

**Universidade de São Paulo**  
**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**  
**Departamento de Engenharia de Biossistemas**



## **APONTAMENTOS DE AULA**

### **Capítulo 8 – Levantamento por Caminhamento**

Material integrante da apostila de apoio à disciplina  
LEB0340 – Topografia

Responsável: Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio

Colaboradores: Dra. Érica Nakai

Isa Marchini Rolisola

**Piracicaba**

**2019**

## 8 LEVANTAMENTO POR CAMINHAMENTO

O levantamento por caminhamento se fundamenta no emprego de uma poligonal de base (ou apoio) cujos vértices são pontos de partidas para as visadas dos pontos de detalhe ou interesse, as chamadas amarrações.

O método também é chamado de levantamento por poligonação, pois consiste em percorrer o contorno de um polígono (poligonal de base), saindo de um ponto inicial e retornando a ele, medindo os ângulos e as distâncias dos lados que o compõem, bem como os alinhamentos formados pelos vértices do polígono e o polígono real (perímetro) e os demais alinhamentos que compõem o levantamento dos detalhes o serem levantados (Figura 1).

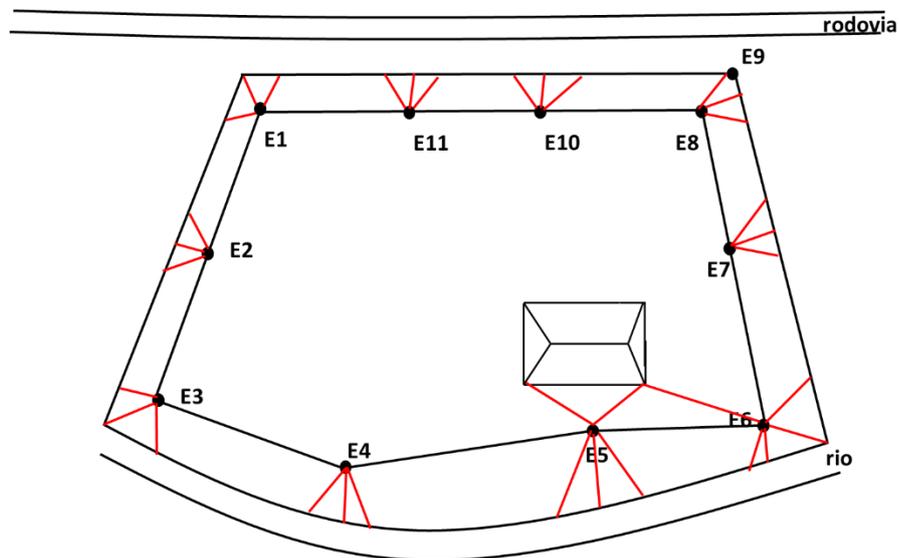


Figura 1 – Levantamento por caminhamento: poligonal base, perímetro levantado e pontos de detalhe.

Dessa forma, a área a ser levantada pode ser dividida em duas partes:

- Levantamento da poligonal de base
- Levantamento dos detalhes (pontos do perímetro, estradas, benfeitorias, outros pontos a serem levantados).

O levantamento por poligonação também é conhecido por levantamento por caminhamento, uma vez que se caminha pela poligonal de base. O método por caminhamento é trabalhoso, porém, apresenta a melhor precisão, pois é possível se avaliar os erros angulares e lineares de fechamento, uma vez que o ponto de saída e chegada são os mesmos para a poligonal de base. O método também se adapta a qualquer tipo e extensão de área. Com relação ao levantamento das distâncias, geralmente são obtidos por métodos indiretos (Taqueometria).

## **8.1 TRABALHO DE CAMPO**

O pessoal de campo deve ser constituído pelo menos por três pessoas, sendo o operador do aparelho, o balizeiro de ré e o balizeiro de vante que acumula a função de porta-mira (régua graduada).

Antes do início do trabalho deve-se realizar o reconhecimento da área, com a finalidade de eleger os principais vértices da poligonal de base, bem como escolher o ponto de partida. Nesta fase é conveniente fazer abertura de picadas e limpeza dos limites, e principalmente a organização do croqui.

### **8.1.1 POLIGONAL DE BASE**

A poligonal de base inicia-se em um ponto escolhido como origem, geralmente denominado Estação zero ( $E_0$ ). Partindo-se da  $E_0$ , percorre-se a poligonal base pelos seus vértices ( $E_1, E_2, \dots$ ) mudando-se seus alinhamentos, utilizando-se dos ângulos e distâncias formados por eles até que se retorne ao ponto inicial ( $E_0$ ).

A poligonal de base poderá coincidir com o perímetro do terreno a ser levantado ou não. Na maioria dos casos, o perímetro das áreas a serem medidas não permite o caminhar sobre eles, devido as cercas, obstáculos e locais de difícil visibilidade, entre outros. Dessa forma, se torna necessário o afastamento do perímetro, caminhando na parte interna ou externa da área a ser levantada, formando assim a poligonal de base.

Deve-se sempre caminhar próximo ao perímetro de forma que a poligonal de base abranja quase a totalidade da área, fazendo com que a parte a ser medida por métodos auxiliares seja mínima, ganhando-se em precisão, sendo os erros angulares e lineares que dizem respeito à poligonal representativos da área levantada.

### **8.1.2 LEVANTAMENTO DOS DETALHES (AMARRAÇÃO)**

Todos os pontos não pertencentes a poligonal de base a serem levantados são ditos detalhes ou, na prática, “amarração”, e serão levantados por métodos auxiliares (irradiação, intersecção ou ordenadas), partindo-se sempre de um dos vértices da poligonal de base.

Frequentemente, existem amarrações longes da poligonal de base ou com obstáculos à frente. Tais problemas podem ser solucionados partindo-se do vértice da poligonal de base com poligonais abertas ou pontos auxiliares (Figura 2), até atingir um ponto próximo do detalhe a ser levantado, irradiando-se a partir daí.

