

NOVA REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL MUNICIPAL DE JOINVILLE CONFORME NBR 14.166:2022

New municipal cadastral reference network of Joinville in accordance with standard NBR 14.166:2022

Rovane Marcos de França
IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina
rovane@ifsc.edu.br

Patricia de Castro Pedro
Prefeitura Municipal de Joinville
patricia.pedro@joinville.sc.gov.br

João Henrique Becker
Prefeitura Municipal de Joinville
joao.becker@joinville.sc.gov.br

Resumo:

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é responsável pela normalização no Brasil, tendo publicado a NBR14.166 em 1998, que estabelece requisitos para a Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM). Em 2022, a segunda edição foi lançada, modernizando a regulamentação. A NBR 17.047:2022 orienta o uso da RRCM, que é crucial para garantir a consistência geométrica dos levantamentos, evitando a propagação de erros. Em Joinville, a Rede de Referência Topográfica (RRT) foi criada em 2007, com 27 bases topográficas planejadas, mas apenas 26 pares de marcos atenderam às especificações. A falta de obrigatoriedade na utilização desses marcos causou problemas como sobreposições de títulos e insegurança na locação das poligonais dos levantamentos topográficos. Além disso, a destruição dos marcos devido a obras reduziu a RRT para 15 bases urbanas e 5 rurais. Através do contrato com financiamento pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) para a Estruturação da Política de Gestão de Informações Georreferenciadas do município de Joinville, entre outros produtos, está sendo realizada a implantação da RRCM. Um diagnóstico identificou 29 vértices sem condições de uso e 48 em bom estado. Considerando que a NBR 14.166:2022 é relativamente nova (pouco mais de 2 anos atualmente) o município pode ser um dos primeiros a implementar a RRCM de acordo com o estabelecido nela. Este artigo apresenta as etapas do planejamento dos vértices VS (Vértice Superior) e VP (Vértice Principal) considerando as condições técnicas necessárias descritas na norma demonstrando sua viabilidade, além de apresentar os principais desafios até o momento.

Palavras-chave: cadastro territorial; rede de referência cadastral municipal; NBR 14.166; planejamento territorial.

Abstract:

The Brazilian Association of Technical Standards (ABNT) is responsible for standardization in Brazil, having published NBR14.166 in 1998, which establishes requirements for the Municipal Cadastral Reference Network (RRCM). In 2022, the second edition was released, modernizing the regulation. NBR 17.047:2022 guides the use of the RRCM, which is crucial to ensuring the geometric consistency of surveys, avoiding the propagation of errors. In Joinville, the Topographic Reference Network (RRT) was created in 2007, with 27 planned topographic bases, but only 26 pairs of landmarks met the specifications. The lack of mandatory use of these landmarks caused problems such as overlapping titles and insecurity in the location of topographic survey polygons. In addition, the destruction of landmarks due to construction reduced the RRT to 15 urban and 5 rural bases. Through the contract financed by the Banco Interamericano de Desenvolvimento (IDB) for the Structuring of the Georeferenced Information Management Policy of the municipality of Joinville, among other products, the implementation of the RRCM is being carried out. A diagnosis identified 29 vertices in no condition

for use and 48 in good condition. Considering that NBR 14.166:2022 is relatively new (just over 2 years old currently), the municipality may be one of the first to implement the RRCM in accordance with its provisions. This article presents the planning stages of the VS (Superior Vertex) and VP (Main Vertex) vertices considering the necessary technical conditions described in the standard, demonstrating its feasibility, in addition to presenting the main challenges to date.

Keywords: cadastre, municipal cadastral reference network; standard NBR 14.166; territorial planning.

1 IMPORTÂNCIA DA REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL MUNICIPAL

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o foro nacional de normalização. Em 1998 foi publicada a 1ª edição da NBR 14.166 – Rede de referência cadastral municipal – Requisitos e procedimento, e, no ano de 2022, foi publicada a 2ª edição trazendo modernidade e parametrização para a implantação e principalmente modernização da RRCM. A importância da RRCM é destacada pela NBR 14.166:2022 logo em seu escopo:

“A Rede de Referência Cadastral Municipal destina-se a apoiar a elaboração e a atualização de plantas cadastrais municipais e da base cartográfica; vincular, de modo geral, os serviços de topografia e de geodésia, visando as incorporações às plantas cadastrais do município; referenciar os serviços topográficos de demarcação, de anteprojetos, de projetos, de parcelamentos, de implantação e de acompanhamento de obras de engenharia em geral, de urbanização, de levantamentos de obras como construídas, de cadastros territoriais e de cadastros multifinalitários, e fornecer apoio aos serviços de aerolevantamentos.” (ABNT, 2022a)

A implantação e manutenção de uma Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) é parte integrante da infraestrutura básica para o cadastro, garantindo que os levantamentos de parcelas e destinados a obras de engenharia estejam adequadamente georreferenciados assegurando uniformidade dos produtos apoiados na rede (SILVA, 2023). Klein et al. (2017) reforçam que os levantamentos realizados no município, independentes de sua finalidade, devem estar vinculados a um mesmo sistema de referência, facilitando a integração entre estes dados e alimentando um sistema único de informações geográficas. É a garantia de manter uma base sólida, precisa, detalhada e atualizada constantemente, que resultará em assertividade no planejamento urbano e evitarão danos ambientais e conflitos relacionados ao uso do solo.

