



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS
CATEGORIA 3

GRAVIMETRIA NA GEOMÁTICA METROVIÁRIA: FUNDAMENTO FÍSICO

INDISPENSÁVEL A PROJETOS EXTENSOS

INTRODUÇÃO

A engenharia metroviária atravessa um momento de inflexão técnica. A ampliação da rede em escala metropolitana, a extensão crescente dos traçados, a multiplicidade de interfaces contratuais e disciplinares e a consolidação de ambientes digitais integrados transformaram profundamente a forma como os projetos são concebidos, desenvolvidos e compatibilizados. Nesse novo contexto, a topografia clássica permanece essencial, mas passou a operar em conjunto com GNSS geodésico, escaneamento a laser, drones, BIM e GIS, compondo um ecossistema de geomática cada vez mais sofisticado.

Esse avanço trouxe ganhos expressivos de produtividade, detalhamento e capacidade de integração. Entretanto, expôs também um limite importante: a precisão geométrica alcançada pelas tecnologias atuais não garante, por si só, a coerência física do projeto.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Em empreendimentos lineares extensos, especialmente subterrâneos e de alta exigência altimétrica, a robustez do dado espacial depende não apenas da qualidade do levantamento, mas da consistência do referencial vertical sobre o qual esse levantamento se apoia.

Em outras palavras, a questão central já não é apenas medir melhor. É assegurar que a geometria produzida represente, com fidelidade, o comportamento físico do terreno e da infraestrutura ao longo do traçado. É nesse ponto que a gravimetria assume papel estratégico. Ao permitir o refinamento do geoide e a qualificação do referencial vertical físico, a gravimetria torna-se o elo capaz de integrar de forma mais coerente a topografia clássica, o GNSS e os modelos digitais de projeto.

Este trabalho sustenta que a geomática metroviária, para atingir maturidade plena em projetos extensos, deve incorporar a gravimetria como componente metodológico estruturante. Não se propõe a substituição das práticas consolidadas, mas seu aprofundamento. A hipótese defendida é que a implantação de uma **Rede Gravimétrica de Apoio ao Metrô**, articulada à rede topográfica, ao nivelamento geométrico e ao GNSS, representa uma evolução lógica e necessária da engenharia metroviária contemporânea, com efeitos diretos sobre a confiabilidade altimétrica, a integração entre disciplinas e a redução de retrabalho.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

DIAGNÓSTICO

A análise de empreendimentos metroviários recentes mostra que parte das divergências observadas entre bases cartográficas, levantamentos topográficos e modelos digitais decorre da própria natureza das informações comparadas. Diferenças planimétricas entre base cartográfica e levantamento topográfico de projeto são esperadas, uma vez que esses produtos são gerados com escalas, metodologias, finalidades e níveis de precisão distintos.

De modo semelhante, determinadas ocorrências em modelos digitais de terreno, como variações nas bordas de superfície, picos localizados de elevação ou efeitos de triangulação, podem estar associadas a questões usuais de modelagem, densidade de pontos, rejunção de superfícies ou refinamento geométrico. Esses aspectos, embora relevantes, são em grande parte tratáveis por procedimentos técnicos já conhecidos e não constituem, por si, o núcleo do problema aqui discutido.

O diagnóstico se altera de forma significativa quando a análise se desloca para a componente altimétrica. Nesse campo, as divergências deixam de ser apenas um efeito natural da mudança de base ou uma consequência pontual de modelagem, e passam a revelar comportamentos espaciais mais complexos. Em projetos extensos, a convivência entre altitudes elipsoidais, cotas cartográficas, superfícies modeladas em MDT e altitudes niveladas em campo pode produzir discrepâncias não uniformes ao longo do traçado.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

É justamente nesse ponto que a situação deixa de ser apenas geométrica e passa a ser geodésica e física. Quanto mais sofisticado o ambiente digital do projeto, maior a exigência sobre a qualidade do referencial vertical. Assim, a engenharia metroviária já avançou fortemente em capacidade geométrica e modelagem digital, mas ainda enfrenta um vazio metodológico quando o referencial vertical físico não é tratado com o mesmo rigor. É esse vazio que a gravimetria tem condições de preencher.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Fundamentos técnicos da questão altimétrica

O nivelamento geométrico permanece como a forma mais consistente de materialização do nível físico em campo. Sua confiabilidade decorre do fato de estabelecer continuidade de nível entre pontos observados, criando uma base física real para a engenharia. Em projetos metroviários, essa continuidade continua sendo indispensável, especialmente em contextos que exigem grande rigor altimétrico.

