



POLIGONAIS

SÉRIE: TOPOGRAFIA E AGRIMENSURA PARA
CURSOS TÉCNICOS

Cesar Rogério Cabral

Markus Hasenack

CURSO TÉCNICO DE AGRIMENSURA

Florianópolis
2018



INSTITUTO FEDERAL

Santa Catarina

Campus Florianópolis

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

CURSO TÉCNICO DE AGRIMENSURA

AGRIMENSURA

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

C117p

Cabral, Cesar Rogério

Poligonais: topografia e agrimensura para cursos técnicos [recurso eletrônico] / Cesar Rogério Cabral, Markus Hasenack, – Florianópolis: IFSC, 2018.

1 Livro digital.

58 p.: il.

Inclui referências.

ISBN 97885XXXXXXX

1. Topografia. 2. Agrimensura. 3. Poligonais. I. Hasenack, Markus. II. Título.

CDD 526.98

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC

Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Câmpus Florianópolis

Catalogado por: Edinei Antonio Moreno CRB 14/1065

SUMÁRIO

Item		Página
	POLIGONAIS	4
1	PLANEJAMENTO DE POLIGONAIS	4
2	TIPOS DE POLIGONAL	5
2.1	Poligonal Aberta	5
2.1.1	Conceito	5
2.1.2	Instrumentos	5
2.1.3	Croqui	5
2.1.4	Caderneta de campo	6
2.1.5	Procedimentos	7
2.1.6	Cálculos	8
2.1.7	Análise e tratamento das medições	13
2.1.8	Processamento	14
2.1.9	Desenho	15
2.1.10	Relatório	15
2.2	Poligonal Fechada	16
2.2.1	Conceito	16
2.2.2	Croqui	16
2.2.3	Ajustamento	17
2.2.4	Análise e tratamento das medições	31
2.2.5	Processamento	33
2.2.6	Desenho	35
2.2.7	Relatório	35
2.3	Poligonal Enquadrada	36
2.3.1	Conceito	36
2.3.2	Croqui	36
2.3.3	Ajustamento	37
2.3.4	Análise e tratamento das medições	51
2.3.5	Processamento	52
2.3.6	Desenho	55
2.3.7	Relatório	55
3	Classificação	56
4	Tolerâncias	57

POLIGONAIS

1 PLANEJAMENTO DE POLIGONAIS

No planejamento de poligonais deve-se considerar a finalidade do levantamento, as dimensões e condições topográficas da área a ser levantada. Com estas informações são definidas as tolerâncias, os instrumentos, os procedimentos e a equipe de trabalho.

O planejamento da implantação dos pontos da poligonal devem ser embasados em um documento cartográfico existente em escala adequada às dimensões da área, sendo que neste documento são assinalados os locais de todos os tipos de pontos projetados e seus pontos de apoio.

A documentação relativa à área, tais como certidões, escrituras, contratos, memoriais descritivos, projetos, deve ser rigorosamente examinada. Monografias de pontos de apoio, também devem ser providenciadas para posteriormente no reconhecimento verificar a sua localização.

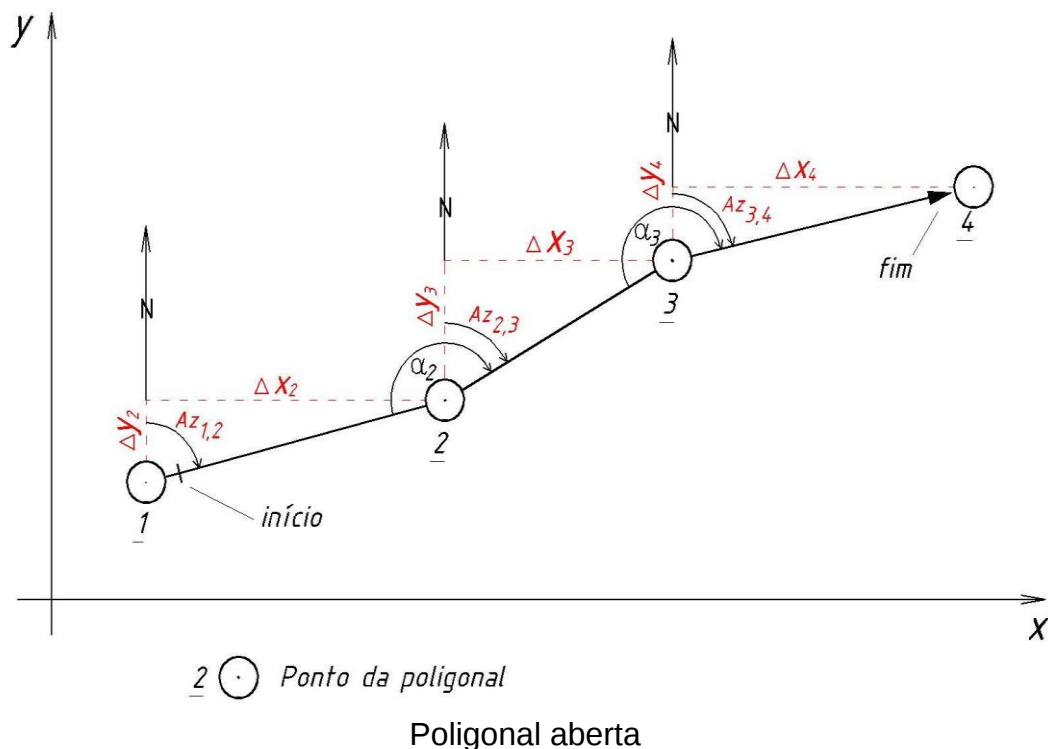
É necessário o reconhecimento da área e elaboração de croqui mostrando os pontos que deverão ser levantados e definindo a posição dos pontos de apoio, bem como, o tipo de materialização mais adequada a ser realizada.

2 TIPOS DE POLIGONAL

2.1 Poligonal Aberta

2.1.1 Conceito

São poligonais das quais não é possível estabelecer o controle de fechamento, já que não se conhece as coordenadas do ponto de chegada e não se conhece a orientação de chegada.



2.1.2 Instrumentos

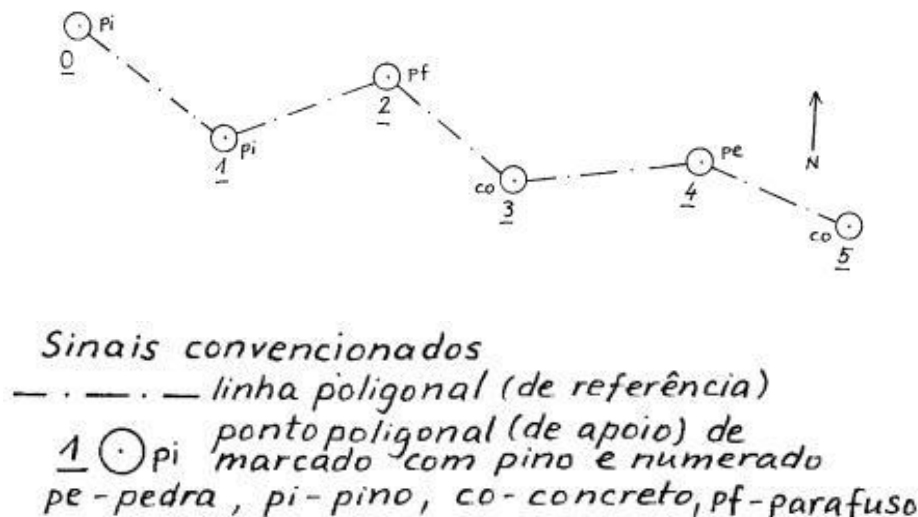
Para aplicação deste método deve-se dispor principalmente de um instrumento para medir ângulos (teodolito) e de um instrumento para medir distâncias (trenas ou distanciômetros eletrônicos). A Estação Total pode ser utilizada por efetuar os dois tipos de medições (angular e linear).

Além dos instrumentos acima citados utilizaremos: prismas, balizas, bastões, suportes para balizas/ bastão, base nivelante, nível de cantoneira, tripés, piquetes, marreta, pregos, prancheta, formulários de croqui e/ou caderneta de campo, lápis, borracha, régua/gabarito, calculadora.

2.1.3 Croqui

O croqui pode ser confeccionado parte antes do levantamento e complementado durante a execução do mesmo, ou confeccionado totalmente

durante o levantamento. Para a anotação de caracteres alfanuméricos no croqui, deve ser empregada a caligrafia técnica assim como o uso de sinais convencionados. O uso de um gabarito propicia um croqui de melhor qualidade embora o seu uso não seja obrigatório.



Croqui poligonal aberta.

2.1.4 Caderneta de campo

Caderneta de campo Levantamento Planimétrico				
Atividade	Poligonal aberta			Data 13/10/17
Equipe	Cabral, Hasenack			
Local	Campus Florianópolis			Folha 1
Equipamento	Ruide 820		Obs.	
Estação	Ponto Visado	Ângulo Horizontal	Distância Horizontal	Descrição
B	A	50°10'15"	98,045	R
	A	230°10'17"	98,043	RI
	C	150°40'46"	88,629	V
	C	330°40'48"	88,631	VI

Se o uso for de uma estação total, os dados serão armazenados em arquivos e o formato dependerá da marca e do modelo. Abaixo exemplos de cadernetas eletrônicas com dados polares.

Arquivo de medição de estação Topcon

8(E_)1.510
7?+00011541m0903536+1441310d+00011541*60+05+00060_*R_,1.500
7?+00011540m2692427+3241310d+00011540*60+05+00060_*RI_,1.500
9?+00010911m0900245+3135434d+00010911*60+05+00057_*V_,1.500
9?+00010910m2695744+1335452d+00010910*60+05+00060_*VI_,1.500

Arquivo de medição de estação Ruide

CO,Temp:16.0 C Press:1025.0 hPa Prism:-30mm 2016.07.01 20:11:52
ST,P,,S,,1.620,210.4030,210.4030
F1,S,1.600,,210.4030,88.4854, 20:11:54
SS,S,1.600,38.074,210.4030,88.4855, 20:12:39,R
CO, RAW added:dE =0.000 m dE =0.000 m dZ =-0.030 m
SS,S,1.600,38.067,30.4052,271.1125, 20:13:55,RI
CO, RAW added:dE =-0.000 m dE =-0.000 m dZ =-0.033 m
SS,B,1.600,49.954,86.5620,88.2538, 20:21:35,V
SS,B,1.600,49.954,266.5628,271.3441, 20:23:14,VI
CO, RAW added:dE =0.000 m dE =0.000 m dZ =-0.005 m

2.1.5 Procedimentos

Procedimento dos trabalhos de medição em campo com Estação Total.

A) Reconhecimento de pontos fixos de referência que já existem e em função deles o estudo do melhor traçado da poligonal, para a demarcação dos pontos da poligonal a ser implantada. Na não existência de tais pontos fixos de referência, pode-se adotar um sistema de referência local.

B) A materialização dos pontos da poligonal poderá ser realizada durante o reconhecimento ou durante o desenvolvimento da medição. O tipo de material a ser usado na demarcação vai depender da importância do ponto e assim, do grau de perenidade que se quer para ele.

C) No início da medição da poligonal, com o instrumento já instalado sobre o ponto (estação total independente de marca e modelo) deve-se:

OBS. 1 – Para garantir a confiabilidade da medição de uma poligonal deve-se executar sempre no mínimo uma série de medidas conjugadas pelo método das direções nas posições direta e inversa do instrumento.

OBS. 2 – Neste caso, os procedimentos abaixo descritos são utilizados no caso em que os instrumentos são configurados no modo edição/medição.

C1) Configurar a constante do prisma, a temperatura atmosférica, a pressão atmosférica e a altitude para o momento da medição.

C2) Criar um arquivo para o armazenamento dos dados de medição.

C3) Configurar o ponto sobre o qual o instrumento está instalado (ponto de estação). Normalmente deve-se informar o nome do ponto, a descrição do ponto e a altura do instrumento no caso em que a poligonal for planialtimétrica.

C4) Medição do ponto de ré

C41 Medição do ponto de ré na posição direta do instrumento: normalmente pede-se o nome do ponto, a descrição do ponto e a altura do

sinal (prisma refletor) caso a poligonal for planialtimétrica. Executa-se a medição e grava-se no arquivo anteriormente criado.

C42 Medição do ponto de ré na posição inversa do instrumento: repete-se o nome do ponto, eventualmente a altura do sinal, e quanto à descrição, informa-se somente ré para aqueles instrumentos que reconhecem automaticamente a posição invertida e ré-invertida para os que não reconhecem. Após a configuração, executa-se a medição.

C5) Medição do ponto de vante

Repete-se o procedimento do item anterior, porém neste caso a descrição deverá ser vante ou vante-invertida. Após a configuração, executa-se a medição e grava-se no arquivo.

C6) Para a medição dos próximos pontos da poligonal (pontos de estação), repete-se os procedimentos descritos nos itens C41 a C5

2.1.6 Cálculos

Roteiro de cálculo:

1- Cálculo das médias das distâncias entre vértices (**d**);

$$d = \frac{d_1 + d_2 + .. + d_n}{n}$$

2- Cálculo das médias dos ângulos irradiados entre vértices (**I**);

$$I = \frac{\sum (LV - LR)}{n}$$

3- Cálculo dos azimutes (**AZ_v**);

$$AZ_v = AZ_R + I$$

$$AZ_R = AZ_{ant} \pm 180^\circ$$

$$AZ_v = (AZ_{ant} \pm 180^\circ) + I$$

Obs.1: quando a soma for maior que 360°, subtrai-se de 360°.

Obs.2: se a orientação for por dois pontos coordenados utiliza-se a transformação retangular – polar ou arco tangente.

Pol (	Y _R - Y _E	,	X _R - X _E	=
Na tela o valor da distância		Alpha	tan	=
Na tela o valor do Azimute em decimal		Se for negativo + 360		Tecla dms 

4- Cálculo das projeções (ΔX), (ΔY);

$$\Delta X = d \cdot \sin AZ_v$$

$$\Delta Y = d \cdot \cos AZ_v$$

ou por transformação polar retangular

Na calculadora Casio fx 82MS a sequência de operação da transformação de coordenadas polares em retangulares é a descrita abaixo:

Rec (	d	,	AZ _v	=
Na tela o valor de ΔY		Alpha	tan	=
Na tela o valor de ΔX				

5- Cálculo das coordenadas (X_n), (Y_n);

$$X_n = X_{n-1} + \Delta X_{n-1,n}$$

$$Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y_{n-1,n}$$

O cálculo poderá ser realizado utilizando-se uma planilha

Coordenadas da estação				Obs
Coordenadas da ré				
Azimute de ré AZ_R				
Estação	Ponto visado	Distância (d)	Ângulo (I)	Azimute (AZ_v)
		(1)	(2)	(3)
(1) $d = \frac{d_1 + d_2 + .. + d_n}{n}$		AZ_R - Transf. ret – pol (Y _R - Y _E ; X _R - X _E) (3) AZ_v = AZ_R + I AZ_R = AZ_{ant} ± 180° AZ_v = (AZ_{ant} ± 180°) + I		
(2) $I = \frac{\sum(LV - LR)}{n}$				
Ponto Visado	Projeções (4)		Coordenadas (5)	
	ΔX	ΔY	X_n	Y_n
(4) Transf. pol – ret (dist ; Azimute) = ΔY alpha tan= ΔX		(5) X_n = X _{n-1} + ΔX_{n-1,n} Y_n = Y _{n-1} + ΔY_{n-1,n}		

Exemplo

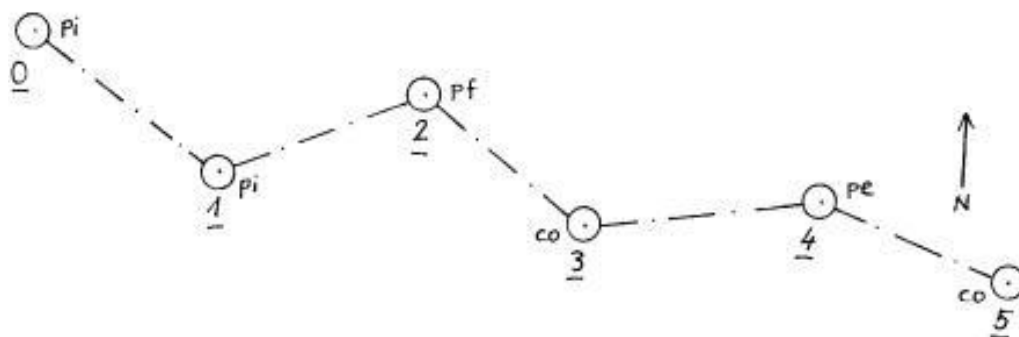
Com os dados do levantamento apresentados na caderneta e no croqui, calcular as coordenadas da poligonal aberta.