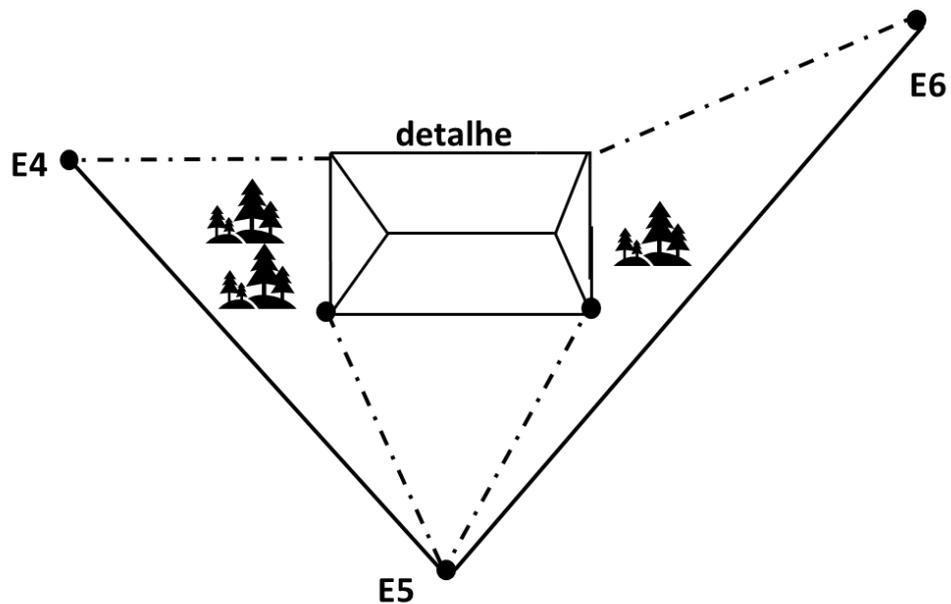


Figura 2 - Levantamento de detalhes por Irradiação

### 8.1.3 ESCOLHA DO VÉRTICE DA POLIGONAL DE BASE

O primeiro ponto da poligonal de Base é denominado Estação Zero ( $E_0$ ), onde se iniciará e terminará o levantamento de campo.

Esse ponto deve ser escolhido de forma a ser garantida a sua permanência, ou seja, que quando se retorne fechando a poligonal, ele deve ser encontrado. Dessa forma, o ponto  $E_0$  é indicado no croqui, com todas as referências que permitam sua perfeita identificação, além de ser identificado por estaca e piquete.

Deve-se também, ao escolher o ponto inicial, evitar locais com atrações magnéticas.

Para os demais pontos, onde serão colocados os piquetes, deve-se dar preferência a locais que permitam estacionar com facilidade o Teodolito, com boa visibilidade entre os pontos anterior e posterior (ré e vante) e que as distâncias entre eles não sejam tão grandes que permitam visadas com segurança e nem tão pequenas evitando perda de tempo.

Geralmente, para levantamentos por caminhada, com levantamento de distância por Taqueometria, é recomendável distâncias entre pontos em torno de 50 metros.

Além do ponto inicial ( $E_0$ ), o ponto 1 ( $E_1$ ) deverá permanecer no campo até o final do levantamento, pois é no alinhamento  $E_0$ - $E_1$  que se encontrará o erro angular de fechamento cometido.

Também é conveniente sempre que possível que os demais vértices da poligonal de base, sejam mantidos no campo para qualquer eventualidade até o término dos trabalhos de campo e escritório.

### 8.1.4 MEDIÇÃO DE ÂNGULOS

Como já comentado, os ângulos medidos nos levantamentos por caminhamento podem ser: Azimutes, ângulos internos (caminhamento no sentido anti-horário) e ângulos externos (caminhamento no sentido horário).

Para os cálculos, todos os ângulos, internos ou externos, serão transformados em Azimutes. Para isso, fazemos:

$$Az_{(n)} = Az_{(n-1)} + \hat{A}ngulo + 180^\circ$$

Onde,

$Az_{(n)}$  = Azimute no ponto;

$Az_{(n-1)}$  = Azimute do ponto anterior; e

$\hat{A}ngulo$  = ângulo interno ou externo no ponto.

Se a soma passar de  $360^\circ$ , subtrai-se  $360^\circ$  para obter o Azimute. Se necessário, esse procedimento é feito mais de uma vez.

Em  $E_0$ , com o aparelho orientado no sentido do Norte Magnético ou Hipotético ( $0^\circ$ ), o alinhamento formado entre  $E_0$  e a próxima estação  $E_1$  determina um ângulo que é sempre um Azimute. Caso tenha levantamentos de detalhes nesses pontos, todos os ângulos serão Azimutes lidos também.

Para os demais pontos repete-se o processo de estacionar e nivelar o aparelho, zerando o mesmo no ponto anterior (visada de ré) sendo os ângulos medidos internos ou externos (Figura 3).

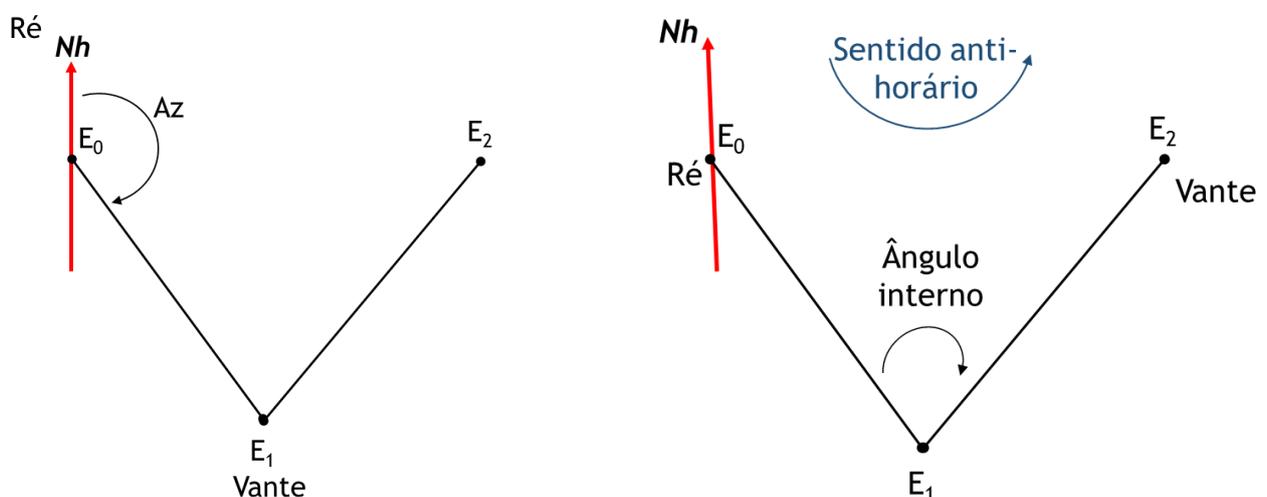


Figura 3 – Sentido caminhamento e obtenção dos ângulos.