A geomática contemporânea permitiu enorme avanço na obtenção e integração de dados espaciais. O GNSS revolucionou o posicionamento, o escaneamento elevou a densidade de representação e os ambientes BIM/GIS ampliaram a interoperabilidade entre disciplinas. No entanto, a altura obtida via GNSS está referida ao elipsoide, enquanto a altitude de interesse para a engenharia está vinculada ao campo de gravidade e às superfícies equipotenciais. Entre esses dois universos está o geoide.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

A transformação entre altura elipsoidal e altitude física depende, portanto, da qualidade do modelo geoidal utilizado. Em situações de maior extensão territorial e maior sensibilidade altimétrica, modelos geoidais generalizados podem não representar adequadamente as variações locais do campo gravitacional terrestre. É nesse ponto que a gravimetria se torna essencial: ao medir variações da aceleração da gravidade, ela permite refinar o geoide e melhorar a coerência entre o espaço matemático do GNSS e o espaço físico necessário à engenharia.

Gravimetria: conceito e aplicação ao referencial vertical

A gravimetria é a ciência que estuda o campo de gravidade terrestre e suas variações por meio da medição da aceleração da gravidade. Essa aceleração não é constante: varia em função da distribuição de massas no interior e na superfície da Terra, da topografia, da rotação terrestre e de efeitos temporais. Para a engenharia, essa característica é fundamental porque a altitude física está associada às superfícies equipotenciais do campo de gravidade, e não apenas a uma superfície matemática.

No contexto geodésico, a gravimetria é essencial para a determinação e o refinamento do geoide, superfície de referência utilizada para relacionar as alturas elipsoidais obtidas por GNSS às altitudes físicas empregadas em projetos de engenharia. O geoide, portanto, funciona como a ponte entre o dado matemático produzido pelo posicionamento GNSS e a altitude física necessária à engenharia metroviária.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Para aplicação em projetos metroviários, distinguem-se duas formas principais de observação: a gravimetria absoluta, que determina o valor da aceleração da gravidade em pontos estratégicos de referência, e a gravimetria relativa, que mede diferenças de gravidade entre pontos. Em uma Rede Gravimétrica de Apoio ao Metrô, os pontos absolutos podem funcionar como ancoragem de alta confiabilidade, enquanto os pontos relativos permitem densificar a informação ao longo do traçado, capturando variações locais do campo gravitacional.

Elipsoide, geoide e altitude física

A gravimetria qualifica o geoide
e melhora a consistência da altitude física.

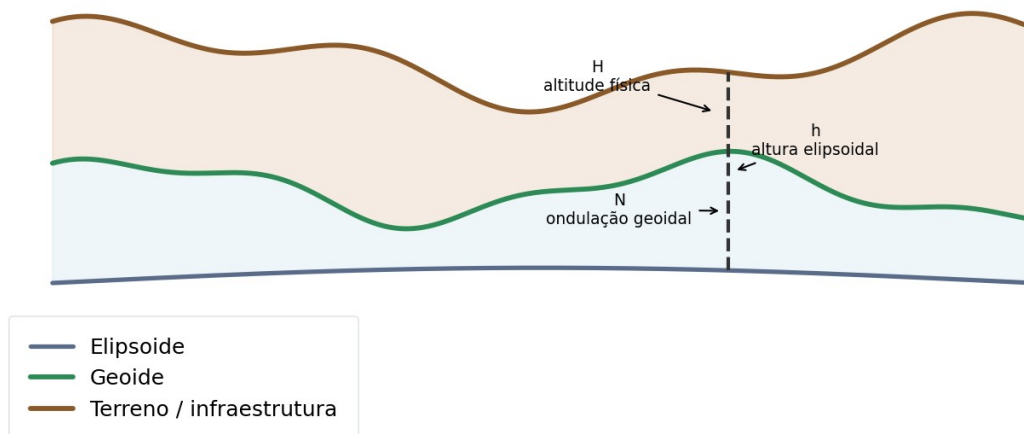


Figura 1 - Relação conceitual entre elipsoide, geoide e altitude física. Fonte: elaboração dos autores.