Para a gestão do cadastro territorial urbano de forma moderna e contínua, sem que o município tenha que iniciar do zero (como ocorreu com o cadastro rural no Brasil) é importante que a base cadastral esteja organizada em parcelas certificadas e não certificadas (Silva, 2023). França et al. (2018) demonstram que a condição técnica fundamental para se definir a parcela como certificada na base cadastral, é exigível o seu vínculo à Rede de Referência Cadastral Municipal. Assim, os levantamentos para novos loteamentos, desmembramentos, retificações, entre outros, que estejam vinculados à RRCM, garantem o pleno atendimento da NBR 17.047:2022 que trata de Levantamento cadastral territorial para registro público:

“O levantamento cadastral territorial para registro público deve estar apoiado à Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) ou, na inexistência desta, deve estar apoiado ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).” (ABNT, 2022b)

A NBR 17.047:2022 orienta o uso da RRCM porque ela traz consigo o princípio da vizinhança, sendo este um importante princípio geodésico que evita a propagação de erros desordenada, onde um novo ponto deve ser determinado a partir dos mais próximos (ABNT, 2021).

A RRCM é a ferramenta que garantirá a consistência geométrica dos levantamentos e permitirá um cadastro atualizado e contínuo, sem propagações indevidas de erros que poderiam facilmente alcançar valores acima do tolerável para as diversas finalidades.

2 DIAGNÓSTICO DA REDE EXISTENTE EM JOINVILLE

A Rede de Referência Topográfica (RRT), assim denominada à sua época de implantação, ocorreu em 2007 quando da execução do contrato que elaborou a base cartográfica digital do município de Joinville, a partir do levantamento aerofotogramétrico da área urbana na escala 1:1000.

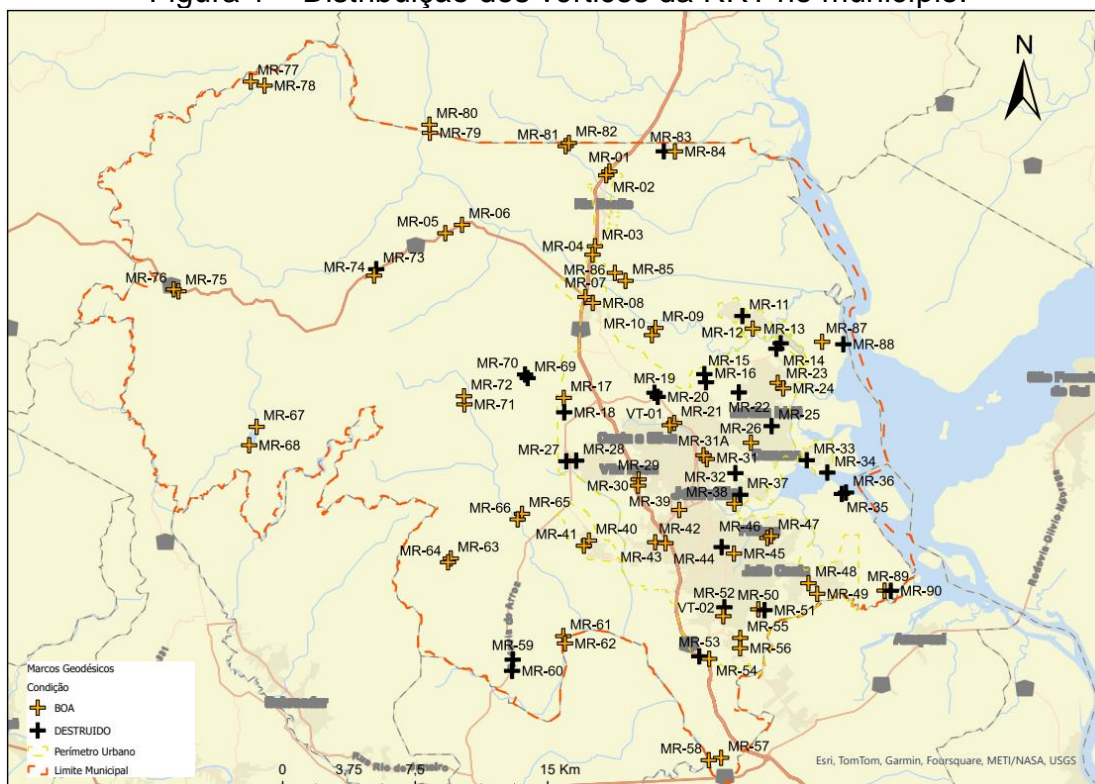
O planejamento da RRT previu a materialização de 27 bases topográficas, formada por pares de marcos intervisíveis, separados por uma distância mínima de 200 metros e máxima de 1.000. Na sua implantação, foram implantados 59 marcos urbanos criando ao todo 36 bases, contudo, algumas delas não atendiam as especificações, restando então 26 pares. A materialização dos marcos foi realizada, em sua maioria, na forma de marco de concreto subterrâneo protegido por caixa de ferro fundido assentada ao nível do solo. Em locais onde este tipo de materialização não foi possível, como por exemplo cabeceira de pontes, foram utilizadas chapas metálicas assentadas ao solo. Marco de concreto no formato tronco piramidal também foram adotados em regiões menos urbanizadas.