Dessa forma, até o final do levantamento são lidos os ângulos (internos ou externos) até retornar-se ao ponto inicial ( $E_0$ ) quando novamente visa-se o ponto 1 com o aparelho estacionado em  $E_0$ . Esta repetição de visada permitirá calcular o erro angular de fechamento, comparando-se com o Azimute lido (inicial) e o calculado (Azimute de fechamento).

### **8.1.5 MEDIÇÃO DE DISTÂNCIA**

As distâncias em geral são obtidas indiretamente por Taqueometria, ou diretamente com diastímetros, quando as mesmas forem pequenas (geralmente nas amarrações). Quando utilizada Estação Total, as distâncias são calculadas diretamente no aparelho com alta precisão.

Após obter-se a leitura do ângulo horizontal de um alinhamento, o balizeiro de vante substitui a baliza pela mira (régua graduada). O operador então realizará a leitura dos retículos estadimétricos (superior, médio e inferior) sendo que a média da soma dos retículos superior e inferior tem que ser igual ao retículo médio, sendo tolerável um erro menor ou igual a 0,002, como já informado.

Anotado os valores do retículo, o operador registra o ângulo vertical (inclinação da luneta), geralmente o ângulo zenital. O processo se repete para cada alinhamento até o fechamento da poligonal e de todas as amarrações.

A Distância Horizontal será dada utilizando a fórmula taqueométrica:

$$DH = 100 \times (RS - RI) \times (\text{sen}Z)^2$$

Onde:

DH = Distância Horizontal, em metros;

RS = Retículo Superior;

RI = Retículo Inferior; e

Z = ângulo zenital;

## **8.2 CADERNETA DE CAMPO DO LEVANTAMENTO POR CAMINHAMENTO**

Na Tabela 1 encontra-se um exemplo da caderneta de campo da poligonal base e das amarrações (limites) de um levantamento por caminhamento.

Tabela 1 – Levantamento por caminhamento

RÉ	PE	PV	Ai	Ângulo horizontal	RS	RM	RI	Ângulo vertical	Obs.
Nh	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	1,500	73°15'59"	1,235	1,000	0,765	91°02'36"	Poligonal
Nh	E <sub>0</sub>	A	1,500	260°01'15"	1,356	1,000	0,664	91°58'26"	Limite
E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	1,510	89°59'32"	1,057	1,000	0,943	90°10'02"	Poligonal
E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	B	1,510	190°58'29"	1,147	1,000	0,853	89°26'44"	Limite
E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	1,515	88°24'48"	1,132	1,000	0,868	89°59'58"	Poligonal
E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	C	1,515	273°26'44"	1,106	1,000	0,894	91°01'59"	Limite
E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>0</sub>	1,520	88°48'19"	1,165	1,000	0,835	90°01'15"	Poligonal
E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	D	1,520	179°02'36"	1,203	1,000	0,797	90°02'57"	Limite
E <sub>3</sub>	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	1,495	92°47'21"	1,013	1,000	0,987	90°16'05"	Poligonal

Fonte: autoria própria.

### 8.3 EXEMPLO

Em uma fronteira agrícola, uma área recém-aberta foi destinada a instalação de uma fazenda. Deseja-se saber qual a área total dessa fazenda. Os dados do levantamento por caminhamento no sentido anti-horário estão expostos na Tabela 2, a seguir. Nesse caso, as estações coincidem os limites da área.

Tabela 2 – Levantamento por caminhamento

RÉ	PE	PV	Ai	Ângulo horizontal	RS	RM	RI	Ângulo vertical	DH (m)
NM	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	1,500	150°00'00"	3,000	2,500	2,000	90°00'00"	100,000
E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	1,510	60°00'00"	3,000	2,500	2,000	90°00'00"	100,000
E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	1,515	120°00'00"	3,000	2,500	2,000	90°00'00"	100,000
E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>0</sub>	1,520	60°00'00"	3,000	2,500	2,000	90°00'00"	100,000
E <sub>3</sub>	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	1,495	120°00'00"	3,000	2,500	2,000	90°00'00"	100,000

Fonte: autoria própria.

A seguir estão os procedimentos para a resolução deste problema.

#### 8.3.1 CROQUI

O primeiro passo consiste em redesenhar o croqui (Figura 4) utilizando os dados obtidos em campo.

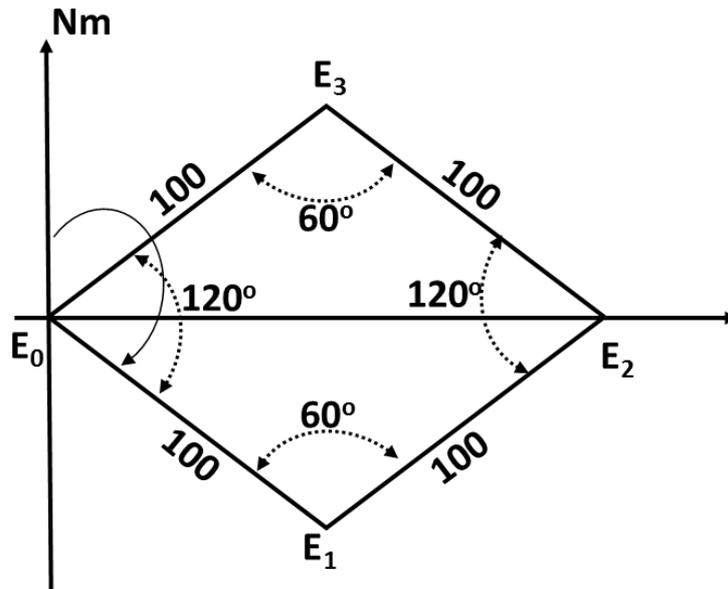


Figura 3 - Croqui.