Tabela 1 - Papel da gravimetria na integração entre topografia clássica, GNSS, geoide e referencial vertical físico. Fonte: elaboração dos autores.

Elemento	Contribuição ao projeto
Topografia clássica	Materializa o nível físico em campo por meio de marcos e nivelamento.
GNSS	Integra o posicionamento ao referencial geodésico e fornece alturas elipsoidais.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Geoide	Relaciona altura elipsoidal e altitude física por meio da ondulação geoidal.
Gravimetria	Refina o geoide e qualifica o referencial vertical físico.
Rede gravimétrica	Estrutura pontos de apoio para projetos extensos e reocupações futuras.

Evidência prática: diferenças altimétricas territorializadas em estudo real

A experiência recente de substituição da base cartográfica de anteprojeto pelo levantamento topográfico fornecido pelo Metrô revelou um conjunto de evidências muito relevantes para a discussão aqui proposta. No plano planimétrico, as diferenças observadas foram corretamente contextualizadas como compatíveis com a natureza distinta das bases comparadas. O ponto mais sensível do processo revelou-se na altimetria.

Para enfrentar essa questão, a M3, contratada responsável pela análise estatística dos dados do levantamento, promoveu uma comparação específica entre as **cotas niveladas e modeladas nos MDTs** e as **cotas elipsoidais da cartografia de anteprojeto**. Foi implantada uma malha quadriculada sobre a faixa de levantamento, e em cada vértice calculou-se a diferença entre a superfície topográfica nivelada/modelada e a superfície cartográfica/elipsoidal. A base analisada envolveu **107.746 pontos válidos**, após exclusão de registros inválidos.

Os resultados mostraram que os dados não seguem distribuição normal, apresentando curtose extremamente elevada, assimetria negativa e outliers significativos. Isso



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

constitui um primeiro indicativo de que não se trata de mero ruído estatístico, mas de uma discrepância com comportamento complexo. O uso de modelo estatístico não paramétrico reforça esse entendimento.

Mais revelador, contudo, foi o comportamento espacial dos dados. As médias das diferenças variaram significativamente conforme o entorno de estação, destacando-se, entre outras: **Moema (+1,24 m)**, **Cerro Corá (-1,16 m)**, **Girassol (+0,87 m)**, **Hélio Pellegrino (+0,81 m)** e **Fradique Coutinho (-0,44 m)**.

Esses valores demonstram que a diferença altimétrica entre as bases não é uniforme ao longo da linha. Em vez de um deslocamento global simples, observa-se um padrão territorializado, com variações de sinal e intensidade. Isso significa que a discrepância não pode ser resolvida adequadamente por uma correção genérica ou por uma simples troca de base: ela exige o refinamento do referencial vertical físico.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Diferenças altimétricas médias por entorno de estação

