
METODOLOGIA DE ENSINO PARA TOPOGRAFIA: PROPOSTA DIDÁTICA PARA O MÉTODO DE ESTAÇÃO LIVRE

JOÃO LUÍS FALCÃO GERMANO ALVES

DIOGO JOSÉ NUNES DA SILVA

MARIA DE LOURDES AQUINO MACEDO GONÇALVES

MARCELO ANTONIO NERO

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Centro de Tecnologia e Geociências - CTG
Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife, PE
joaoluisfalcao@yahoo.com.br
maildodigo@gmail.com
mlaquino@gmail.com
marcelo.nero@gmail.com

RESUMO - Este artigo tem por objetivo apresentar uma proposta inovadora de ensino dentro da disciplina de Topografia, pois não existem relatos oficiais e publicados de que a mesma tenha sido utilizada no ensino de outras respeitadas instituições no Brasil. O trabalho aqui apresentado é o resultado da didática aplicada na disciplina Topografia 1, do programa de graduação em Engenharia Cartográfica. Para tanto, foi proposto aos alunos, dentro do desenvolvimento da disciplina as práticas de estação livre. Nesse sentido os alunos realizaram a pesquisa e estudo teórico sobre o tema. Posteriormente, foi empregado em campo, um equipamento contendo o programa que realiza o processo de levantamento pelo método de estação livre e tendo como pontos de ajustamento vértices da rede de referência cadastral do campus "Joaquim Amazonas" da UFPE, localizado em Recife. Foi realizada uma análise comparativa dos resultados obtidos nos cálculos realizados de modo manual, dos obtidos pelos programas fornecidos no equipamento com as coordenadas oficiais. Além disso, para a fixação do aprendizado foi desenvolvido um programa em MATLAB, cujos resultados também foram comparados com mesmas coordenadas oficiais. Isso possibilitou uma análise quantitativa completa, sendo gerada uma estatística dos resultados.

ABSTRACT - This paper aims to present an innovative approach of teaching within the discipline of Topographic Surveying, because there aren't official published in important Institutions for this theme here in Brazil. The work presented here is the result of teaching in the discipline applied Topography 1, the degree program in Cartographic Engineering. So, it was proposed to students in the development of the discipline practices of unknown station. For this, the students performed the research and theoretical study on the theme. Later, it was employed in the ground, equipment with the internal program that carries out the assessment process by the method of unknown station and with the adjustment trough points of the network of cadastral reference of the campus "Joaquim Amazonas" UFPE, in Recife. It performed a comparative analysis of the results of calculations performed in manual mode, the data obtained by the equipment supplied with the official coordinates. In addition to setting the learning, a program was developed in MATLAB, whose results were also compared with the same official coordinates. This provided a complete quantitative analysis, which generated a statistical analysis of results.

1. INTRODUÇÃO

O método da estação livre é aplicado em alguns trabalhos quando é necessário obter, com bastante exatidão, a posição planialtimétrica de um ponto com relação a outros de uma rede, convenientemente materializada no terreno. No entanto, nesse trabalho como a disciplina ministrada foi a de Topografia 1, correspondente ao módulo de planimetria, foram apenas determinadas as coordenadas planas, ou seja, o X e o Y. O método de estação livre é de uso freqüente nas

determinações de estações para levantamento de detalhes quando estes estão em local que impossibilitam a visada direta de pontos da poligonal principal. Além disso, é conhecido também como método de ressecção ou intersecção à ré.

Segundo ERBA et al (2003) o método da Estação Livre é utilizado para estacionar o aparelho no ponto em que se deseja determinar as coordenadas e efetuar as visadas para outros dois pontos de coordenadas conhecidas. Assim, são realizadas leituras de direções e medições de distâncias.

No presente trabalho são apresentados diversos procedimentos para determinação da estação livre, a saber: cálculo manual, cálculo com o programa da estação total e utilização do programa desenvolvido pelos alunos. Toda essa abordagem teve como objetivo o desenvolvimento de uma didática diferenciada da tradicional, de modo a integrar mais o aluno no aprendizado do assunto dentro da disciplina Topografia 1 – Planimetria. Essa didática pode ser considerada como inovadora, pois não existem relatos oficiais e publicados de que a mesma tenha sido utilizada no ensino de outras respeitadas instituições no Brasil. Essa disciplina corresponde a uma disciplina da grade curricular da graduação em Engenharia Cartográfica, contendo carga horária de aulas teóricas de 30 horas e outras 30 horas de aulas práticas.

