

METROLOGIA INSTRUMENTAL E PROCESSAMENTO DE DADOS COM O ASTGEOTOP PARA REDES TOPOGRÁFICAS DE PRECISÃO

Autores:

Juyara Araujo | Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) | juyara.araujo@ufpe.br
Janaína Cruz | Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) | janaina.peixoto@ufpe.br
Andréa Seixas | Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) | andrea.seixas@ufpe.br
Lucas Calado | Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) | calado.lucas@ufpe.br
Isaac Ramos | Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) | isaacramos@unipampa.edu.br

INTRODUÇÃO

A implantação de redes topográficas de precisão é essencial para Topografia e Geodésia, aplicando-se em monitoramento de estruturas, levantamentos topográficos e geodésicos, cadastro territorial e projetos de infraestrutura.

Este estudo apresenta o software AstGeoTop, demonstrando o processamento de uma rede topográfica pelo método da poligonação, utilizando medições de estação total e georreferenciamento com GNSS (modo PPP), quando não há bases de apoio próximas.

A integração de estação total e GNSS permite:

- Comparação de métodos topográfico e geodésico.
- Minimização de erros sistemáticos.
- Conversão de coordenadas para o Sistema Geodésico Local (SGL).

A abordagem destaca a aplicação em pequenas e grandes áreas, alinhada às normas do IBGE e normas de levantamento geodésico e topográfico atualizadas, promovendo a integração de técnicas terrestres, espaciais e aéreas.

MATERIAIS E MÉTODOS – RECURSOS TECNOLÓGICOS

A seguir serão apresentados os recursos tecnológicos, a área de estudo e os métodos empregados:

- Estação Total GD2I
- Receptor GNSS I50
- Receptor GNSS HIPER V – Topcon
- Software AstGeoTop

O software AstGeoTop (Garnés, 2025), utilizado para o processamento dos dados obtidos com a estação total, apresenta diversos módulos de cálculo que permitem a análise dos dados coletados.

- Plataforma IBGE – PPP

A plataforma online do IBGE-PPP (IBGE, 2025) foi empregada para o pós-processamento dos dados GNSS, possibilitando a obtenção de coordenadas com alta precisão e contribuindo para a integração entre diferentes técnicas de levantamento.

ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido na estrutura de curtos alcances composta por pilares, localizada no Laboratório de Topografia (LATOP) e no Laboratório de Metrologia e Posicionamento Espacial (LAMEP), próximos à fachada de calibração de câmeras de pequeno formato e à uma das áreas destinada à aplicação de métodos geodésicos de monitoramento de estruturas da UFPE – Campus Recife.