Caderneta de campo Levantamento Planimétrico				
Atividade	Poligonal aberta			Data 13/12/17
Equipe	Cabral, Hasenack			
Local	Campus Florianópolis			Folha 1
Equipamento	Ruide 820		Obs.	
Estação	Ponto Visado	Ângulo Horizontal	Distância Horizontal	Descrição
1	0	10°25'32"	48,843	R
	0	190°25'30"	48,844	RI
	2	96°28'52"	51,557	V
	2	276°28'53"	51,559	VI
2	1	48°14'58"	51,557	R
	1	228°14'58"	51,558	RI
	3	215°01'52"	67,313	V
	3	35°01'54"	67,310	VI

Dados Iniciais:

Coordenadas do ponto 1 = (1150,6954 ; 2187,4571)

Azimute de ré medido = $AZ_{10} = 303^{\circ}41'22''$



Croqui de medição

1- Cálculo das médias das distâncias entre vértices (**d**);

$$d = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n}$$

$$d_{12} = (51,557 + 51,559) / 2 = 51,558$$

obs: foram consideradas apenas as distâncias medidas a vante.

$$d_{23} = (67,313 + 67,310) / 2 = 67,312$$

2- Cálculo das médias dos ângulos irradiados entre vértices (**I**);

$$I = \frac{\sum(LV - LR)}{n}$$

$$I_1 = ((96^{\circ}28'52'' - 10^{\circ}25'32'') + (276^{\circ}28'53'' - 190^{\circ}25'30'')) / 2 =$$

$$I_1 = ((86^{\circ}03'20'') + (86^{\circ}03'23'')) / 2 = 86^{\circ}03'22''$$

$$I_2 = ((215^{\circ}01'52'' - 48^{\circ}14'58'') + (35^{\circ}01'54'' - 228^{\circ}14'58'')) / 2 =$$

$$I_2 = ((166^{\circ}46'54'') + (- 193^{\circ}13'04'' + 360^{\circ})) / 2 = 166^{\circ}46'55''$$

3- Cálculo dos azimutes (**AZ_v**);

$$AZ_v = AZ_R + I$$

$$AZ_R = AZ_{ant} \pm 180^{\circ}$$

$$AZ_v = (AZ_{ant} \pm 180^{\circ}) + I$$

$$\text{Azimute de ré medido} = AZ_{10} = 303^{\circ}41'22''$$

$$AZ_{12} = AZ_{10} + I_1$$

$$AZ_{12} = 303^{\circ}41'22'' + 86^{\circ}03'22'' = 389^{\circ}44'44'' (- 360^{\circ}) = 29^{\circ}44'44''$$

$$AZ_{23} = (AZ_{12} \pm 180^{\circ}) + I_2$$

$$AZ_{23} = (29^{\circ}44'44'' + 180^{\circ}) + 166^{\circ}46'55'' = 376^{\circ}31'39'' (- 360'') = 16^{\circ}31'39''$$

4- Cálculo das projeções (**ΔX**), (**ΔY**);

Transformação de coordenadas polares em retangulares:

Rec (	distância	,	azimute	=	ΔY	ΔX
Rec (	51,558	,	29°44'44"	=	44,7646	25,5805
Rec (	67,312	,	16°31'39"	=	64,5309	19,1486

5- Cálculo das coordenadas (**X_n**), (**Y_n**);

$$\text{Coordenadas do ponto } 1 = (1150,6954 ; 2187,4571)$$

$$X_n = X_{n-1} + \Delta X_{n-1,n}$$

$$Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y_{n-1,n}$$

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{12}$$

$$X_2 = 1150,6954 + 25,5805 = 1176,2759$$

$$X_3 = X_2 + \Delta X_{23}$$

$$X_3 = 1176,2759 + 19,1486 = 1195,4245$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{12}$$

$$Y_2 = 2187,4571 + 44,7646 = 2232,2217$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta Y_{23}$$

$$Y_3 = 2232,2217 + 64,5309 = 2296,7526$$

Número do ponto	Coordenadas	
	X	Y
1	1150,6954	2187,4571
2	1176,2759	2232,2217
3	1195,4245	2296,7526

Utilizando uma planilha de Cálculo

Coordenadas da estação		1 = (1150,6954 ; 2187,4571)		Obs
Coordenadas da ré				
Azimute de ré AZ_R		AZ ₁₀ = 303°41'22"		
Estação	Ponto visado	Distância (d)	Ângulo (I)	Azimute (AZ_v)
		(1)	(2)	(3)
1	2	51,558	86°03'22"	29°44'44"
2	3	67,312	166°46'55"	16°31'39"
(1) $d = \frac{d_1 + d_2 + .. + d_n}{n}$		AZ_R - Transf. ret – pol (Y _R - Y _E ; X _R - X _E) (3) AZ_v = AZ _R + I AZ_R = AZ _{ant} ± 180° AZ_v = (AZ _{ant} ± 180°) + I		
(2) $I = \frac{\sum (LV - LR)}{n}$				
Ponto Visado	Projeções (4)		Coordenadas (5)	
	ΔX	ΔY	X_n	Y_n
2	25,5805	44,7646	1176,2759	2232,2217
3	19,1486	64,5309	1195,4245	2296,7526
(4) Transf. pol – ret (dist ; Azimute) = ΔY alpha tan= ΔX			(5) X_n = X _{n-1} + ΔX _{n-1,n} Y_n = Y _{n-1} + ΔY _{n-1,n}	

2.1.7 Análise e tratamento das medições

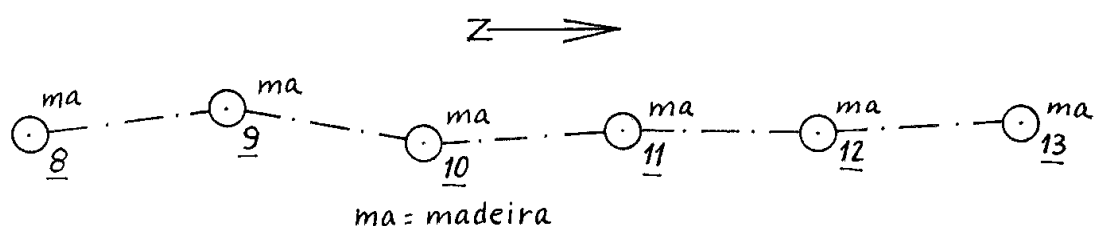
A análise e tratamento da medição devem ser realizados em um novo arquivo criado a partir do arquivo bruto de dados da estação. Eventuais falhas da medição, mudança de nomes, exclusão de dados devem ser realizadas para o processamento.

Arquivo do tipo M21 editado, resultado de um levantamento com uma estação Topcon 235 de uma poligonal aberta com uma série de leituras conjugadas. Este arquivo será processado no programa Posição, sendo

Coordenadas da estação : (1000; 500; 100)

Orientação Azimute de ré $Az_{87} = 10^\circ$

```
'8_(E_)1.542
_+7_?+00041542m0904503+0110347d+00041541*60+04+00061_*R_,1.500
_+7_?+00041543m2691538+1910320d+00041542*60+04+00062_*RI_,1.500
_+9_?+00040919m0901537+1804610d+00040918*60+04+00055_*V_,1.500
_+9_?+00040918m2694440+0004647d+00040918*60+04+00061_*VI_,1.500
'9_(E_)1.635
_+8_?+00040931m0904317+0842825d+00040930*60+04+00061_*R_,1.500
_+8_?+00040931m2691628+2642830d+00040930*60+04+00061_*RI_,1.500
_+10_?+00041744m0932208+2795007d+00041724*60+04+00063_*V_,1.500
_+10_?+00041745m2663845+0995012d+00041725*60+04+00061_*VI_,1.500
'10_(E_)1.599
_+9_?+00041752m0875233+0410517d+00041744*60+04+00060_*R_,1.500
_+9_?+00041751m2720724+2210537d+00041743*60+04+00048_*RI_,1.500
_+11_?+00041666m0901634+2094512d+00041665*60+04+00054_*V_,1.500
_+11_?+00041666m2694325+0294513d+00041665*60+04+00051_*VI_,1.500
'11_(E_)1.600
_+10_?+00041658m0904054+2493835d+00041657*60+04+00052_*R_,1.500
_+10_?+00041659m2691815+0693851d+00041658*60+04+00052_*RI_,1.500
_+12_?+00039004m0904822+0740726d+00039003*60+04+00055_*V_,1.500
_+12_?+00039004m2690959+2540804d+00039003*60+04+00053_*VI_,1.500
'12_(E_)1.532
_+11_?+00039003m0900339+0080448d+00039003*60+04+00053_*R_,1.500
_+11_?+00039004m2695444+1880506d+00039004*60+04+00059_*RI_,1.500
_+13_?+00039089m0901045+1854933d+00039089*60+04+00061_*V_,1.500
_+13_?+00039088m2694719+0054914d+00039088*60+04+00062_*VI_,1.500
```



Croqui do levantamento em campo

2.1.8 Processamento

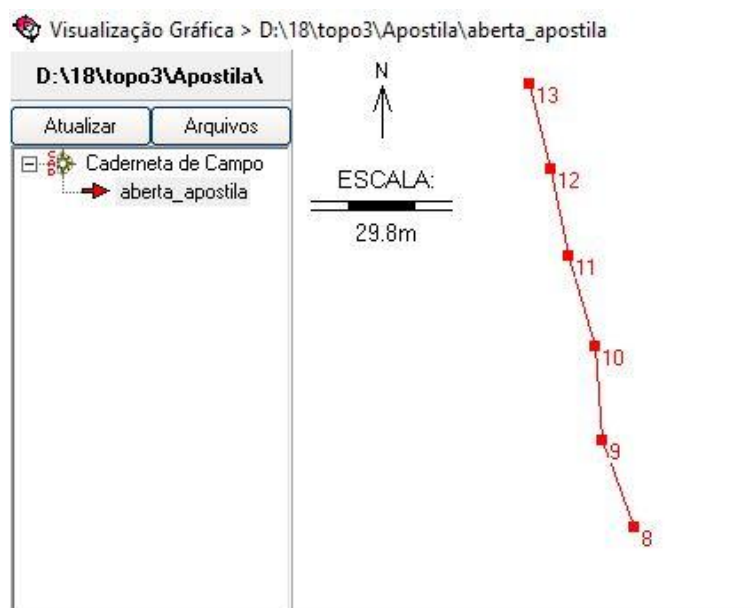
O processamento poderá ser executado em qualquer programa compatível com o arquivo de medição.

Neste exemplo será executado no programa Posição seguindo o roteiro descrito na Apostila-Posição do módulo 2 e os resultados são abaixo apresentados.

Caderneta com os dados processados no programa:

LISTAGEM DA CADERNETA										
Cliente:		IFSC								
Obra:		Poligonal Aberta								
Município:		Florianópolis								
Estado:		SC								
Local:										
Arquivo:		D:\18\topo3\Apostila\aberta_apostila.cad								
PT VISADO	TIPO	DESCRIÇÃO	ÂNG.HZ.D	ÂNG.VT.D	ANG.HZ.I	ANG.VT.I	H.P.	DT.INC	DT.RED	DESNIV
ESTAÇÃO: 8			H.I.: 1.542							
7	R		11°03'47"	90°45'03"	191°03'20"	269°15'38"	1.500	41.543	41.539	-0.498
9	V VANTE		180°46'10"	90°15'37"	0°46'47"	269°44'40"	1.500	40.919	40.919	-0.142
ESTAÇÃO: 9			H.I.: 1.635							
8	R		84°28'25"	90°43'17"	264°28'30"	269°16'28"	1.500	40.931	40.928	-0.382
10	V VANTE		279°50'07"	93°22'08"	99°50'12"	266°38'45"	1.500	41.745	41.673	-2.313
ESTAÇÃO: 10			H.I.: 1.599							
9	R		41°05'17"	87°52'33"	221°05'37"	272°07'24"	1.500	41.752	41.723	1.646
11	V VANTE		209°45'12"	90°16'34"	29°45'13"	269°43'25"	1.500	41.666	41.666	-0.102
ESTAÇÃO: 11			H.I.: 1.600							
10	R		249°38'35"	90°40'54"	69°38'51"	269°18'15"	1.500	41.659	41.656	-0.401
12	V VANTE		74°07'26"	90°48'22"	254°08'04"	269°09'59"	1.500	39.004	39.000	-0.458
ESTAÇÃO: 12			H.I.: 1.532							
11	R		8°04'48"	90°03'39"	188°05'06"	269°54'44"	1.500	39.004	39.004	-0.019
13	V VANTE		185°49'33"	90°10'45"	5°49'14"	269°47'19"	1.500	39.089	39.089	-0.101

Croqui de visualização do programa



Croqui

Relatório do processamento da poligonal

RELATÓRIO DE POLIGONAL							
Cliente: IFSC Obra: Poligonal Aberta Município: Florianópolis Estado: SC Local: Arquivo: D:\18\topo3\Apostila\aberta_apostila.cad POLIGONAL: Aberta CÁLCULO: Topográfico Método de Ajustamento: Projeções das Abscissas Método de Distribuição do erro Angular: Inv. proporcional às distâncias							
ESTAÇÃO	ÂNGULO HORIZ	AZIMUTE	DISTÂNCIA	COORD.NORTE	COORD.ESTE	COTA	DESCRIÇÃO
7		350°00'00.0"					
8	169°42'55.0"	339°42'55.0"	40.923	500.000	1000.000	100.000	
9	195°21'42.0"	355°04'37.0"	41.698	538.385	985.813	100.119	VANTE
10	168°39'45.5"	343°44'22.5"	41.661	579.930	982.234	98.140	VANTE
11	184°29'02.0"	348°13'24.5"	39.002	619.924	970.569	98.290	VANTE
12	177°44'26.5"	345°57'51.0"	39.089	658.105	962.609	98.070	VANTE
13				696.027	953.129	97.969	VANTE

DADOS DO FECHAMENTO			
Perímetro:.....	202.3729		
	ERROS	TOLERÂNCIAS	
Angular:.....	*****	*****	Erro Não Distribuído
Relativo:.....	*****	*****	Erro Não Distribuído
Linear:.....	*****		
Eixo Norte:.....	*****		
Eixo Este:.....	*****		
Azimute:.....	*****		
Altimétrico:....	*****	*****	Erro Não Distribuído

2.1.9 Desenho

O desenho em CAD poderá ser realizado tanto por coordenadas polares como por coordenadas retangulares.