### 8.3.2 COORDENADAS POLARES (DH; Az)

As coordenadas polares utilizam de um ângulo e de uma distância. No caso da Topografia, os ângulos equivalem aos Azimutes e as distâncias equivalem as Distâncias Horizontais. Os Azimutes são obtidos a partir dos ângulos medidos em campo e as Distâncias Horizontais são obtidas indiretamente por uma fórmula taqueométrica que utiliza as leituras dos Retículos Superior e Inferior e o ângulo zenital, obtidos em campo.

#### 8.3.2.1 OBTENÇÃO DOS AZIMUTES

Para o alinhamento  $\overline{E_0E_1}$ , como a ré está no Norte, temos que:

$$Az_{\overline{E_0E_1}} = 150^\circ$$

Para o alinhamento  $\overline{E_1E_2}$  (Figura 5), fazemos:

$$Az_{\overline{E_1E_2}} = Az_{\overline{E_0E_1}} + A. int. + 180^\circ$$

$$Az_{\overline{E_1E_2}} = 150^\circ + 60^\circ + 180^\circ$$

$$Az_{\overline{E_1E_2}} = 390^\circ$$

$$Az_{\overline{E_1E_2}} = 390^\circ - 360^\circ$$

$$Az_{\overline{E_1E_2}} = 30^\circ$$

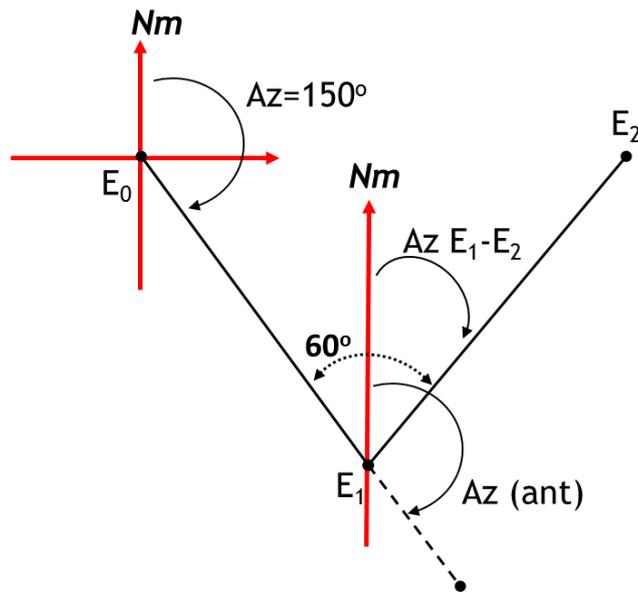


Figura 4

Repete-se o procedimento para todos os alinhamentos  $\overline{E_2E_3}$  (Figura 6),  $\overline{E_3E_0}$  (Figura 7) e  $\overline{E_0E_1}$  (Figura 8).

