual quer determinar e o receptor estacionado na estação base, devem

permanecer estáticos durante todo o levantamento, que pode levar de 20 minutos até algumas horas (IBGE, 2008).

De acordo com Monico (2008), após um determinado período coletando os dados dos satélites visíveis, a precisão das coordenadas e das ambiguidades se estabilizam, possibilitando maior credibilidade a solução. A precisão do posicionamento relativo estático é da ordem de 1,0 a 0,1 ppm, ou melhor.

1.2.2 Nivelamento Geométrico

Segundo a NBR 13133 item 3.20, o nivelamento geométrico (ou nivelamento direto) é realizado para determinar as diferenças de nível ou distâncias verticais entre pontos no terreno, através de leituras das visadas horizontais, utilizando como equipamento o nível e as miras. É o mais preciso dos métodos de nivelamento, sendo adotado nos levantamentos altimétricos de alta precisão da rede fundamental do IBGE.

Os equipamentos utilizados são o nível ótico, digital ou laser e devem estar estacionados a meia distância entre os pontos ré e vante. O nivelamento pode ser classificado em:

- Simples: O nível é instalado uma única vez para determinar o desnível entre os pontos.

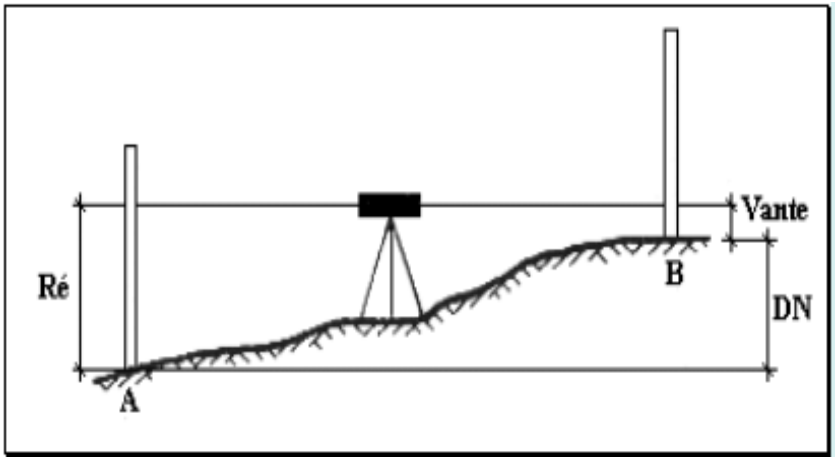


Figura 5: Nivelamento Geométrico Simples
(Fonte: DOMINGUES, 1979)

- Composto: O nível é instalado mais de uma vez e o desnível entre os pontos é determinado através de vários lances, evitando ao máximo lances curtos.

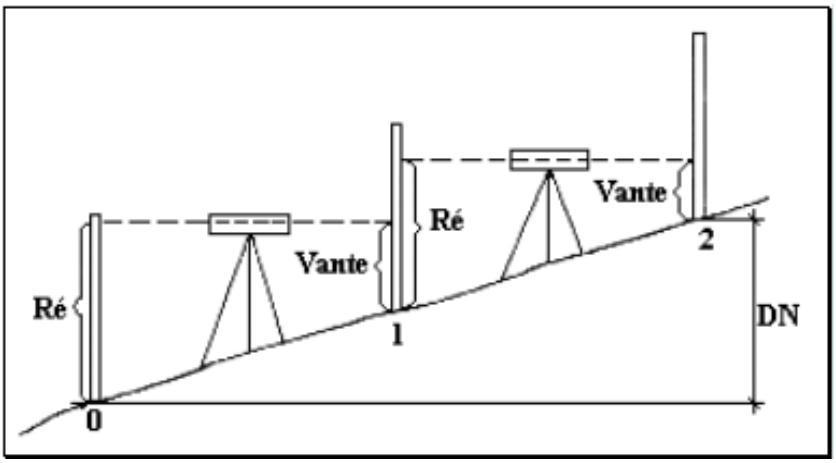


Figura 6: Nivelamento Geométrico Composto
(Fonte: GARCIA & PIEDADE, 1984)

Segundo Garcia & Piedade (1984), o erro médio admitido de um nivelamento é em função do perímetro percorrido com o nível, adotando a unidade de medida em quilômetros e pode ser classificada em:

- Alta ordem: o erro médio admitido é de ±1,5mm/km percorrido.
- Primeira ordem: o erro médio admitido é de ±2,5mm/km percorrido.
- Segunda ordem: o erro médio admitido é de 1,0cm/km percorrido.
- Terceira ordem: o erro médio admitido é de 3,0cm/km percorrido.
- Quarta ordem: o erro médio admitido é de 10,0cm/km percorrido.

2. ESTUDOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA NOVA REDE

Tendo em vista a precariedade da atual rede geodésica do município do Rio de Janeiro, foi realizado um estudo metodológico para a implantação de uma nova rede, visando à densificação da rede geodésica fundamental do IBGE. O planejamento da rede geodésica envolve a definição da quantidade e localização dos vértices, sendo necessário o conhecimento do tamanho da área a ser implantada a rede e o seu relevo.

2.1 Propostas para implantação da Rede Vertical

O presente trabalho apresenta como proposta a implantação de 70 RN distribuídas em 7 linhas de nivelamento e 4 microcircuitos, que formarão a nova rede geodésica municipal de 2ª ordem do município do Rio de Janeiro, ilustrada na figura 7. A distância média entre duas estações é de aproximadamente 2 km, porém, em alguns trechos houve uma variação de algumas centenas de metros em função do relevo do terreno.

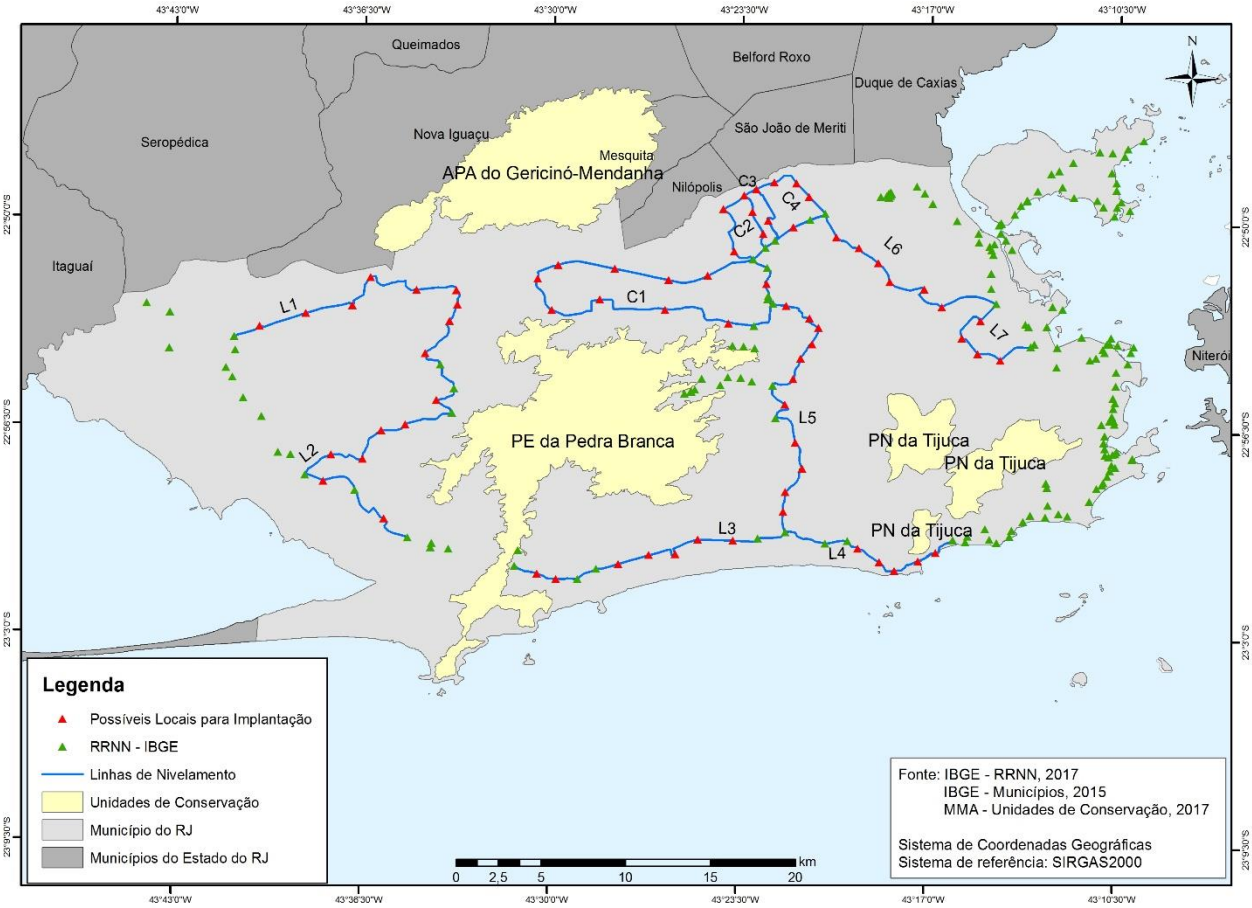


Figura 7: Distribuição espacial das novas RN propostas

- Linha de nivelamento 1: Origem na RN 3067H passando pelas RN1, RN2, RN3, RN4, RN5, RN6, RN7, RN8, RN9, RN 1019V, RN 1019X, RN10 sendo finalizado na RN 1019Z, conforme ilustrado na figura 8.
  As principais estradas utilizadas para o caminhamento do nivelamento serão: BR 101, Estrada do Mendanha e Estrada das Capoeiras.