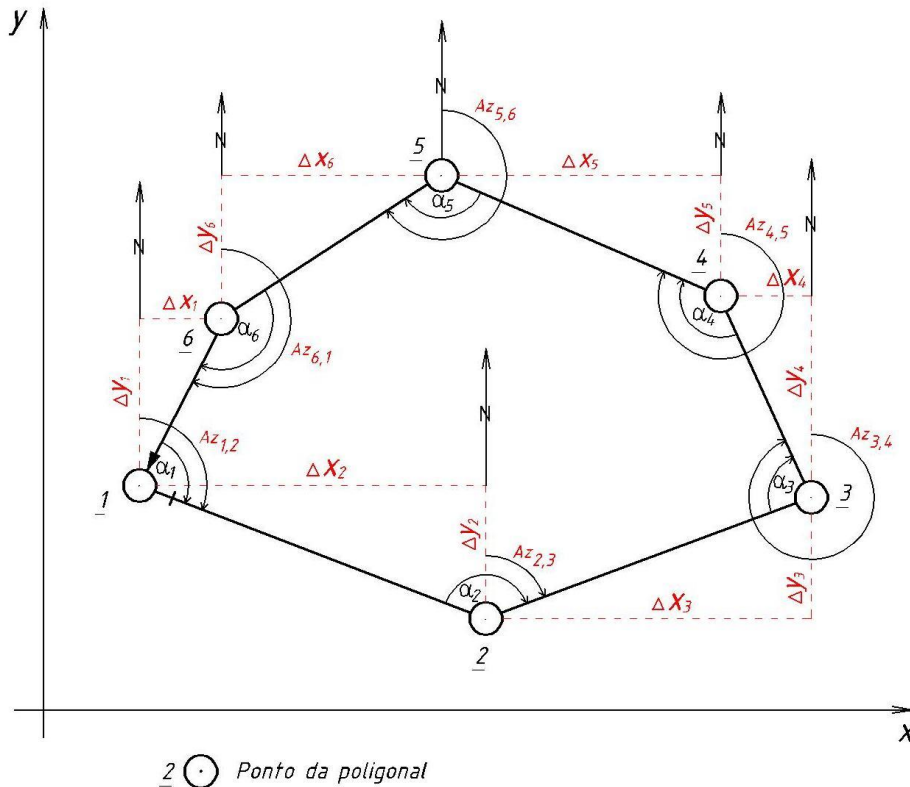
2.1.10 Relatório

Ao final do processo será elaborado um relatório técnico de acordo com a NBR 13133 conforme modelo na página do curso.

2.2 Poligonal Fechada

2.2.1 Conceito

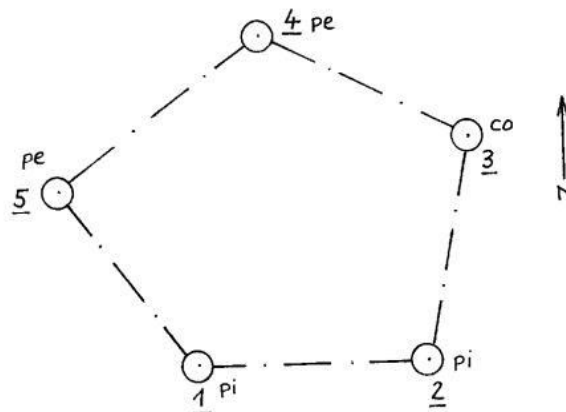
São poligonais apoiadas e fechadas numa só direção e num só ponto, ou seja o ponto de partida é igual ao ponto de chegada.



Poligonal fechada.

2.2.2 Croqui

O croqui deverá ser elaborado de acordo com o item.2.1.3.



Croqui de uma poligonal fechada.

2.2.3 Ajustamento

O ajustamento da poligonal pode ser realizado seguindo um roteiro de cálculo elaborado em função da orientação para a verificação do erro angular e posterior correção proporcional ao número de vértices. A correção do erro linear será feita proporcional às projeções.

Roteiro de cálculo:

1- Cálculo das médias das distâncias entre vértices (**d**);

$$d = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n}$$

2- Cálculo das médias dos ângulos irradiados entre vértices (**I**);

$$I = \frac{\sum (LV - LR)}{n}$$

3- Perímetro (**p**):

$$p = \sum d = d_1 + d_2 + \dots + d_n$$

4- Cálculo dos azimutes (**AZ_v**);

$$AZ_v = AZ_R + I$$

$$AZ_R = AZ_{ant} \pm 180^\circ$$

$$AZ_v = (AZ_{ant} \pm 180^\circ) + I$$

Obs.1: quando a soma for maior que 360°, subtrai-se de 360°.

Obs.2: se a orientação for por dois pontos coordenados utiliza-se a transformação retangular – polar ou arco tangente.

Pol (	Y _R - Y _E	,	X _R - X _E	=
Na tela o valor da distância	Alpha	tan	=	
Na tela o valor do Azimute em decimal	Se for negativo + 360		Tecla dms 	

5- Erro angular (**Eα**)

$$E\alpha = AZ_c - (AZ_p \pm 180^\circ)$$

6- Tolerância angular ($T\alpha$):

As tolerâncias angulares de poligonais, normalmente são definidas pelo contratante ou normalizadas em função da finalidade do levantamento. Em casos de não haver a definição da tolerância angular, podemos analisar se o procedimento de medição angular foi efetuado de forma adequada, utilizando a seguinte equação:

$$T\alpha = \pm 3 * Pn * \sqrt{n}$$

onde : Pn = precisão nominal do instrumento estabelecida pelo fabricante.

7- Verificação da tolerância angular:

$T\alpha \geq E\alpha$ a tolerância tem que ser maior ou igual ao erro angular.
Se o erro angular for superior à tolerância, o levantamento será descartado.

Distribuição do erro angular será realizada proporcionalmente ao número de vértices.

8- Correção angular ($C\alpha$):

$$C\alpha = - E\alpha / n$$

OBS. A correção tem sinal oposto ao erro;

8.1- Distribuição da correção ($C\alpha_n$)

O valor da correção será igual para cada ângulo de forma acumulada, pois está sendo realizada nos azimutes;

$$C\alpha_n = C\alpha + C\alpha_{n-1}$$

OBS: Há outras formas de distribuição do erro angular.

9- Verificação da correção:

A última correção angular tem que ser igual ao erro angular cometido.

OBS: As verificações são importantes para não propagarmos eventuais erros de cálculo.

10- Azimute corrigido (AZ):

$$AZ = AZ_v + C\alpha$$

11- Verificação dos azimutes corrigidos

O azimute de chegada (último) deve ser igual ao contra da partida

$$AZ_c = (AZ_p \pm 180^\circ)$$

12- Cálculo das projeções:

12.1- Projeção em X (ΔX) :

$$\Delta X = d * \sin Az$$

12.2- Projeção em Y (ΔY) :

$$\Delta Y = d * \cos Az$$

Ou por transformação de coordenadas polares em retangulares.

Rec (	distância	,	azimute	=
Na tela o valor de ΔY		Alpha	tan	=
Na tela o valor de ΔX				

13- Somatório das projeções

13.1- Somatório na projeção X : $\Sigma \Delta X$

13.2- Somatório em módulo na projeção X : $\Sigma |\Delta X|$

13.3- Somatório na projeção Y : $\Sigma \Delta Y$

13.4- Somatório em módulo na projeção Y : $\Sigma |\Delta Y|$

14- Erro nas projeções:

Em uma poligonal fechada o somatório das projeções em X e em Y tem que ser igual a zero.

14.1- Erro na projeção X (E_x):

$$E_x = \Sigma \Delta X$$

14.2- Erro na projeção Y (E_y):

$$E_y = \Sigma \Delta Y$$

15- Erro linear (E_l):

$$E_l = \sqrt{(E_x^2 + E_y^2)}$$

16- Tolerância linear (T_l):

As tolerâncias lineares de poligonais, normalmente são definidas pelo contratante ou normalizadas em função da finalidade do levantamento. Em casos de não haver a definição da tolerância lineares, podemos analisar se o

procedimento de medição lineares foi efetuado de forma adequada, utilizando a seguinte equação:

$$TI = \pm 3 * PN * \sqrt{p} \text{ (Km)}$$

Onde a PN do instrumento deve ser calculada $(A + B * p(\text{Km}))$

17- Precisão linear (**PI**):

$$PI = 1 : (p / EI)$$

OBS. Muitas vezes a tolerância é apresentada na forma de precisão linear. Exemplo: precisão linear 1:10000, significa um erro de 1 metro em 10000 metros medidos.

18- Verificação da tolerância linear:

TI ≥ EI a tolerância tem que ser maior ou igual ao erro linear. Se o erro linear for superior à tolerância, o levantamento será descartado.

A correção do erro linear será realizada pelo método de compensação nas projeções.

19- Correções nas projeções

19.1- Correção na projeção X (**Cx**):

$$Cx = (|\Delta X| * |Ex|) / \Sigma | \Delta X |)$$

19.2- Correção na projeção Y (**Cy**):

$$Cy = (|\Delta Y| * |Ey|) / \Sigma | \Delta Y |)$$

OBS. A correção tem sinal oposto ao erro; Há outras formas de distribuição do erro linear.

20- Verificação das correções

20.1- Somatória de **Cx = Ex**

20.2- Somatória de **Cy = Ey**

OBS: As verificações são importantes para não propagarmos eventuais erros de cálculo.

21- Projeções corrigidas

21.1- Projeção corrigida em X (**ΔXc**):

$$\Delta X_c = \Delta X + C_x$$

21.2- Projeção corrigida em Y (ΔY_c):

$$\Delta Y_c = \Delta Y + C_y$$

22- Verificação das projeções corrigidas:

22.1 Projeção em X: $\Sigma \Delta X_c = 0$

22.2 Projeção em Y: $\Sigma \Delta Y_c = 0$

23- Cálculo das coordenadas (X_n), (Y_n):

23.1 Em X: $X_n = X_{n-1} + \Delta X_c$

23.2 Em Y: $Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y_c$

24- Verificação das coordenadas

A última coordenada calculada deve ser igual a coordenada da partida

O cálculo poderá ser realizado utilizando-se uma planilha

Exemplo :

Dada a caderneta e o croqui, calcular as coordenadas da poligonal fechada.

Caderneta de campo Levantamento Planimétrico				
Atividade	Poligonal fechada			Data 13/12/17
Equipe	Cabral, Hasenack			
Local	Campus Florianópolis			Folha 1
Equipamento	Topcon 235		Obs.	
Estação	Ponto Visado	Ângulo Horizontal	Distância Horizontal	Descrição
1	2	101°53'16"	509,902	
2	3	109°26'22"	353,523	
3	4	117°24'28"	430,116	
4	5	99°27'40"	494,995	
5	1	111°48'03"	380,759	

Obs: Os dados de medição apresentados são as médias de uma série de leituras em cada estação.

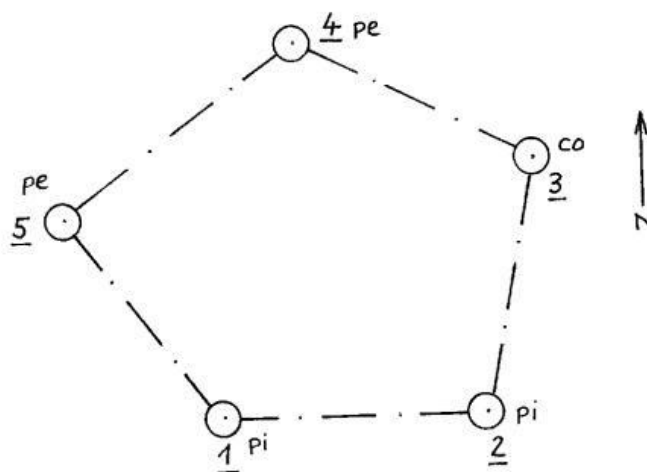
Coordenadas Pt 1 (1150,6954 ; 1187,4571)

Azimute Ré = $Az_{15} = 336^{\circ}48'55''$

Levantamento executado com estação total Topcon 235

PN (angular $\pm 5''$ e linear $\pm (5\text{mm} + 5 \text{ ppm})$)

Precisão linear admitida 1:12000



Croqui de medição.

Memória de cálculo:

1- Cálculo das médias das distâncias entre vértices (**d**);

2- Cálculo das médias dos ângulos irradiados entre vértices (**I**);
Os dados já apresentam a média das distâncias e ângulos.

3- Perímetro (**p**):

$$p = \sum d = d_1 + d_2 + \dots + d_n$$

$$p = 509,902 + 353,523 + 430,116 + 494,995 + 380,759 = 2169,295 \text{ m}$$

4- Cálculo dos azimutes (**AZ_v**);

$$AZ_v = AZ_R + I$$

$$AZ_v = (AZ_{ant} \pm 180^\circ) + I$$

$$AZ_{15} = 336^\circ 48' 55''$$

$$AZ_{12} = 336^\circ 48' 55'' + 101^\circ 53' 16''$$

$$AZ_{12} = 78^\circ 42' 11''$$

$$AZ_{23} = (AZ_{12} \pm 180^\circ) + I$$

$$AZ_{23} = (78^\circ 42' 11'' + 180^\circ) + 109^\circ 26' 22''$$

$$AZ_{23} = 8^\circ 08' 33''$$

$$AZ_{34} = (AZ_{23} \pm 180^\circ) + I$$

$$AZ_{34} = (8^\circ 08' 33'' + 180^\circ) + 117^\circ 24' 28''$$

$$AZ_{34} = 305^\circ 33' 01''$$

$$AZ_{45} = (AZ_{34} \pm 180^\circ) + I$$

$$AZ_{45} = (305^\circ 33' 01'' - 180^\circ) + 99^\circ 27' 40''$$

$$AZ_{45} = 225^\circ 00' 41''$$

$$AZ_{51} = (AZ_{45} \pm 180^\circ) + I$$

$$AZ_{51} = (225^\circ 00' 41'' - 180^\circ) + 111^\circ 48' 03''$$

$$AZ_{51} = 156^\circ 48' 44''$$

5- Erro angular (**E α**)

$$E\alpha = AZ_c - (AZ_p \pm 180^\circ)$$

$$E\alpha = 156^\circ 48' 44'' - (336^\circ 48' 55'' - 180^\circ)$$

$$E\alpha = - 11''$$

6- Tolerância angular (**T α**):

$$T\alpha = \pm 3 \cdot P_n \cdot \sqrt{n}$$

$$T\alpha = \pm 3 \cdot 5'' \cdot \sqrt{5}$$

$$T\alpha = \pm 33''$$

7- Verificação da tolerância angular:

$$T\alpha \geq E\alpha$$

33" > 11" erro dentro da tolerância.

8- Correção angular ($C\alpha$):

$$C\alpha = - E\alpha / n$$

$$C\alpha = 11 / 5$$

$$C\alpha = 2,2''$$

8.1- Distribuição da correção ($C\alpha_n$)

$$C\alpha_n = C\alpha + C\alpha_{n-1}$$

$$C\alpha_1 = 2,2 + 0 = 2,2 \approx 2''$$

$$C\alpha_2 = 2,2 + 2,2 = 4,4 \approx 4''$$

$$C\alpha_3 = 2,2 + 4,4 = 6,6 \approx 7''$$

$$C\alpha_4 = 2,2 + 6,6 = 8,8 \approx 9''$$

$$C\alpha_5 = 2,2 + 8,8 = 11 \approx 11''$$

9- Verificação da correção:

A última correção angular tem que ser igual ao erro angular cometido.

$$11'' = 11''$$

10- Azimute corrigido (AZ):

$$AZ = AZ_v + C\alpha$$

$$AZ_{12} = 78^\circ 42' 11'' + 0^\circ 0' 02''$$

$$AZ_{12} = 78^\circ 42' 13''$$

$$AZ_{23} = 8^\circ 08' 33'' + 0^\circ 0' 04''$$

$$AZ_{23} = 8^\circ 08' 37''$$

$$AZ_{34} = 305^\circ 33' 01'' + 0^\circ 0' 07''$$

$$AZ_{34} = 305^\circ 33' 08''$$

$$AZ_{45} = 225^\circ 00' 41'' + 0^\circ 0' 09''$$

$$AZ_{45} = 225^\circ 00' 50''$$

$$AZ_{51} = 156^\circ 48' 44'' + 0^\circ 0' 11''$$

$$AZ_{51} = 156^\circ 48' 55''$$

11- Verificação dos azimutes corrigidos

$$AZ_c = (AZ_p \pm 180^\circ)$$

$$156^{\circ}48'55'' = (336^{\circ}48'55'' - 180^{\circ})$$

Satisfeita a igualdade

12- Cálculo das projeções:

Por transformação de coordenadas polares em retangulares.