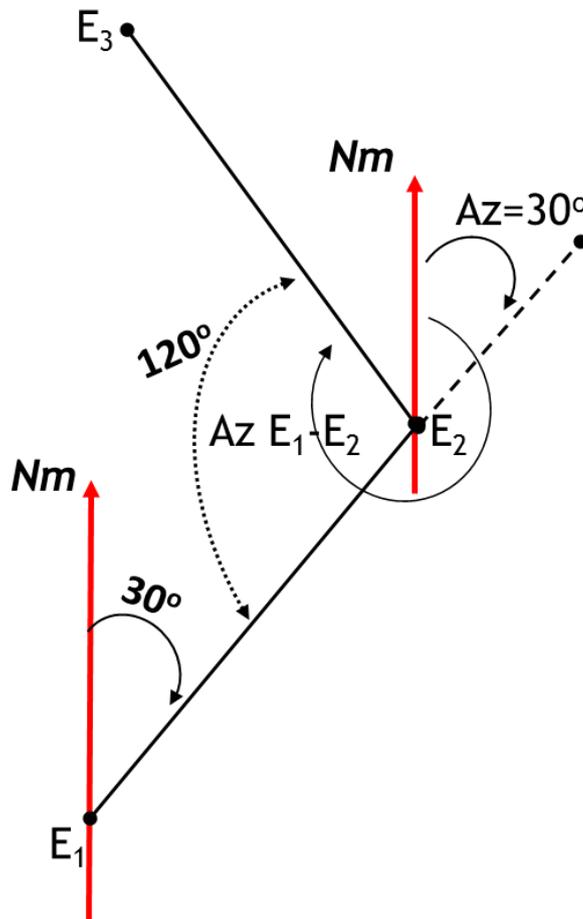


Figura 5

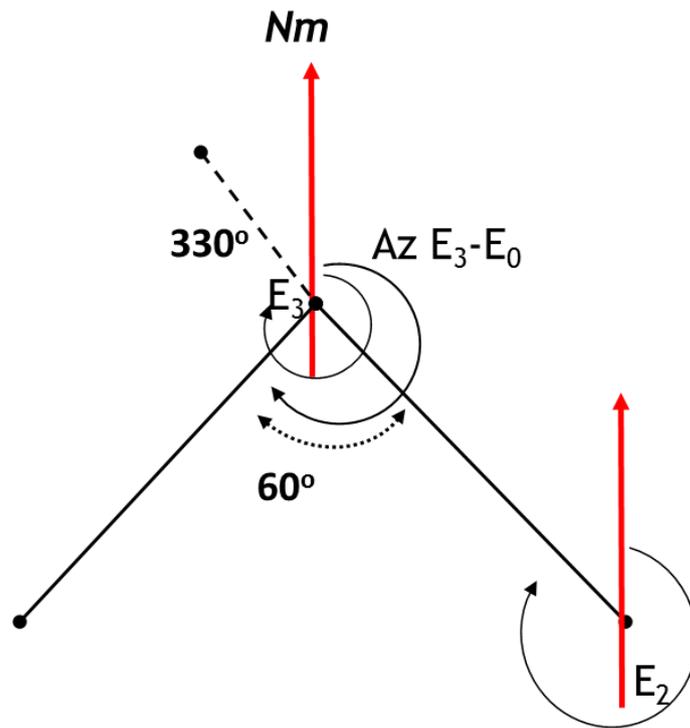


Figura 6

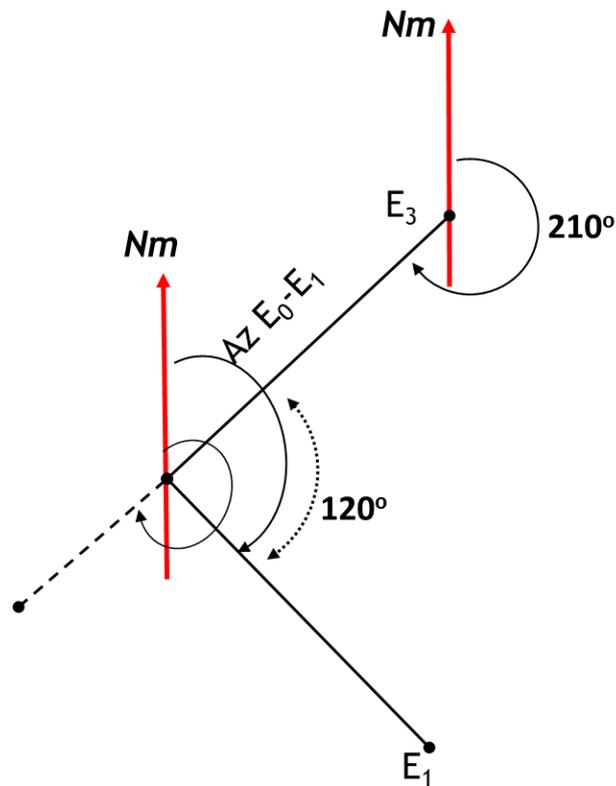


Figura 7

Os Azimutes para todos os alinhamentos da poligonal podem ser vistos na Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 – Azimutes calculados

PE	PV	Ângulo vertical
E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	30°00'00"
E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	330°00'00"
E <sub>3</sub>	E <sub>0</sub>	210°00'00"
E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	150°00'00"

Fonte: autoria própria.

Observamos que não se obteve diferença entre o Azimute lido (150°00'00") e o calculado, partindo-se dos dados de campo (150°00'00"). Geralmente, encontramos diferenças entre esses valores, o que deve ser devidamente corrigido (vide capítulo sobre erro angular de fechamento).

### 8.3.2.1 OBTENÇÃO DAS DISTÂNCIAS HORIZONTAIS

A Distância Horizontal será dada utilizando a fórmula taqueométrica:

$$DH = 100 \times (RS - RI) \times (\text{sen}Z)^2$$

Onde:

DH = Distância Horizontal, em metros;

RS = Retículo Superior;

RI = Retículo Inferior; e

Z = ângulo zenital;

No caso, para todos os alinhamentos, temos que o Retículo Superior (RS) foi lido em 3 m, o Retículo Inferior (RI) em 2 m e o ângulo vertical foi igual a 90°, logo, temos:

$$DH = 100 \times (3 - 2) \times (\text{sen}90^\circ)^2$$

$$DH = 100 \text{ m}$$

### 8.3.3 COORDENADAS RETANGULARES (X; Y)

Quando realizamos o levantamento no campo, medindo os alinhamentos, esses são representados por um ângulo e uma distância (Azimute e Distância Horizontal) (Figura 9).

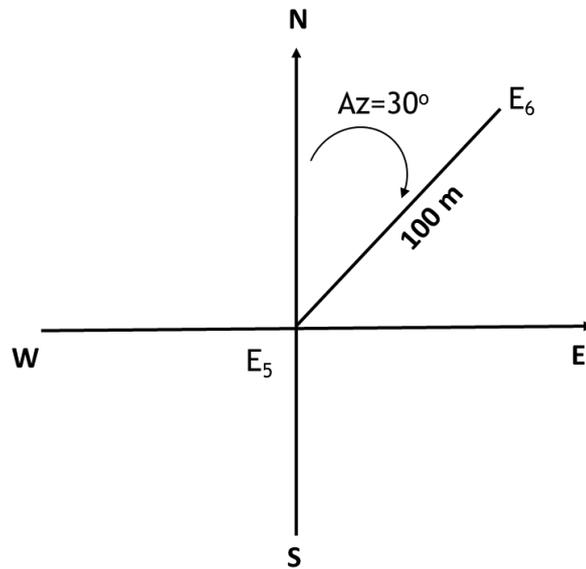


Figura 9 – Croqui de um levantamento por caminhamento com ângulos calculados.

O caso acima representa um alinhamento  $\overline{E_5E_6}$  com um Azimute de  $30^\circ$  e uma Distância Horizontal de 100 m (Coordenadas polares: ângulo e distância).

Para a continuação dos cálculos se torna necessária a transformação das coordenadas polares em retangulares.

Dessa forma, pensamos no alinhamento sobre um eixo, como mostra a Figura 10.

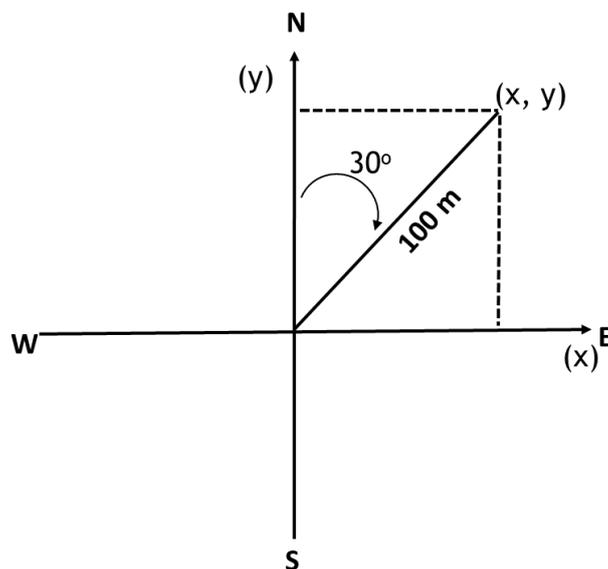


Figura 10 – Croqui de um levantamento por caminhamento com ângulos calculados.