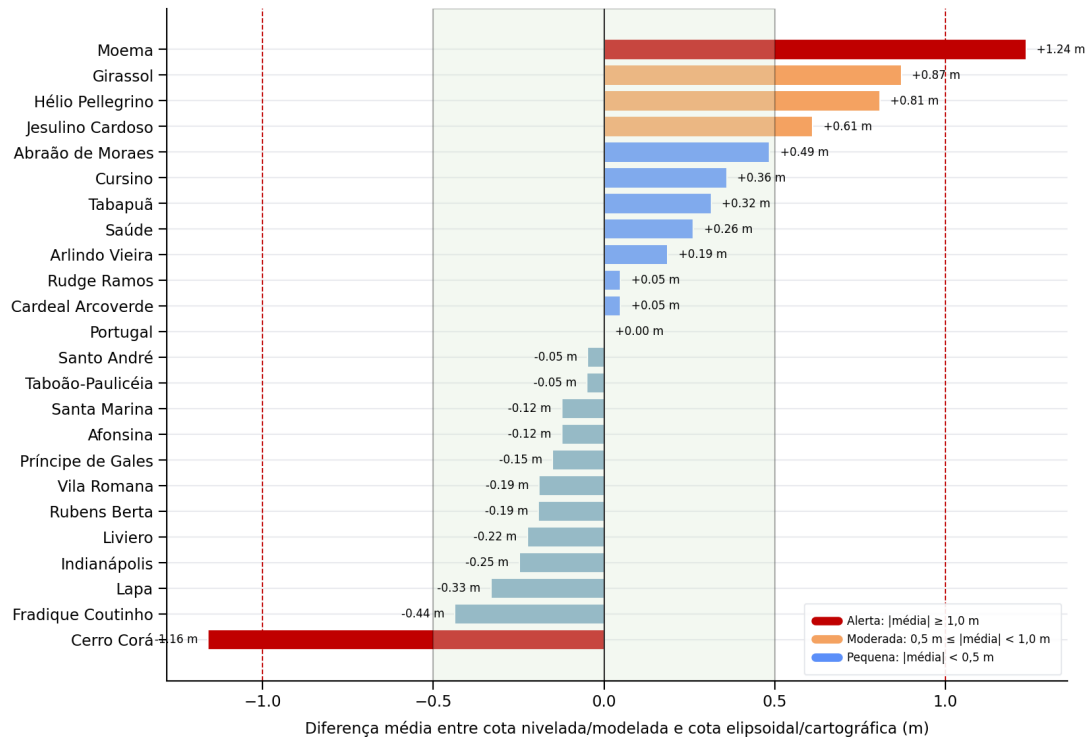


Figura 2 - Distribuição das diferenças altimétricas médias por entorno de estação. Fonte: análise estatística elaborada pela M3; interpretação técnica desenvolvida neste trabalho.

Tabela 2 - Síntese do estudo estatístico das diferenças altimétricas. Fonte: análise estatística elaborada pela M3; interpretação técnica desenvolvida neste trabalho.

Evidência	Resultado	Por que importa
Amostra	107.746 pontos válidos	Base robusta para leitura espacial das diferenças.
Comparação	MDT nivelado/modelado x cota elipsoidal/cartográfica	Mostra a transição crítica entre referência física e geométrica.
Distribuição	Não normal; curtose 53,99; assimetria -2,77	Diferenças não são ruído simples; há outliers e caudas pesadas.
Teste estatístico	Wilcoxon Signed-Rank	Método adequado para dados não paramétricos.
Trechos críticos	Moema +1,24 m; Cerro Corá -1,16 m; Girassol +0,87 m; Hélio Pellegrino +0,81 m	Varia em sinal e intensidade; não há correção única.
Leitura final	Diferença territorializada	Justifica a Rede Gravimétrica de



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

		Apoio ao Metrô.
--	--	-----------------

Para tornar essa evidência mais legível no artigo, a Figura 3 apresenta uma leitura linear das diferenças médias por estação, funcionando como mapa de calor sintético da tendência altimétrica ao longo do traçado. A representação destaca Moema e Cerro Corá como extremos de sinal oposto, reforçando que não há deslocamento uniforme entre bases e que os trechos críticos exigem validação local do modelo geoidal.

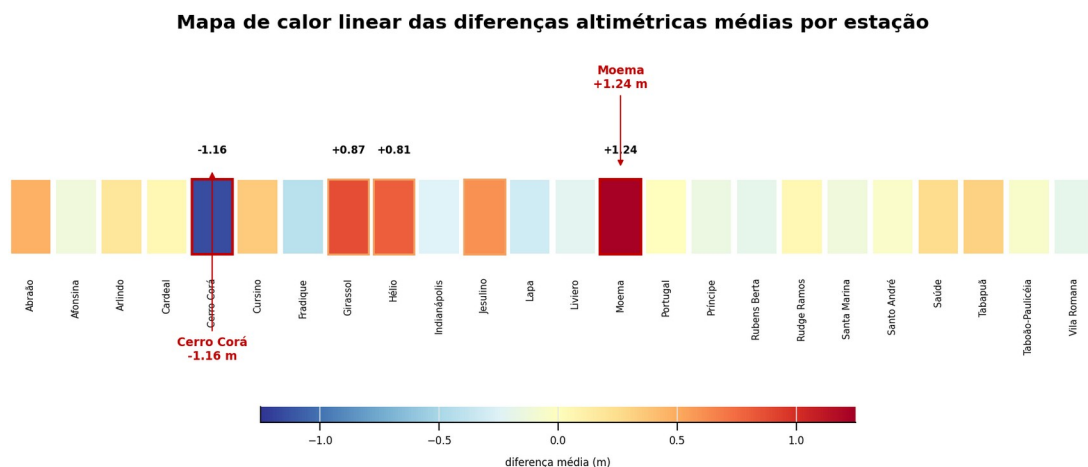


Figura 3 - Mapa de calor linear das diferenças altimétricas médias por estação. Fonte: análise estatística elaborada pela M3; interpretação técnica desenvolvida neste trabalho.