Área de Estudo - Campus Joaquim Amazonas – UFPE

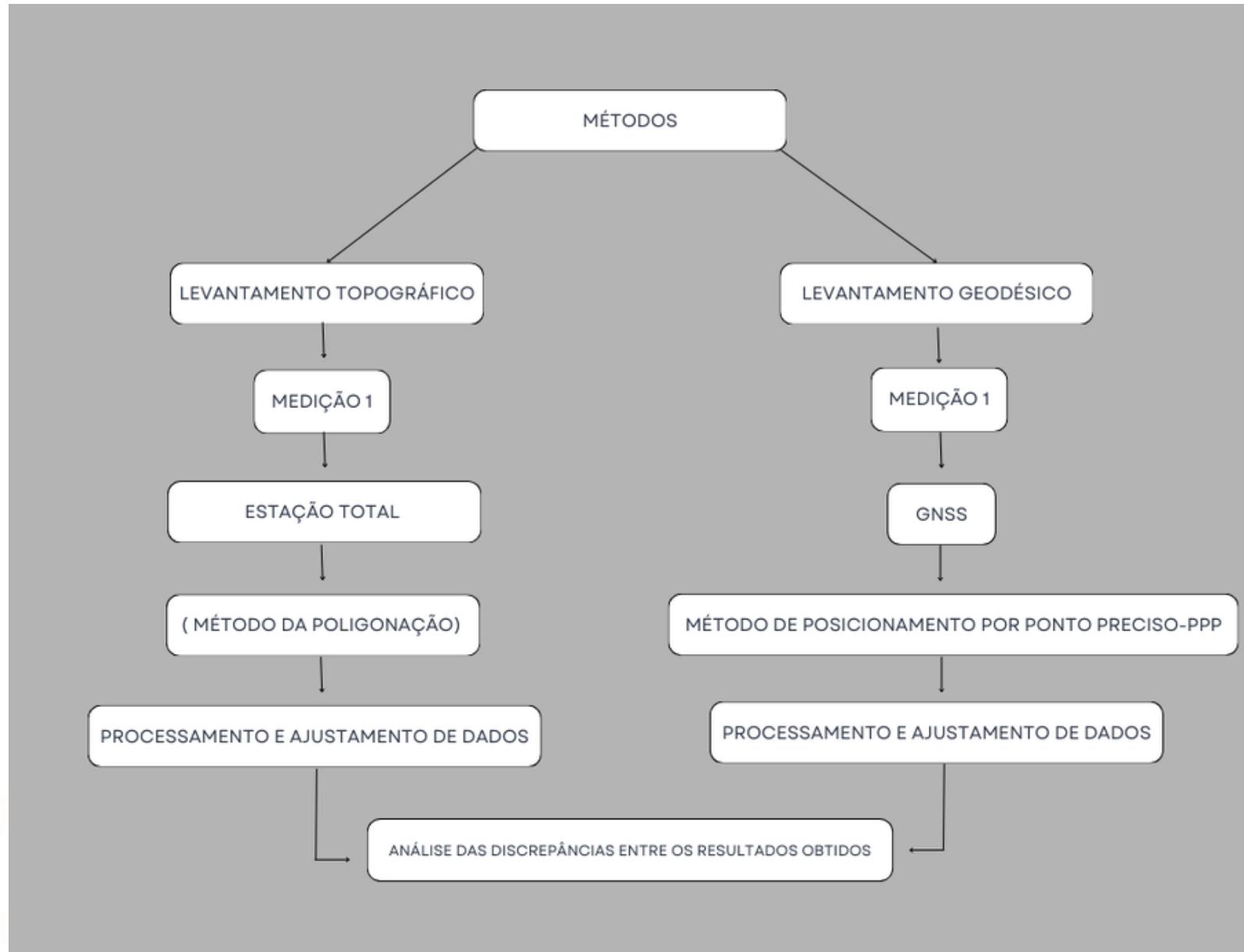


As observações foram feitas nos quatro pilares com centragem fixa, os quais são intervisíveis e apresentam pequenas distâncias entre si.

MÉTODOS

O procedimento foi dividido em duas fases principais:

Fluxograma dos métodos.



Estação Total posicionada no pilar 1.



Receptores nos pilares.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

O software AstGeoTop possui alguns Módulos específicos e o serviço IBGE - PPP

- Módulo de Calculo de Ângulos Horizontais e Verticais com suas respectivas fases.

