

Orientações para seleção de estações IHRF

Versão 1.1 Agosto de 2021.

Este documento está estruturado a partir das referências bibliográficas citadas na seção “Referências”. As orientações foram preparadas pelo Grupo de Trabalho III do SIRGAS: Datum Vertical. O SIRGAS agradece a colaboração dos membros com decorrentes comentários e sugestões.

Com o propósito de manter o documento atualizado, convidamos a todos para enviarem observações, perguntas ou sugestões ao presidente do GT-III.

Em 2015 a Associação Internacional de Geodésia (*International Association of Geodesy* - IAG) publicou a Resolução N° 1 que trata sobre a definição e a realização de um Sistema Internacional de Referência para Altitudes (*International Height Reference System* – IHRS). O estabelecimento do IHRF (*International Height Reference Frame*) será conduzido a partir da materialização e da realização de um conjunto de estações previamente selecionadas.

Este documento descreve os requisitos e as recomendações pertinentes para implantação de uma estação IHRF. As orientações a seguir são direcionadas tanto para as instituições que já possuem uma estação prevista no cálculo da primeira realização IHRF, quanto para àquelas que desejam propor novas estações a integrar o IHRF. As recomendações e as orientações são baseadas em trabalhos publicados pela área foco “*Unified Height System*” do *Global Geodetic Observing System* (GGOS) e do Grupo de Trabalho 0.1.2: “*Strategy for the realisation of the IHRS*” (Ihde et al., 2017; Sánchez 2019; Sánchez; Barzaghi 2020, Sánchez et al., 2021).

1. Estratégia para a seleção de estações IHRF

A realização do IHRS deve ser baseada em um conjunto de estações de referência distribuída no globo, de forma mais homogênea possível e deve incluir uma rede de referência central que permite realizar densificações nacionais ou regionais. A rede de

referência central deve ser bem materializada e mantida ao longo do tempo, para garantir a sustentabilidade e estabilidade a longo prazo. As densificações regionais e nacionais devem fornecer acessibilidade local em relação à referência global. Os seguintes aspectos devem ser observados na seleção de uma estação IHRF:

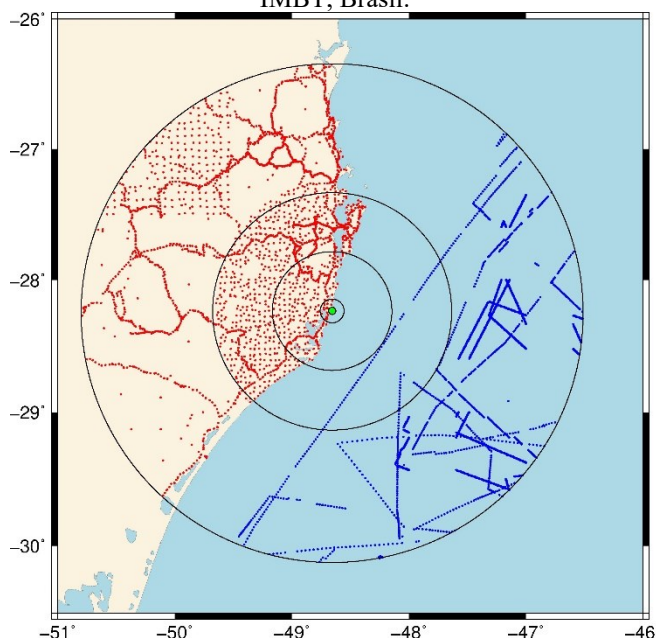
- a) Ser materializada por uma estação GNSS (*Global Navigation Satellite System*) de monitoramento contínuo, para que seja possível monitorar e detectar deformações no referencial. É desejável que a estação esteja vinculada à rede SIRGAS-CON.
- b) É desejável que a estação IHRF esteja colocalizada com outras técnicas geodésicas (estação VLBI, DORIS e/ou SLR), caso o país possua. Nesse sentido, observatórios geodésicos fundamentais possuem grande potencial para integrar o IHRF (Appleby et al. 2015). Além disso, a estação deverá contar com medição de gravidade, preferencialmente vinculada ao IGRF – *International Gravity reference Frame*) (Wziontek et al. 2021) (Figura 1). Dessa forma, será possível apoiar a conexão entre o referencial geométrico (coordenadas cartesianas geocêntricas X) e o físico (valores de potencial (W e C) e aceleração de gravidade g).
- c) Recomenda-se que estação esteja conectada ao *Datum* vertical local, para facilitar a unificação ao IHRF (Figura 1). Caso não esteja, a conexão deve ser realizada por meio da operação de nivelamento geométrico.