A seguir é feita uma abordagem teórica do tema, o detalhamento do trabalho, a análise dos resultados, a apresentação do esquema geral (fluxograma) do programa desenvolvido, além da análise comparativa e as considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Métodos gerais de estação livre

No método da estação livre inicialmente, não se conhecem as coordenadas do ponto da estação. O local ideal para se estacionar o instrumento depende principalmente da visibilidade entre os pontos de coordenadas já conhecidas (pontos de referência), bem como dos novos pontos a serem determinados ou demarcados. As coordenadas da estação são obtidas através da leitura de direções e de distâncias com visadas aos pontos de referência. Os cálculos são aplicados geralmente em programa interno do instrumento. Uma vez que o ponto tem as suas coordenadas calculadas este é tido como ponto ocupado, sendo possível a coleta dos pontos de detalhe. As coordenadas destes pontos de detalhe são agora ajustadas com relação às coordenadas dos pontos de referência, ou seja, com dados homogêneos e obedecendo ao princípio da vizinhança (ABNT, 1994, ver item 5.2, p.7), o que pode ser visto na figura 1.

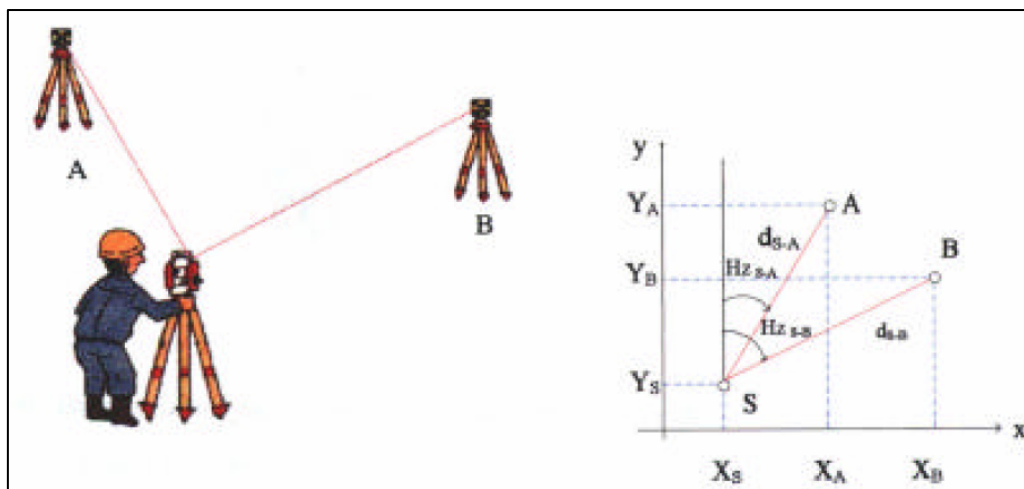


Figura 1 – Esquema geral de determinação da Estação Livre.

Fonte: Veiga (2000).

Para aumentar a qualidade na medição, o ponto da estação livre deve ser determinado, preferencialmente, tomando como referência no mínimo três pontos, ficando o ponto ocupado na estação no interior do triângulo formado pelos pontos de referência. No entanto, nesse trabalho foi realizado teste quantitativo com o emprego de apenas 2 métodos, correspondentes aos métodos trigonométricos e ao método de rotação de eixos, os quais permitem em seu modelo matemático o emprego de 2 pontos de referência. Recomenda-se que o ponto ocupado pelo instrumento, ou seja, da estação livre, deve estar preferencialmente, entre 30° à 120° em relação aos pontos de referência. Assim, executam-se as medições de direção e de distância com visadas a esses pontos. As variantes desses métodos são o método trigonométrico e o método por rotação de eixos, os quais são mais bem explicados a seguir, com os seus respectivos modelos matemáticos.

Neste trabalho, como já dito se empregou a metodologia com o cálculo manual, o realizado com uso do MATLAB (programa para elaboração de algoritmos computacionais) e com o emprego do programa interno da estação total.

2.1.1. Método trigonométrico

Inicialmente, não se conhecem as coordenadas do ponto da estação onde se quer estacionar o instrumento. Isso será definido em função da visibilidade entre os pontos de coordenadas conhecidas (pontos de referência), bem como dos novos pontos a serem determinados. Posteriormente, são determinadas as coordenadas da estação por meio das medidas de direções e de distâncias.

Na figura 2 mostra-se a posição dos pontos de coordenadas conhecidas (M1 e M2) e do ponto que se deseja calcular as coordenadas (E).