Rec (	distância	,	azimute	=	ΔY	ΔX
Rec (	509,902	,	78°42'13"	=	99,8818	500,0237
Rec (	353,523	,	8°08'37"	=	349,9581	50,0782
Rec (	430,116	,	305°33'08"	=	250,0887	- 349,9363
Rec (	494,995	,	225°00'50"	=	- 349,9295	- 350,0992
Rec (	380,759	,	156°48'55"	=	- 350,0090	149,9036

13- Somatório das projeções

13.1- Somatório na projeção X : $\Sigma \Delta X$

$$\Sigma \Delta X = 500,0237 + 50,0782 - 349,9363 - 350,0992 + 149,9036 = - 0,03$$

13.2- Somatório em módulo na projeção X : $\Sigma |\Delta X|$

$$\Sigma |\Delta X| = 500,0237 + 50,0782 + 349,9363 + 350,0992 + 149,9036 = 1400,041$$

13.3- Somatório na projeção Y : $\Sigma \Delta Y$

$$\Sigma \Delta Y = 99,8818 + 349,9581 + 250,0887 - 349,9295 - 350,0090 = -0,0099$$

13.4- Somatório em módulo na projeção Y : $\Sigma |\Delta Y|$

$$\Sigma |\Delta Y| = 99,8818 + 349,9581 + 250,0887 + 349,9295 + 350,0090 = 1399,8671$$

14- Erro nas projeções:

14.1- Erro na projeção X (E_x):

$$E_x = \Sigma \Delta X$$

$$E_x = - 0,03$$

14.2- Erro na projeção Y (E_y):

$$E_y = \Sigma \Delta Y$$

$$E_y = -0,0099$$

15- Erro linear (**EI**):

$$EI = \sqrt{(Ex^2 + Ey^2)}$$

$$EI = \sqrt{(0,03^2 + 0,0099^2)}$$

$$EI = 0,0316m = 32mm$$

16- Tolerância linear (**TI**):

$$TI = \pm 3 * PN * \sqrt{p} \text{ (Km)}$$

$$TI = \pm 3 * (5 + 5 * 2,169295) * \sqrt{2,169295}$$

$$TI = \pm 70 \text{ mm}$$

17- Precisão linear (**PI**):

$$PI = 1 : (p / EI)$$

$$PI = 1 : (2169,295 / 0,0316)$$

$$PI = 1 : 68648$$

18- Verificação da tolerância linear:

$$TI \geq EI \quad 70 > 32 \text{ ou}$$

PI obtida (1:68648) é melhor que a **PI admitida** (1:12000)

Condição satisfeita

A correção do erro linear será realizada pelo método de compensação nas projeções.

19- Correções nas projeções

19.1- Correção na projeção X (**Cx**):

$$Cx = (|\Delta X| * |Ex|) / \Sigma |\Delta X|$$

$$Cx = (|500,0237| * |0,003|) / |1400,041| = 0,00107$$

$$Cx = (|50,0782| * |0,003|) / |1400,041| = 0,0011$$

$$Cx = (|349,9254| * |0,003|) / |1400,041| = 0,0075$$

$$Cx = (|350,0992| * |0,003|) / |1400,041| = 0,0075$$

$$Cx = (|149,9036| * |0,003|) / |1400,041| = 0,0032$$

19.2- Correção na projeção Y (**Cy**):

$$Cy = (|\Delta Y| * |Ey|) / \Sigma |\Delta Y|$$

$$\begin{aligned} \mathbf{C_y} &= (| 99,8818 | * | 0,0099 |) / | 1399,8671 |) = 0,0007 \\ \mathbf{C_y} &= (| 349,9581 | * | 0,0099 |) / | 1399,8671 |) = 0,0025 \\ \mathbf{C_y} &= (| 250,1040 | * | 0,0099 |) / | 1399,8671 |) = 0,0018 \\ \mathbf{C_y} &= (| 349,9295 | * | 0,0099 |) / | 1399,8671 |) = 0,0025 \\ \mathbf{C_y} &= (| 350,0090 | * | 0,0099 |) / | 1399,8671 |) = 0,0024 \end{aligned}$$

20- Verificação das correções

20.1- Somatória de **Cx = Ex**

$$\begin{aligned} \Sigma \mathbf{C_x} &= 0,0107 + 0,0011 + 0,0075 + 0,0075 + 0,0032 = 0,03 \\ 0,03 &= 0,03 \\ \text{Condição satisfeita} \end{aligned}$$

20.2- Somatória de **Cy = Ey**

$$\begin{aligned} \Sigma \mathbf{C_y} &= 0,0007 + 0,0025 + 0,0018 + 0,0025 + 0,0024 = 0,0099 \\ 0,0099 &= 0,0099 \\ \text{Condição satisfeita} \end{aligned}$$

21- Projeções corrigidas

21.1- Projeção corrigida em X (**ΔXc**):

$$\Delta \mathbf{X_c} = \Delta X + C_x$$

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{X_c} &= 500,0237 + 0,0107 = 500,0344 \\ \Delta \mathbf{X_c} &= 50,0782 + 0,0011 = 50,0793 \\ \Delta \mathbf{X_c} &= - 349,9363 + 0,0075 = - 349,9288 \\ \Delta \mathbf{X_c} &= - 350,0992 + 0,0075 = - 350,0917 \\ \Delta \mathbf{X_c} &= 149,9036 + 0,0032 = 149,9068 \end{aligned}$$

21.2- Projeção corrigida em Y (**ΔYc**):

$$\Delta \mathbf{Y_c} = \Delta Y + C_y$$

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{y_c} &= 99,8818 + 0,0007 = 99,8825 \\ \Delta \mathbf{y_c} &= 349,9581 + 0,0025 = 349,9606 \\ \Delta \mathbf{y_c} &= 250,1040 + 0,0018 = 250,0905 \\ \Delta \mathbf{y_c} &= - 349,9295 + 0,0025 = - 349,9270 \\ \Delta \mathbf{y_c} &= - 350,0090 + 0,0024 = - 350,0066 \end{aligned}$$

22- Verificação das projeções corrigidas:

22.1 Projeção em X: **Σ ΔXc = 0**

$$\Sigma \Delta \mathbf{X_c} = 500,0344 + 50,0793 - 349,9288 - 350,0917 + 149,9068 = 0$$

Condição satisfeita

22.2 Projeção em Y: $\Sigma \Delta Y_c = 0$

$$\Sigma \Delta y_c = 99,8825 + 349,9606 + 250,0905 - 349,9270 - 350,0066 = 0$$

Condição satisfeita

23- Cálculo das coordenadas (X_n), (Y_n):

23.1 Em X: $X_n = X_{n-1} + \Delta X_c$

$$X_2 = 1150,6954 + 500,0344 = 1650,7298$$

$$X_3 = 1650,7290 + 50,0793 = 1700,8091$$

$$X_4 = 1700,8083 - 349,9288 = 1350,8803$$

$$X_5 = 1350,8798 - 350,0917 = 1000,7886$$

$$X_1 = 1000,7884 + 149,9068 = 1150,6954$$

23.2 Em Y: $Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y_c$

$$Y_2 = 1187,4571 + 99,8825 = 1287,3396$$

$$Y_3 = 1287,3396 + 349,9606 = 1637,3002$$

$$Y_4 = 1637,3002 + 250,0905 = 1887,3907$$

$$Y_5 = 1887,3907 - 349,9270 = 1537,4637$$

$$Y_1 = 1537,4637 - 350,0066 = 1187,4571$$

24- Verificação das coordenadas

A última coordenada calculada deve ser igual a coordenada da partida

$$1 (1150,6954 ; 1187,4571) = 1 (1150,6954 ; 1187,4571)$$

Condição satisfeita

O ajustamento poderá ser realizado em uma planilha

PLANILHA DE CÁLCULO DE POLIGONAL FECHADA										
Cliente:			Local:			Calculista:				
Coordenadas de Partida:			X= 1150,6954			Y= 1187,4571			Azimute de ré= 336°48'55"	
Coordenada de Orientação			X=			Y=			Eq:	
Estação			Ponto visado		Distância (d)		Ângulo (l)		Azimute (Azv)	
1			2		509,902		101°53'16"		78°42'11"	
2			3		353,523		109°26'22"		8°08'33"	
3			4		430,116		117°24'28"		305°33'01"	
4			5		494,995		99°27'40"		225°00'41"	
5			1		380,759		111°48'03"		156°48'44"	
Perímetro					2169,295		Erro angular		11"	
1-Perímetro (p) = d1 + d2 + ... + dn 2-Cálculo Azimute de partida (Azp) Transformação Retangular em Polar 3-Cálculo dos azimutes: AZv = (AZp) + l 4-AZv = (AZ ant ± 180°) + l 5-Erro angular Ea = Azc - Contra Azp 6-Tolerância Angular: Tα = 3*PN*√n										
Estação			Ponto visado		Projeções		Correções		Projeções Corrigidas	
					ΔX ΔY		Cx Cy		ΔXc ΔYc	
1			2		500,0237 99,8818		0,0107 0,0007		500,0344 99,8825	
2			3		50,0782 349,9581		0,0011 0,0025		50,0793 349,9606	
3			4		-349,9363 250,0887		0,0075 0,0018		-349,9288 250,0905	
4			5		-350,0992 -349,9295		0,0075 0,0025		-350,0917 -349,9270	
5			1		149,9036 -350,009		0,0032 0,0024		149,9068 -350,0066	
Σ					-0,03 -0,0099		0,03 0,0099		0 0	
Σ Δ					1400,041 1399,8671		EL = 32mm TL = 70mm		PL = 1 : 68648	
E					0,0316					
11-Cálculo das projeções (Transformação Polar em Retangular) 11.1-Projeção em X (ΔX): ΔX = d * senAZ 11.2-Projeção em Y (ΔY): ΔY = d * cosAZ 12-Somatório das projeções 12.1-Somatório na projeção X: ΣΔX 12.2-Somatório em módulo na projeção X: Σ ΔX 12.3-Somatório na projeção X: ΣΔX 12.4-Somatório em módulo na projeção X: Σ ΔX 13-Erro nas projeções 13.1-Erro na projeção X Ex: Ex = ΣΔX										
13.2-Erro na projeção Y Ey: Ey = ΣΔY 14-Erro linear (El): El = √(Ex²+Ey²) 15-Tolerância Linear (Tl): Tl = 3 * PN * √p(km) 16-Precisão linear (Pl): Pl = 1 : (p / El) 17-Verificação: Tolerância > = erro 18-Correção nas projeções 18.1 Correção em X (Cx): Cx = (ΔX* Ex) / Σ ΔX 18.2 Correção em Y (Cy): Cy = (ΔY* Ey) / Σ ΔY 19-Verificação das correções 19.1 Cx = ΣX										
19.2 Cy = ΣY 20-Projeções corrigidas 20.1 Projeção corrigida em X (ΔXc): ΔXc = ΔX + Cx 20.2 Projeção corrigida em Y (ΔYc): ΔYc = ΔY + Cy 21-Verificação das Projeções corrigidas 21.1 Projeção em X ΣΔXc = 0 21.2 Projeção em Y ΣΔYc = 0 22-Cálculo de coordenadas 22.1 Em X Xn = Xn-1 + ΔXc 22.1 Em Y Yn = Yn-1 + ΔYc										

O ajustamento também poderá ser executado proporcionalmente as distâncias ou o método dos mínimos quadrados. Segundo a NBR 13133 qualquer um dos métodos poderá ser utilizado.

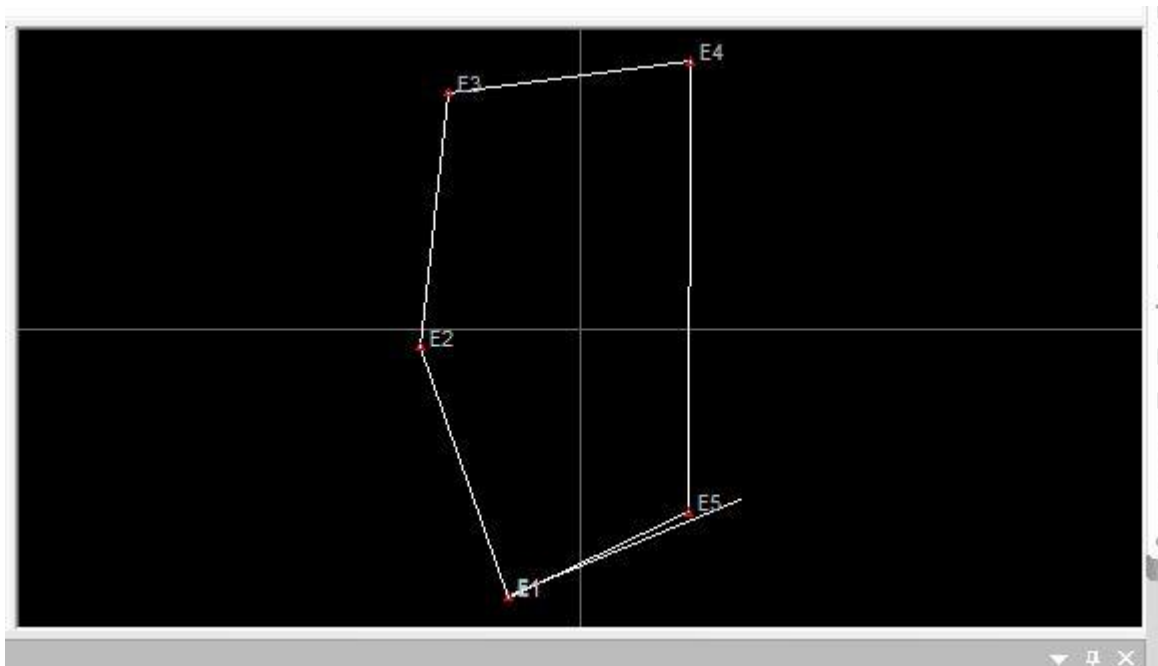
2.2.4 Análise e tratamento das medições

Arquivo editado de um levantamento de uma poligonal fechada com uma série de leitura conjugadas com orientação extra poligonal executado com uma estação total marca Ruide RTS822.

CO,Ruide Raw data
CO,RAS
CO,Description:
CO,Client:
CO,Comments:
CO,Downloaded 2017-06-21 22:43:10
CO,Software: Pre-install version:15.04.23
CO,Instrument: Ruide RTS-820R3 118007
CO,Dist Units: Metres
CO,Angle Units: DDDMMSS
CO,Zero azimuth: North
CO,VA: Zenith
CO,Coord Order: ENZ
CO,HA Raw data: Azimuth
CO,Projection correction: ON
CO,C&R correction: ON
CO,Tilt Correction: OFF
CO,RAS <JOB> Created 2017-06-02 20:44:06
MP,E1,,1000.000,500.000,100.000,E
ST,E1,,E0,,1.668,0.0000,0.0000
F1,E0,1.600,60.493,0.0000,89.5322, 20:46:17
SS,E0,1.600,60.493,0.0000,89.5322, 20:46:55,R
SS,E0,1.600,60.493,180.0022,270.0711, 20:49:38,RI
SS,E2,1.600,62.966,273.0529,89.5956, 20:51:54,V
SS,E2,1.600,62.966,93.0517,270.0013, 20:53:37,VI
ST,E2,,E1,,1.668,93.0529,93.0529
F1,E1,1.600,62.974,93.0529,90.0749, 21:46:20
SS,E1,1.600,62.974,93.0528,90.0749, 21:47:16,R
SS,E1,1.600,62.974,273.0525,269.5240, 21:48:30,RI
SS,E3,1.600,61.360,298.2936,89.5944, 21:51:29,V
SS,E3,1.600,61.360,118.2858,270.0043, 21:52:44,VI
ST,E3,,E2,,1.668,118.2936,118.2936
F1,E2,1.600,61.373,118.2936,90.0248, 22:27:05
SS,E2,1.600,61.373,118.2936,90.0248, 22:27:43,R
SS,E2,1.600,61.373,298.2911,269.5731, 22:29:11,RI
SS,E4,1.600,58.542,14.5610,89.5915, 22:35:55,V

SS,E4,1.600,58.542,194.5552,270.0100, 22:37:15,VI
 ST,E4,,E3,,1.589,194.5610,194.5610
 F1,E3,1.600,58.542,194.5610,89.5645, 20:24:16
 SS,E3,1.600,58.542,194.5609,89.5645, 20:25:21,R
 SS,E3,1.600,58.542,14.5607,270.0355, 20:27:29,RI
 SS,E5,1.600,107.729,112.2232,90.0037, 21:06:26,V
 SS,E5,1.600,107.730,292.2223,269.5942, 21:07:58,VI
 ST,E5,,E4,,1.589,292.2232,292.2232
 F1,E4,1.600,107.745,292.2232,89.5832, 21:25:02
 SS,E4,1.600,107.746,292.2233,89.5832, 21:26:24,R
 SS,E4,1.600,107.745,112.2233,270.0146, 21:27:34,RI
 SS,E1,1.600,48.272,177.3143,90.0611, 21:49:44,V
 SS,E1,1.600,48.272,357.3144,269.5425, 21:51:02,VI
 ST,E1,,E5,,1.670,357.3045,357.3045
 F1,E5,1.600,48.274,357.3045,89.5717, 22:34:07
 SS,E5,1.600,48.276,357.3044,89.5717, 22:34:44,R
 SS,E5,1.600,48.274,177.3114,270.0251, 22:36:30,RI
 SS,E0,1.600,60.495,0.0003,89.5433, 22:39:39,V
 SS,E0,1.600,60.486,179.5928,270.0545, 22:41:19,VI

Croqui levantamento poligonal fechada.