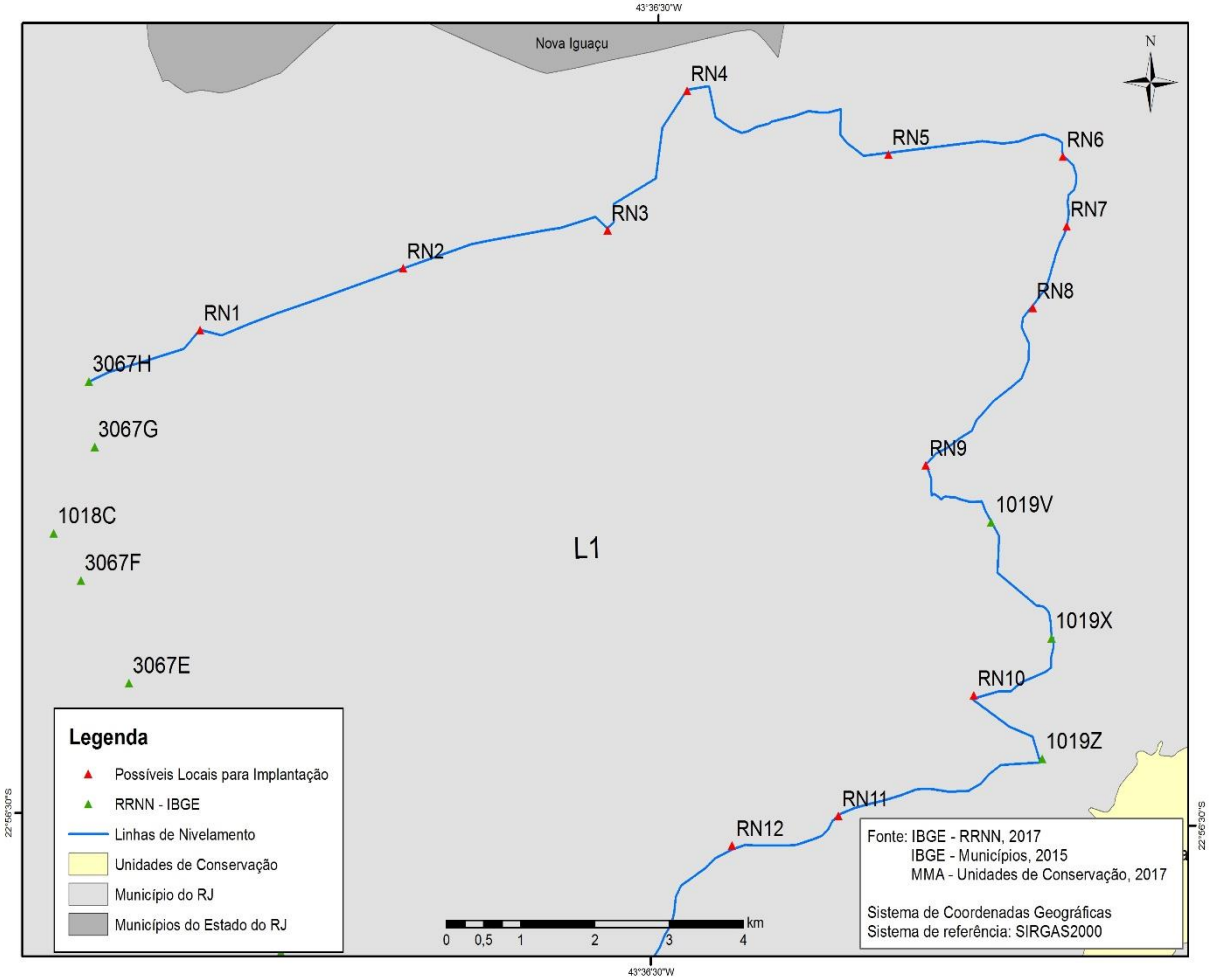


Figura 8: Trajeto da primeira linha de nivelamento proposto

- Linha de nivelamento 2: Origem na RN 1019Z passando pelas RN11, RN12, RN13, RN14, RN 1020F, RN15, RN 3066X, RN16 sendo finalizado na RN 3066T, conforme ilustrado na figura 9. As principais estradas utilizadas para o caminhamento do nivelamento serão: Estrada do Magarça, Estrada do Monteiro e Avenida Dom João VI.