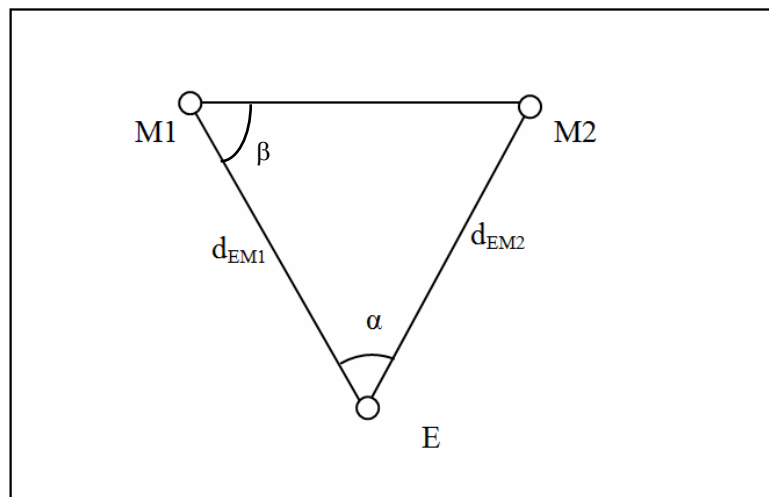


FIGURA 2 – Método trigonométrico para determinação de estação livre

Onde:

- d_{EM1} – distância entre a estação e o ponto M1;
- d_{EM2} – distância entre a estação e o ponto M2;
- α – ângulo entre os alinhamentos EM1 e EM2;
- β – alinhamentos M1M2 e M1E.

As coordenadas são calculadas por meio das distâncias e ângulo obtidos em campo. Inicialmente, calcula-se a distância entre os pontos M1 e M2 por meio de suas respectivas coordenadas, conforme a equação (1).

$$d'_{M1M2} = \sqrt{(X_{M1} - X_{M2})^2 + (Y_{M1} - Y_{M2})^2} \quad (1)$$

A distância entre os pontos M1 e M2 também é calculada por meio da lei dos co-senos por meio da equação (2).

$$d''_{M1M2} = \sqrt{d_{EM1}^2 + d_{EM2}^2 - 2d_{EM1}d_{EM2} \cos \alpha} \quad (2)$$

A relação entre as distâncias permite determinação do fator de escala (F), com a finalidade de se diminuir os erros, devido ao fato de que a distância entre os pontos M1 e M2 podem ser calculadas de duas maneiras (1) e (2). Assim resulta a equação (3).

$$F = \frac{d'_{M1M2}}{d''_{M1M2}} \quad (3)$$

O ângulo entre os alinhamentos M1M2 e M1E, denominado β , é calculado pela lei dos senos, segundo a equação (4).

$$\beta = \arcsen\left(\frac{d_{EM2} \operatorname{sen} \alpha}{d_{M1M2}''}\right) \quad (4)$$

Com estes dados pode-se calcular o azimute do alinhamento M1E, de acordo com a equação (5) e, posteriormente, as coordenadas da estação E com a aplicação das equações (6) e (7).

$$Az_{M1E} = Az_{M1M2} + \beta \quad (5)$$

$$X_E = X_{M1} + Fd_{M1E} \operatorname{sen} Az_{M1E} \quad (6)$$

$$Y_E = Y_{M1} + Fd_{M1E} \operatorname{cos} aAz_{M1E} \quad (7)$$

2.1.2. Método por rotação de eixos

A determinação das coordenadas da estação livre por meio da rotação de eixos consiste em assumir um dos pontos de coordenadas conhecidas como a origem dos eixos e a estação livre como o prolongamento do eixo Y após a rotação, ou seja, Y' (figura 3).