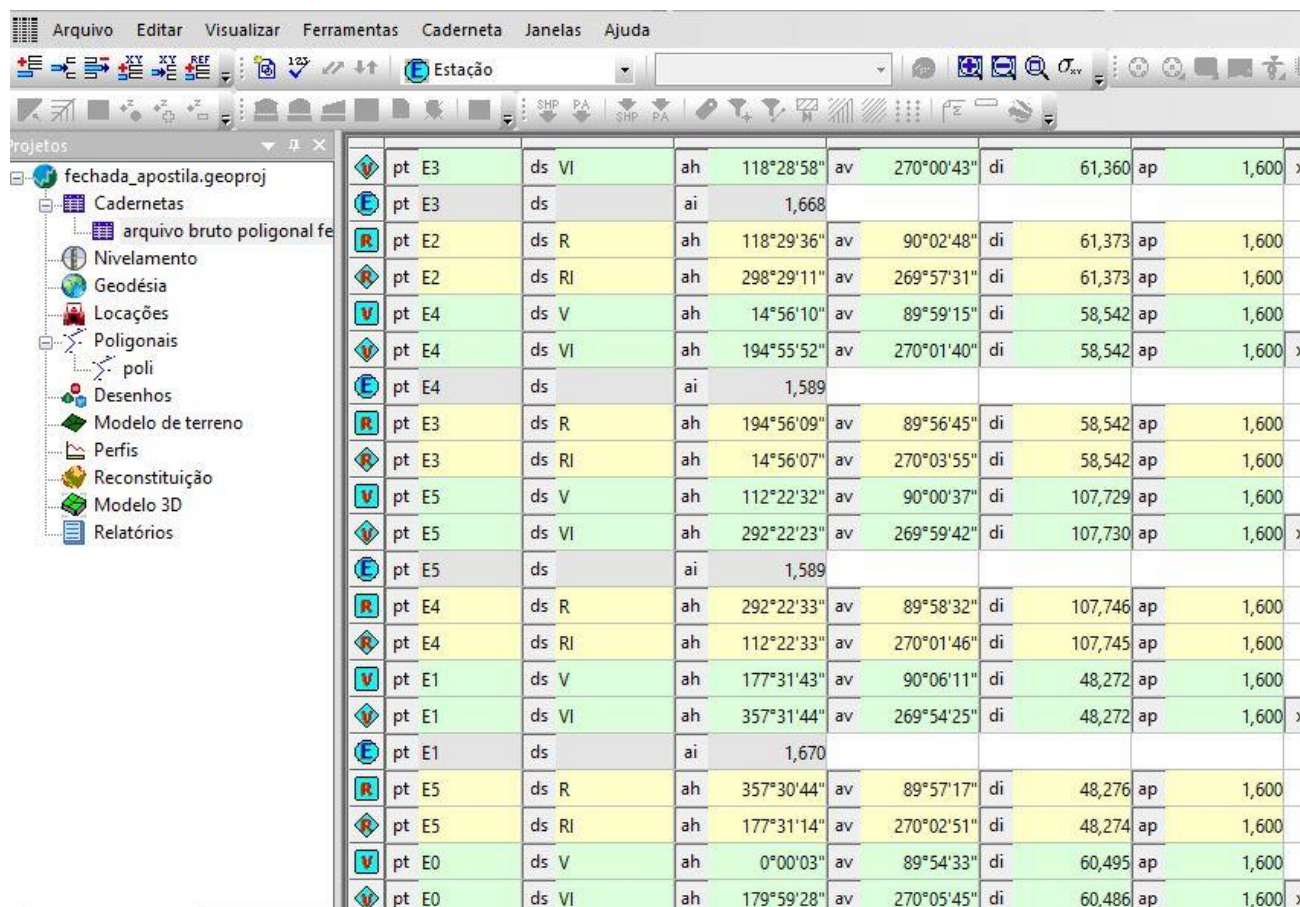


2.2.5 Processamento

O processamento poderá ser executado em qualquer programa compatível com o arquivo de medição.

Neste exemplo será executado no programa Datageosis seguindo o roteiro descrito na Apostila-Datageosis do módulo 2 e os resultados são abaixo apresentados.

Extrato da caderneta com os dados processados no programa:

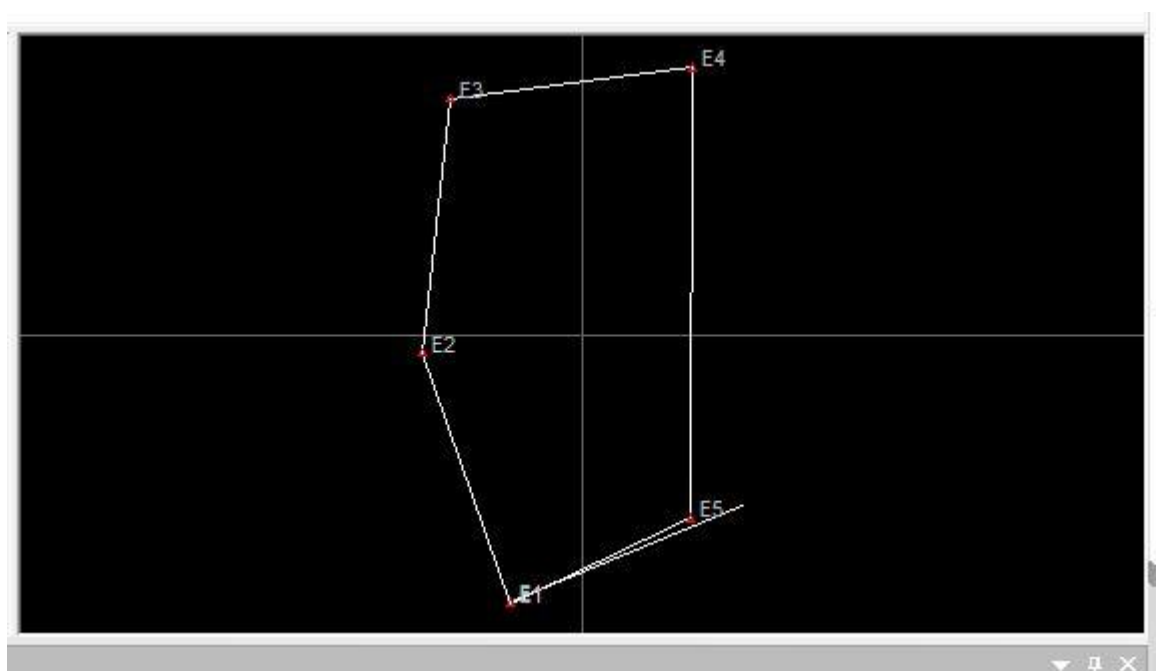


pt	ds	ah	av	di	ap
pt E3	ds VI	118°28'58"	270°00'43"	61,360	1,600
pt E3	ds	ai	1,668		
pt E2	ds R	118°29'36"	90°02'48"	61,373	1,600
pt E2	ds RI	298°29'11"	269°57'31"	61,373	1,600
pt E4	ds V	14°56'10"	89°59'15"	58,542	1,600
pt E4	ds VI	194°55'52"	270°01'40"	58,542	1,600
pt E4	ds	ai	1,589		
pt E3	ds R	194°56'09"	89°56'45"	58,542	1,600
pt E3	ds RI	14°56'07"	270°03'55"	58,542	1,600
pt E5	ds V	112°22'32"	90°00'37"	107,729	1,600
pt E5	ds VI	292°22'23"	269°59'42"	107,730	1,600
pt E5	ds	ai	1,589		
pt E4	ds R	292°22'33"	89°58'32"	107,746	1,600
pt E4	ds RI	112°22'33"	270°01'46"	107,745	1,600
pt E1	ds V	177°31'43"	90°06'11"	48,272	1,600
pt E1	ds VI	357°31'44"	269°54'25"	48,272	1,600
pt E1	ds	ai	1,670		
pt E5	ds R	357°30'44"	89°57'17"	48,276	1,600
pt E5	ds RI	177°31'14"	270°02'51"	48,274	1,600
pt E0	ds V	0°00'03"	89°54'33"	60,495	1,600
pt E0	ds VI	179°59'28"	270°05'45"	60,486	1,600

Apresentação dos resultados do processamento da poligonal fechada pelo método proporcional as distâncias.

EST	PV	Azimute	Dist. Horiz.	Desnível	X	Y	Z
E1	E0	67°44'23"					
E1	E2	340°49'37"	62,970 m	0,071 m	438,055	895,962	100,05
E2	E3	6°13'30"	61,366 m	0,077 m	444,709	956,964	100,11
E3	E4	82°40'09"	58,542 m	0,089 m	502,776	964,434	100,18
E4	E5	180°06'26"	107,737 m	-0,033 m	502,575	856,691	100,12
E5	E1	245°15'28"	48,273 m	-0,101 m	458,735	836,488	100,00

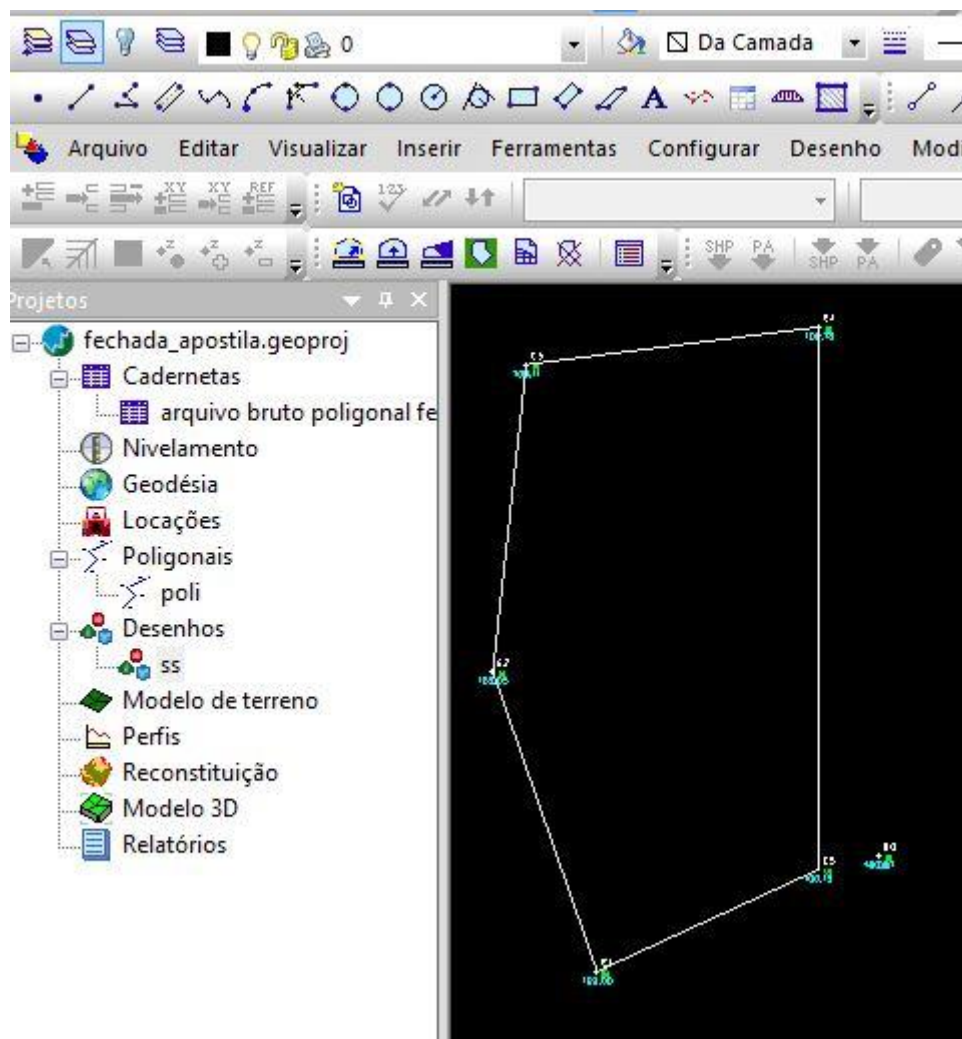
Poligonal fechada com controle total.
 Sistema Plano Topográfico Local
 Compensada proporcionalmente às projeções
 Ângulos compensados
 Cotas compensadas
 Nº de vértices: 5
 Erro angular: -0°00'03" (Tolerância Angular = 0°00'18")
 Erro linear: 0,016 m (Tolerância Linear = 1,4221)
 Delta E(X): -0,009 m
 Delta N(Y): 0,013 m
 Erro altimétrico: 0,102 m
 Precisão relativa linear: 1:21831
 Área sem ajuste: 6738,170 m²
 Perímetro sem ajuste: 338,889 m
 Área com ajuste: 6738,521 m²
 Perímetro com ajuste: 338,890 m



Croqui da poligonal processada

2.2.6 Desenho

O desenho em CAD poderá ser realizado no próprio Datageosis ou exportado para edição em outro programa.



Desenho em CAD de poligonal fechada.

