

Atividade Prática GNSS + SIG

Qualidade posicional, referenciais geodésicos e decisão de método em ambiente SIG

Disciplina de Pós-Graduação · Prof. Samuel de Assis Silva

Duração sugerida: 4 h (laboratório) + relatório individual · Software: QGIS 3.x LTR

1. Contexto e objetivos

Um talhão de eucalipto de 15,5 ha em Aracruz-ES foi levantado duas vezes no mesmo dia: com receptor geodésico em modo RTK (solução fixa) e com receptor de navegação em modo autônomo. Além disso, o imóvel possui um memorial descritivo de 1998 com quatro marcos em SAD-69, reocupados por RTK na campanha atual. A base reproduz, com estrutura de erro realista, as decisões que a aula teórica sistematizou: observável, geometria, ambiente, método e referencial.

Ao final, o discente deverá ser capaz de:

- importar dados GNSS brutos (CSV) em SIG, declarando corretamente SRC e EPSG;
- quantificar discrepâncias posicionais entre métodos (média, RMS, máximo) e o efeito do PDOP;
- avaliar o impacto do método na área calculada do polígono — a grandeza que vira laudo, cadastro e pagamento;
- materializar o problema de datum (SAD-69 × SIRGAS 2000) e resolvê-lo por reprojeção formal;
- converter altura elipsoidal em ortométrica ($H \approx h - N$) e discutir as consequências de ignorá-la;
- produzir um layout cartográfico com metadados completos (datum, época, projeção, tipo de altura).

VÍNCULO COM A AULA Cada etapa corresponde a um bloco da aula teórica: Etapas 1–2 (Sistemas/Observáveis), 3–4 (Campo), 5 (Referenciais/datum), 6 (Referenciais/alturas), 7 (Métodos/decisão).

2. Base de dados

Quatro arquivos CSV (separador vírgula, decimal ponto, UTF-8) acompanham este roteiro — descrição completa no LEIA-ME.txt.

Arquivo	Conteúdo	SRC (EPSG)	Campos principais
talhao_perimetro_rtk.csv	38 vértices · RTK fixa (referência)	31984	E_utm, N_utm, h_elip, pdop, nsat, sigma
talhao_perimetro_autonomo.csv	os mesmos 38 vértices · autônomo	4326	latitude, longitude, pdop, nsat
marcos_memorial_sad69.csv	4 marcos · memorial de 1998	29194	E_utm, N_utm (SAD-69!)
marcos_reocupacao_rtk.csv	4 marcos reocupados · RTK	31984	E_utm, N_utm, h_elip

ATENÇÃO Os campos E_utm/N_utm dos dois arquivos de marcos são numericamente parecidos, mas pertencem a referenciais diferentes. Carregar ambos como SIRGAS 2000 é exatamente o erro que a Etapa 5 quer tornar visível.

3. Roteiro no QGIS

Etapa 1 — Projeto e importação

1. Crie um projeto novo e defina o SRC do projeto como **SIRGAS 2000 / UTM 24S (EPSG:31984)**.
2. Importe cada CSV em Camada ► Adicionar camada ► Texto delimitado, apontando os campos de geometria (E_utm/N_utm ou longitude/latitude — atenção à ordem X/Y) e declarando o EPSG da tabela da Seção 2.
3. Ative o painel de mensagens de reprojeção 'on the fly' e anote qual transformação o QGIS aplica ao SAD-69 (parâmetros oficiais IBGE).

Etapa 2 — Geometria e área do talhão

4. Com Processar ► Pontos para caminho (ordenar por id) e Linhas para polígonos, gere o polígono RTK e o polígono autônomo.
5. Na calculadora de campo, crie $area_ha = \$area/10000$ em cada polígono. Registre as duas áreas e a diferença percentual.

Etapa 3 — Discrepância ponto a ponto

6. Reprojete a camada autônoma para EPSG:31984 (Exportar ► Salvar como, ou Reprojetar camada).
7. Faça a junção de atributos por id com a camada RTK e calcule dE, dN e $d = \sqrt{dE^2 + dN^2}$ na calculadora de campo.
8. Extraia estatísticas (média, RMS, máximo) com Estatísticas básicas de campos e construa o histograma de d (DataPlotly ou exportação para planilha).

Etapa 4 — Filtragem por qualidade

9. Filtre a camada autônoma com a expressão "pdop" < 4 e recalcule as estatísticas de d.
10. Mapeie onde estão os pontos rejeitados (P14–P20, borda de mata) e associe o resultado ao conceito de multicaminhamento e máscara de elevação.

Etapa 5 — O problema do datum

11. Primeiro o erro proposital: importe marcos_memorial_sad69.csv declarando EPSG:31984 e meça, com a ferramenta de medida, o vetor de separação até a reocupação RTK (~60 m).
12. Agora o procedimento correto: reimporte com EPSG:29194 e deixe o QGIS reprojetar. Calcule os resíduos remanescentes por marco e discuta sua ordem de grandeza (qualidade do levantamento de 1998).

Etapa 6 — Alturas

13. Na camada RTK, crie $H_{orto} = h_{elip} - N$, adotando $N = -7,10$ m (MAPGEO2015, valor médio local; em projetos reais, consulte o modelo ponto a ponto).
14. Compare h_{elip} e H_{orto} e responda: qual das duas entra em um projeto de hidráulica ou estradas?

Etapa 7 — Layout final

15. Monte um layout com os dois polígonos, os marcos (antes/depois da reprojeção), grade UTM, escala gráfica, norte e legenda.
16. Inclua obrigatoriamente a caixa de metadados: referencial, época, projeção/zona, tipo de altura e método por camada.