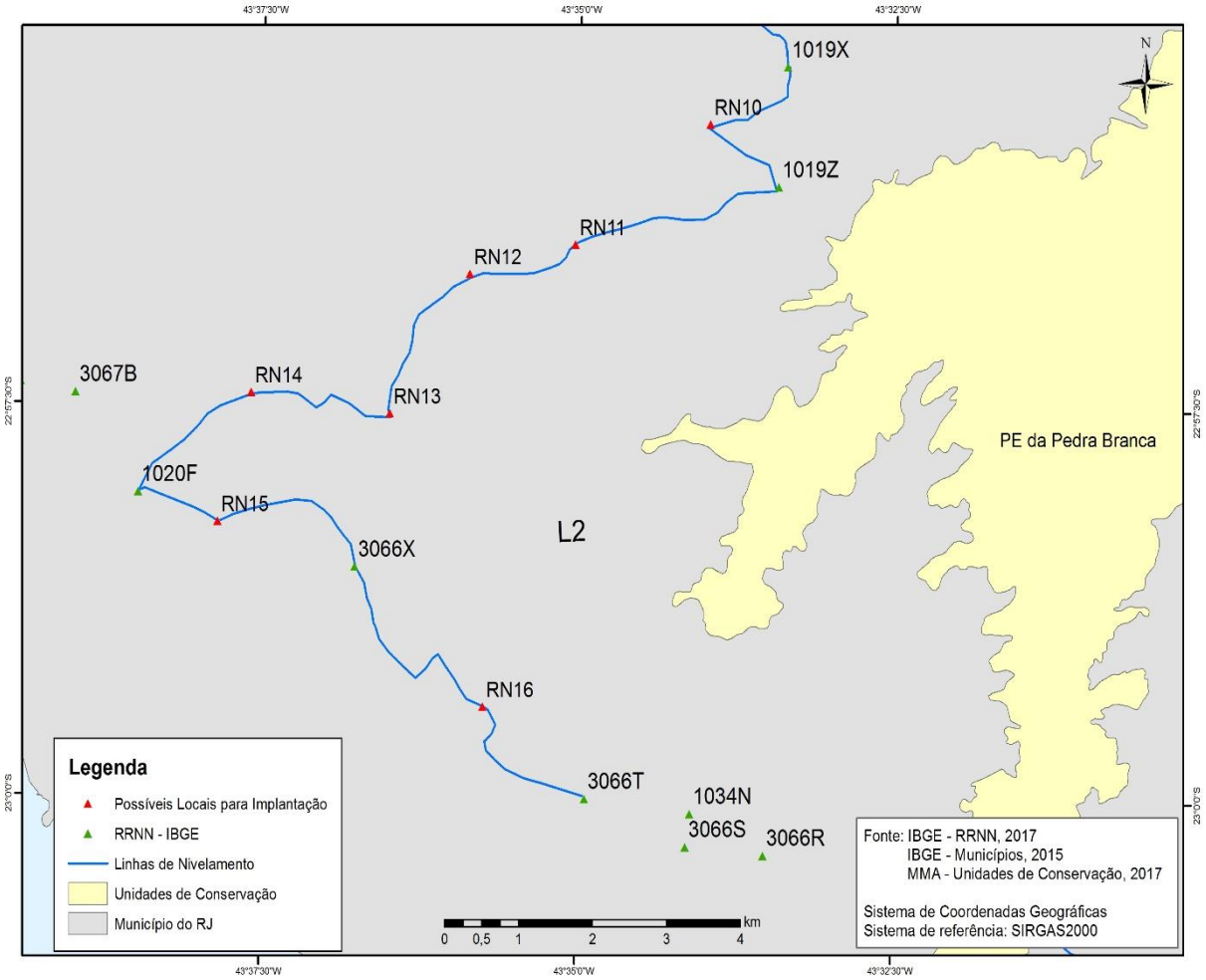


Figura 9: Trajeto da segunda linha de nivelamento proposto

- Linha de nivelamento 3: Origem na RN 3066J passando pelas RN17, RN18, RN 3066G, RN 3066F, RN19, RN20, RN21, RN22, RN23, RN 3066A sendo finalizado na RN 3001V, conforme ilustrado na figura 10.
  As principais estradas utilizadas para o caminhamento do nivelamento serão: Avenida das Américas e Avenida Adolpho de Vasconcellos.

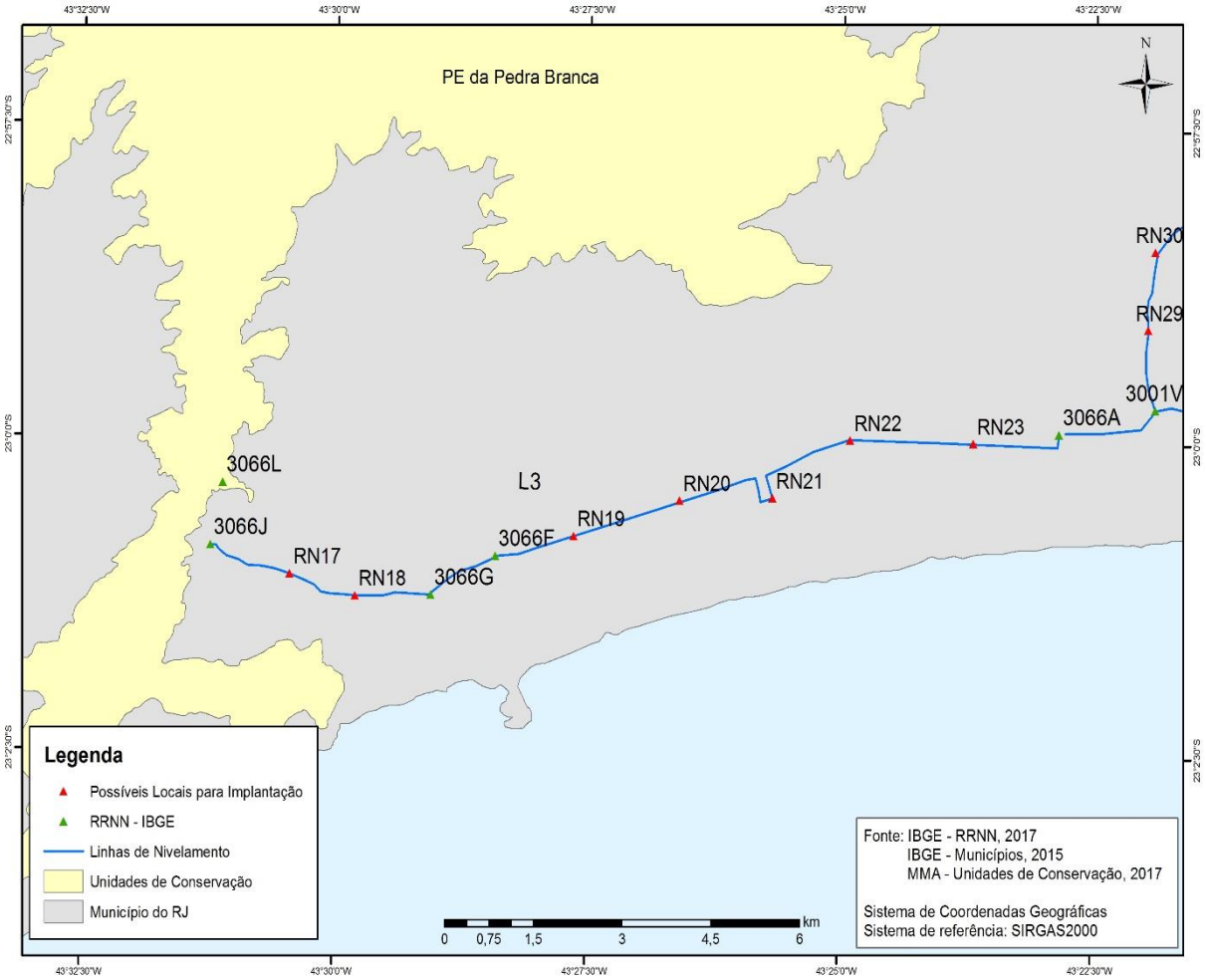


Figura 10: Trajeto da terceira linha de nivelamento proposto

- Linha de nivelamento 4: Origem na RN 3001V passando pelas RN 3001T, RN 3001S, RN24, RN25, RN26, RN27, RN28 sendo finalizado na RN 1033U, conforme ilustrado na figura 11.
  As principais estradas utilizadas para o caminhamento do nivelamento serão: Avenida das Américas, Avenida Alda Garrido e Avenida Pepe.