Posteriormente, em 2010, foram implantados, para a área rural, 17 pares de marcos intervisíveis, distantes entre si entre 250 e 1250 metros. A maioria desses marcos foi materializada como marco de concreto tronco piramidal, sendo que nos locais em que não foi possível a materialização de marcos de concreto, foram utilizadas placas metálicas assentadas diretamente no solo.

A determinação das coordenadas geodésicas foi obtida por meio de levantamento GNSS, utilizando-se o método estático diferencial, com configuração mínima de três rastreadores geodésicos (dois em estações conhecidas e uma a ser determinada).

As altitudes ortométricas dos vértices foram determinadas a partir de redes de nivelamento geométrico com transporte das referências de nível pertencentes à rede altimétrica de primeira ordem do IBGE. A precisão das coordenadas obtidas, alcançou resíduos da ordem do milímetro planimétrico e altimétrico. Sendo assim, pode-se afirmar que a RRT implantada é tridimensional.

Figura 1 – Distribuição dos vértices da RRT no município.



Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2024).

Contudo, embora tenha havido a execução de monografia dos marcos geodésicos integrantes da RRT, não houve a institucionalização desta através de normalização, instrução ou legislação. Ou seja, não houve a obrigatoriedade de utilização destes marcos para os levantamentos topográficos executados nos diversos processos no município de Joinville.

No entanto, ainda que sem obrigatoriedade, alguns profissionais utilizaram-se dos marcos implantados para transporte de coordenadas de seus projetos, tendo em vista a utilização da nova base cartográfica digital nas análises dos processos pela municipalidade. A instituição do SIMGeo (Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas) em 2009 também deu publicidade não somente às informações geográficas digitais, bem como a localização dos marcos.

Todavia, a não obrigatoriedade do uso da RRT trouxe inúmeros problemas, como a sobreposição de títulos aquisitivos quanto da retificação ou abertura de novas matrículas. Além disso, há insegurança quanto à locação das poligonais dos levantamentos topográficos apresentados, pois verifica-se em muitos casos, deslocamentos sistemáticos que culminam na sobreposição de áreas municipais, como logradouros bem como em imóveis lindeiros.

Outra desvantagem da não institucionalização da RRT, foi a destruição de alguns marcos em razão de obras de infraestrutura ou mesmo de obstruções que inviabilizaram a intervisibilidade, reduzindo assim a RRT para 15 bases topográficas em área urbana e 5 bases em área rural.

Contudo, a administração municipal de Joinville entende a importância da RRCM, sendo assim no âmbito do contrato com financiamento pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) para a estruturação da Política de Gestão de Informações Georreferenciadas, entre outros produtos, consta a implantação da RRCM, buscando assim a sua reestruturação para melhorias nos processos,

redução de custos e maior qualidade para a sociedade.

3 PLANEJAMENTO DA NOVA RRCM

Com a publicação da NBR 14144:2022, a readequação da rede existente denominada RRT deve seguir as exigências de uma nova RRCM. Como muitos levantamentos realizados no município estão referenciados a esta rede existente, é muito importante que a nova RRCM possua vínculo com a RRT, permitindo assim que toda base cartográfica e levantamentos topográficos existentes possam ser compatibilizados a esta nova rede, minimizando as possíveis divergências desta ova realização.

Assim, a premissa inicial foi realizar um diagnóstico para verificar o estado atual dos marcos da RRT para verificar a possibilidade de incluí-los na nova RRCM. Na Figura 1 podemos ver o estado atual da RRT no município, onde foram identificados 29 vértices sem condições de uso e 48 vértices em bom estado de conservação.