Fase 1 – Resultado das discrepâncias

Est	Séries	Discrepância de ângulos horizontais				Discrepância de ângulos zenitais			
		1	2,00"	4,00"	5,33"	1,53"	23,00"	11,00"	15,67"
1	1	7,00"	4,00"	5,33"	1,53"	23,00"	11,00"	15,67"	6,43"
	2	5,00"	-5,00"	1,00"	5,29"	44,00"	25,00"	34,00"	34,00"
	3	3,00"	-5,00"	-1,67"	4,16"	50,00"	7,00"	28,00"	21,52"
2	1	12,00"	-10,00"	2,67"	11,37"	64,00"	59,00"	61,00"	2,65"
	2	22,00"	-3,00"	6,33"	13,65"	74,00"	60,00"	66,33"	7,09"
	3	-1,00"	-15,00"	-8,33"	7,02"	68,00"	53,00"	62,00"	7,94"
3	1	-4,00"	-12,00"	-7,33"	4,16"	103,00"	69,00"	83,33"	17,62"
	2	-1,00"	-4,00"	-2,33"	1,53"	81,00"	73,00"	73,67"	4,04"
	3	-1,00"	-3,00"	-2,00"	1,00"	72,00"	66,00"	68,33"	3,21"
4	1	11,00"	0,00"	4,33"	5,86"	92,00"	61,00"	79,67"	16,44"
	2	7,00"	-11,00"	-4,33"	9,87"	97,00"	84,00"	91,33"	6,66"
	3	9,00"	-14,00"	-4,67"	12,10"	85,00"	55,00"	68,67"	15,18"

Fase 2 – Ângulos Ajustados por Mínimos Quadrados

Est	Ângulos Horizontais ajustados por MMQ			Ângulos zenitais ajustados por MMQ		
	X0	0°00'00,0"	± 0,0"	Z1	89°10'48,7"	±4,9"
E1	X1	31°54'31,8"	± 2,3"	Z2	89°52'10,5"	±4,9"
	X2	124°04'03,8"	± 2,3"	Z3	89°51'39,0"	±4,9"
	X0	0°00'00,0"	± 0,0"	Z1	89°52'40,5"	±3,5"
E2	X1	20°48'49,7"	± 5,0"	Z2	89°39'49,5"	±3,5"
	X2	54°53'39,2"	± 5,0"	Z3	89°54'15,0"	±3,5"
	X0	0°00'00,0"	± 0,0"	Z1	90°04'53,7"	±5,8"
E3	X1	32°57'22,5"	± 1,9"	Z2	90°02'14,2"	±5,8"
	X2	51°22'06,7"	± 1,9"	Z3	89°41'20,0"	±5,8"
	X0	0°00'00,0"	± 0,0"	Z1	90°08'09,3"	± 5,4"
E4	X1	94°34'02,2"	± 3,0"	Z2	90°15'59,2"	± 5,4"
	X2	129°42'22,8"	± 3,0"	Z3	90°28'40,7"	± 5,4"

Fase 3 – Resíduos Estimados

Estação 1		Estação 2		Estação 3		Estação 4		
D.H	D.V	D.H	D.V	DH	DV	DH	DV	
v1	0°00'00,4"	-0°00'10,8"	v1	0°00'02,1"	-0°00'03,5"	v1	0°00'00,3"	0°00'02,2"
v2	-0°00'01,2"	0°00'00,0"	v2	0°00'03,7"	-0°00'03,5"	v2	0°00'01,8"	0°00'00,2"
v3	0°00'00,8"	0°00'04,5"	v3	-0°00'05,8"	0°00'00,5"	v3	-0°00'02,1"	0°00'01,5"
v4	0°00'00,8"	0°00'07,2"	v4	0°00'00,6"	-0°00'03,5"	v4	-0°00'01,2"	-0°00'06,3"
v5	-0°00'02,4"	0°00'01,0"	v5	-0°00'06,8"	0°00'04,5"	v5	-0°00'01,7"	0°00'10,7"
v6	0°00'01,6"	-0°00'02,0"	v6	0°00'06,2"	0°00'00,5"	v6	0°00'02,9"	0°00'00,5"
v7	-0°00'01,2"	0°00'03,7"	v7	-0°00'02,6"	0°00'07,0"	v7	0°00'00,9"	0°00'04,2"
v8	0°00'03,6"	-0°00'01,0"	v8	0°00'03,1"	-0°00'01,0"	v8	-0°00'00,1"	-0°00'10,8"
v9	-0°00'02,4"	-0°00'02,5"	v9	-0°00'00,4"	-0°00'01,0"	v9	-0°00'00,9"	-0°00'02,0"