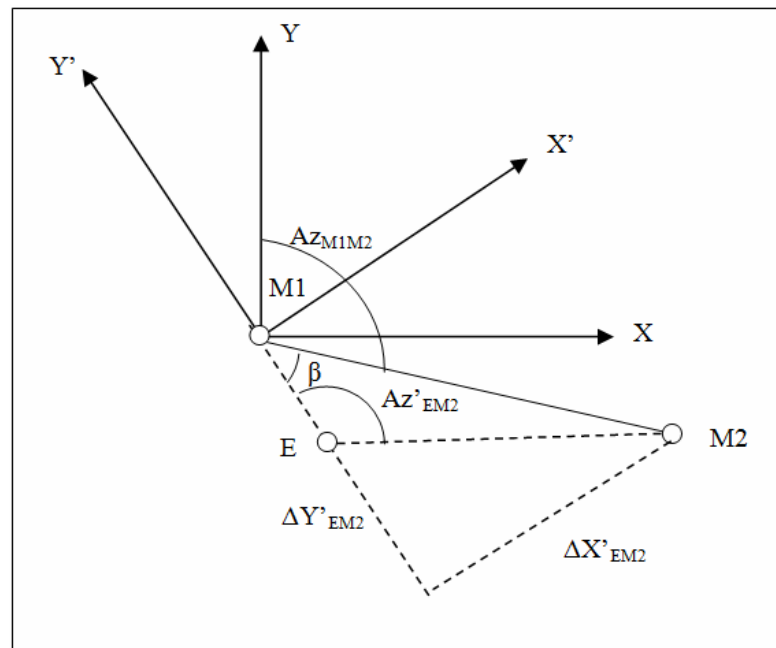


FIGURA 3 – Método por rotação.

Inicialmente, calcula-se a distância e o azimute entre os pontos M1 e M2 coincidentes com as fórmulas apresentadas em (1) e (5), respectivamente. Considerando o ponto M1 como o de origem do sistema após a rotação, podem-se calcular as coordenadas do ponto M2 neste novo sistema com a obtenção das suas projeções em X e em Y (equações 8 e 9).

$$\Delta X'_{EM2} = d_{EM2} \operatorname{sen}(Az'_{EM2} \pm 180^\circ) \quad (8)$$

$$\Delta Y'_{EM2} = d_{EM2} \cos(Az'_{EM2} \pm 180^\circ) \pm d_{EM1} \quad (9)$$

O cálculo da distância do alinhamento M1 M2 (d''') no novo sistema é feito com o emprego da fórmula 10, apresentada a seguir:

$$d'''_{M1M2} = \sqrt{(X'_{M1} - X'_{M2})^2 + (Y'_{M1} - Y'_{M2})^2} \quad (10)$$

O ângulo entre os alinhamentos M1M2 e M1E, denominado β , é calculados pela lei dos senos, segundo a equação (11).

$$\beta = \arctg\left(\frac{\Delta X'_{M1M2}}{\Delta Y'_{M1M2}}\right) \quad (11)$$

Com a relação entre as duas distâncias obtidas para os pontos M1 e M2, obtidas das equações (1) e (10) determina-se o fator de escala F , de acordo com a equação (12).

$$F = \frac{d'_{M1M2}}{d'''_{M1M2}} \quad (12)$$

O azimute do alinhamento M1 E no primeiro sistema de eixos é calculado a partir dos azimutes do alinhamento M1 e M2 nos dois sistemas. Posteriormente, são calculadas as coordenadas da estação livre com as mesmas fórmulas apresentadas no método trigonométrico.

2.2. Programa de Estação livre na estação total e anotação manual

Nas estações totais modernas, o termo Estação Livre corresponde, na maioria das vezes, ao nome de um programa interno do equipamento. Na interface são requeridos ao usuário o fator de escala e os desvios padrão das novas coordenadas determinadas (verificação da precisão do ponto de estação livre).

O programa interno solicita então um nome para o novo ponto determinado (ponto de estação livre sobre o qual o instrumento está estacionado) com a opção de poder armazenar as novas coordenadas determinadas na memória interna. Assim, a seguir, de acordo com as variantes do método de determinação desse ponto, já abordadas na teoria anterior, é realizada a transformação de coordenadas, sendo estas calculadas para o ponto onde está estacionado o instrumento. Uma vez que o ponto é armazenado na memória interna e este é tido como ponto ocupado é possível coletar os pontos de detalhe, ficando estes ajustados com relação aos pontos fixos de referência, ou seja, com dados homogêneos e obedecendo ao princípio de vizinhança (ABNT, 1994, item 5.2, p.7).

Para aumentar a qualidade na medição, o ponto de estação livre deve ser determinado tomando como pontos de referência no mínimo três pontos fixos, ficando o novo ponto dentro da área compreendida entre o triângulo formado pelos pontos de referência, a fim de ficarem resolvidas as tensões entre os pontos tornando assim os resultados homogêneos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 RECURSOS DISPONÍVEIS

No desenvolvimento do trabalho dessa pesquisa foram utilizados os seguintes recursos:

- Equipamento e acessórios de campo:

Estação Total Trimble 3305 DR (ver figura 4): possui acurácia angular ± 1.5 micro-grads ($5''$) e acurácia das medidas de distância $\pm (3\text{mm} + 2\text{ppm})$; distância mínima de operação 1,50 m; distância máxima de operação 100 m sem

prisma e de 500 a 7500 m com prisma único e três prismas, respectivamente; tempo de medição 3 s até 30 m + 1s/10 m; temperatura de operação -20°C a +50°C. Trimble (2004).