Metodologia proposta: Rede Gravimétrica de Apoio ao Metrô

Diante do quadro observado, este trabalho propõe uma metodologia de qualificação do referencial vertical físico baseada na implantação de uma **Rede Gravimétrica de Apoio ao Metrô**, integrada à topografia clássica e à geomática.

A proposta não parte da substituição dos métodos hoje empregados, mas da sua reorganização em uma sequência mais completa do ponto de vista físico e geodésico. O



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

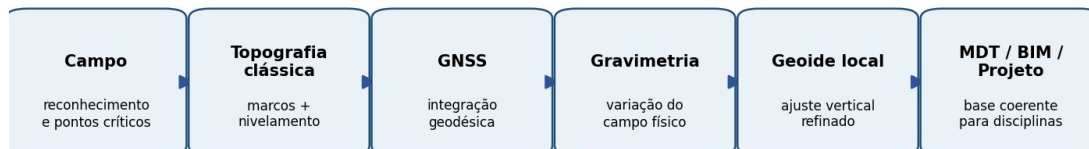


32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

objetivo é garantir que a precisão geométrica dos modelos esteja sustentada por um referencial vertical coerente com o comportamento real do campo de gravidade.

A metodologia se estrutura nas seguintes etapas: reconhecimento de campo e leitura territorial; consolidação da rede topográfica e nivelamento geométrico; levantamento GNSS geodésico; implantação da Rede Gravimétrica de Apoio; modelagem geoidal local e ajustamento integrado; e aplicação aos produtos geomáticos e às disciplinas do projeto.

Fluxo metodológico integrado



Cada técnica entra no momento correto; a gravimetria qualifica o referencial vertical.

Figura 4 - Fluxo metodológico integrado para qualificação do referencial vertical. Fonte: elaboração dos autores.

A escolha dos pontos estratégicos da Rede Gravimétrica de Apoio ao Metrô deve combinar critérios técnicos, físicos e operacionais. Devem ser priorizados trechos críticos indicados pela análise estatística e pelo mapa de calor, especialmente aqueles com diferenças médias superiores a 0,5 m ou 1,0 m, bem como áreas de transição



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

geológica, mudanças de relevo, interfaces contratuais, estações, pátios e trechos de maior sensibilidade para via permanente, drenagem e geotecnia.

Os pontos devem apresentar estabilidade física, acessibilidade, possibilidade de reocupação e, sempre que possível, integração com marcos topográficos, nivelamento geométrico e observações GNSS. Recomenda-se a adoção de pontos principais, destinados à ancoragem gravimétrica, e pontos secundários, destinados à densificação ao longo do traçado e à investigação localizada das discrepâncias altimétricas.

Nos trechos críticos identificados pela análise estatística e pelo mapa de calor, a validação do modelo geoidal deve ser aplicada de forma localizada. Para isso, recomenda-se a implantação de pontos de controle distribuídos antes, durante e após as zonas de maior discrepância altimétrica, nos quais sejam obtidas alturas elipsoidais por GNSS e altitudes físicas por nivelamento geométrico. A diferença entre essas grandezas permite calcular a ondulação geoidal observada, que deve ser comparada à ondulação fornecida pelo modelo. Quando os resíduos apresentarem magnitude relevante ou tendência espacial, recomenda-se a densificação por gravimetria absoluta e relativa, com posterior refinamento e revalidação do modelo geoidal local.

Tabela 3 - Critérios de seleção dos pontos estratégicos da Rede Gravimétrica de Apoio ao Metrô. Fonte: elaboração dos autores.

Critério	Pergunta-chave
Criticidade altimétrica	O trecho aparece no mapa de calor ou na estatística?
Estabilidade física	O ponto permanecerá estável ao longo do



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

	tempo?
Integração topográfica	Existe nivelamento, GNSS ou marco próximo?
Representatividade	O ponto representa região relevante do traçado?
Acessibilidade	É possível medir e repetir a medição com segurança?
Permanência	O ponto não será removido, demolido ou alterado pela obra?
Valor para o projeto	O ponto apoia via, drenagem, geotecnia, BIM ou compatibilização?