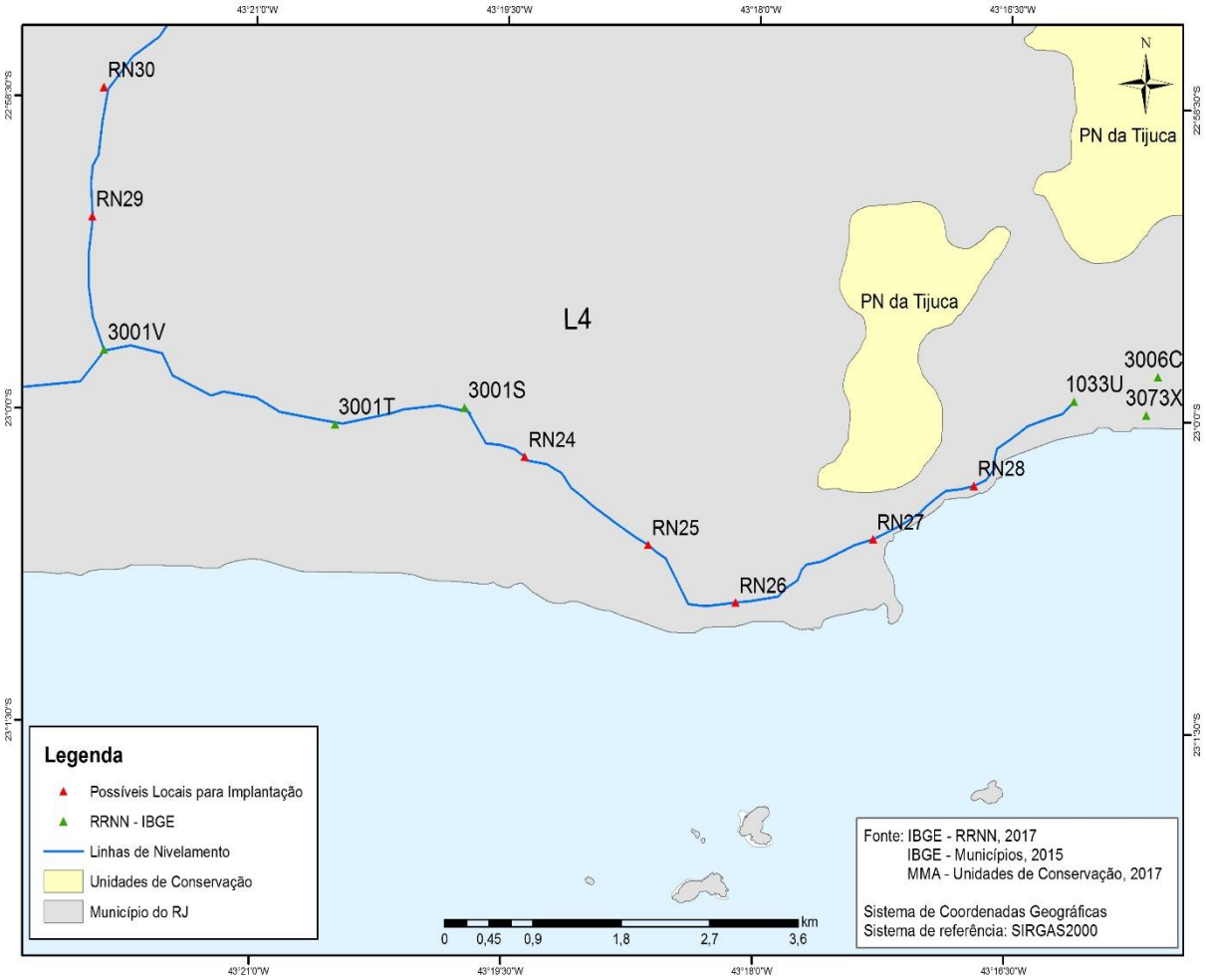


Figura 11: Trajeto da quarta linha de nivelamento proposto

- Linha de nivelamento 5: Origem na RN 3001V passando pelas RN29, RN30, RN31, RN32, RN 3005E, RN33, RN 3005F, RN34, RN35, RN36, RN37, RN38, RN39 sendo finalizado na RN 3019H, conforme ilustrado na figura 12.
  As principais estradas utilizadas para o caminhamento do nivelamento serão: Avenida Ayrton Senna, Estrada Marechal Miguel Salazar Mendes de Moraes, Rua Cândido Benício e Estrada Intendente Magalhães.

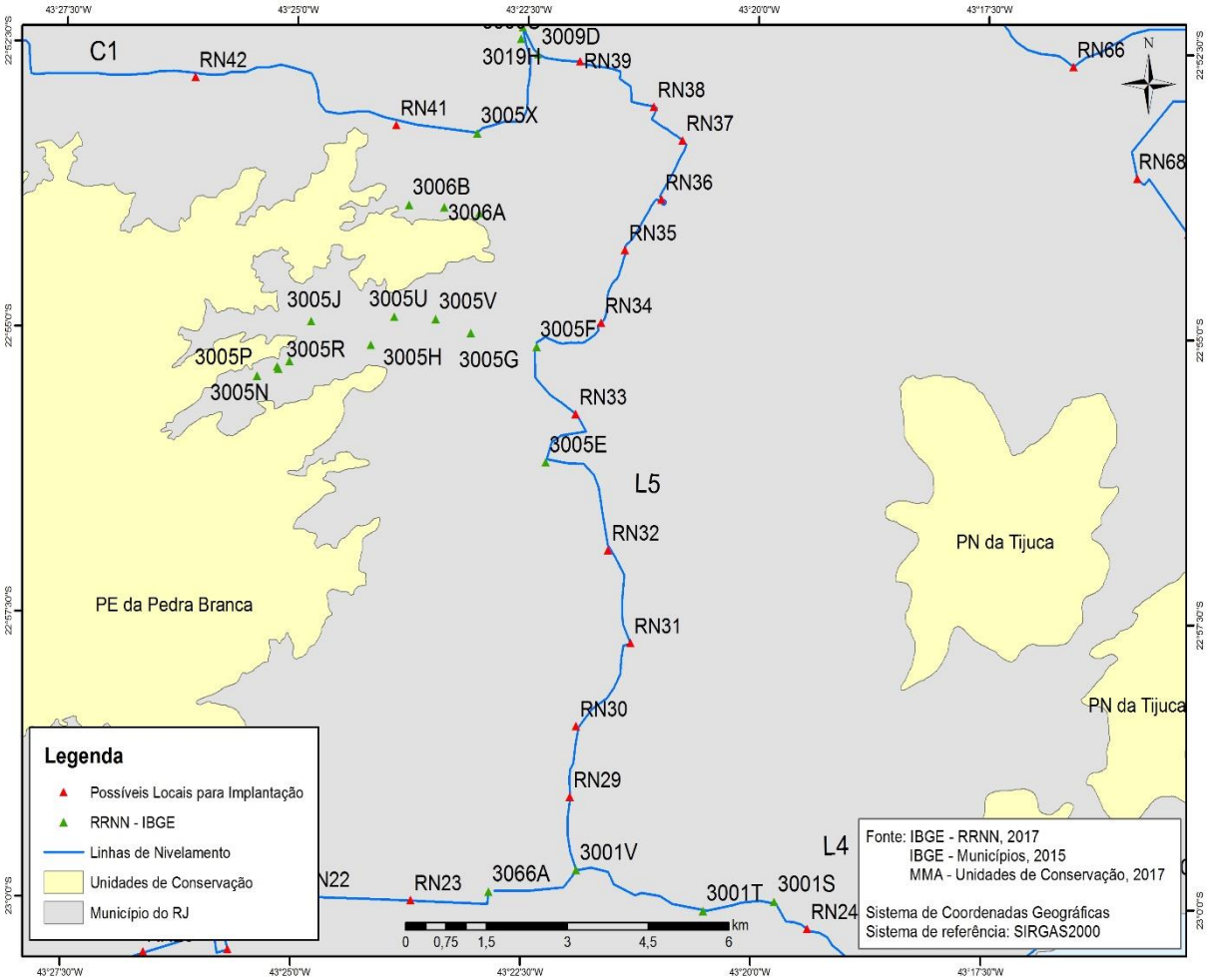


Figura 12: Trajeto da quinta linha de nivelamento proposto

- Linha de nivelamento 6: Origem na RN 3009P passando pelas RN61, RN62, RN63, RN64, RN65, RN66, sendo finalizado na RN 3019E, conforme ilustrado na figura 13.
  As principais estradas utilizadas para o caminhamento do nivelamento serão: Avenida Pastor Martin Luther King Júnior, Rua Carmen Cinira e Rua Marechal Castelo Branco.