Figura 4 – Estação Total eletrônica Trimble 3300 DR.
Fonte: Trimble (2004).

Acessórios de campo: 2 Prismas comuns modelo Wild, 2 Bases Nivelantes com prumo ótico, 1 tripé de madeira, 1 prancheta com caderneta de campo.

1 Calculadora científica HP 10S: para auxiliar nos cálculos manuais.

1 MacBook Pro 13'': composto de processador Core i3 2.3GHz, 4GB de memória DDR 3 1333Mhz, disco Serial ATA de 320GB, 5400 rpm, SuperDrive 8x (DVD±R DL/DVD±RW/CD-RW), carregador MagSafe de 60W, adaptador AC de parede e fio.

Programas utilizados nos cálculos e para programação:

1 Software MATLAB® Student Version: para o desenvolvimento de aplicativo e programa de cálculos de estação livre.

1 Microsoft Office Excel 2007: programa de planilha para a tabulação dos dados de campo e auxílio no cálculo manual.

3.2. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

A Estação Total Trimble 3305 DR foi instalada, centrada e calada no ponto EPS04 materializado em marco de concreto de centragem forçada no Campus “Joaquim Amazonas” da UFPE, sendo previamente considerado como ponto de coordenadas planimétricas desconhecidas. A seguir foram realizadas visadas para os vértices EPS07 e M015, onde foram colocados os prismas previamente nivelados por meio das bases nivelantes. Esses vértices compõem a rede de referencia cadastral do Campus “Joaquim Amazonas” da UFPE, a qual é tratada em Vila Flor (2006) e Mendonça et al (2010).

No processo manual, foi elaborada uma caderneta de campo para a anotação das direções lidas e das distâncias horizontais, conforme o que se apresenta na tabela 1. Nota-se nessa tabela que foram realizadas 30 séries de leituras de direções e distâncias à Ré para o vértice EPS07 e à Vante para o vértice M015, de modo a se obter resultados estatisticamente redundantes e confiáveis.

ESTAÇÃO LIVRE PARA CÁLCULO POSTERIOR (MATLAB)						ESTAÇÃO LIVRE PARA CÁLCULO POSTERIOR (MATLAB)					
Coordenadas	Base	Ré	Vante	Direção	Distância (m)	Coordenadas	Base	Ré	Vante	Direção	Distância (m)
1	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,972	16	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973
			M015	197° 12' 45"	105,347				M015	197° 12' 41"	105,348
2	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,974	17	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973
			M015	197° 12' 30"	105,347				M015	197° 12' 36"	105,347
3	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,972	18	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,972
			M015	197° 12' 41"	105,347				M015	197° 12' 43"	105,347
4	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,972	19	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,972
			M015	197° 12' 48"	105,347				M015	197° 12' 41"	105,348
5	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973	20	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,972
			M015	197° 12' 17"	105,348				M015	197° 12' 45"	105,348
6	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,972	21	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,972
			M015	197° 12' 35"	105,346				M015	197° 12' 40"	105,347
7	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,972	22	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973
			M015	197° 12' 41"	105,348				M015	197° 12' 41"	105,347
8	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973	23	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,972
			M015	197° 12' 48"	105,347				M015	197° 12' 31"	105,348
9	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973	24	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,972
			M015	197° 12' 45"	105,347				M015	197° 12' 33"	105,347
10	EPS04	EPS07		0° 0' 1"	117,972	25	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973
			M015	197° 12' 40"	105,348				M015	197° 12' 30"	105,347
11	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973	26	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973
			M015	197° 12' 37"	105,348				M015	197° 12' 36"	105,347
12	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,972	27	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973
			M015	197° 12' 51"	105,347				M015	197° 12' 41"	105,347
13	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973	28	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973
			M015	197° 12' 32"	105,348				M015	197° 12' 42"	105,346
14	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973	29	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,972
			M015	197° 12' 34"	105,348				M015	197° 12' 45"	105,348
15	EPS04	EPS07		0° 0' 1"	117,972	30	EPS04	EPS07		0° 0' 0"	117,973
			M015	197° 12' 25"	105,347				M015	197° 12' 37"	105,348

Tabela 1 – Dados coletos em campo.