Figura 1 – Exemplo da estação IHRF colocalizada (estação UNSA, Argentina) e estação IHRF com medição de gravidade absoluta e conexão ao Datum vertical local – GNSS/nivelamento (estação BRAZ, Brasil)



- d) Orienta-se para que, caso a estação selecionada se localize na região costeira do país e próxima ao marégrafo vinculado ao Datum vertical local, que se realize uma vinculação mediante nivelamento.
- e) É fundamental que a estação selecionada possua medições gravimétricas terrestres no seu entorno. A distribuição dos pontos gravimétricos deve ser homogênea, com medições até a extensão de 210 km de raio ($\sim 2^\circ$) da estação IHRF. Maiores detalhes sobre esse item são esclarecidos no documento “Orientações para medições gravimétricas ao redor da estação IHRF”. Caso uma parte da área destinada para as medições gravimétricas esteja no oceano (Figura 2), recomenda-se verificar a disponibilidade de medições gravimétricas marinha. Sugere-se consultar o BGI (*Bureau Gravimétrique International*) e instituições locais. Em caso de ausência dessa informação, sugere-se a realização de levantamentos aerogravimétrico ou gravimetria a bordo de navios, na região costeira que abrange o raio de 210 km. Sabe-se que ambas atividades são onerosas. Dessa forma, uma terceira opção é utilizar informações de modelos adquiridos por missões satelitais.

Figura 2 – Distribuição de medidas gravimétricas terrestre (em vermelho) e marinha (em azul) na estação IMBT, Brasil.

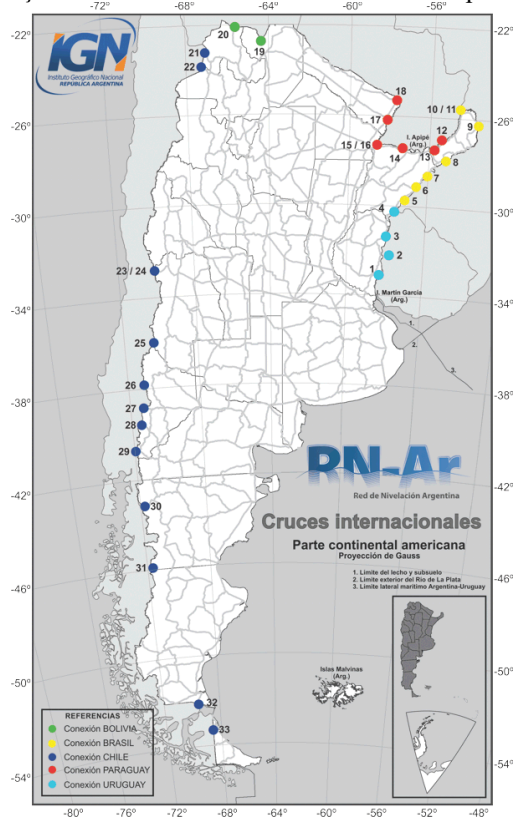


2. Recomendações Finais

Outras observações devem ser consideradas para que se tenha êxito na materialização e na manutenção do sistema de referência vertical unificado no continente, mediante altitudes físicas e geométricas, consistentes a nível global e de acordo com as recomendações da IAG. Para tanto, três aspectos são recomendados:

- a) Incentiva-se vinculações altimétricas internacionais. As conexões internacionais permitem a integração regional das redes de nivelamento, processo fundamental para o desenvolvimento de qualquer empreendimento binacional de infraestrutura de engenharia civil, hidráulica ou cartográfica. Além disso, as conexões internacionais permitem obter as diferenças de altitude existentes nas redes de nivelamento dos países em questão, possibilitando analisar a consistência das redes. Recomenda-se que além das medições de nivelamento geométrico sejam realizadas observações gravimétricas e GNSS. A Figura 3 ilustra um exemplo de vinculações altimétricas internacionais realizadas pelo Instituto Geográfico Nacional da Argentina (IGN - Argentina) em pontes internacionais e locais de passagens de fronteira.

Figura 3 – Vinculações altimétrica internacionais realizadas pelo IGN - Argentina.



Fonte: <https://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Nivelacion/Vinculaciones>

- b) É fundamental que a rede altimétrica nacional seja ajustada com base em desníveis geopotenciais. O número geopotencial é uma grandeza física que, associado a um determinado valor de gravidade (observado ou calculado) permite obter altitudes físicas (seja do tipo ortométrica, normal ou dinâmica). Além disso, o cálculo das coordenadas das estações IHRF será baseado no número geopotencial. Dessa forma, ressalta-se importância dessa grandeza no contexto do IHRF. Alguns países já realizaram essa tarefa e maiores detalhes podem ser encontrados em IGN (2017) e IBGE (2019).
- c) Recomenda-se a abertura dos repositórios de dados geodésicos dos Estados Membros do SIRGAS, cujo objetivo por meio dos dados e metadados geodésicos é melhorar e desenvolver o referencial geodésico nas Américas.

Referências

Appleby G, Behrend D, Bergstrand S, Donovan H, Emerson C, Esper J, Hase H, Long J, Ma C, McCormick D, Noll C, Pavlis E, Ferrage P, Pearlman M, Saunier J, Stowers D, Wetzel S (2015) **GGOS requirements for core sites, global geodetic observing system** (GGOS), revision 2—Draft 3.4. Disponível em: <https://ggos.org/item/ggos-core-sites/>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Reajustamento da rede altimétrica com números geopotenciais**. Diretoria de Geociências. Coordenação de Geodésia. Rio de Janeiro, Brasil, 54p. 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101666> Acesso em abril, 2021.

IGN. Instituto Geográfico Nacional. **Red de Nivelación de la República Argentina** Dirección de Geodesia. Buenos Aires, Argentina, 51p. Disponível em: https://ramsac.ign.gob.ar/posgar07_pg_web/documentos/Informe_Red_de_Nivelacion_de_la_Republica_Argentina.pdf Acesso em abril, 2021.

Ihde, J., Sánchez, L., Barzaghi, R. et al. Definition and Proposed Realization of the International Height Reference System (IHRs). **Surv Geophys**, 38, 549–570 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10712-017-9409-3>

Sánchez, L. Report of the GGOS Focus Area “Unified Height System” and the Joint Working Group 0.1.2: Strategy for the Realization of the International Height Reference System (IHRs), **Reports 2015–2019 of the International Association of Geodesy (IAG). Travaux de l’AIG** 41:583–592, 2019

Sánchez, L.; Barzaghi, R. Activities and plans of the GGOS Focus Area Unified Height System, **EGU General Assembly 2020**, EGU2020-8625, 2020. <https://doi.org/10.5194/egusp here-egu2020-8625>

Sánchez, L.; Ågren, J.; Huang, J. et al. Strategy for the realisation of the International Height Reference System (IHRs). **Journal of Geodesy**, 95, 33, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00190-021-01481-0>

Wziontek, H., Bonvalot, S., Falk, R. et al. Status of the International Gravity Reference System and Frame. **Journal of Geodesy** 95, 7, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00190-020-01438-9>