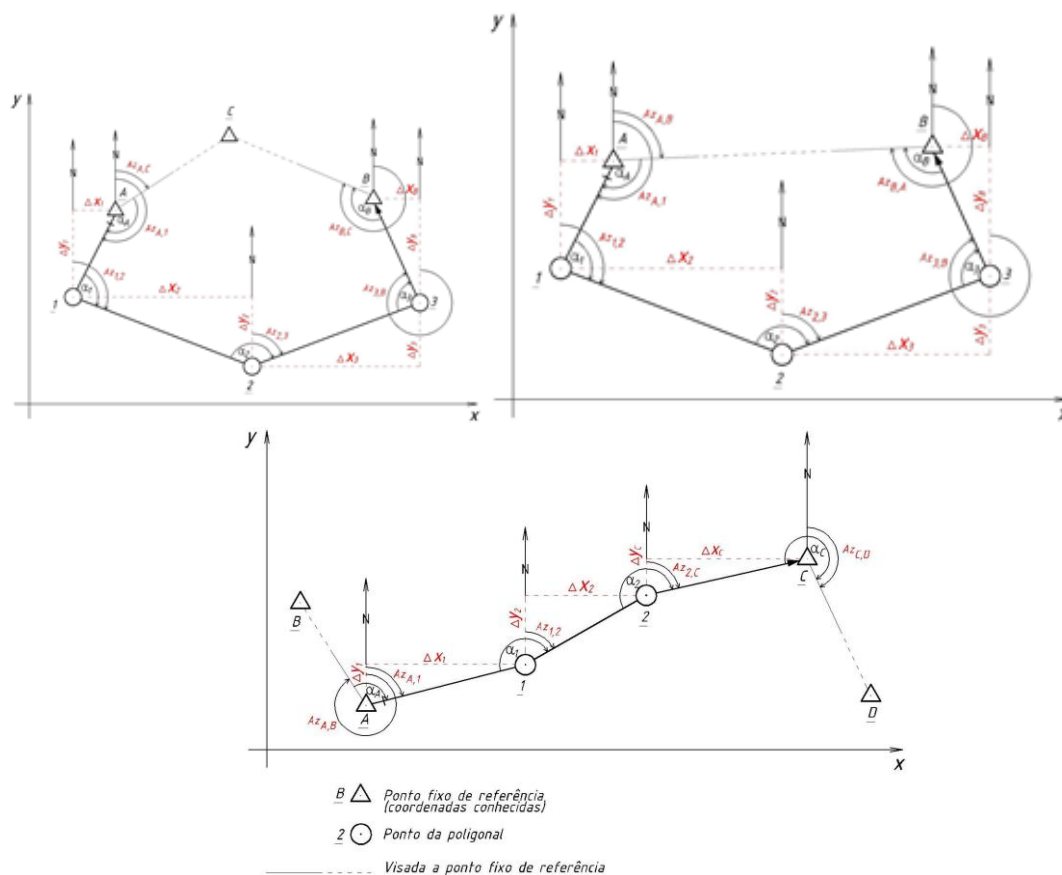
2.2.7 Relatório

Ao final do processo será elaborado um relatório técnico de acordo com a NBR 13133 conforme modelo na página do curso.

2.3 Poligonal Enquadrada

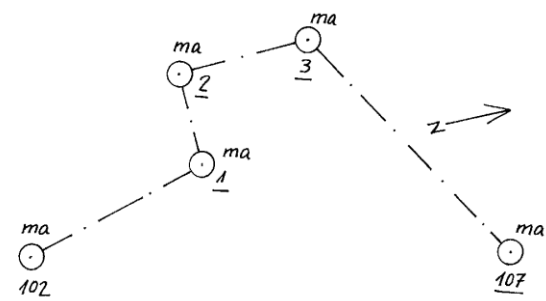
2.3.1 Conceito

São poligonais apoiadas e fechadas em pontos e direções distintas. São várias as possibilidades de configuração de poligonais enquadradas



Elementos e configurações de poligonais enquadradas.

2.3.2 Croqui



Croqui de uma poligonal enquadrada.

2.3.3 Ajustamento

O ajustamento da poligonal pode ser realizado seguindo um roteiro de cálculo, sendo feita a correção angular proporcional ao número de vértices e a correção linear proporcional às projeções.

Roteiro de cálculo:

1- Cálculo das médias das distâncias entre vértices (**d**);

$$d = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n}$$

2- Cálculo das médias dos ângulos irradiados entre vértices (**I**);

$$I = \frac{\sum (LV - LR)}{n}$$

3- Perímetro (**p**):

$$p = \sum d = d_1 + d_2 + \dots + d_n$$

4- Cálculo azimuth de partida (**AZp**):

Transf. Retangular -- Polar

Na calculadora Casio fx 82MS a seqüência de operação da transformação de coordenadas retangulares em polares é a descrita abaixo:

Pol (	Y _R - Y _E	,	X _R - X _E	=
Na tela o valor da distância				
	Alpha		tan	=
Na tela o valor do Azimute em decimal				
Se for negativo + 360			Tecla dms   	

5- Cálculo azimuth de enquadramento (chegada) (**AZe**):

Transf. Retangular -- Polar

Pol (	Y _R - Y _E	,	X _R - X _E	=
Na tela o valor da distância				
	Alpha		tan	=
Na tela o valor do Azimute em decimal				
Se for negativo + 360			Tecla dms   	

6- Cálculo dos azimutes (**AZ_v**);

$$\mathbf{AZ_v = AZ_R + I}$$

$$\mathbf{AZ_R = AZ_{ant} \pm 180^\circ}$$

$$\mathbf{AZ_v = (AZ_{ant} \pm 180^\circ) + I}$$

Obs.: quando a soma for maior que 360°, subtrai-se de 360°.

7- Erro angular (**E α**) :

$$\mathbf{E\alpha = \acute{ultimo\ AZ_v\ calculado - AZ_e}$$

8- Tolerância angular (**T α**) :

As tolerâncias angulares de poligonais, normalmente são definidas pelo contratante ou normalizadas em função da finalidade do levantamento. Em casos de não haver a definição da tolerância angular, podemos analisar se o procedimento de medição angular foi efetuado de forma adequada, utilizando a seguinte equação:

$$\mathbf{T\alpha = \pm 3 * P_n * \sqrt{n}}$$

onde : P_n = precisão nominal do instrumento estabelecida pelo fabricante.

9- Verificação da tolerância angular:

T α $\geq$ E α a tolerância tem que ser maior ou igual ao erro angular.

Se o erro angular for superior à tolerância, o levantamento será descartado.

Distribuição do erro angular será realizada proporcionalmente ao número de vértices.

10- Correção angular (**C α**) :

$$\mathbf{C\alpha = - E\alpha / n}$$

OBS. A correção tem sinal oposto ao erro;

10.1- Distribuição da correção (**C α_n**)

O valor da correção será igual para cada ângulo de forma acumulada, pois está sendo realizada nos azimutes;

$$\mathbf{C\alpha_n = C\alpha + C\alpha_{n-1}}$$

OBS: Há outras formas de distribuição do erro angular.

11- Verificação da correção:

A última correção angular tem que ser igual ao erro angular cometido.

OBS: As verificações são importantes para não propagarmos eventuais erros de cálculo.

12- Azimute corrigido (**AZ**):

$$\mathbf{AZ} = \mathbf{AZv} + \mathbf{C\alpha}$$

13- Verificação dos azimutes corrigidos

O azimute de partida transportado na poligonal tem que ser igual ao azimute de enquadramento (de chegada).

$$\text{Último AZ} = \mathbf{AZe}$$

14- Cálculo das projeções:

14.1- Projeção em X (**ΔX**) :

$$\mathbf{\Delta X} = d * \text{sen } \mathbf{Az}$$

14.2- Projeção em Y (**ΔY**) :

$$\mathbf{\Delta Y} = d * \text{cos } \mathbf{Az}$$

Ou por transformação de coordenadas polares em retangulares.

Rec (	distância	,	azimute	=
Na tela o valor de ΔY		Alpha	tan	=
Na tela o valor de ΔX				

15- Somatório das projeções

15.1- Somatório na projeção X : **$\Sigma \Delta X$**

15.2- Somatório em módulo na projeção X : **$\Sigma |\Delta X|$**

15.3- Somatório na projeção Y : **$\Sigma \Delta Y$**

15.4- Somatório em módulo na projeção Y : **$\Sigma |\Delta Y|$**

16- Erro nas projeções:

Em uma poligonal enquadrada o somatório das projeções em X e em Y tem que ser igual a diferença entre as coordenadas dos pontos de enquadramento (chegada) e partida.

16.1- Erro na projeção X (**Ex**):

$$\mathbf{Ex} = \Sigma \Delta X - (X_e - X_p)$$

16.2- Erro na projeção Y (**Ey**):

$$\mathbf{Ey} = \Sigma \Delta Y - (Y_e - Y_p)$$

17- Erro linear (**EI**):

$$\mathbf{EI} = \sqrt{(Ex^2 + Ey^2)}$$

18- Tolerância linear (**TI**):

$$\mathbf{TI} = \pm 3 * PN * \sqrt{p} \text{ (Km)}$$

OBS: Quando não estabelecida a tolerância em norma ou pelo contratante utilizar a fórmula acima.

19- Precisão linear (**PI**):

$$\mathbf{PI} = 1 : (p / EI)$$

OBS. Muitas vezes a tolerância é apresentada na forma de precisão linear. Exemplo: precisão linear 1:10000, significa um erro de 1 metro em 10000 metros.

20- Verificação da tolerância linear:

TI ≥ EI a tolerância tem que ser maior ou igual ao erro linear.
Se o erro linear for superior à tolerância, o levantamento será descartado.

A correção do erro linear será realizada pelo método de compensação nas projeções.

21- Correções nas projeções

21.1- Correção na projeção X (**Cx**):

$$\mathbf{Cx} = (|\Delta X| * |Ex|) / \Sigma | \Delta X |)$$

21.2- Correção na projeção Y (**Cy**):

$$\mathbf{Cy} = (|\Delta Y| * |Ey|) / \Sigma | \Delta Y |)$$

OBS. A correção tem sinal oposto ao erro;
Há outras formas de distribuição do erro linear.

22- Verificação das correções

22.1- Somatória de **Cx = Ex**

22.2- Somatória de **Cy = Ey**

OBS: As verificações são importantes para não propagarmos eventuais erros de cálculo.

23- Projeções corrigidas

23.1- Projeção corrigida em X (**ΔX_c**):

$$\Delta X_c = \Delta X + C_x$$

23.2- Projeção corrigida em Y (**ΔY_c**):

$$\Delta Y_c = \Delta Y + C_y$$

24- Verificação das projeções corrigidas:

24.1 Projeção em X: **$\Sigma \Delta X_c = (X_e - X_p)$**

24.2 Projeção em Y: **$\Sigma \Delta Y_c = (Y_e - Y_p)$**

25- Cálculo das coordenadas (**X_n**), (**Y_n**):

25.1 Em X: **$X_n = X_{n-1} + \Delta X_{n-1,n}$**

25.2 Em Y: **$Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y_{n-1,n}$**

24- Verificação das coordenadas

A última coordenada calculada deve ser igual a coordenada de enquadramento

O cálculo poderá ser realizado utilizando-se uma planilha

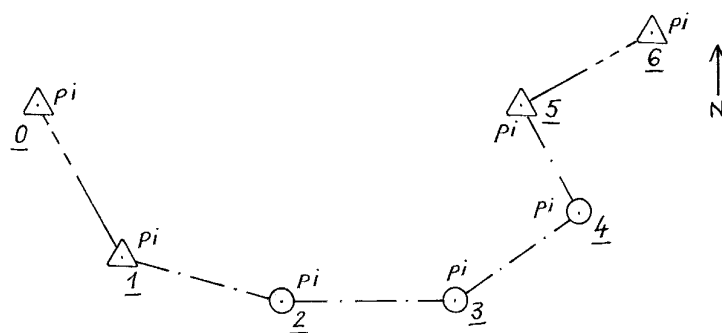
Exemplo

Calcular a poligonal enquadrada, sendo:

Caderneta de campo Levantamento Planimétrico				
Atividade	Poligonal enquadrada			Data 13/12/17
Equipe	Cabral, Hasenack			
Local	Campus Florianópolis			Folha 1
Equipamento	Topcon 235		Obs.	
Estação	Ponto Visado	Ângulo Horizontal	Distância Horizontal	Descrição
1	2	155°16'44"	340,059	
2	3	140°44'33"	301,475	
3	4	153°25'15"	279,038	
4	5	96°02'39"	254,019	
5	6	239°01'11"		

Obs: Os dados de medição apresentados são as médias de uma série de leituras em cada estação.

Caderneta de Coordenadas			
Nº ponto	X	Y	Descrição
0	2726.1943	3831.5549	Ré
1	2810.1939	3598.8260	partida
5	3547.0991	3667.5001	enquadramento
6	3696.0074	3818.2016	vante



Croqui poligonal enquadrada.

Precisão linear admitida 1:12000

Memória de cálculo:

1- Cálculo das médias das distâncias entre vértices (**d**);

2- Cálculo das médias dos ângulos irradiados entre vértices (**I**);
Os dados já apresentam a média das distâncias e ângulos.

3- Perímetro (**p**):

$$p = \sum d = d_1 + d_2 + \dots + d_n$$

$$p = 340,059 + 301,475 + 279,038 + 254,019 = 1174,591\text{m}$$

4- Cálculo azimute de partida (**AZ_p**):

Transf. Retangular -- Polar

Coordenadas dos pontos de partida:

$$0 = (2726.1943 ; 3831.5549) ; 1 = (2810.1939 ; 3598.8260)$$

Pol (	Y _R - Y _E	,	X _R - X _E	=
Na tela o valor da distância		Alpha	tan	=
Na tela o valor do Azimute em decimal		Se for negativo + 360		Tecla dms   

Pol (	3831.5549 - 3598.8260	,	2726.1943 - 2810.1939	=
247,424		Alpha tan		=
- 19,84619913		+ 360	340°09'14"	

5- Cálculo azimute de enquadramento (chegada) (**AZ_e**):

Transf. Retangular -- Polar

Coordenadas dos pontos de enquadramento (chegada):

$$5 = (3547.0991 ; 3667.5001) ; 6 = (3696.0074 ; 3818.2016) .$$

Pol (	3818.2016 - 3667.5001	,	3696.0074 - 3547.0991	=
211,860		Alpha tan		=
44.65708209			44°39'26"	

6- Cálculo dos azimutes (**AZ_v**);

$$AZ_v = AZ_R + I$$

$$AZ_v = (AZ_{ant} \pm 180^\circ) + I$$

$$\begin{aligned}
AZ_{12} &= (340^{\circ}09'14'') + 155^{\circ}16'44'' - 360^{\circ} \\
AZ_{12} &= 135^{\circ}25'58'' \\
AZ_{23} &= (AZ_{12} \pm 180^{\circ}) + I \\
AZ_{23} &= (135^{\circ}25'58'' + 180^{\circ}) + 140^{\circ}44'33'' - 360^{\circ} \\
AZ_{23} &= 96^{\circ}10'31'' \\
AZ_{34} &= (AZ_{23} \pm 180^{\circ}) + \alpha I \\
AZ_{34} &= (96^{\circ}10'31'' + 180^{\circ}) + 153^{\circ}25'15'' - 360^{\circ} \\
AZ_{34} &= 69^{\circ}35'46'' \\
AZ_{45} &= (AZ_{34} \pm 180^{\circ}) + \alpha I \\
AZ_{45} &= (69^{\circ}35'46'' + 180^{\circ}) + 96^{\circ}02'39'' \\
AZ_{45} &= 345^{\circ}38'25'' \\
AZ_{51} &= (AZ_{45} \pm 180^{\circ}) + \alpha I \\
AZ_{51} &= (345^{\circ}38'25'' - 180^{\circ}) + 239^{\circ}01'11'' - 360^{\circ} \\
AZ_{51} &= 44^{\circ}39'36''
\end{aligned}$$

7- Erro angular (**E α**) :

E α = último AZv calculado - AZe

$$\mathbf{E\alpha} = 44^{\circ}39'36'' - 44^{\circ}39'26''$$

$$\mathbf{E\alpha} = 10''$$

8- Tolerância angular (**T α**):

$$\mathbf{T\alpha} = \pm 3 * Pn * \sqrt{n}$$

$$\mathbf{T\alpha} = \pm 3 * 5'' * \sqrt{5}$$

$$\mathbf{T\alpha} = \pm 34''$$

9- Verificação da tolerância angular:

$$\mathbf{T\alpha} \geq \mathbf{E\alpha}$$

34'' $\geq$ 10'' erro dentro da tolerância.