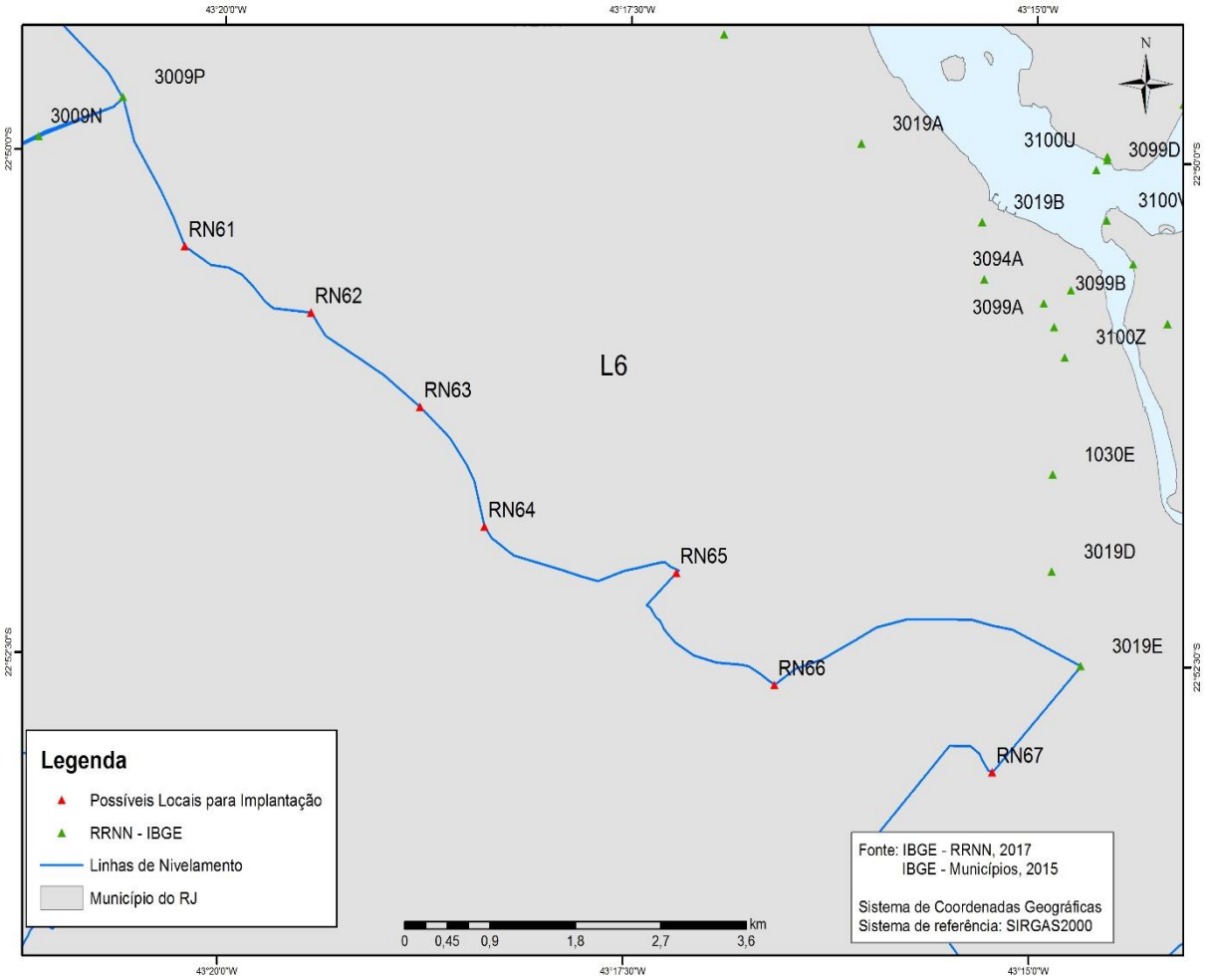


Figura 13: Trajeto da sexta linha de nivelamento proposto

- Linha de nivelamento 7: Origem na RN 3019E passando pelas RN67, RN68, RN69, RN70, RN 1030P, sendo finalizado na RN 1030R, conforme ilustrado na figura 14.
  As principais estradas utilizadas para o caminhamento do nivelamento serão: Avenida Dom Helder Câmara, Rua Vinte e Quatro de Maio e Rua São Francisco Xavier.

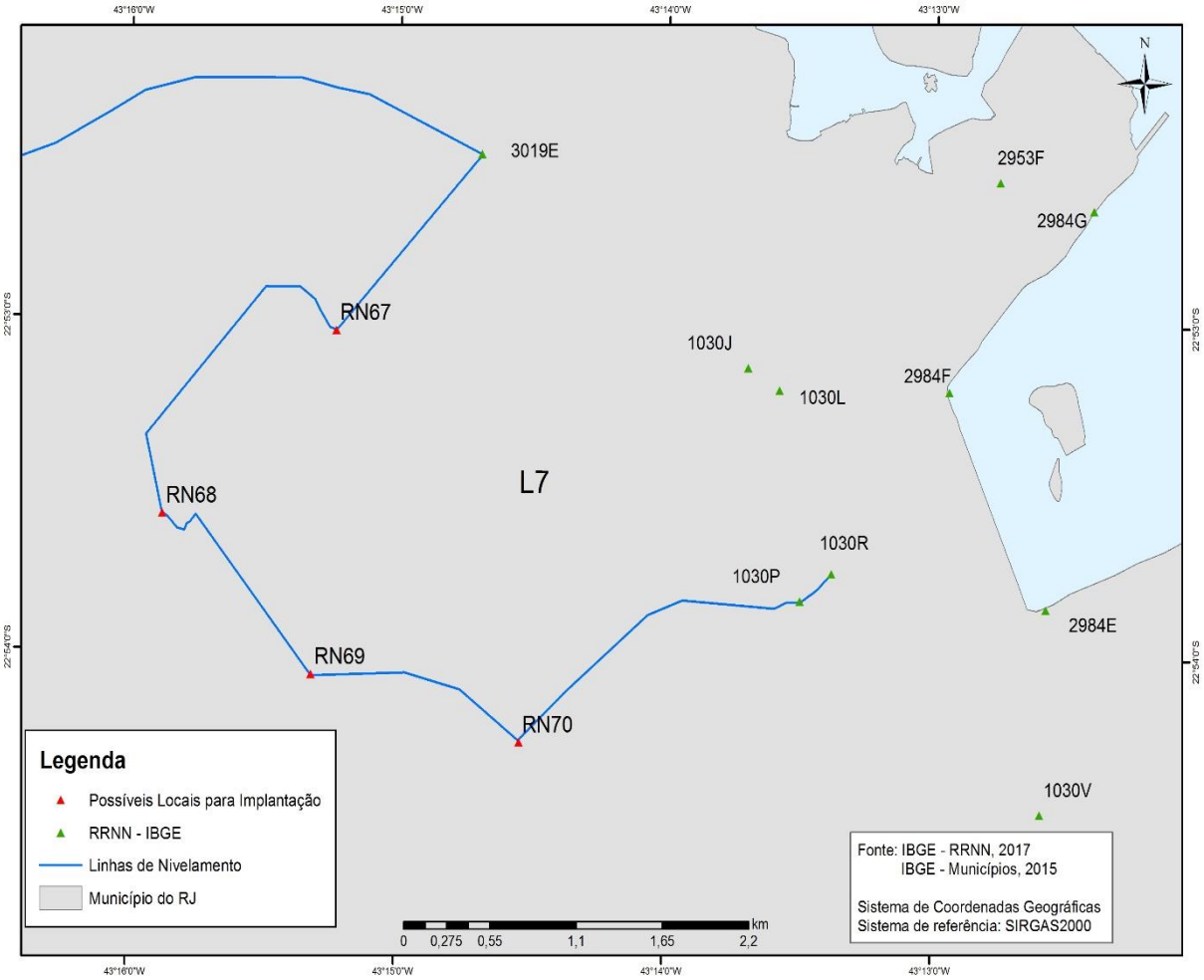


Figura 14: Trajeto da sétima linha de nivelamento proposto

- Microcircuito 1: Origem na RN 3009C passando pelas RN 3019H, RN 3005X, RN41, RN42, RN43, RN44, RN45, RN46, RN47, RN48, RN49, RN 3009H, RN 3009F, RN 40, sendo finalizado na RN 3009C, conforme ilustrado na figura 15.
  As principais estradas utilizadas para o caminhamento do nivelamento serão: Avenida Marechal Fontenele, Avenida Albérico Diniz, Avenida de Santa Cruz e Avenida Brasil.