Fase 4 – Resultado da classificação da precisão angular horizontal e vertical

Estação	Desvio padrão horizontal	Desvio padrão vertical
1	2,8"	8,5"
2	6,2"	6,0"
3	2,4"	10,0"
4	3,0"	7,7"

RESULTADOS E DISCUSSÕES

- **Módulo Planímetria:** georreferenciamento da poligonal implantada no SGL do Campus Recife/UFPE. Poligonal fechada, com 4 vértices; **soma angular:** $359^{\circ}58'29,2''$; **perímetro:** 24,0775 m; **erro angular:** $-0^{\circ}01'30,8''$; **erros lineares mínimos:** ($Ex = 0,0030$ m; $Ey = 0,0004$ m; $Eh = 0,0031$ m) e **precisão relativa:** 1/7834,36 (Classe IIIP).
- **Módulo Levantamento Planímetrico com o cálculo da poligonal pelo MMQ:** Ajuste da poligonal (**Método MMQ**) com **perímetro:** 24,080 m; **área:** 28,701 m². (**Método tradicional**) com **perímetro:** 24,077 m; **área:** 28,695 m²; **discrepâncias desvios mínimos:** **perímetro:** 0,003 m e **área:** 0,006 m², confirmando a qualidade do ajustamento.
- **Módulo Coordenadas Retangulares para azimutes e distâncias com estação total:** **Perímetro:** 24,080 m e **Área:** 28,701 m² ($\approx 0,0028701$ ha).
- **Módulo Transformações das coordenadas geodésicas (latitude, longitude e altitude geodésica) para coordenadas planas no SGL.** Tem como objetivo apresentar e aplicar a conversão das coordenadas geodésicas (latitude e longitude) obtidas pelo método GNSS PPP para coordenadas planas no Sistema Geodésico Local (SGL), onde o **Perímetro:** 24,204 m e **Área:** 29,003 m² ($\approx 0,0029003$ ha).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Discrepâncias nas coordenadas:

- Modelo 3D georreferenciado: X: 0,01 cm (E2) até 11,61 cm (E4) e Y: 0,04 cm (E2) até 4,24 cm (E4)
- Modelo 2D ajustado por Mínimos Quadrados: X: 0,05 cm (E2) até 11,71 cm (E4) e Y: 0,04 cm (E2) até 4,27 cm (E4)

Diferenças em elementos geométricos:

- Ângulos internos: $0^{\circ}02'25,255''$ (E4) a $0^{\circ}38'31,551''$ (E1)
- Distâncias lineares: 0,003 m (E1–E2) a 0,122 m (E4–E1)
- Área: 28,701 m² (estação total) e 29,003 m² (GNSS PPP)
- Perímetro: 24,080 m (terrestre) e 24,204 m (espacial), diferença de 0,124 m

Fatores que influenciaram os resultados:

- GNSS PPP: tempo de rastreio (6h), obstruções físicas e efeitos de multicaminho
- Estação total: erro de fechamento angular e limitações instrumentais

CONCLUSÃO

A análise confirma a importância da integração entre métodos topográficos e geodésicos na implantação de redes de precisão. Embora a estação total e o GNSS PPP ofereçam alta acurácia, podem ocorrer discrepâncias por fatores ambientais e instrumentais. O uso do AstGeoTop destacou-se por permitir o processamento detalhado da poligonal e integrar ambos os métodos em um ambiente didático e eficiente. Assim, a combinação dessas técnicas e ferramentas se mostra confiável para aplicações em cadastro territorial, ensino e pesquisa geodésica.

Resomendações:

- Uso de estações totais robóticas
- Métodos espaciais alternativos: posicionamento relativo estático com estação base
- Avaliar aplicação em áreas urbanas maiores para gestão territorial

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia Cartográfica e aos laboratórios LATOP, LAGEO e LAMEP pela infraestrutura e recursos disponibilizados.



execução



patrocinadores