As coordenadas obtidas pelo processo de estação livre foram então calculadas manualmente, pelo programa interno da estação total e por meio de um programa desenvolvido no MATLAB® Student Version. A figura 5 apresenta o fluxograma da figura metodologia geral.

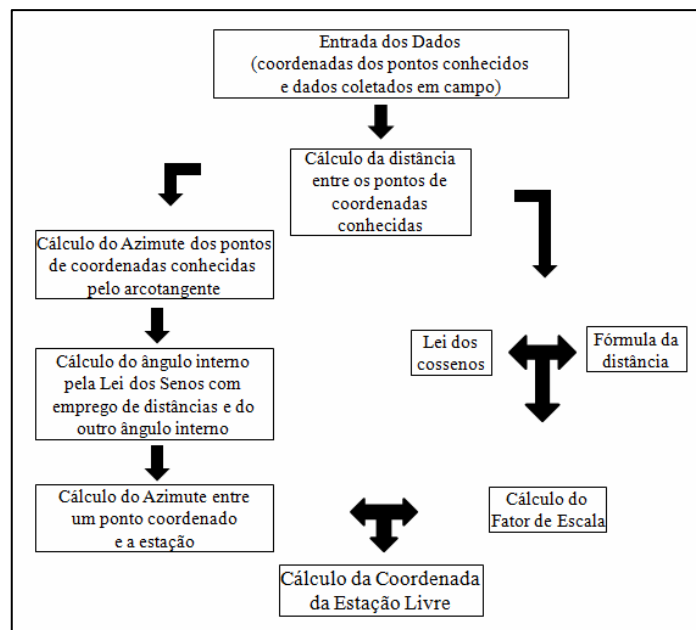


Figura 5 – Fluxograma da rotina no MATLAB.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram feitas cerca de 30 repetições do método de estação livre para a determinação das coordenadas planimétricas do vértice EPS04. A seguir é detalhado todo o procedimento etapa por etapa de como foram obtidos os resultados da estação livre.

Inicialmente, foram introduzidos os dados das coordenadas conhecidas, que nesse caso corresponderam às coordenadas dos pontos EPS07 e M015 no sistema topográfico local do campus Joaquim Amazonas (Mendonça et al, 2010). Logo após, foram adicionados os dados coletados em campo. Estes dados corresponderam às distâncias da estação livre para cada coordenada conhecida (dE1 e dE2) e o ângulo formado entre essas duas retas (E), fazendo sua transformação de ângulo sexagesimal para decimal, sendo possível assim sua utilização no MATLAB, o que pode ser visto na figura 6.

```

%DADOS DE CAMPO-----
%COORDENADA DO PONTO EPS07
x1=149718.3980;
y1=249854.3097;

%COORDENADA DO PONTO M015
x2=149909.6231;
y2=249964.7190;

%ANGULO ENTRE OS PONTOS 1 E 2 (FORMATO GG MM SS)
E=[197 12 53];

%DISTANCIAS DA ESTAÇÃO PARA OS PONTOS 1 E 2
dE1=118.033;
dE2=105.399;

%TRANSFORMAÇÃO ANGULO
ANGE=E(1,1)+E(1,2)/60+E(1,3)/3600;

%

```

Figura 6 – Tela de entrada de dados no programa desenvolvido em MATLAB.

No segundo passo foi realizado o cálculo da distância entre os dois pontos de coordenadas por dois métodos, a saber: o método da distância entre dois pontos (D12C) e o método da lei dos co-senos (D12M), sendo possível futuramente ser determinado o fator de escala (Fe).

O azimute desses dois pontos também foi calculado através do arcotangente (AZ12), posteriormente realizando o estudo de sinal do mesmo e definindo seu quadrante.