4. Questões para o relatório

- Q1. Qual foi o RMS planimétrico do levantamento autônomo antes e depois do filtro PDOP < 4? O ganho justifica descartar 7 vértices? Proponha uma solução de campo alternativa ao descarte.
- Q2. A diferença de área entre os polígonos RTK e autônomo é compatível com a incerteza esperada dos vértices? Estime o efeito econômico em um contrato de plantio pago por hectare.

- Q3.** Os erros dos vértices sob dossel (P14–P20) são aleatórios ou sistemáticos? Que observável e que fenômeno físico dominam esse comportamento?
- Q4.** Qual vetor (dE, dN) separa os marcos do memorial da reocupação RTK quando o datum é ignorado? Compare com os valores regionais discutidos em aula.
- Q5.** Após a reprojeção formal SAD-69 → SIRGAS 2000, que resíduo restou em cada marco e a que ele pode ser atribuído?
- Q6.** Em um processo de georreferenciamento de imóvel rural (SIGEF), qual seria a consequência jurídica de protocolar as coordenadas do memorial sem transformação?
- Q7.** Por que $H \approx h - N$ e não $H = h$? Quantifique o erro cometido em Alegre-ES ao usar h como cota altimétrica.
- Q8.** Com base na matriz requisito → método da aula, qual método você contrataria para: (a) refazer este perímetro para fins legais; (b) amostragem de solo em malha de 50 m; (c) navegação de máquina em plantio? Justifique com números desta atividade.

5. Produtos e avaliação

Entrega individual, em PDF único, até 14 dias após a aula prática.

Produto	Peso	Critérios
Mapa final (layout Etapa 7)	30%	metadados completos, clareza, simbologia
Tabela de estatísticas (Etapas 3–5)	25%	valores corretos, unidades, RMS
Respostas Q1–Q8	35%	fundamentação técnica e uso dos dados
Organização do projeto SIG (.qgz)	10%	SRCs declarados, nomes, estrutura

RASTREABILIDADE Todo número do relatório deve ser reproduzível a partir dos CSVs entregues — anexe as expressões usadas na calculadora de campo.

6. Referências de apoio

- IBGE. Resolução nº 1/2015 — SIRGAS2000; MAPGEO2015/hgeoHNOR; RBMC e serviço IBGE-PPP.
- MONICO, J. F. G. Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. Unesp, 2008.
- KAPLAN, E. D.; HEGARTY, C. J. Understanding GPS/GNSS. 3. ed. Artech House, 2017.
- EMLID. Emlid Studio — documentação oficial (Static Processing e PPK). ESA Navipedia — GNSS Basic Observables; RTK Fundamentals. Material da disciplina: deck “GNSS — Conceitos e Aplicações (2026)”.

Apêndice A — Correção da base com dados RBMC (Emlid Studio)

O SIG aplica a correção, mas não a calcula: o processamento dos observáveis GNSS ocorre no Emlid Studio (gratuito). Este apêndice transporta a coordenada da base a partir da RBMC e leva o resultado ao QGIS. Aplica-se somente a levantamentos **relativos** à base (RTK/PPK) — nunca a pontos autônomos, cujo erro é individual.

A.1 — Obter os dados da RBMC (IBGE)

1. No portal do IBGE (Geociências ► RBMC), baixe o RINEX diário (taxa 15 s) da estação mais próxima da área, para o dia do levantamento. Verifique a distância da linha-base: até ~100–200 km é adequado para estático.
2. Baixe também o descritivo da estação e anote a coordenada oficial SIRGAS2000 (E, N, h ou ϕ , λ , h) e a altura da antena — elas fixam a ponta conhecida da linha-base.

A.2 — Processar no Emlid Studio

3. Abra o módulo Static Processing (ou PPK, se for corrigir diretamente um voo/caminhamento). Em BASE, carregue o RINEX da estação RBMC e digite manualmente a coordenada oficial do descritivo — não aceite a coordenada média do cabeçalho.
4. Em ROVER, carregue o RINEX da sua base de campo (ocupação estática; recomenda-se ≥ 2 h). Informe corretamente altura e modelo da antena.
5. Processe e verifique o resultado: solução FIX, razão de ambiguidade (AR ratio) alta e desvios ao nível centimétrico. A coordenada obtida é a posição corrigida da sua base, em SIRGAS2000, amarrada ao SGB.
6. Registre a época da coordenada RBMC utilizada — em comparações com dados de outros anos, considere a deriva da placa Sul-Americana (~1,2 cm/ano).

A.3 — Aplicar a correção no QGIS

7. Calcule o vetor de correção: ΔE , ΔN , Δh = coordenada corrigida – coordenada que a base usou no campo (normalmente a autônoma média do rádio/NTRIP local).
8. Como o erro da base é comum a todos os pontos do levantamento relativo, aplique uma translação rígida: Processamento ► Transladar, informando ΔE e ΔN (e Δz , se a camada tiver altura).
9. Alternativa mais rastreável para trabalho legal: reprocessar o levantamento (PPK) no próprio Emlid Studio já com a base corrigida, e reimportar o resultado no QGIS — o vetor de translação some do fluxo e a correção fica documentada no relatório de processamento.
10. Valide: meça a distância entre um ponto de verificação (ex.: reocupação dos marcos M01–M04) antes e depois da translação e registre o ganho no relatório.

COMPATIBILIDADE O Emlid Studio lê RINEX 2.x e 3.x de qualquer receptor — não apenas Emlid. Se a taxa da RBMC (15 s) diferir da taxa do rover, o software interpola; para trabalhos exigentes, prefira estações com fluxo de 1 s (RBMC-IP) ou ocupações mais longas.

QUESTÃO EXTRA (Q9) Qual foi o vetor (ΔE , ΔN , Δh) aplicado à sua base e qual o AR ratio do processamento? A magnitude do vetor é compatível com o erro esperado de uma coordenada autônoma média?