A NBR 14166:2022 (ABNT, 2022a) estabelece duas etapas distintas, sendo elas: implantação e densificação. A implantação é a determinação da rede fundamental, que sendo rígida, define a qualidade para a homogeneização dos vértices implantados em campo, devidamente injuncionada à vértices do SGB. Os vértices resultantes desta etapa são denominados Vértices Superiores (VS). A densificação é uma etapa progressiva e contínua, permitindo que a rede seja mantida operacional e crescente para sempre dar o apoio geodésico próximo às áreas levantadas, reduzindo custos e aumentando a qualidade para a sociedade. No processo de densificação são implantados os Vértices Principais (VP) quando o ajustamento é injuncionado em VS, e também os Vértices de Apoio (VA) quando o ajustamento é injuncionado em VP. Em ambas as etapas, é necessário realizar o planejamento que garantirá as condições técnicas para alcançar os resultados necessários, sem comprometer o fluxo de desenvolvimento, visto que é um processo complexo.

No município de Joinville já existiam 2 vértices homologados no SGB, porém afastados da região mais urbanizada do município. Para melhorar a qualidade da rede nesta área urbanizada foram homologados mais 4 vértices ao SGB em áreas de fácil acesso público (Figura 2). Os vértices foram monumentados com pilar de concreto e dispositivo de centragem forçada, no padrão definido pelo IBGE (2008).

Figura 2 – Novos vértices homologados em Joinville 99886(a), 99887(b), 99888(c) e 99889(d).



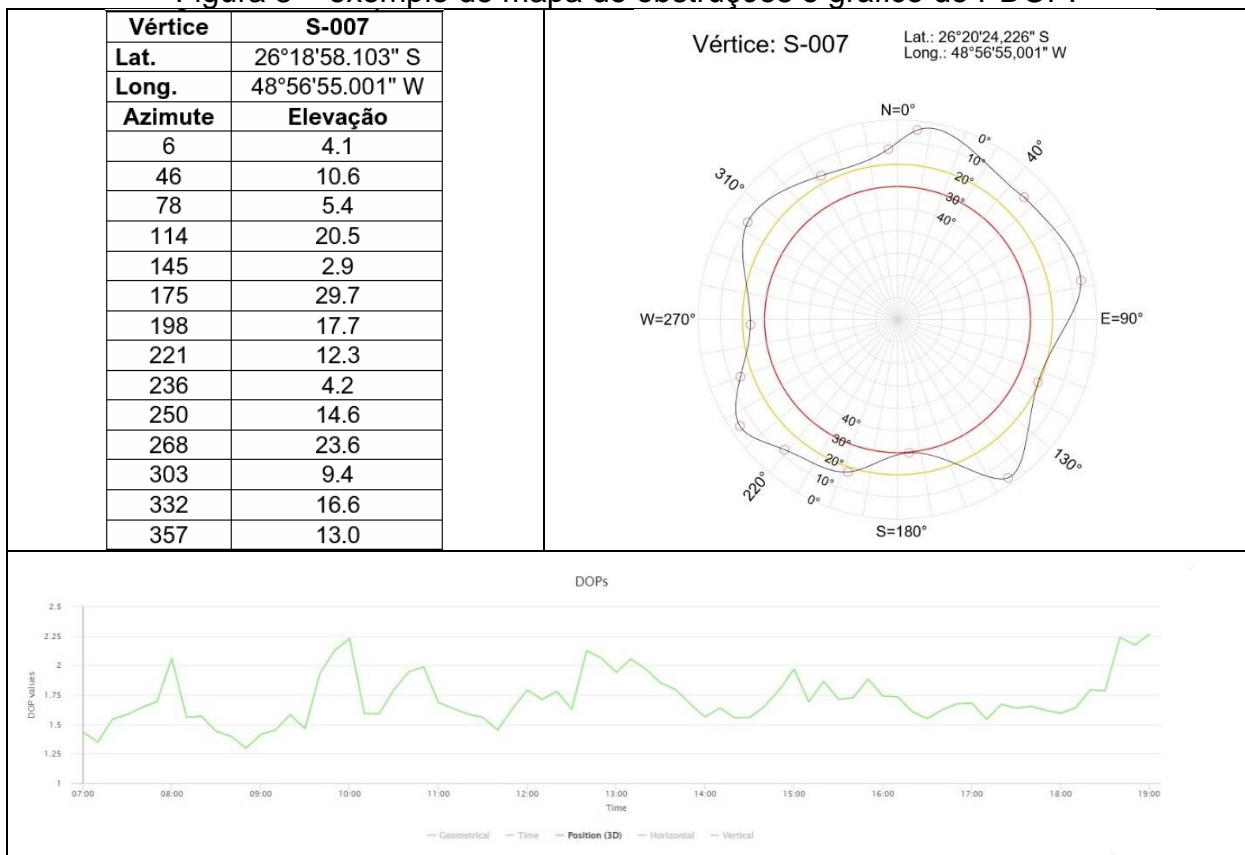
Fonte: adaptado de Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2024)