Para as coordenadas retangulares, os eixos são constituídos de um “meridiano de referência” (verdadeiro, magnético ou hipotético) chamado de Eixo de Ordenadas (eixo y) dando a direção Norte-Sul e de um “paralelo de referência”, situado perpendicularmente ao meridiano, dando a direção E-W, e denominado de Eixo das Abscissas (eixo x).

Sendo assim temos que ordenada (eixo y) ou latitude de um ponto é a projeção do ponto no eixo do y, sendo positivo ao Norte (N) e negativo ao Sul (S) (Figura 11).

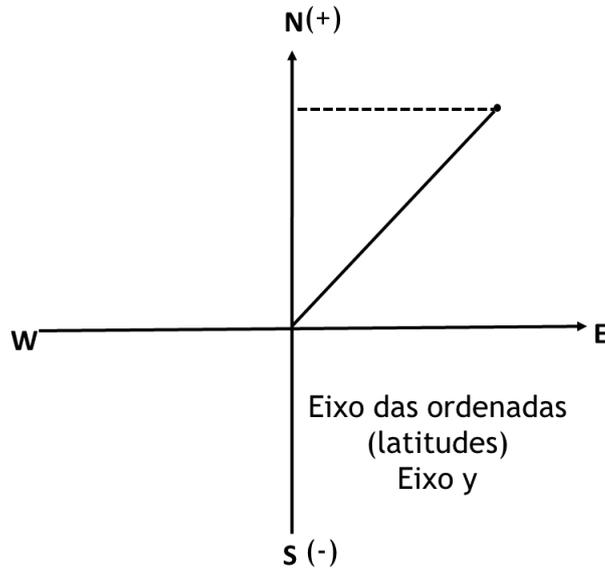


Figura 11 – Croqui de um levantamento por caminhamento com ângulos calculados.

Abcissas (eixo x) ou longitude de um ponto é a posição do ponto no eixo x, sendo positivo para o Leste (E) e negativo para o Oeste (W) (Figura 12).

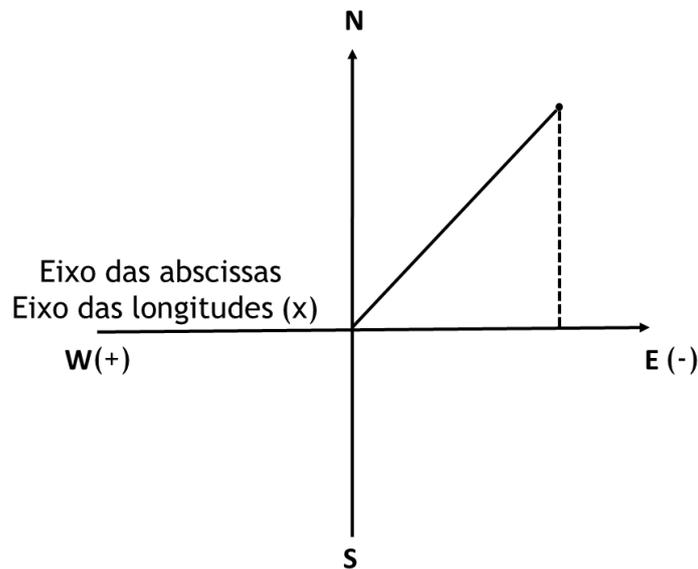


Figura 12 – Croqui de um levantamento por caminhamento com ângulos calculados.

Assim temos um alinhamento (segmento de reta que une dois pontos topográficos, sendo um dos pontos a origem e o outro o ponto final), que apresenta também um ângulo pode ser rebatido nos eixos x e y e formando assim, através de relações trigonométricas (seno e cosseno), as coordenadas retangulares (Figura 13).

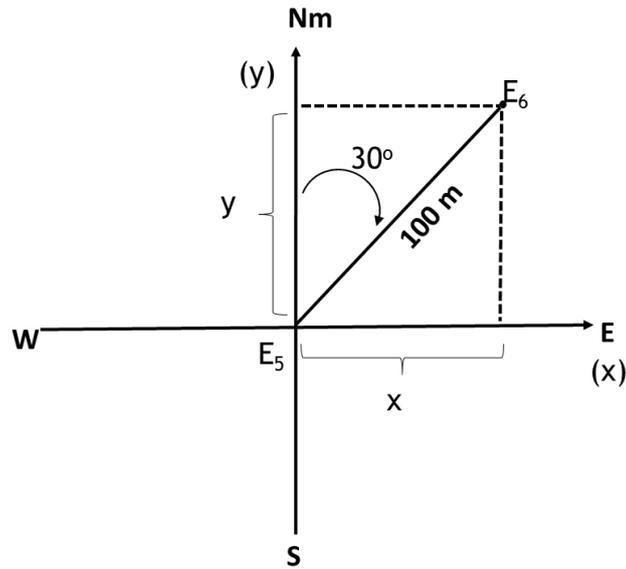


Figura 13 – Croqui de um levantamento por caminhada com ângulos calculados.

Dessa forma, da coordenada polar (ângulo  $30^\circ$ ; 100 m), obtivemos uma coordenada retangular (50; 86,6025) sendo ambos os valores positivos, x a oeste e y ao norte.

A vantagem de se trabalhar sempre com os Azimutes é que as coordenadas retangulares X e Y apresentam os devidos sinais positivo ou negativo de acordo com o quadrante do círculo dos senos e cossenos.

Para os ângulos complementares ( $90^\circ$ ) suplementares ( $180^\circ$ ) e replementares ( $360^\circ$ ) apresentam o mesmo seno e cosseno com valores positivos ou negativos de acordo com o quadrante (Figura 14).