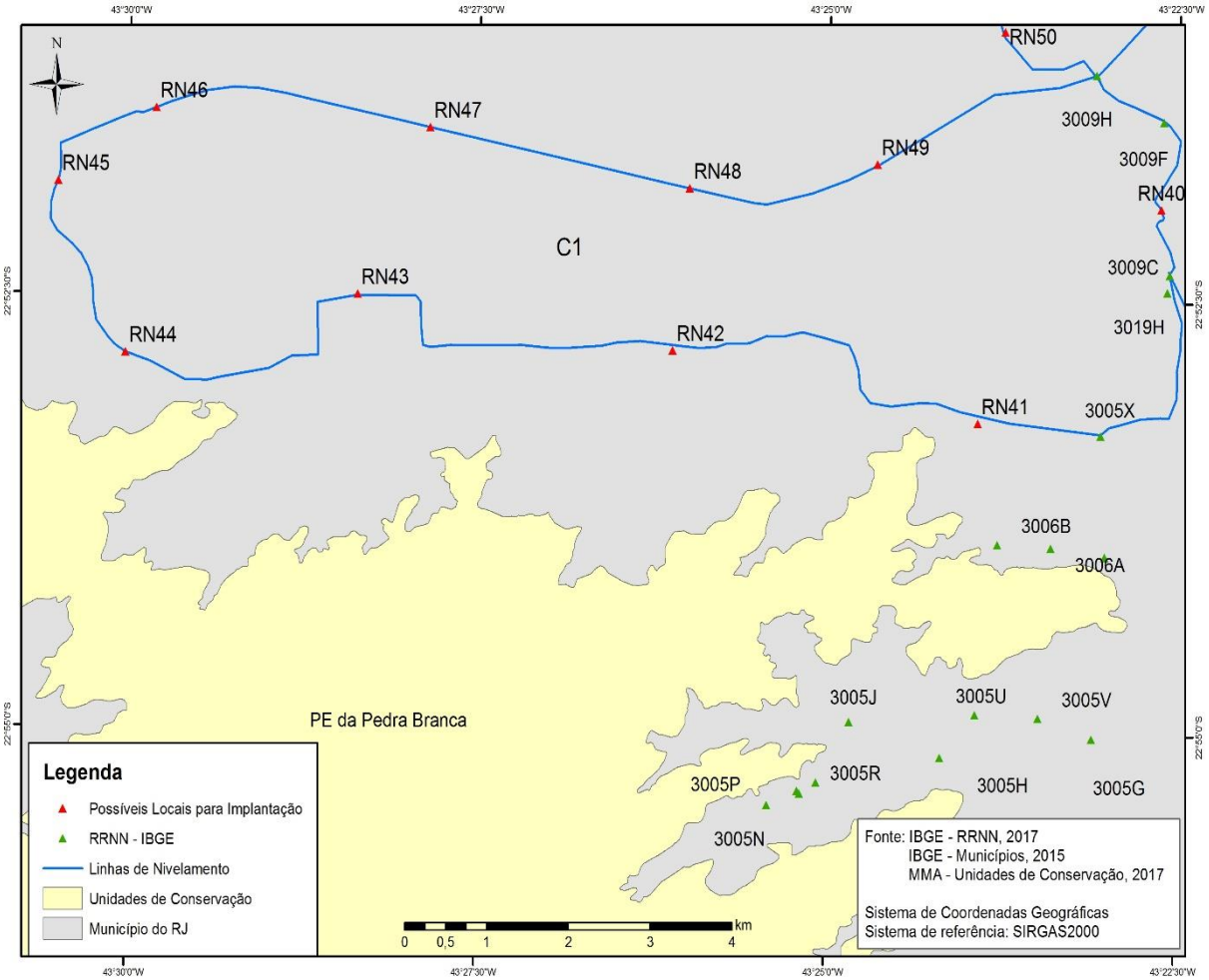


Figura 15: Trajeto do primeiro microcircuito de nivelamento proposto

- Microcircuito 2: Origem na RN 3009H passando pelas RN50, RN51, RN52, RN53, RN54 sendo finalizado na RN 3009J, conforme ilustrado na figura 16.
  As principais estradas utilizadas para o caminhamento do nivelamento serão: Estrada Marechal Alencastro e Rua Marcos de Macedo.
- Microcircuito 3: Origem na RN 3009J passando pelas RN54, RN53, RN52, RN56, RN55 sendo finalizado na RN 3009L, conforme ilustrado na figura 16.
  As principais estradas utilizadas para o caminhamento do nivelamento serão: Avenida Brasil, Avenida Chrisóstomo Pimentel de Oliveira e Rua Francisco Portela.
- Microcircuito 4: Origem na RN 3009L passando pelas RN55, RN56, RN57, RN58, RN59, RN 3009P, RN 3009N, RN60 sendo finalizado na RN 3009L, conforme ilustrado na figura 16.

  As principais estradas utilizadas para o caminhamento do nivelamento serão: Avenida Pastor Martin Luther King Júnior, Rua Francisco Portela e Avenida Chrisóstomo Pimentel de Oliveira.

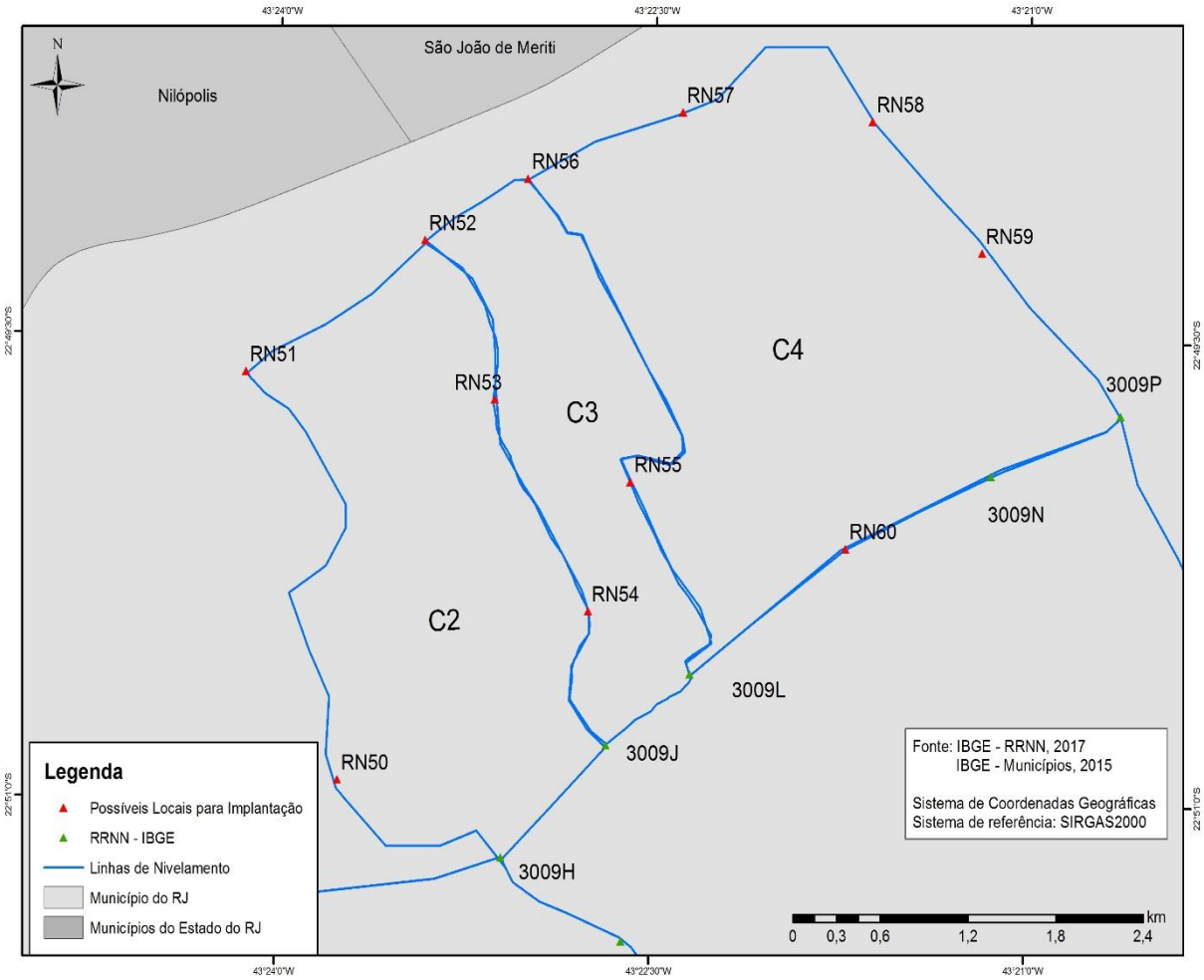


Figura 16: Trajeto do segundo, terceiro e quarto microcircuitos de nivelamento proposto

2.1.2 Materialização das RN

A materialização deve ocorrer em locais de solo firme e estável como rochas, evitando locais com influência de vibrações. A monumentalização pode ser dada por marcos de concreto contendo uma chapa metálica identificadora incrustada no seu topo ou chapa cravada em afloramentos rochosos e monumentos já existentes no local que contenha superfície estável, ausente de trepidações (IBGE, 2005).

No caso específico do Rio de Janeiro, foi diagnosticado que escolas públicas e privadas, soleiras de igrejas e prédios públicos, são os locais mais apropriados para a implantação das RN. Tais conhecimentos foram utilizados para a escolha dos possíveis locais, além de todos os locais escolhidos serem de fácil acesso, de modo a facilitar a futura ocupação das RN com receptores GNSS e gravímetros para realizar levantamento planialtimétrico e gravimétrico, respectivamente.

Durante a materialização devem ser elaborados descritivos preliminares de localização para cada RN, contendo as coordenadas planimétricas obtidas através de rastreio com GPS de navegação e roteiros com a descrição dos acessos utilizados para chegar ao local da implantação.

De acordo com a NBR 14166 item 6.3.2, o marco deve conter inscrições de identificação, adotando uma numeração diferente para cada marco, além da identificação do órgão responsável pela implantação e a descrição 'protegido por lei', onde será aplicada aos que causarem qualquer dano a estes marcos, segundo os dispositivos do Código Penal referente a proteção dos bens do patrimônio público.

Ao redor dos marcos monumentalizados são realizados serviços de pintura para sinalizar a RN, além da construção de estrutura de proteção adicional, sendo está opcional.

2.1.3 Medição Altimétrica

A altitude ortométrica será obtida pelo método do nivelamento geométrico composto, que por sua vez trará parâmetros para definição do modelo geoidal local do município do Rio de Janeiro. A medição altimétrica consiste na determinação dos desníveis entre as RN, na qual a precisão deste levantamento segue a Resolução da Presidência n°22, de 21/07/1983.

A execução do levantamento altimétrico das 70 RN da Rede Geodésica Municipal de 2ª ordem, se dará por meio de nivelamento geométrico duplo, através do nivelamento e contranivelamento, sendo realizados em horários distintos, a partir das RN de 1ª ordem do IBGE, de modo que cada linha de nivelamento deverá começar e terminar em um RN do IBGE, dando preferência para que a RN de partida seja diferente da RN de chegada.