10- Correção angular (**C α**) :

$$\mathbf{C\alpha} = - E\alpha / n$$

$$\mathbf{C\alpha} = -10'' / 5$$

$$\mathbf{C\alpha} = -2''$$

10.1- Distribuição da correção (**C α_n**):

$$\mathbf{C\alpha_n} = C\alpha + C\alpha_{n-1}$$

$$\begin{aligned}C\alpha_1 &= -2 + 0 = -2'' \\C\alpha_2 &= -2 + -2 = -4'' \\C\alpha_3 &= -2 + -4 = -6'' \\C\alpha_4 &= -2 + -6 = -8'' \\C\alpha_5 &= -2 + -8 = -10''\end{aligned}$$

11- Verificação da correção :

A última correção angular tem que ser igual ao erro angular cometido

$$10 = -10$$

Condição atendida

12- Azimute corrigido (**AZ**):

$$AZ = AZ_v + C\alpha$$

$$AZ = 135^\circ 25' 58'' + -2 = 135^\circ 25' 56''$$

$$AZ = 96^\circ 10' 31'' + -4 = 96^\circ 10' 27''$$

$$AZ = 69^\circ 35' 46'' + -6 = 69^\circ 35' 40''$$

$$AZ = 345^\circ 38' 25'' + -8 = 345^\circ 38' 17''$$

$$AZ = 44^\circ 39' 36'' + -10 = 44^\circ 39' 26''$$

13- Verificação dos azimutes corrigidos:

$$\text{Último AZ} = AZ_e$$

$$44^\circ 39' 26'' = 44^\circ 39' 26''$$

Condição atendida

14- Cálculo das projeções:

Por transformação de coordenadas polares em retangulares.

Rec (	distância	,	azimute	=	ΔY	ΔX
Rec (	340,059	,	135°25'56"	=	242,2651	238,6373
Rec (	301,475	,	96°10'27"	=	-32,4240	299,7263
Rec (	279,038	,	69°35'40"	=	97,2902	261,5279
Rec (	254,019	,	345°38'17"	=	246,0804	-63,0085

15- Somatório das projeções

15.1- Somatório na projeção X : $\Sigma \Delta X$

$$\Sigma \Delta X = 238,6373 + 299,7263 + 261,5279 + -63,0085 = 736,8830$$

15.2- Somatório em módulo na projeção X : $\Sigma |\Delta X|$

$$\Sigma |\Delta X| = |238,6373 + 299,7263 + 261,5279 + 63,0085| = 862,9000$$

15.3- Somatório na projeção Y : $\Sigma \Delta Y$

$$\Sigma \Delta Y = -242,2651 + -32,4240 + 97,2902 + 246,0804 = 68,6815$$

15.4- Somatório em módulo na projeção Y : $\Sigma |\Delta Y|$

$$\Sigma |\Delta Y| = | 242,2651 + 32,4240 + 97,2902 + 246,0804 | = 618,0597$$

16- Erro nas projeções:

16.1- Erro na projeção X (E_x):

$$E_x = \Sigma \Delta X - (X_e - X_p)$$

$$E_x = 736,8830 - (3547.0991 - 2810.1939) = - 0,0222$$

16.2- Erro na projeção Y (E_y):

$$E_y = \Sigma \Delta Y - (Y_e - Y_p)$$

$$E_y = 68,6815 - (3667.5001 - 3598.8260) = 0,0074$$

17- Erro linear (EI):

$$EI = \sqrt{ E_x^2 + E_y^2 }$$

$$EI = \sqrt{ 0,0222^2 + 0,0074^2 }$$

$$EI = 0,0234 \text{ m} = 23 \text{ mm}$$

18- Tolerância linear (TI):

$$TI = \pm 3 * PN * \sqrt{p} \text{ (Km)}$$

$$TI = \pm 3 * (5 + 5 * 1,174591) * \sqrt{1,174591} \text{ m}$$

$$TI = \pm 35 \text{ mm}$$

19- Precisão linear (PI):

$$PI = 1 : (p / EI)$$

$$PI = 1 : (1174,591 / 0,0234)$$

$$PI = 1 : 50000 \text{ (por arredondamento)}$$

20- Verificação da tolerância linear:

$$TI \geq EI \text{ } 35 \text{ mm} \geq 23 \text{ mm ou}$$

PI obtida (1:50000) é melhor que a **PI admitida** (1:12000)

Condição atendida

21- Correções nas projeções

21.1- Correção na projeção X (**C_x**):

$$\mathbf{C_x} = (|\Delta X| * |E_x|) / \Sigma | \Delta X |)$$

$$\mathbf{C_x} = (| 238,6373 | * | -0,0222 |) / | 862,9000 |) = 0,0062$$

$$\mathbf{C_x} = (| 299,7263 | * | -0,0222 |) / | 862,9000 |) = 0,0077$$

$$\mathbf{C_x} = (| 261,5279 | * | -0,0222 |) / | 862,9000 |) = 0,0067$$

$$\mathbf{C_x} = (| -63,0085 | * | -0,0222 |) / | 862,9000 |) = 0,0016$$

21.2- Correção na projeção Y (**C_y**):

$$\mathbf{C_y} = (|\Delta Y| * |E_y|) / \Sigma | \Delta Y |)$$

$$\mathbf{C_y} = (| -242,2651 | * | 0,0074 |) / | 618,0597 |) = -0,0029$$

$$\mathbf{C_y} = (| -32,4240 | * | 0,0074 |) / | 618,0597 |) = -0,0004$$

$$\mathbf{C_y} = (| 97,2902 | * | 0,0074 |) / | 618,0597 |) = -0,0012$$

$$\mathbf{C_y} = (| 246,0804 | * | 0,0074 |) / | 618,0597 |) = -0,0029$$

22- Verificação das correções

22.1- Somatória de **C_x** = **E_x**

$$\Sigma \mathbf{C_x} = 0,0062 + 0,0077 + 0,0067 + 0,0016 = 0,0222$$

$$0,0222 = 0,0222$$

Condição satisfeita

22.2- Somatória de **C_y** = **E_y**

$$\Sigma \mathbf{C_y} = 0,0029 + 0,0004 + 0,0012 + 0,0029 = 0,0074$$

$$0,0074 = 0,0074$$

Condição satisfeita

23- Projeções corrigidas

23.1- Projeção corrigida em X (**ΔX_c**):

$$\mathbf{\Delta X_c} = \Delta X + C_x$$

$$\mathbf{\Delta X_c} = 238,6373 + 0,0062 = 238,6435$$

$$\mathbf{\Delta X_c} = 299,7263 + 0,0077 = 299,7340$$

$$\mathbf{\Delta X_c} = 261,5279 + 0,0067 = 261,5346$$

$$\mathbf{\Delta X_c} = -63,0085 + 0,0016 = -63,0069$$

23.2- Projeção corrigida em Y (ΔY_c):

$$\Delta Y_c = \Delta Y + C_y$$

$$\Delta y_c = -242,2651 + -0,0029 = -242,2680$$

$$\Delta y_c = -32,4240 + -0,0004 = -32,4244$$

$$\Delta y_c = 97,2902 + -0,0012 = 97,2890$$

$$\Delta y_c = 246,0804 + -0,0029 = 246,0775$$

24- Verificação das projeções corrigidas:

24.1 Projeção em X: $\Sigma \Delta X_c = (X_e - X_p)$

$$\Sigma \Delta X_c = 238,6435 + 299,7340 + 261,5346 + -63,0069 = 736,9052$$

$$(X_e - X_p) = (3547.0991 - 2810.1939) = 736,9052$$

Condição satisfeita

24.2 Projeção em Y: $\Sigma \Delta Y_c = (Y_e - Y_p)$

$$\Sigma \Delta Y_c = -242,2680 + -32,4244 + 97,2890 + 246,0775 = 68,6741$$

$$(Y_e - Y_p) = (3667.5001 - 3598.8260) = 68,6741$$

Condição satisfeita

25- Cálculo das coordenadas (X_n), (Y_n):

25.1 Em X: $X_n = X_{n-1} + \Delta X_{n-1,n}$

$$X_2 = 2810.1939 + 238,6435 = 3048,8374$$

$$X_3 = 3048,8374 + 299,7340 = 3348,5714$$

$$X_4 = 3348,5714 + 261,5346 = 3610,1060$$

$$X_5 = 3610,1060 + -63,0069 = 3547,0991$$

25.2 Em Y: $Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y_{n-1,n}$

$$Y_2 = 3598.8260 + -242,2680 = 3356,5580$$

$$Y_3 = 3356,5580 + -32,4244 = 3324,1336$$

$$Y_4 = 3324,1336 + 97,2890 = 3421,4226$$

$$Y_5 = 3421,4226 + 246,0775 = 3667.5001$$

24- Verificação das coordenadas

A última coordenada calculada deve ser igual a coordenada de enquadramento

$$5 = (3547.0991 ; 3667.5001) = 5 = (3547.0991 ; 3667.5001)$$

Condição satisfeita

O cálculo poderá ser realizado utilizando-se uma planilha

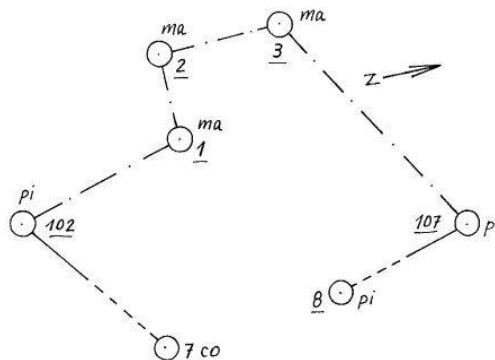
PLANILHA DE CALCULO DE POLIGONAL ENQUADRADA									
Cliente:	IFSC	Local: Campus Fpolis	Calculista	Data: 10/12/18					
Partida:	0 (2726,1943 ; 3831,5548)	1 (2810,1939 ; 3598,826)	AZ RE	340°09'14"	PN ang	5"			
Enquadramento	5 (3547,0991 ; 3667,5001)	6 (3696,0074 ; 3818,2016)	AZ ENQ.	44°39'26"	PN linear	5mm +5ppm			
Estação	Ponto visado	Distância (d)	Ângulo (l)	Azimute (AZv)	Correção Angular Cα	Azimute Corrigido(AZ)			
1	2	340,059	155°16'44"	135°25'58"	-2	135°25'56"			
2	3	301,475	140°44'33"	96°10'31"	-4	96°10'27"			
3	4	279,038	153°25'15"	69°35'46"	-6	69°35'40"			
4	5	254,019	96°02'39"	345°38'25"	-8	345°38'17"			
5	6		239°01'11"	44°39'36"	-10	44°39'26"			
Perímetro			Erro angular	10"	Tolerância angular	34"			
1-Perímetro (p) = d1 + d2 + ... + dn				7-Verificação: Tolerância angular maior ou igual ao Erro angular					
2- Cálculo Azimute de partida (AZp) Transformação Retangular em Polar				8-Correção angular (Cα): Cα = Ec/n Corrigir acumulado					
3- Cálculo Azimute de enquadramento (AZE) Transformação Retangular em Polar				8.1 Correção deve ser acumulada: Cαn = Cα + Cα n-1					
4-Cálculo dos azimutes: AZv = (AZz) + l				9-Verificação da correção: Última correção = Eα					
4.1-AZv = (AZ ant ± 180°) + l				10-Azimute corrigido (AZ): AZ = AZv + Cα					
5-Erro ângular Eα = último Azv calculado - Aze				10.1-Verificação dos azimutes: último AZc = Aze					
6-Tolerância Angular: Tα = 3*PN*√n									
Estação	Ponto visado	Projeções		Correções		Projeções Corrigidas		Coordendas	
		ΔX	ΔY	Cx	Cy	ΔXc	ΔYc	X	Y
1	2	238,6373	-242,2651	0,0062	-0,0029	238,6435	-242,268	3048,8374	3356,558
2	3	299,7263	-32,424	0,0077	-0,0004	299,734	-32,4244	3348,5714	3324,1336
3	4	261,5279	97,2902	0,0067	-0,0029	261,5346	246,0775	3610,106	3421,4226
4	5	-63,0085	246,0804	0,0016	-0,0012	-63,0069	97,289	3547,0991	3667,5001
5	6								
Σ		736,883	68,6815						
Σ Δ		862,9	618,0597					Xe - Xp	736,9052
E		-0,0222	0,0074	TL	35 mm	PL	1 : 50000	Ye - Yp	68,6741
11-Cálculo das projeções (Transformação Polar em Retan				14-Erro linear (E): EI = √(Ex²+Ey²)		20-Projeções corrigidas			
12-Somatório das projeções				15-Tolerância Linear (Tl): Tl = 3 * PN * √p(km)		20.1 Projeção corrigida em X (ΔXc): ΔXc = ΔX + Cx			
12.1-Somatório na projeção X: ΣΔX				16-Precisão linear (Pl): Pl = 1 : (p / EI)		20.2 Projeção corrigida em Y (ΔYc): ΔYc = ΔY + Cy			
12.2-Somatório em módulo na projeção X Σ ΔX				17-Verificação: Tolerância >= erro		21-Verificação das Projeções corrigidas			
12.3-Somatório na projeção X: ΣΔX				18- Correção nas projeções		21.1 Projeção em X ΣΔXc = (Xe-Xp)			
12.4-Somatório em módulo na projeção X Σ ΔX				18.1 Correção em X (Cx): Cx = (ΔX * Ex) / Σ ΔX		21.2 Projeção em Y: ΣΔYc = (Ye-Yp)			
13-Erro nas projeções				18.2 Correção em Y (Cy): Cy = (ΔY * Ey) / Σ ΔY		22-Cálculo de coordenadas			
13.1-Erro na projeção X Ex: Ex= ΣΔX*(Xe-Xp)				19-Verificação das correções		22.1 Em X: Xn = Xn-1 + ΔXc			
13.2-Erro na projeção Y Ey: Ey= ΣΔY*(Ye-Yp)				19.1 Cx = ΣX		22.1 Em Y: Yn= Yn-1 + ΔYc			
				19.2 Cy = ΣY					

O ajustamento poderá ser realizado proporcionalmente as distâncias ou por mínimos quadrados.

2.3.4 Análise e tratamento das medições

Arquivo editado de um levantamento de uma poligonal enquadrada com uma série de leitura conjugadas executado com uma estação total marca Topcon 235.

```
'102_(E_)1.538
_+7_ ?+00079668m0894855+0191456d+00079668*60+08+00058_*R_,1.496
_+1_ ?+00078180m0905258+3115129d+00078171*60+08+00056_*V_,1.750
_+7_ ?+00079667m2701040+1991447d+00079666*60+08+00063_*RI_,1.496
_+1_ ?+00078181m2690647+1315133d+00078171*60+08+00057_*VI_,1.750
_'1_(E_)1.615
_+102_ ?+00078188m0885348+2722938d+00078174*60+08+00055_*R_,1.648
_+2_ ?+00037358m0904746+0261402d+00037354*60+08+00062_*V_,1.582
_+102_ ?+00078187m2710602+0922935d+00078173*60+08+00052_*RI_,1.648
_+2_ ?+00037358m2691141+2061403d+00037354*60+08+00063_*VI_,1.582
_'2_(E_)1.607
_+1_ ?+00037350m0891246+2924413d+00037347*60+08+00052_*R_,1.583
_+3_ ?+00030644m0894014+1954305d+00030643*60+08+00049_*V_,1.627
_+1_ ?+00037350m2704625+1124448d+00037346*60+08+00048_*RI_,1.583
_+3_ ?+00030644m2701829+0154253d+00030644*60+08+00058_*VI_,1.627
_'3_(E_)1.644
_+2_ ?+00030639m0902642+0794839d+00030638*60+08+00059_*R_,1.582
_+107_ ?+00116073m0885607+3225311d+00116053*60+08+00058_*V_,1.568
_+2_ ?+00030639m2693331+2594842d+00030638*60+08+00051_*RI_,1.582
_+107_ ?+00116072m2710359+1425320d+00116052*60+08+00051_*VI_,1.568
_'107_(E_)1.578
_+3_ ?+00116077m0910114+1344317d+00116059*60+08+00062_*R_,1.580
_+8_ ?+00041524m0901524+0494914d+00041524*60+08+00055_*V_,1.612
_+3_ ?+00116078m2685829+3144328d+00116059*60+08+00059_*RI_,1.580
_+8_ ?+00041524m2694436+2294910d+00041524*60+08+00052_*VI_,1.612
```



Croqui de medição, poligonal enquadrada.