Estas etapas de cálculo são apresentadas nas linhas de programação do algoritmo na figura 7.

```

%CALCULO DA DISTANCIA E DO AZIMUTE ENTRE OS PTS COORDENADOS (D12C,AZ12C)
D12C=sqrt((x2-x1)^2+(y2-y1)^2);
AZ12=atan((y2-y1)/(x2-x1))

if AZ12<0
    if (y2-y1)<0
        AZ12C=abs(AZ12)+(pi/2);
    else
        AZ12C=abs(AZ12)+(3/2)*pi;
    end
else
    if (y2-y1)<0
        AZ12C=(3/2)*pi-abs(AZ12);
    else
        AZ12C=(1/2)*pi-abs(AZ12);
    end
end

%CALCULO DA DISTANCIA ENTRE OS PTS COORD PELA LEI DOS COSSENO (D12M)
d12m=((dE1)^2)+((dE2)^2)-(2*dE1*dE2*cosd(ANGE));
D12M=sqrt(d12m);

```

Figura 7 - Cálculo de distância e azimute entre os pontos de coordenadas conhecidas

A seguir foi escolhido um dos pontos coordenados (1) e calculado o seu ângulo interno (AINT1) para o posterior cálculo do azimute entre um ponto coordenado e a estação livre (AZ1E). Esse procedimento pode ser visualizado nos códigos de programação da figura 8.


```

%CALCULO DO ANG INTERNO 1 PELA LEI DOS SENOS
AINT1=asin(dE2*sind(ANGE)/D12M);

%CALCULO DO AZIMUTE ENTRE UM PTO COORD E A ESTAÇÃO
AZ1E=AZ12C+AINT1;

%CALCULO DO FATOR DE ESCALA (Fe)
Fe=(D12C/D12M);

%CALCULO DA COORD DA ESTAÇÃO
XE=x1+Fe*dE1*sin(AZ1E)
YE=y1+Fe*dE1*cos(AZ1E)

```

Figura 8 - Determinação do ângulo interno e azimute entre um ponto de coordenada conhecida e a estação.

Finalmente, de posse da coordenada conhecida do ponto escolhido (1), do fator de escala, da sua distância para a estação livre e do azimute, é possível determinar as coordenadas desejadas, que podem ser vistas na figura 9.

```

Coordenadas_Ponto_1 =
                149718.398
                249854.3097

Fe =
                0.999487747489122

dE1 =
                118.033

AZ1E =
                0.905508310302169

Coordenadas_Estacao_Livre =
                149811.211599477
                249927.132466419

```

Figura 9 - Resultados obtidos através do MATLAB.

Assim, foi gerada a tabela 2, na qual se têm as 30 observações de coordenadas topográficas obtidas do teste realizado ($X_{obs}(m)$, $Y_{obs}(m)$), as coordenadas oficiais topográficas no plano topográfico local do vértice EPS 04 ($X(m)$, $Y(m)$), diferenças entre as coordenadas oficiais do vértice EPS 04 e as obtidas a partir do teste realizado ($\Delta X(m)$, $\Delta Y(m)$).

As coordenadas oficiais do vértice EPS 04, tem origem nas coordenadas geodésicas curvilíneas no SIRGAS 2000 da estação RECF ($\varphi = 8\ 03'03,46970''\ S$, $\lambda = 34\ 57'05,45910''\ W$), correspondentes as mesmas coordenadas no sistema topográfico local do campus Joaquim Amazonas ($X_0 = 150000,000\ m$, $Y_0 = 250000,000\ m$) e a altitude média do plano topográfico local com média das altitudes EPS1, EPS2,...,EPS7, ($H_{ptl} = 4,217\ m$), conforme descrito em Mendonça et al (2010).

ESTAÇÃO DESCONHECIDA NA ESTAÇÃO TOTAL (ESTAÇÃO LIVRE)						
Coordenadas	Coordenadas Obtidas		Coordenadas Oficiais		Diferenças	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	ΔX (m)	ΔY (m)
1	149811,212	249927,137	149811,211	249927,136	-0,001	-0,001
2	149811,212	249927,133	149811,211	249927,136	-0,001	0,003
3	149811,212	249927,136	149811,211	249927,136	-0,001	0,000
4	149811,212	249927,135	149811,211	249927,136	-0,001	0,001
5	149811,212	249927,136	149811,211	249927,136	-0,001	0,000
6	149811,212	249927,134	149811,211	249927,136	-0,001	0,002
7	149811,212	249927,135	149811,211	249927,136	-0,001	0,001
8	149811,212	249927,134	149811,211	249927,136	-0,001	0,002
9	149811,212	249927,135	149811,211	249927,136	-0,001	0,001
10	149811,212	249927,135	149811,211	249927,136	-0,001	0,001
11	149811,211	249927,136	149811,211	249927,136	0,000	0,000
12	149811,213	249927,133	149811,211	249927,136	-0,002	0,003
13	149811,212	249927,134	149811,211	249927,136	-0,001	0,002
14	149811,213	249927,133	149811,211	249927,136	-0,002	0,003
15	149811,211	249927,135	149811,211	249927,136	0,000	0,001
16	149811,213	249927,133	149811,211	249927,136	-0,002	0,003
17	149811,213	249927,134	149811,211	249927,136	-0,002	0,002
18	149811,212	249927,135	149811,211	249927,136	-0,001	0,001
19	149811,212	249927,134	149811,211	249927,136	-0,001	0,002
20	149811,211	249927,135	149811,211	249927,136	0,000	0,001
21	149811,212	249927,135	149811,211	249927,136	-0,001	0,001
22	149811,212	249927,134	149811,211	249927,136	-0,001	0,002
23	149811,213	249927,133	149811,211	249927,136	-0,002	0,003
24	149811,211	249927,136	149811,211	249927,136	0,000	0,000
25	149811,211	249927,136	149811,211	249927,136	0,000	0,000
26	149811,211	249927,136	149811,211	249927,136	0,000	0,000
27	149811,213	249927,132	149811,211	249927,136	-0,002	0,004
28	149811,21	249927,138	149811,211	249927,136	0,001	-0,002
29	149811,213	249927,132	149811,211	249927,136	-0,002	0,004
30	149811,212	249927,136	149811,211	249927,136	-0,001	0,000