Efeitos negativos da não consideração da gravimetria

A primeira consequência de não considerar a gravimetria é a permanência de um referencial vertical tratado por aproximação excessivamente generalizada, incapaz de responder às variações altimétricas territorializadas observadas ao longo de linhas extensas. Isso se traduz em discrepâncias difíceis de interpretar, afetando diretamente a leitura integrada dos modelos.

A segunda consequência é o retrabalho. Diferenças altimétricas que permanecem ocultas ou não qualificadas tendem a reaparecer em fases posteriores do projeto, exigindo reprocessamento de modelos, revisão de greides, recompatibilização entre disciplinas e discussões recorrentes sobre a validade de distintas bases de apoio.

A terceira consequência recai sobre disciplinas particularmente sensíveis à altimetria, como via permanente, drenagem, geotecnia e obras subterrâneas. Nessas áreas, o impacto de uma base vertical insuficientemente tratada é proporcionalmente maior, pois afeta diretamente decisões de concepção e confiabilidade da solução projetual.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

Ganhos da consideração da gravimetria

A consideração da gravimetria, integrada à topografia clássica e à geomática, produz ganhos diretos em três planos principais. No plano técnico, o ganho mais evidente é a melhoria da coerência altimétrica ao longo do traçado. Isso fortalece a confiança nos MDTs, melhora a integração entre topografia, via permanente, drenagem, geotecnia e estruturas, e reduz incompatibilidades decorrentes da comparação entre superfícies de referência distintas.

No plano metodológico, a gravimetria dá consistência ao que a geomática já faz bem. O GNSS se articula de forma mais robusta ao nivelamento geométrico; os produtos digitais passam a representar não apenas a geometria, mas a física do referencial vertical; e o BIM deixa de operar sobre uma base meramente precisa para operar sobre uma base também coerente do ponto de vista da engenharia.

No plano econômico, a gravimetria reduz o custo oculto da inconsistência altimétrica. Menos retrabalho, menos conflitos de validação, menor incerteza de greide e menor necessidade de correções tardias representam ganhos concretos de prazo, custo e governança técnica.

No plano institucional e estratégico, a incorporação da gravimetria posiciona o Metrô em patamar avançado de maturidade técnica. Em um cenário de expansão metropolitana e transformação digital dos projetos, esse passo representa não apenas inovação, mas liderança metodológica.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Custo do erro x custo preventivo

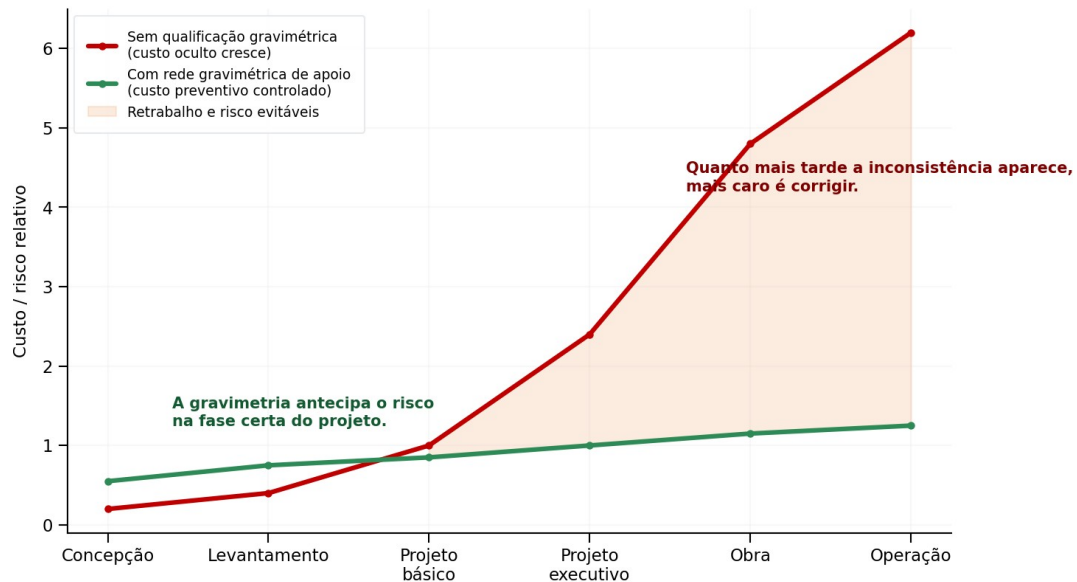


Figura 5 - Custo do erro versus custo preventivo da qualificação gravimétrica. Fonte: elaboração dos autores.