Através do Anexo à Resolução da Presidência n°22, de 21/07/1983, o IBGE definiu normas gerais e especificações para a execução do nivelamento geométrico que são:

- Cuidado ao estacionar o nível a cada medição, verificando os níveis de bolha, afim de garantir a verticalidade durante a medição.
- O comprimento das visadas ré e vante deverão ser praticamente equidistantes, de modo a minimizar o efeito de curvatura terrestre e da refração atmosférica.
- Distância máxima entre as visadas de 100 metros e mínima de 6 metros, sendo o comprimento ideal de 60 metros.
- Deve-se evitar leituras próximas ao solo, afim de evitar o efeito de reverberação.
- Realizar medições alternadas das miras, visando eliminar os erros instrumentais do aparelho.
- Utilizar guarda-sol para proteger o aparelho contra a forte radiação solar.
- Para eliminar as tendências de medição, deve ser utilizado um operador no nivelamento e outro no contranivelamento. O caminhamento deverá ser praticamente coincidente.
- É obrigatório estacionar as miras sobre as chapas ou pinos e durante o caminhamento sobre sapatas, nunca estacionando-as diretamente no solo, evitando o afundamento das miras em terrenos arenosos.

A qualidade do levantamento é dada através das diferenças entre o nivelamento e o contranivelamento, seção a seção e os valores acumulados na linha, tendo como limite 6 mm $k^{1/2}$ para os levantamentos de precisão em áreas mais desenvolvidas, sendo "k" a distância nivelada em quilômetros.

2.1.4 Conexão GPS

Após o nivelamento geométrico, deve-se analisar o entorno das RN materializadas, a fim de identificar obstáculos para o uso da tecnologia GNSS. Para as RN que se encontrarem em regiões favoráveis, deverá ser realizado o estabelecimento de conexões GNSS, com o objetivo de abastecer tais RN com coordenadas precisas originárias de rastreios com receptores geodésicos, tornando as RN aptas para servir de ponto de referência para levantamentos planialtimétricos. Essas RN farão parte da rede altimétrica e planimétrica.

O início de cada rastreio poderá ser feito em qualquer hora do dia, levando em consideração que os receptores geodésicos de dupla frequência eliminam 99,9% dos efeitos de primeira ordem da ionosfera, através de uma combinação linear (ion-free) das observações simultâneas utilizando as duas portadoras (MONICO, 2008).

Tendo em vista a proximidade das estações e as curtas distâncias das linha de base (linha geodésica que liga dois pontos visando seu posicionamento relativo), é proposto a realização de levantamentos estáticos com duração de três horas, tempo considerado suficiente para solucionar a ambiguidade. Recomenda-se a realização de três sessões de rastreios independentes, onde cada mudança de sessão os equipamentos deverão ser desmontados e montados novamente, a fim de assegurar a independência de uma sessão em relação a outra. Esta metodologia visa eliminar os erros grosseiros, além de aumentar a redundância de observações, garantindo maior rigidez a rede (IBGE, 2008).

2.1.5 Conexão Gravimétrica

De acordo com o IBGE (2005), os levantamentos de precisão devem ser apoiados nas estruturas de alta precisão do IBGE, sendo destinados para o atendimento das necessidades regionais.

A metodologia consiste em transportar o valor da gravidade a partir de um ponto de referência conhecido através de um circuito, onde a RN implantada em que se quer calcular a gravidade, possa ser medida pelo menos duas vezes, devendo passar por pontos intermediários até o fim do trajeto (IBGE, 2015).

2.1.6 Ajustamento da Rede Vertical

Após o nivelamento os dados são processados preliminarmente para eliminação de inconsistências e em seguida os desníveis são ajustados gerando altitudes de grande confiabilidade para cada RN.

2.2 Estações de monitoramento contínuo GNSS (proposta de rede ativa)

O IBGE implantou duas estações da RBMC no município do RJ, uma localizada em Parada de Lucas (nas dependências do IBGE) e a outra no Observatório Nacional. As estações estão a aproximadamente 12 quilômetros de distância uma da outra, tendo suas localização na zona norte do município, deixando locais da zona oeste a aproximadamente 50 km de distância para as estações, evidenciando a necessidade de densificação da rede ativa no município do Rio de Janeiro.

Após a identificação da necessidade de implantação de novas estações ativas é preciso seguir as etapas de planejamento, escolha do local onde será construída a estação, materialização, medição e ajustamento das observações GNSS (IBGE, 2013).

A proposta para o adensamento da rede ativa do município do RJ, através da implantação de mais cinco estações de monitoramento contínuo GNSS compatíveis com a RBMC, se dará através da monumentalização de uma estação na Base Aérea de Santa Cruz, uma estação no 31º Batalhão de Polícia Militar na Barra da Tijuca, uma estação no Batalhão de Operações Especiais de Fuzileiros Navais, conhecido como Batalhão Tonelero em Campo Grande, uma estação no Batalhão de Policiamento de Vias Especiais em Bangu e uma estação no Centro Tecnológico do Exército em Guaratiba. As estações

foram distribuídas espacialmente de modo a atender boa parte dos trabalhos de posicionamento no município do Rio de Janeiro, estando capaz de assegurar aos usuários de informações espaciais coordenadas planimétricas de alta precisão.

2.2.1 Planejamento da rede

No planejamento são definidos os possíveis locais para implantação das estações, a quantidade ideal de estações para cobrir o município, afim de satisfazer a necessidade dos diversos usuários, o tipo de equipamento GNSS, estimativa do tempo de rastreio das observações, números de campanhas, definição dos custos, dentre outros.

Os locais para implantação devem ser prédios preferencialmente públicos, cujas construções não excedam dois andares. A estação deve ter boa visibilidade dos satélites, além de estar localizada em uma região estável da crosta terrestre, de preferência rocha, evitando locais de falhas ativas, deslizamentos de terra, mudanças nas águas subterrâneas ou qualquer outro fator que possa afetar a estabilidade da estação (IBGE, 2013).

O local escolhido deverá ter fornecimento vinte e quatro horas de energia elétrica e rede de internet banda larga de alta velocidade, localizando-se em áreas de fácil acesso para inspeção e manutenção, sendo capaz de oferecer segurança aos equipamentos da estação (IBGE, 2013).

O equipamento escolhido deve ser capaz de rastrear os satélites visíveis, saudáveis e não saudáveis das constelações GPS, GLONASS, GALILEO e BEIDOU. O receptor deve ser de dupla frequência e capaz de disponibilizar observações em diferentes formatos simultaneamente em tempo real, tais como: RTCM e BINEX. Para isto, o receptor deve possuir uma placa de rede padrão *ethernet* (IBGE, 2013).

2.2.2 Distribuição Espacial

O presente trabalho apresenta como proposta a implantação de cinco estações ativas, sendo adotado um raio de dez quilômetros ao redor de cada estação planejada e nas estações da RBMC existente, permitindo que o usuário que se encontra dentro desse raio poderá usar um receptor de uma frequência devido a linha de base possuir comprimento inferior a dez quilômetros (IBGE, 2008). O mapa da proposta da rede ativa (figura 17) contempla a distribuição espacial das estações. Cabe ressaltar que, para a implantação das mesmas, foram priorizados próprios governamentais, geralmente ligados a estruturas de segurança pública com guarda 24h, onde o equipamento poderá ser mantido com certa segurança e baixa probabilidade de furto ou vandalização.

2.2.3 Materialização das estações ativas

A materialização da estação ativa seria realizada através da implantação de um pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada em seu topo, conforme preconiza as especificações do documento de Padronização de Marcos Geodésicos editado pelo IBGE em agosto de 2008. A construção do marco deve coincidir com as vigas ou colunas estruturas, devendo estar amarrado à ferragem da coluna. É recomendando a construção de três pontos de controle em torno da estação principal, de modo que caso necessite, possa ser realizado monitoramento através de levantamentos periódicos, de modo que possa ser detectados possíveis movimentos locais. Todas as etapas da materialização da estação, desde a fundação até a pintura, devem ser fotografadas. (IBGE, 2013).

