

## VARIAÇÃO DIURNA DE BARÔMETROS PARA UMA LOCALIDADE DE MESMA ALTITUDE

**Marcelo Alves Santos, Bruno Henrique Bellon Cesconeto, Isaac Andrade Santece, Lucas Heringer Barcellos Junior, Jéferson Luiz Ferrari**

IFES – Campus de Alegre/Departamento de Desenvolvimento Educacional, Rive – Alegre, ES  
marcelokm90@hotmail.com, brunohenriquebc@hotmail.com, isaac\_santece@hotmail.com,  
lucasheringerbj@hotmail.com, ferrarijuliz@gmail.com

**Resumo-** Este trabalho teve como objetivo analisar a variação diurna das altitudes obtidas através de dois barômetros, aneróide e digital, para uma localidade de mesma altitude. Para isso, tais instrumentos foram colocados sobre um marco geodésico do IBGE, de coordenadas conhecidas, durante 12 horas, sendo coletados dados com intervalo de 30 minutos, gerando um arquivo com 100 observações. Os resultados ratificam a necessidade de se conhecer a curva de variação diurna dos barômetros para a referida localidade, onde o barômetro de aneróide apresentou maiores desvio padrão (17,31 m), coeficiente de variação (12,17 %) e amplitude (47,00 m) em relação ao barômetro digital. Além disso, pôde-se perceber que, devido a ocorrência de ventos, na parte da manhã, até às 11 horas, os desvios apresentaram valores negativos, alcançando limites máximos de – 16,95 m para o barômetro de aneróide e – 5,95 m para o barômetro digital. Enquanto que na parte da tarde, os desvios foram positivos, com limites máximos de + 30,05 m e + 6,05 m para os barômetros de aneróide e digital, respectivamente.

**Palavras-chave:** Altimetria, nivelamento barométrico, variação temporal, curvas de calibração.

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias

### Introdução

A determinação das diferenças de nível entre os pontos característicos da altimetria de um terreno é de extrema importância para diversas atividades da área de ciências agrárias. Para determiná-la é necessário proceder a um trabalho topográfico denominado nivelamento (COMASTRI & TULER, 1999).

Diz-se que o nivelamento é barométrico quando realizado com a utilização de barômetros de cubas contendo mercúrio, barômetros eletrônicos ou metálicos (aneróides). Para a aplicação desse processo de nivelamento, é necessário conhecer a relação existente entre as variações da pressão atmosférica com a altitude, tendo em vista que a pressão do ar vai decrescendo à medida que a altitude aumenta (SANTIAGO, 1982).

Segundo Pinto (1989), além de ser em função da altitude, a pressão atmosférica varia também com a latitude entre dois pontos, a pressão entre dois pontos, a temperatura no momento das observações e o estado higrométrico da atmosfera.

O objetivo do presente trabalho foi analisar a precisão e variação diurna das altitudes, pressões atmosféricas e temperaturas do ar obtidas através de dois barômetros, aneróide e digital, e de um termômetro de ar para uma localidade de mesma altitude.

### Metodologia

A área em estudo fica situada no Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Alegre, ES, nas coordenadas aproximadas de 20° 45' 50" de latitude Sul e 41° 25' e 41° 27' 25" de longitude Oeste (Figura 1).

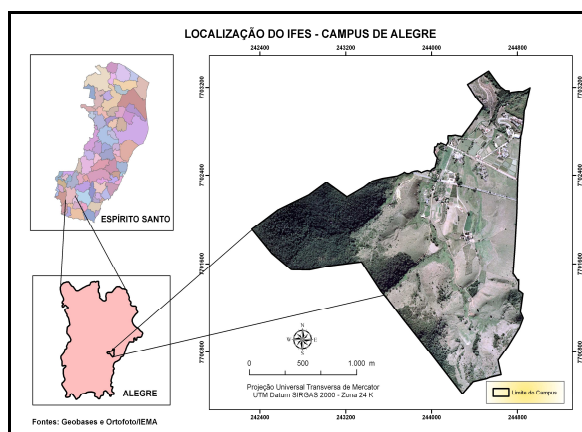


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Na referida área se encontra o marco geodésico SAT 93726, integrante da Rede Geodésica do Estado do Espírito Santo, tomado como referência neste estudo, com altitude ortométrica oficial de 136,95 m (RGEES, 2005).