Tabela 2 – Coordenadas obtidas com o emprego do programa computacional elaborado em MATLAB e as diferenças para análise comparativa.

Os resultados comparativos obtidos para as coordenadas do vértice EPS04 gerados pelo processo de estação livre com relação as suas coordenadas topográficas oficiais apontaram para discrepâncias que não ultrapassaram 0,004 m (4mm). Além disso, foram calculadas as médias dos erros para ambas as coordenadas ($\Delta X(m)$, $\Delta Y(m)$), as quais corresponderam respectivamente, - 0,001 m (-1 mm) e 0,001 m (1 mm).

5. CONCLUSÕES

Foram realizadas entrevistas com os alunos no final da disciplina e os mesmos em sua maioria consideraram a metodologia válida e útil no aprendizado, pois os mesmos tiveram que estudar todas as formulações e desenvolveram o algoritmo. No entanto, por ser uma nova didática aplicada ainda não existem números suficientes até o momento para a verificação da melhora das notas. Isso sugere novas pesquisas futuras para a possível consolidação da metodologia empregada.

Conclui-se que a metodologia de ensino adotada foi muito bem aceita pelos alunos da turma para a qual foi aplicada, pois estes interagiram de tal maneira que o conceito ficou mais claro, pelas próprias respostas às entrevistas. Isso devido principalmente, pelo fato dos cálculos serem realizados de modo manual, do desenvolvimento do algoritmo (estimula o raciocínio lógico), além de possibilitar a operação do equipamento, sendo necessário para tanto o conhecimento teórico. Assim, tudo isso propicia aos alunos um melhor preparo para a competição com outros profissionais da área, além de uma maior maturidade para o mercado de trabalho.

Recomenda-se que essa metodologia seja testada para outras disciplinas dentro dos programas de graduação da área.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de graduação do curso de Engenharia Cartográfica pela infra-estrutura fornecida. Ao Engenheiro Cláudio Davi Vila Flor pelo fornecimento dos dados referentes à Rede de Referência Cadastral do Campus “Joaquim Amazonas”.

REFERÊNCIAS

ABNT, NBR-13.133 – Normas Técnicas para a Execução de Levantamentos Topográficos. 1994.

ERBA, D. A.; THUM, B. A.; SILVA, C. A. U. da; SOUZA, G. C. de; VERONEZ, M. R.; LEANDRO, R. F.; MAIA, T. C. B. **Topografia para estudantes de Arquitetura, Engenharia e Geologia**, 2003.

MENDONÇA, F. J. B; GARNÉS, S. J. A.; PEREIRA, C. M.; BARROSO NETO, J. A.; MELO, W. D. A. Análise do ajustamento por mínimos quadrados de uma trilateração topográfica com injunções nos planos UTM e topocêntrico. In: **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, p. 001-009, Recife, 2010.

TRIMBLE. **User guide 3300 DR**, 2004.

VEIGA, L. A. **Sistema para Mapeamento automatizado em campo: conceitos, metodologia e implantação de um protótipo**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2000.

VILA FLOR, C. D. R. **Rede geodésica cadastral do campus Recife da UFPE: Fase I – planejamento e implantação da rede principal**. Trabalho final de graduação. Relatório parcial. Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.