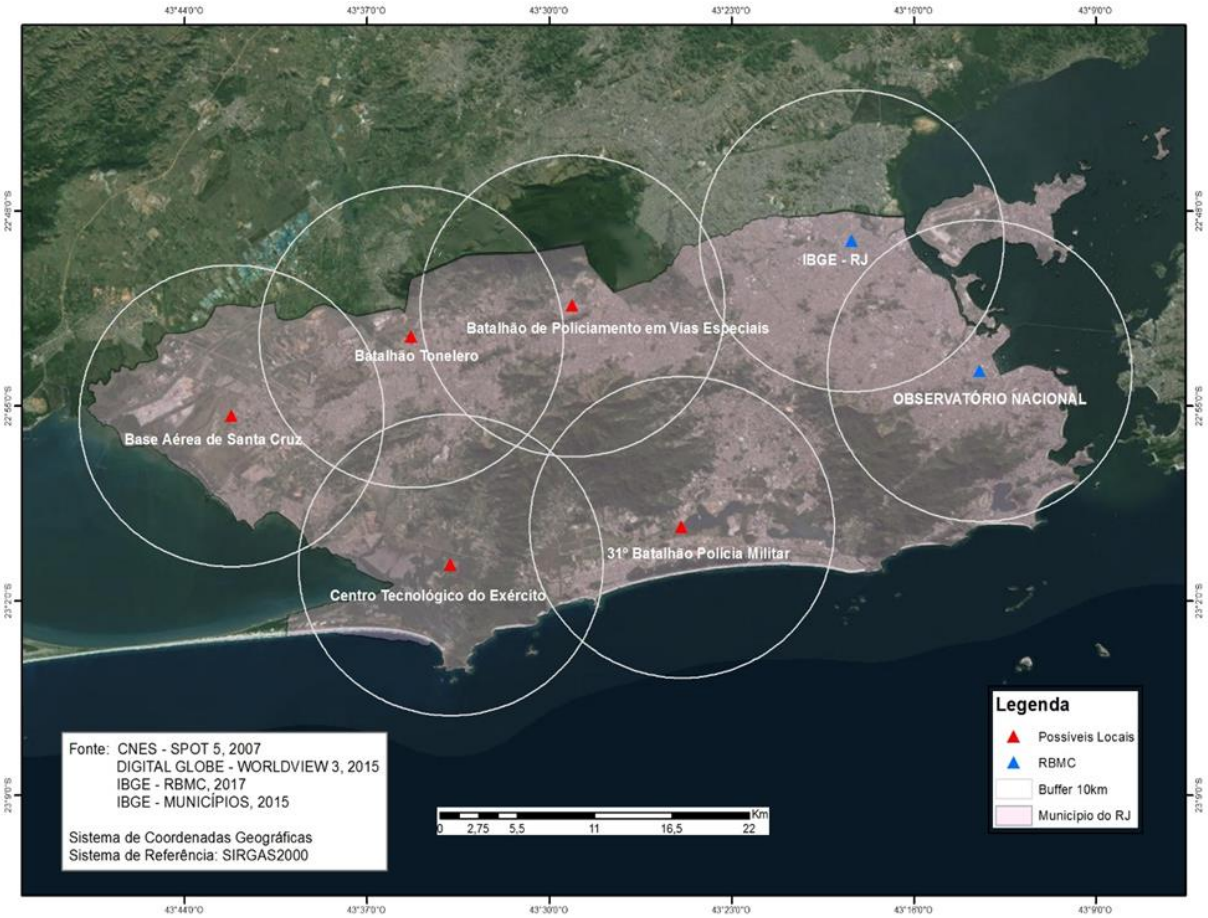


Figura 17: Proposta de Rede Ativa para o Município do Rio de Janeiro

3. CONCLUSÕES

Visando a reposição dos marcos destruídos, foi realizado um estudo para propor a implantação de uma nova rede geodésica de 2ª ordem no município do Rio de Janeiro, a fim de densificar a rede fundamental do IBGE existente. A proposta contempla a monumentalização de 70 referências de nível, distribuídas ao longo de 7 linhas de nivelamento e 4 microcircuitos, além da implantação de 5 estações ativas compatíveis com a RBMC, em locais com infraestrutura suficiente para garantir o fornecimento de energia 24 horas por dia, além de segurança ao equipamentos.

O estabelecimento dessa rede facilitaria sobremaneira o trabalho de levantamento de apoio a serviços de aerolevantamento, bem como trabalhos locais de levantamentos topográficos, visando a obras de infraestrutura e mapeamentos diversos referentes à cidade do Rio de Janeiro. Isso justificaria o investimento em termos de pessoal e material a fim de levar tal trabalho adiante.

Sugere-se, então, que o presente trabalho sirva de referência para possíveis licitações futuras ou editais de fomento e suporte à pesquisa, com fins de permitir a modernização da rede geodésica municipal e assegurar ao IPP a gerência de informação geográfica de qualidade sobre a cidade, que sirva para diversos tipos de uso.

4. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.133 – Execução de Levantamento Topográfico - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. 35p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14.166 – Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 23p.

ALENCAR, J.C.M. **Sistema nacional de nivelamento de 1ª ordem**. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE GEOGRAFIA E CARTOGRAFIA, 1., 1968, Rio de Janeiro: CONFEGE, 1968. P. 1-24.

DALAZOANA, R. **Implicações na Cartografia com a evolução do sistema geodésico brasileiro e futura adoção do SIRGAS.** 2001. 122F. Dissertação de Mestrado, UFPR, Curitiba, 2001.

FORTES, L.P.S. **Operacionalização da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC)**. Dissertação de Mestrado, IME, Rio de Janeiro, 1997.

GARCIA, G. J. & PIEDADE, G. C. R. **Topografia: Aplicada às Ciências Agrárias**. 5 ed. São Paulo: Nobel, 1984. 256p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Comissão Nacional de Cartografia. **Especificações e normas gerais para levantamento geodésicos:** resolução PR número 22, de 21 de julho de 1983. Rio de Janeiro, 1983. Disponível em: <http://www.inde.gov.br/images/inde/bservico1602.pdf> Acessado em 13 maio de 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Orientações para Instalação de Estações de Monitoramento Contínuo GNSS Compatíveis com a RBMC.** Rio de Janeiro. 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Padronização de Marcos Geodésicos.** Rio de Janeiro. 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos – GPS**. Rio de Janeiro. 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resolução do Presidente Nº 1/2005 – Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro.** Rio de Janeiro. 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Verificação da Realidade Física das Estações do sistema Geodésico Brasileiro – VRF.** Rio de Janeiro. 2007.

LOPES, A.B. **O Geóide Gravimétrico e o Nível Médio do Mar na Região do Datum Altimétrico Brasileiro: Um Estudo Comparativo.** Dissertação de Mestrado, USP, 2006.

LUZ, R.T. & GUIMARÃES, V. M. **Dez anos de monitoramento do nível do mar no IBGE.** In: *III colóquio brasileiro de ciências geodésicas.* Curitiba. 2003.

MENEZES, Paulo Márcio Leal de & FERNANDES, Manoel do Couto. **Roteiro de**

Cartografia. São Paulo: Oficina de Textos, 2013

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Ed. Unesp, 2008.

OLIVEIRA, L.C. **Realizações do Sistema Geodésico Brasileiro Associados ao SAD69: Uma proposta Metodológica de Transformação.** Tese de Doutorado em Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

OLIVEIRA, M.A. **Compatibilização de Dados, em diferentes Referenciais, para Atualização Cartográfica: Estudo de Caso na SABESP.** Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ROCHA, Ronaldo S.; WESCHENFELDER, Jair. Rede Geodésica Municipal – **A estrutura fundamental da cartografia urbana**. Conselho em revista CREA-RS. P. 33-34,2011.

RODRIGUES, A.C., GUIMARÃES, V.M., LUZ, R.T., SILVA, MP. **Manutenção Física dos Marcos do Sistema Geodésico Brasileiro.** Pontifícia Universidade Católica – Porto Alegre, RS, 2001. XX Congresso Brasileiro de Cartografia.

SEEBER, Günter. Satellite Geodesy: foundations, methods and applications. Berlin, NewYork: Walter de Gruyter, 1993.

TULER, Marcelo & SARAIVA, Sérgio. **Fundamentos da Geodésia e Cartografia.** São Paulo: Bookman, 2016

TULER, Marcelo & SARAIVA, Sérgio. **Fundamentos de Topografia**. São Paulo: Bookman, 2014

VOLPI, E. M. **Geodésia aplicada ao Georreferenciamento**. Pós-Graduação em Geoprocessamento para Gestão Urbana e Cadastramento Rural. Fundação Paulista de Tecnologia e Educação, Centro Universitário de Lins, Lins, 2007.