4 PLANEJAMENTO DA IMPLANTAÇÃO – VS

4.1 Obstruções e PDOP nos VS

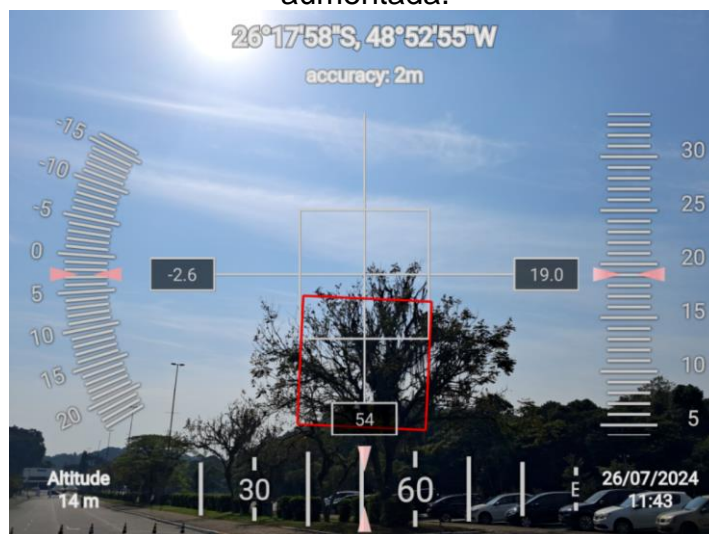
A NBR 14.166:2022 estabelece que os VS devem ser medidos com o método GNSS relativo estático. Para os métodos GNSS a norma exige que o PDOP médio seja inferior a 3 com máximo de 5, ¾ do mapa de obstrução não podem apresentar obstáculos com ângulo de elevação superior a 20° com máximo de 30° e para os VS não podem ter obstáculos acima do nível da antena GNSS em um raio de 5 m. Então, para verificar se os vértices da RRT existente atendiam este requisito, se fez necessário elaborar em campo os mapas de obstruções e verificação de PDOP numa data qualquer à época do levantamento conforme exemplo na Figura 3.

Figura 3 – exemplo de mapa de obstruções e gráfico de PDOP.



Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2024).

Figura 4 – captura da imagem dos obstáculos com as métricas em realidade aumentada.



Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2024).

As medições das obstruções nos vértices foram obtidas com o Aplicativo GeoCAM embarcado num smartphone com sensores de giroscópio, acelerômetro e magnetômetro, onde foram capturadas imagens com realidade aumentada incluindo as métricas da obstrução a partir do sistema inercial e bússola eletrônica interna. A Figura 4 ilustra um exemplo de captura desta métrica.

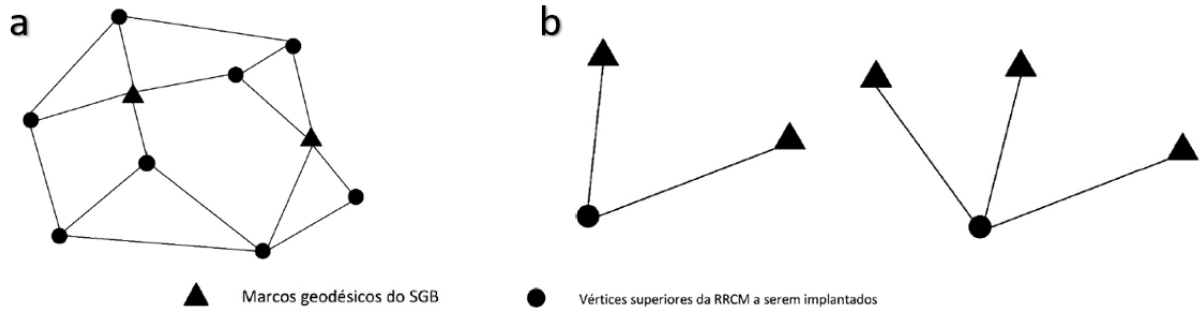
4.2 Proporcionalidade dos vetores entre os VS

Com os seis vértices homologados ao SGB e todos os vértices existentes da RRT, montou-se uma triangulação irregular prévia com vetores formados pelos vértices mais próximos. O comprimento dos vetores variou de 200 metros a 26000 metros, englobando a área urbana e rural. Os grandes vetores formados ocorreram na parte oeste do município onde é área rural e se encontra a Serra Dona Francisca. Desta forma, os vetores possuem uma desproporção que prejudicará a matriz peso no ajustamento. A NBR 14.166:2022 prevê restrição para evitar esta desproporcionalidade, onde especifica que:

“A dimensão de qualquer vetor não pode ser maior do que duas vezes a dimensão do menor vetor utilizado no ajustamento. Caso o menor vetor seja formado por dois vértices superiores e outro vetor seja formado por um vértice superior e um marco geodésico do SGB, a dimensão máxima recomendada para o vetor com o marco geodésico do SGB é de três vezes a dimensão do menor vetor.” (ABNT, 2022)

Fazendo a exclusão de alguns vértices com vetores muito curtos e a inclusão de novos vértices para reduzir o comprimento dos vetores maiores, buscou-se uma geometria para atender bem a região urbana que é prioritária para o cadastro territorial. Assim, os vértices localizados na área rural (que formavam vetores muito extensos) serão ajustados separados da rede urbana. A norma permite esta solução exatamente para priorizar o ajustamento em áreas que requeiram maior precisão (Figura 5).

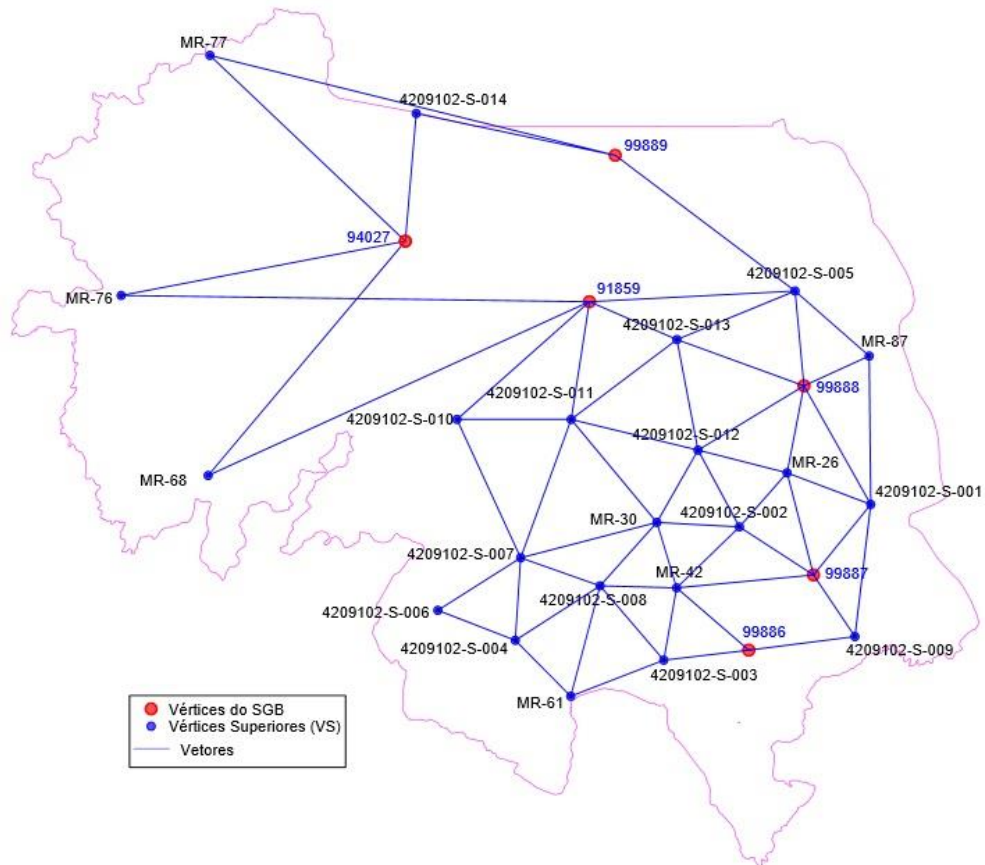
Figura 5 – estratégias de ajustamento previstas na NBR 14.166:2022.



Fonte: adaptado de ABNT (2022).

A Figura 6 ilustra os vetores para determinar os ajustamentos dos Vértices Superiores.

Figura 6 – Vetores entre os VS para ajustamento.



Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2024).