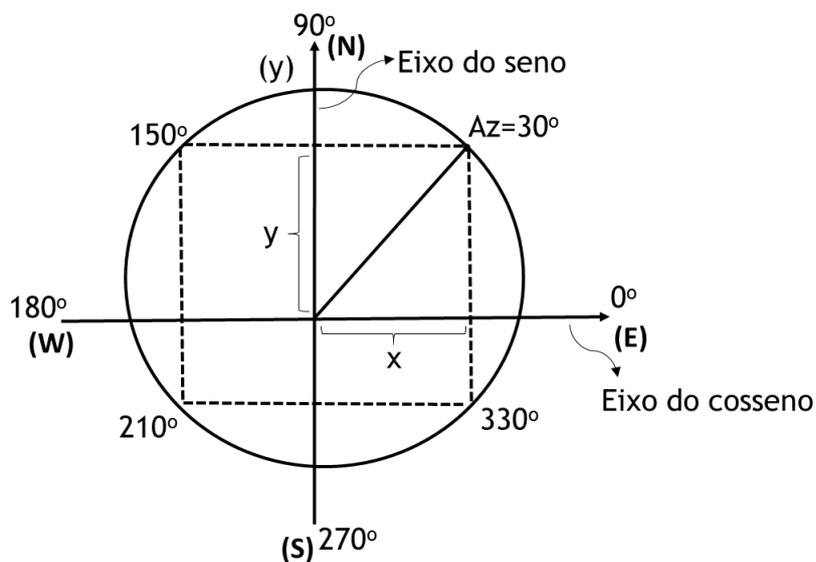


Figura 14 – Croqui de um levantamento por caminhada com ângulos calculados.

Assim, para o exemplo, tendo os Azimutes e as Distâncias Horizontais de cada alinhamento, calculamos as coordenadas retangulares, utilizando as fórmulas já mostradas:

$$X = DH * \text{sen}(Az)$$

$$Y = DH * \text{cos}(Az)$$

Para as longitudes, temos:

$$X_{E_0E_1} = 100 * \text{sen}(150^\circ) = + 50 \text{ m}$$

$$X_{E_1E_2} = 100 * \text{sen}(30^\circ) = + 50 \text{ m}$$

$$X_{E_2E_3} = 100 * \text{sen}(330^\circ) = - 50 \text{ m}$$

$$X_{E_3E_0} = 100 * \text{sen}(210^\circ) = -50 \text{ m}$$

Para as latitudes, temos:

$$Y_{E_0E_1} = 100 * \text{cos}(150^\circ) = - 86,603 \text{ m}$$

$$Y_{E_1E_2} = 100 * \text{cos}(30^\circ) = + 86,603 \text{ m}$$

$$Y_{E_2E_3} = 100 * \text{cos}(330^\circ) = + 86,603 \text{ m}$$

$$Y_{E_3E_0} = 100 * \text{cos}(210^\circ) = - 86,603 \text{ m}$$

Para facilitar os cálculos, utiliza-se a função Rec da calculadora, conforme já mostrado.

Na Tabela 4 a seguir, temos as coordenadas parciais X (longitudes) e Y (latitudes) obtidas para cada ponto.

Tabela 4 – Longitudes e latitudes parciais dos pontos da poligonal

RÉ	PE	PV	Azimute	DH (m)	Longitudes		Latitudes	
					E (+)	W (-)	N (+)	S (-)
Nm	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	150°00'00"	100	50,000			-86,603
E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	30°00'00"	100	50,000		86,603	
E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	330°00'00"	100		-50,000	86,603	
E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>0</sub>	210°00'00"	100		-50,000		-86,603
E <sub>3</sub>	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	150°00'00"	100	50,000			-86,603

Fonte: autoria própria.

Essas coordenadas são chamadas de coordenadas parciais (ou relativas), pois referem-se apenas ao alinhamento em questão. Ou seja, o ponto de partida do alinhamento

é considerado a origem de coordenadas (0;0), o que significa que para cada ponto há uma origem.

Isso não é aplicável, pois todos os pontos devem estar relacionados entre si em apenas um único ponto, uma única origem. Logo, é necessário obter as coordenadas de todos os pontos em relação a uma única origem, que são as chamadas coordenadas totais.

Mais informações sobre coordenadas parciais e totais serão fornecidas nos itens a seguir.

### 8.3.3.1 COORDENADAS PARCIAIS OU RELATIVAS

As coordenadas são ditas parciais quando se referem apenas ao alinhamento em questão, ou seja, tem o início no ponto de origem do alinhamento (eixos das coordenadas x e y ou 0,0) e o final no ponto de chegada do alinhamento (50; 86,60, como no exemplo anterior) referente ao alinhamento  $\overline{E_1E_2}$ .

Sendo assim, cada vértice do polígono vai ser ponto de origem e de chegada, sucessivamente, até o fechamento da poligonal de base (Figura 15).

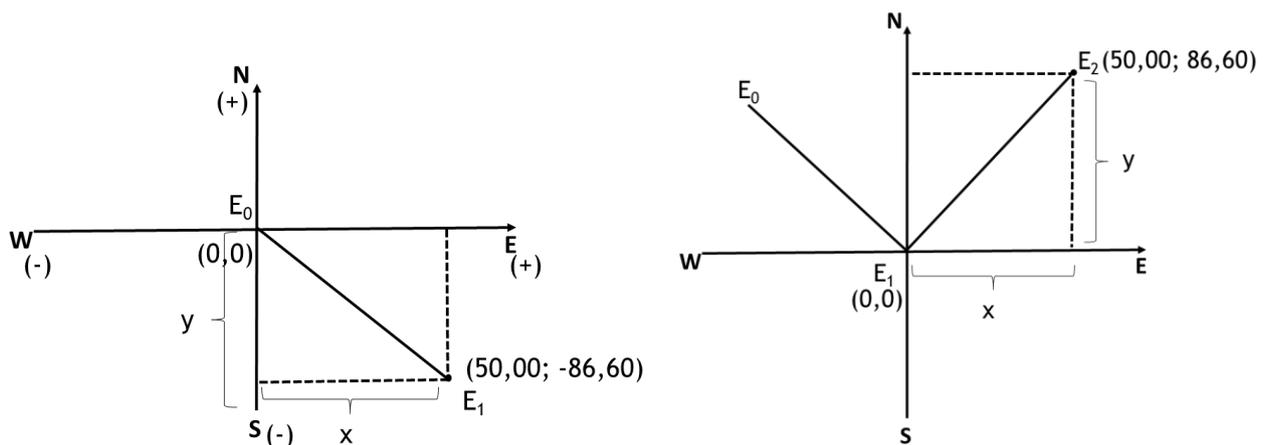


Figura 14 – Croqui de um levantamento por caminhamento com ângulos calculados.