Caderneta de Coordenadas			
Nº ponto	X	Y	Descrição
7	556,595	1021,3818	Ré
102	491,252	975,807	partida
107	547,5911	1134,560	enquadramento
8	560,0060	1094,9364	vante

2.3.5 Processamento

O processamento poderá ser executado em qualquer programa compatível com o arquivo de medição.

Neste exemplo será executado no programa Métrica Topo seguindo o roteiro descrito pelo manual do programa os resultados são abaixo apresentados.

Extrato da caderneta com os dados processados no programa:

Métrica TOPO PLAN (29.453.534)

Início Exibir Editar Planilha Meu TOPO

Nova Abrir Backups Salvar Editor Rápido Monografia Importar Exportar Coletores Clientes Resp. Téc

Projeto **Relatórios** **ASCII** **Coletor** **Banco de dados**

AH: Hr - Horário Dist: R- Reduzida AV: Z - Zenital

Poligonal 1 X enquadrada_apostila.PTF

Dados **Resultados**

Tipo Fechada 4 pto

Sistema de Cálculo

Topográfico

Erro Angular

Ajustamento

Convencional

Precisão Angular

Valor 30

Partida (Est.)

Coord. (X) 491.2520 ...

Coord. (Y) 975.8070

Cota (Z)

Partida (Ré)

Coord. (X) 556.5950

Ind	Cód.	Ré	Estação	P. Visado	Descrição	Âng. Horiz.	Distância	Âng. Vert.
1	RE		102	7	R	19.1456 Hr	79.6680 i	89.4855 Z
2	VT		102	1	V	311.5129 Hr	78.1800 i	90.5258 Z
3	RE		102	7	RI	199.1447 Hi	79.6670 i	270.104...
4	VT		102	1	VI	131.5133 Hi	78.1810 i	269.064...
5	RE	102	1	102	R	272.2938 Hr	78.1880 i	88.5348 Z
6	VT	102	1	2	V	26.1402 Hr	37.3580 i	90.4746 Z
7	RE	102	1	102	RI	92.2935 Hi	78.1870 i	271.060...
8	VT	102	1	2	VI	206.1403 Hi	37.3580 i	269.114...
9	RE	1	2	1	R	292.4413 Hr	37.3500 i	89.1246 Z
10	VT	1	2	3	V	195.4305 Hr	30.6440 i	89.4014 Z
11	RE	1	2	1	RI	112.4448 Hi	37.3500 i	270.462...
12	VT	1	2	3	VI	15.4253 Hi	30.6440 i	270.182...
13	RE	2	3	2	R	79.4839 Hr	30.6390 i	90.2642 Z
14	VT	2	3	107	V	322.5311 Hr	116.073...	88.5607 Z
15	RE	2	3	2	RI	259.4842 Hi	30.6390 i	269.333...
16	VT	2	3	107	V	143.5338 Hi	116.073...	88.5607 Z

Apresentação dos resultados do processamento da poligonal enquadrada pelo método dos mínimos quadrados.

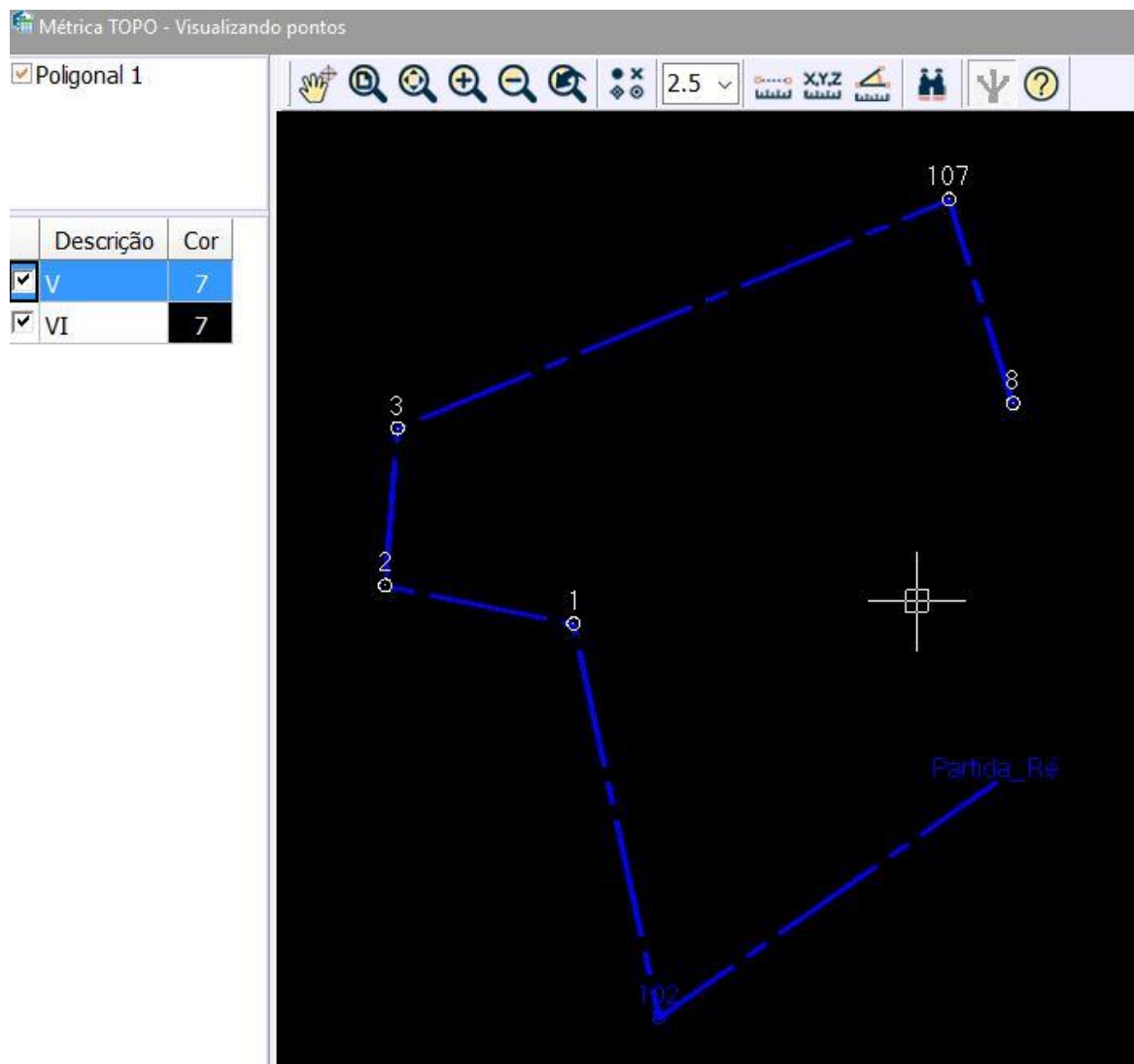
Visualizador de relatórios									
Ind	Cód.	Ré	Estação	P. Visado	*AH (M)	*Dist. (M)	*Azim. Ajust.	*Coord. E(X)	*Coord. N(Y)
1	RE		102	7		79,668			
2	VT		102	1	292°36'39.5"	78,173	347°42'53"	474,6183	1.052,1908
3	RE		102	7		79,668			
4	VT		102	1	292°36'39.5"	78,173	347°42'53"	474,6183	1.052,1908
5	RE	102	1	102		78,174			
6	VT	102	1	2	113°44'26"	37,350	281°27'19"	438,0089	1.059,6094
7	RE	102	1	102		78,174			
8	VT	102	1	2	113°44'26"	37,350	281°27'19"	438,0089	1.059,6094
9	RE	1	2	1		37,346			
10	VT	1	2	3	262°58'28.5"	30,641	4°25'48"	440,3757	1.090,1591
11	RE	1	2	1		37,346			
12	VT	1	2	3	262°58'28.5"	30,641	4°25'48"	440,3757	1.090,1591
13	RE	2	3	2		30,638			
14	VT	2	3	107	243°04'35"	116,056	67°30'15"	547,5911	1.134,5600
15	RE	2	3	2		30,638			
16	VT	2	3	107	243°04'35"	116,056	67°30'15"	547,5911	1.134,5600
17	RE	3	107	3		116,059			
18	VT	3	107	8	275°05'49.5"	41,524	162°36'11"	560,0060	1.094,9364
19	RE	3	107	3		116,059			
20	VT	3	107	8	275°05'49.5"	41,524	162°36'11"	560,0060	1.094,9364

Voltar

☐ Imprimir tabela no centro da folha

☒ Inserir quantidade de páginas

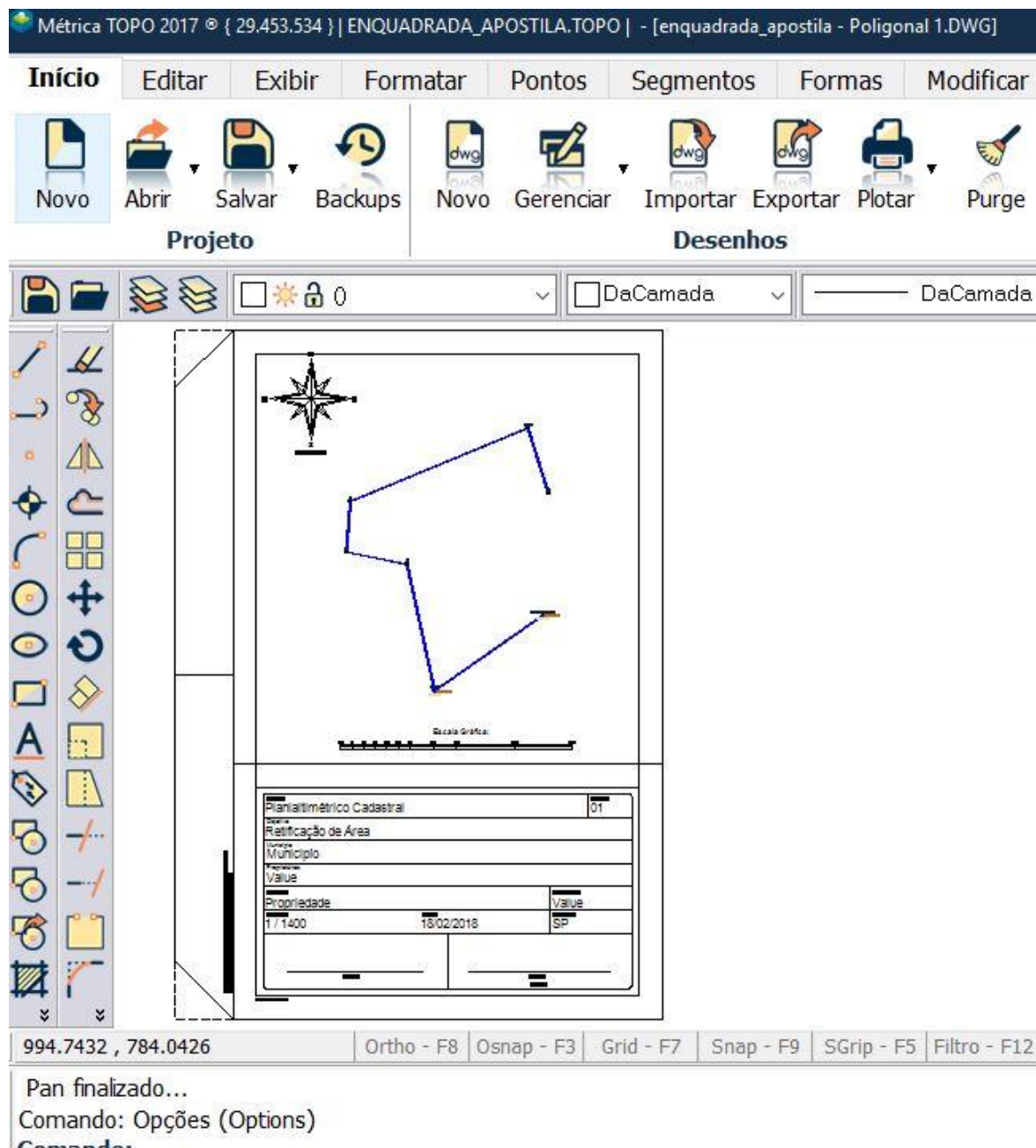
 Fonte da tabela



Croqui de visualização da poligonal

2.3.6 Desenho

O desenho em CAD poderá ser realizado no Métrica Topoo Cad ou exportado para edição em outro programa.



Desenho em CAD de poligonal enquadrada.

3 CLASSIFICAÇÃO

De acordo com a NBR 13133 as poligonais são classificadas conforme conceitos:

- poligonal principal ou poligonal básica

figura geométrica definida com os pontos materializados do apoio topográfico

- poligonal secundária

figura geométrica definida com os pontos materializados do apoio topográfico e apoiados na poligonal principal

-apoio topográfico

conjunto de pontos referenciados planimétricos, altimétricos ou planialtimétricos, que servem de base ao levantamento topográfico

Considerando as finalidades do levantamento topográfico, a densidade de informações a serem representadas, dimensões e a acurácia necessária a cada finalidade, tem-se duas classes de poligonais planimétricas:

poligonal principal (PP) e poligonal secundária (PS), materializadas utilizando-se instrumento, procedimento, desenvolvimento e monumentação adequados, apresentados na Tabela.

Classe	Medição		Desenvolvimento		Monumentação
	Angular	Linear	Desenvolvimento máximo recomendado	Lado mínimo recomendado	
PP	Método das direções Duas séries de leituras horizontais conjugadas (PD e PI)	Leituras recíprocas (avante e ré) Correção de temperatura e pressão	5 km	100 m	Marcos de concreto ou pinos de aço
PS	Método das direções Uma série de leituras horizontais conjugadas (PD e PI)	Leituras recíprocas	2 km	50 m	Pinos de aço ou piquetes

4 TOLERÂNCIAS

De acordo com a norma NBR 13133 o ajustamento em coordenadas das poligonais é precedido pelo cálculo e comparação com as respectivas tolerâncias dos seguintes elementos:

- a) fechamento angular;
- b) erro relativo de fechamento linear após a compensação angular.

NOTA O erro de fechamento linear, após a compensação angular, não define a acurácia da poligonal, mas serve para o julgamento das operações de campo, indicando a precisão da poligonal e a divergência linear no sistema de coordenadas cartesianas (x) e (y).

Os valores referenciais de tolerâncias são:

a) tolerância angular ($T\alpha$):

Considera a teoria dos erros, onde o erro máximo tolerável é aproximadamente três vezes o erro médio temível.

$$T\alpha = 3 \times p \times \sqrt{n} + 10''$$

onde

n é o número de estações;

p é a precisão nominal para a finalidade do trabalho, sendo para PP $\leq 5''$ e para PS $\leq 10''$;

b) tolerância linear:

Para atender a todas as finalidades de levantamentos topográficos, a tolerância mínima é de 1:12 000, entretanto, em casos especiais, deve ser adotada tolerância adequada e definida em comum acordo entre contratante e contratado.

Exemplo :

Determinar as tolerâncias para uma poligonal principal, com 6 vértices e comprimento de 824,234 m e erro linear de 8mm, levantada com uma estação com PN= 2" e 2mm + 2 ppm, aplicando a NBR 13133.

a- Tolerância angular ($T\alpha$):

$$T\alpha = 10'' + 3 * PN * \sqrt{n}$$

$$T\alpha = 10'' + 3 * 2'' * \sqrt{6}$$

$$T\alpha = 24''$$

b- Tolerância linear

a tolerância linear é apresentada em forma de precisão linear sendo a mínima de 1: 12000.

$$PI = 1: p/EI$$

$$PI = 1: 824,234 / 0,008$$

$$PI = 1: 103.000$$

PI da norma 1: 12.000

Condição atendida

Estes valores devem ser comparados com os erros cometidos no levantamento. O ajustamento só será realizado se os erros forem menores que as tolerâncias estabelecidas.

Referência:

Cabral, C. R.; Hasenack, M. **Poligonais: Topografia e Agrimensura para cursos Técnicos**. Florianópolis: Curso Técnico em Agrimensura do IFSC, 2018. E-book. Disponível em . <http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura/livro-digital-poligonais/>