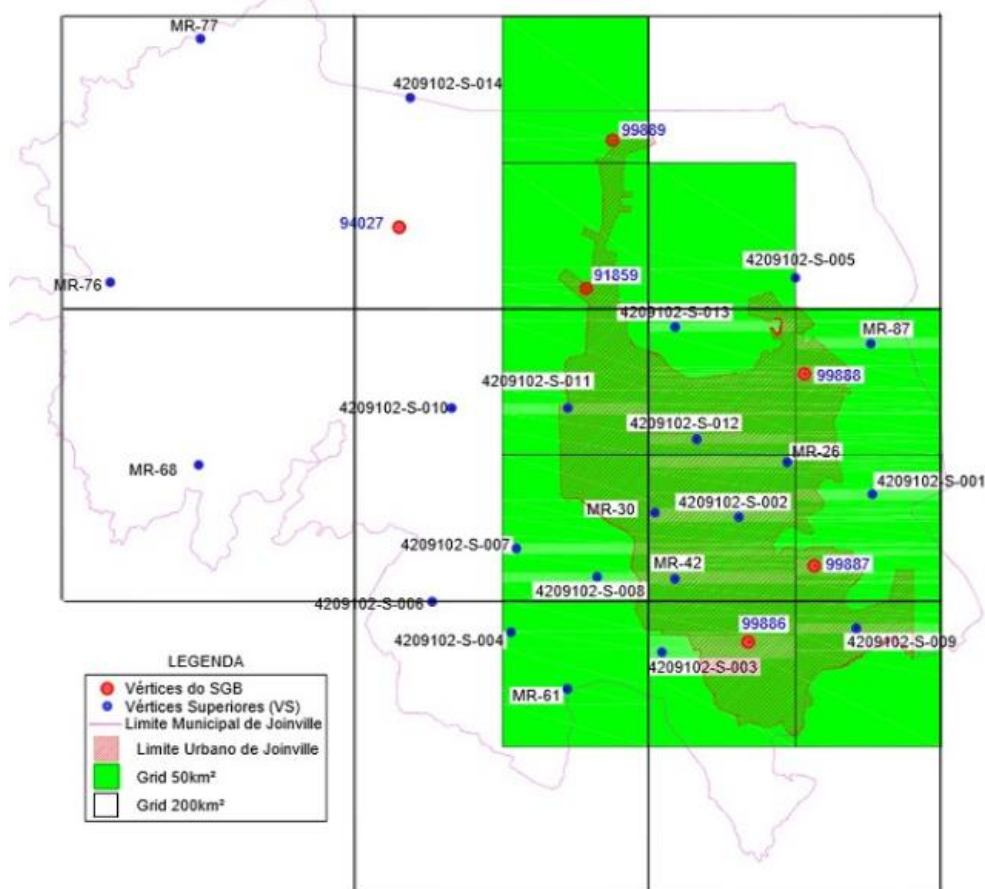
A análise da proporcionalidade é realizada por ajustamentos independentes. Na Figura 6 é notório que os VS na área rural que estão em ajustamentos separados possuem vetores visivelmente dentro da proporção menor que 3. Na rede urbana o menor vetor formado foi entre os VS MR-30 e MR-42 com 3354,3 metros. Portanto, o maior vetor formado entre dois VS deve ser menor que 6708,6 metros e entre um VS e SGB deve ter 10062,9 metros. Dos 51 vetores, apenas 5 deles não atenderam

estes critérios, porém ultrapassando poucos metros, fato que não prejudicou a homogeneidade das precisões na simulação do ajustamento conforme será demonstrado mais à frente nesta pesquisa. Além disso, os vetores formados estão em locais estratégicos operacionalmente.

4.3 Densidade dos VS

Uma outra exigência da norma para a implantação da rede é a distribuição dos vértices, onde na área urbana deve-se ter um VS a cada quadrícula de 50 km² e na área rural 200 km². Na Figura 7 podemos observar que este critério também foi atendido para a implantação da RRCM em Joinville.

Figura 7 – Distribuição dos VS no município.



Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2024).

4.4 Precisão a priori

Para garantir que a geometria dos vetores propostos atenda para os VS a precisão planimétrica de 20 mm e altimétrica de 50 mm, a NBR 14.166:2022 estabelece que os ajustamentos devem ser simulados para realizar a propagação das precisões a priori, considerando a precisão dos vértices de inunção e as precisões nominais dos equipamentos que serão utilizados. A simulação do ajustamento foi realizada no software Adjust versão 7.1.1 usando o método dos

mínimos quadrados, por meio do modelo paramétrico também conhecido como Gauss-Markov. Haja vista que o processamento do Adjust na simulação de redes tridimensionais GNSS não faz a propagação das precisões a partir dos vértices de junção, foi desenvolvida uma planilha de cálculo para fazer esta propagação de forma simplificada, porém bastante conservadora, adotando as equações previstas na NBR 14.166:2022. A Tabela 1 apresenta as estatísticas dos resultados finais das precisões a priori dos VS.

Tabela 1- precisões *a priori* dos VS

VÉRTICE	Sigma Norte	Sigma Este	Sigma Planimétrico	Sigma Altimétrico
MÁXIMO	0,0073	0,0027	0,0077	0,0285
MÍNIMO	0,0040	0,0019	0,0045	0,0101
MÉDIO	0,0051	0,0020	0,0055	0,0139
DESVIO PADRÃO	0,0011	0,0002	0,0011	0,0067

Fonte: adaptado de Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2024).

5 PLANEJAMENTO DA DENSIFICAÇÃO – VP e VA

Os demais vértices da RRT existente serão incorporados à rede como Vértices Principais ou Vértices de Apoio na etapa de Densificação.