Caminhos de implementação

A metodologia proposta não exige adoção abrupta e generalizada. Recomenda-se implantação progressiva, iniciando por projeto-piloto em trechos ou linhas em que as evidências altimétricas sejam mais sensíveis e onde a integração entre disciplinas torne mais crítico o risco de divergência vertical.

Uma vez validada em ambiente piloto, a Rede Gravimétrica de Apoio poderá ser expandida como infraestrutura permanente de referência vertical para novos empreendimentos da rede metropolitana. Trata-se, portanto, de uma proposta tecnicamente escalável, institucionalmente compatível e economicamente justificável.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O ponto central da proposta permanece metodológico: estruturar um novo padrão de tratamento do referencial vertical para que a crescente sofisticação geomática dos projetos metroviários se converta em coerência física de engenharia.

CONCLUSÕES

A análise desenvolvida neste trabalho demonstra que a engenharia metroviária contemporânea alcançou alto grau de sofisticação geométrica, mas ainda enfrenta um ponto vulnerável quando a altimetria é observada em escala metropolitana: o tratamento insuficiente do referencial vertical físico.

Os dados práticos analisados mostraram que as diferenças entre cotas cartográficas/elipsoidais e cotas niveladas/modeladas não são aleatórias nem uniformes. Elas se distribuem de forma territorializada, atingem magnitudes relevantes para a engenharia do projeto e não se resolvem adequadamente por simples troca de base, recompatibilização geométrica ou correção uniforme.

Essas evidências reforçam a necessidade de um novo passo metodológico. A principal contribuição deste trabalho é demonstrar que a gravimetria não deve ser tratada como recurso acessório ou refinamento eventual, mas como componente indispensável da geomática metroviária em projetos extensos. A proposta de implantação de uma **Rede Gravimétrica de Apoio ao Metrô** oferece uma forma objetiva, integrada e tecnicamente madura de enfrentar esse desafio.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A topografia clássica continua sendo a base da leitura física do território. A geomática amplia a capacidade de aquisição, modelagem e integração. A gravimetria fornece o elo necessário para que essa sofisticação geométrica se converta, de fato, em coerência física de engenharia. Sob essa perspectiva, sua consideração deixa de ser uma opção periférica e passa a representar um avanço lógico e indispensável para a evolução da engenharia metroviária contemporânea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLITZKOW, D. et al. MAPGEO2015: o novo modelo de ondulação geoidal do Brasil.

Revista Brasileira de Cartografia, 2016.

CASTRO JÚNIOR, C. A. C.; FERREIRA, N. C.; GUIMARÃES, G. N. A distribuição da rede gravimétrica no Brasil e o desenvolvimento da infraestrutura nacional. Revista Brasileira de Geomática, 2021.

FABRETTI, T. R.; TRABANCO, J. L. A. Implantação de uma rede gravimétrica no município de Campinas em apoio às operações geodésicas desenvolvidas na região. Campinas: UNICAMP, 2006.

FEATHERSTONE, W. E. The importance of local geoid determination in engineering projects. Journal of Geodesy, 2013.

HEISKANEN, W.; MORITZ, H. Physical Geodesy. San Francisco: W. H. Freeman, 1967.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; WASLE, E. GNSS: Global Navigation Satellite Systems. Vienna: Springer, 2008.

IBGE. Rede Gravimétrica. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IBGE. Modelo de Ondulação Geoidal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

INNOCENTE, É. F. Implantação, cálculo e ajustamento de redes geodésicas visando a elaboração de carta geoidal para a cidade de Campinas. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SCARPONI, M. et al. A gravimetric assessment of the Gotthard Base Tunnel geological model. 2022.

TORGE, W.; MÜLLER, J. Geodesy. 4. ed. Berlin: De Gruyter, 2012.

VANÍČEK, P.; KRAKIWSKY, E. Geodesy: The Concepts. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 1986.

WOLF, P. R.; GHILANI, C. D. Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics. 13. ed. Pearson, 2012.