### 8.3.3.2 COORDENADAS TOTAIS OU ABSOLUTAS

Até o presente momento, cada alinhamento apresenta a sua origem dos eixos x e y (0;0) e a sua coordenada no ponto final. Uma vez que um alinhamento é composto por 2 pontos, ou seja, todos os pontos da poligonal de base apresentam-se ora como origem ora como ponto final.

Para as coordenadas totais ou absolutas temos apenas um eixo de origem para todos os pontos, ou seja, todas as latitudes e longitudes da poligonal de base não apresentam a mesma origem (0;0).

Dessa forma, mantém-se o sistema de eixo fixo, fazendo a origem coincidir com um dos pontos da poligonal de Base, sendo que os demais vértices terão as suas coordenadas contadas a partir desse ponto de origem.

Logo as coordenadas Totais ou Absolutas são as projeções dos pontos finais de todos os alinhamentos em um único sistema de eixos, que passa pelo ponto de totalização (ponto escolhido, ou seja, um ponto final de qualquer alinhamento).

As coordenadas Totais ou Absolutas são obtidas pela soma algébrica das longitudes ou latitudes parciais, a partir do ponto de origem.

Uma observação importante é quanto aos sinais, positivo e negativo, onde:

- no eixo das longitudes temos positivo quando se caminha para Leste e negativo quando se caminha para Oeste.
- no eixo das latitudes temos positivo quando se caminha para o Norte e negativo quando se caminha para o Sul.

Para as longitudes, temos, no exemplo (Figura 15):

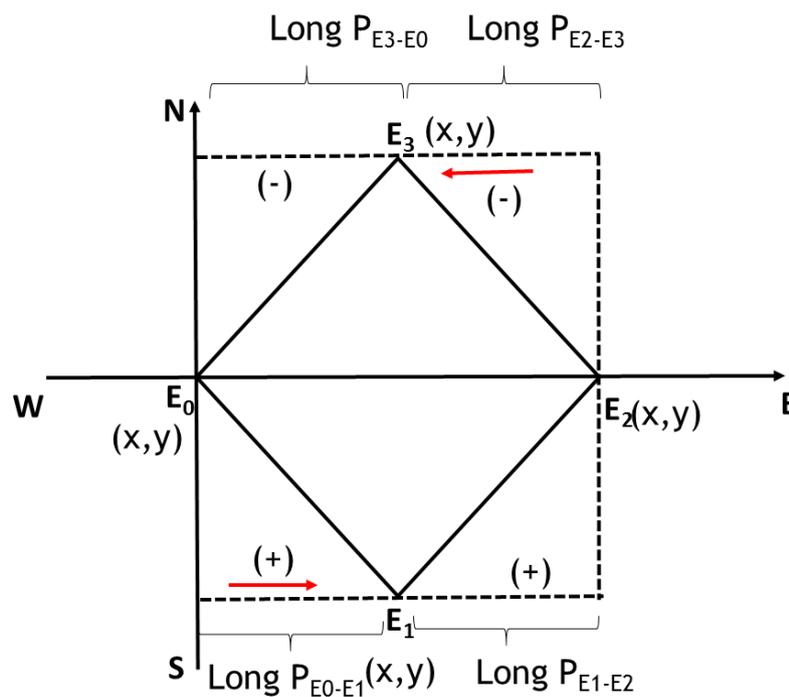


Figura 15

Como fórmula geral, temos:

$$Long Total = Long Parcial_{chegada} - Long Parcial_{partida}$$

$$Lat Total = Lat Parcial_{chegada} - Lat Parcial_{partida}$$

Para o exemplo, no alinhamento  $\overline{E_0E_1}$ , temos:

$$Long T_{\overline{E_0E_1}} = Long P_{E_1} - Long P_{E_0}$$

$$Long T_{\overline{E_0E_1}} = 50 - 0$$

$$Long T_{\overline{E_0E_1}} = 50 m$$

$$Lat T_{\overline{E_0E_1}} = Lat P_{E_1} - Lat P_{E_0}$$

$$Lat T_{\overline{E_0E_1}} = -86,603 - 0$$

$$Lat T_{\overline{E_0E_1}} = -86,603 m$$

Repete-se o procedimento para todos os alinhamentos. Na Tabela 5 estão as coordenadas totais de cada ponto.

Tabela 5 – Longitudes e latitudes totais dos pontos da poligonal

RÉ	PE	PV	Longitudes		Latitudes		Longitudes		Latitudes	
			parciais				totais			
			E (+)	W (-)	N (+)	S (-)	E (+)	W (-)	N (+)	S (-)
Nm	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	50,000			-86,603	50,000			-86,6025
E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	50,000		86,603		100,0000		0,0000	
E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>		-50,000	86,603		50,0000		86,6025	
E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>0</sub>		-50,000		-86,603	0,0000		0,0000	

Fonte: autoria própria.

A fim de evitar o uso de números negativos, didaticamente soma-se um valor cheio que elimine todos os valores negativos, que nesse caso será de 100, como mostra a Tabela 6, a seguir.

Tabela 6 – Longitudes e latitudes totais dos pontos da poligonal

RÉ	PE	PV	Longitudes		Latitudes	
			totais			
			E (+)	W (-)	N (+)	S (-)
Nm	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	50,000			-86,6025
E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	100,0000		0,0000	
E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	50,0000		86,6025	
E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>0</sub>	0,0000		0,0000	

Fonte: autoria própria.

### 8.3.4 ÁREA

Para o cálculo da área basta aplicar o Método de Gauss, utilizando as coordenadas totais, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 – Cálculo da área da poligonal pelo método de Gauss

Ponto	Y*X	X	Y	X*Y
E <sub>1</sub>	-	150,000	13,397	-
E <sub>2</sub>	2.679,400	200,000	100,000	15.000,000
E <sub>3</sub>	15.000,000	150,000	186,603	37.320,600
E <sub>0</sub>	18.660,300	100,000	100,000	15.000,000
E <sub>1</sub>	15.000,000	150,000	13,397	1.339,700
$\Sigma YX = 51.339,700$		$\Sigma XY = 68.660,300$		

Fonte: autoria própria.

$$\text{Área}_{E_0E_1E_2E_3} = \frac{|(51339,700) - (68660,300)|}{2} = 8.660,300 \text{ m}^2$$