Esta etapa está atualmente (agosto/2024) sendo elaborada pelo Consórcio Nippon Koei Lac – Senografia, empresa contratada pelo município para implantar a RRCM.

Como a densificação é uma etapa progressiva e contínua, o contrato prevê a etapa inicial da densificação dos vértices que serão a partir dos VS e SGB, ou seja, todos serão VP. Sempre deve-se vincular a densificação aos vértices mais próximos para garantir o princípio da vizinhança.

A NBR 14166:2022 prevê vários métodos para a densificação usando técnicas de GNSS e Estação total. A escolha dos métodos dependerá das condições de campo que permitirá optar pela técnica mais adequada para garantir as precisões dos VP e VA dentro dos 50 mm tanto para planimetria como para altimetria.

6 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Como já existia uma rede de referência no município de Joinville, denominada RRT, a necessidade de incorporar os vértices existentes trouxe uma complexidade ao planejamento. Na norma atual, existem critérios objetivos que nem todos os vértices existentes atendiam. Como eles foram implantados a partir de 2007, muitas coisas mudaram no entorno do vértice, como o crescimento de vegetação e novas edificações. Estas novas condições limitam por exemplo a visibilidade e o uso de métodos GNSS na sua nova medição.

Outro aspecto que não se pode deixar de observar é que a NBR 14.166:2022 é relativamente nova (pouco mais de 2 anos atualmente) e não se tem publicidade de municípios que tenham implementado sua RRCM de acordo com ela. A própria academia ainda se adequa na elaboração de material didático e formação de seus egressos. Ainda faltam exemplos práticos que possam servir de modelos para facilitar a execução.

Os pontos descritos também foram observados na gestão do contrato, o consórcio, vencedor da licitação, apresentou diversas dificuldades quanto a execução das etapas descritas, justamente por se tratar de procedimento com diversas condições técnicas a serem observadas, embora de conhecimento dos profissionais, a implantação de uma RRCM, infelizmente não é procedimento trivial nas empresas do ramo.

7 PRÓXIMOS PASSOS

Após validado o planejamento de implantação e densificação da RRCM, a empresa contratada desenvolverá as medições em campo, processamento e ajustamento.

A entrega prevê também a elaboração das monografias conforme especificado pela NBR 14.166:2022.

8 CONCLUSÃO

O planejamento da implantação da RRCM no município de Joinville atendeu plenamente a norma NBR 14166:2022, mesmo buscando integrar os vértices existentes à rede.

É urgente uma política pública de manutenção e ampliação contando com os profissionais que atuam no mercado profissional. Diariamente vários profissionais realizam medições em todo o município, implantando suas próprias redes. Em países de referência em cadastro como Alemanha, Suíça, Áustria entre outros, esta é uma realidade e traz a rede viva em melhoria contínua.

A NBR 14.166:2022 se mostrou objetiva, simples de implementação e atual quanto aos métodos possíveis de medição, além de seguir os conceitos modernos internacionais de cadastro territorial, que prevê a manutenção contínua da rede de referência.

Importante que estes dados estejam disponíveis para a sociedade de forma pública, on-line e gratuita permitindo seu amplo uso.

Com uma RRCM de fácil acesso, consistente e homogênea, os levantamentos e obras vinculados à ela, ganham em qualidade posicional e redução de custos, refletindo estes benefícios diretamente à sociedade evitando conflitos tanto na esfera executiva como judiciária.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Execução do levantamento topográfico - Procedimento. Rio de Janeiro, 2021. 57 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14166**: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro, 2022a. 23 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17047**: Levantamento cadastral territorial para registro público – Procedimento. Rio de Janeiro, 2022a. 12 p.

CONSÓRCIO NIPPON KOEI LAC – SENOGRAFIA. **Relatório parcial do produto P03 -rede de referência cadastral**, conforme termo de contrato do Município de Joinville 1052/2022 em andamento. Joinville, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Padronização de Marcos Geodésicos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: https://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/padronizacao_marcos_geodesicos.pdf. Acesso em: 19 ago. 2024.

KLEIN, I.; GUZATTO, M. P.; HASENACK, M.; CABRAL, C. R.; BERBERT LIMA, A. P.; FRITSCHÉ, S.; REGINA JUNIOR, L. A. M.; MOMO, G. F. Rede de referência municipal para estações livres: uma proposta de baixo custo e grande abrangência. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 69, n. 3, 2017. DOI: 10.14393/rbcv69n3-44346. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44346>. Acesso em: 19 ago. 2024.

SILVA, E. (Org.) **Cadastro Territorial Multifinalitário aplicado à gestão municipal**. Florianópolis, ed. UFSC, 2023. 214 p. ISBN 978-85-8328-172-6. DOI: 10.5281/zenodo.7869277