Segundo o IBGE (2010) o referido marco apresenta as seguintes características geográficas mostradas na Figura 2.

IBGE Relatório de Estação Geodésica																																																																																																																																																									
Estação :	93726	Nome da Estação :	93726																																																																																																																																																						
Município :	ALEGRE	UF :	ES																																																																																																																																																						
Última Visita :	24/8/2005	Situação Marco Principal :	Bom																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DADOS PLANIMÉTRICOS</th> <th colspan="2">DADOS ALTIMÉTRICOS</th> <th colspan="2">DADOS GRAVIMÉTRICOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Latitude</td> <td>20° 45' 49,8514" S</td> <td>Altitude Ortométrica(m)</td> <td>138,95</td> <td>Gravidade(mGal)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Longitude</td> <td>41° 27' 23,0763" W</td> <td>Altitude Geométrica(m)</td> <td>144,81</td> <td>Sigma Gravidade(mGal)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fonte</td> <td>GPS Geodésico</td> <td>Fonte</td> <td>GPS Geodésico</td> <td>Precisão</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Origem</td> <td>Ajustada</td> <td>Data Medição</td> <td>24/8/2005</td> <td>Datum</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S Datum</td> <td>SAD-49</td> <td>Data Cálculo</td> <td>9/10/2008</td> <td>Data Medição</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A Data Medição</td> <td>24/8/2005</td> <td>Sigma Altitude Geométrica(m)</td> <td></td> <td>Data Cálculo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D Data Cálculo</td> <td>9/10/2008</td> <td>Modelo Geoidal</td> <td>MAPGEO2004</td> <td>Correção Topográfica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6 Sigma Latitude(m)</td> <td>0,004</td> <td></td> <td></td> <td>Anomalia Bouguer</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9 Sigma Longitude(m)</td> <td>0,004</td> <td></td> <td></td> <td>Anomalia Ar-Live</td> <td></td> </tr> <tr> <td>UTM(N)</td> <td>7702058292</td> <td></td> <td></td> <td>Densidade</td> <td></td> </tr> <tr> <td>UTM(E)</td> <td>244248846</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MC</td> <td>-39</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Latitude</td> <td>20° 45' 51,8108" S</td> <td>Altitude Ortométrica(m)</td> <td>138,82</td> <td>Gravidade(mGal)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S Longitude</td> <td>41° 27' 24,5141" W</td> <td>Altitude Geométrica(m)</td> <td>131,43</td> <td>Sigma Gravidade(mGal)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>I Fonte</td> <td>GPS Geodésico</td> <td>Fonte</td> <td>GPS Geodésico</td> <td>Precisão</td> <td></td> </tr> <tr> <td>R Origem</td> <td>Ajustada</td> <td>Data Medição</td> <td>24/8/2005</td> <td>Datum</td> <td></td> </tr> <tr> <td>G Datum</td> <td>SIRGAS2000</td> <td>Data Cálculo</td> <td>9/10/2008</td> <td>Data Medição</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A Data Medição</td> <td>24/8/2005</td> <td>Sigma Altitude Geométrica(m)</td> <td>0,011</td> <td>Data Cálculo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S Data Cálculo</td> <td>9/10/2008</td> <td>Modelo Geoidal</td> <td>MAPGEO2004</td> <td>Correção Topográfica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 Sigma Latitude(m)</td> <td>0,002</td> <td></td> <td></td> <td>Anomalia Bouguer</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0 Sigma Longitude(m)</td> <td>0,002</td> <td></td> <td></td> <td>Anomalia Ar-Live</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0 UTM(N)</td> <td>7701988471</td> <td></td> <td></td> <td>Densidade</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0 UTM(E)</td> <td>2442083932</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0 MC</td> <td>-39</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS		Latitude	20° 45' 49,8514" S	Altitude Ortométrica(m)	138,95	Gravidade(mGal)		Longitude	41° 27' 23,0763" W	Altitude Geométrica(m)	144,81	Sigma Gravidade(mGal)		Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico	Precisão		Origem	Ajustada	Data Medição	24/8/2005	Datum		S Datum	SAD-49	Data Cálculo	9/10/2008	Data Medição		A Data Medição	24/8/2005	Sigma Altitude Geométrica(m)		Data Cálculo		D Data Cálculo	9/10/2008	Modelo Geoidal	MAPGEO2004	Correção Topográfica		6 Sigma Latitude(m)	0,004			Anomalia Bouguer		9 Sigma Longitude(m)	0,004			Anomalia Ar-Live		UTM(N)	7702058292			Densidade		UTM(E)	244248846					MC	-39					Latitude	20° 45' 51,8108" S	Altitude Ortométrica(m)	138,82	Gravidade(mGal)		S Longitude	41° 27' 24,5141" W	Altitude Geométrica(m)	131,43	Sigma Gravidade(mGal)		I Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico	Precisão		R Origem	Ajustada	Data Medição	24/8/2005	Datum		G Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo	9/10/2008	Data Medição		A Data Medição	24/8/2005	Sigma Altitude Geométrica(m)	0,011	Data Cálculo		S Data Cálculo	9/10/2008	Modelo Geoidal	MAPGEO2004	Correção Topográfica		2 Sigma Latitude(m)	0,002			Anomalia Bouguer		0 Sigma Longitude(m)	0,002			Anomalia Ar-Live		0 UTM(N)	7701988471			Densidade		0 UTM(E)	2442083932					0 MC	-39				
DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS																																																																																																																																																					
Latitude	20° 45' 49,8514" S	Altitude Ortométrica(m)	138,95	Gravidade(mGal)																																																																																																																																																					
Longitude	41° 27' 23,0763" W	Altitude Geométrica(m)	144,81	Sigma Gravidade(mGal)																																																																																																																																																					
Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico	Precisão																																																																																																																																																					
Origem	Ajustada	Data Medição	24/8/2005	Datum																																																																																																																																																					
S Datum	SAD-49	Data Cálculo	9/10/2008	Data Medição																																																																																																																																																					
A Data Medição	24/8/2005	Sigma Altitude Geométrica(m)		Data Cálculo																																																																																																																																																					
D Data Cálculo	9/10/2008	Modelo Geoidal	MAPGEO2004	Correção Topográfica																																																																																																																																																					
6 Sigma Latitude(m)	0,004			Anomalia Bouguer																																																																																																																																																					
9 Sigma Longitude(m)	0,004			Anomalia Ar-Live																																																																																																																																																					
UTM(N)	7702058292			Densidade																																																																																																																																																					
UTM(E)	244248846																																																																																																																																																								
MC	-39																																																																																																																																																								
Latitude	20° 45' 51,8108" S	Altitude Ortométrica(m)	138,82	Gravidade(mGal)																																																																																																																																																					
S Longitude	41° 27' 24,5141" W	Altitude Geométrica(m)	131,43	Sigma Gravidade(mGal)																																																																																																																																																					
I Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico	Precisão																																																																																																																																																					
R Origem	Ajustada	Data Medição	24/8/2005	Datum																																																																																																																																																					
G Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo	9/10/2008	Data Medição																																																																																																																																																					
A Data Medição	24/8/2005	Sigma Altitude Geométrica(m)	0,011	Data Cálculo																																																																																																																																																					
S Data Cálculo	9/10/2008	Modelo Geoidal	MAPGEO2004	Correção Topográfica																																																																																																																																																					
2 Sigma Latitude(m)	0,002			Anomalia Bouguer																																																																																																																																																					
0 Sigma Longitude(m)	0,002			Anomalia Ar-Live																																																																																																																																																					
0 UTM(N)	7701988471			Densidade																																																																																																																																																					
0 UTM(E)	2442083932																																																																																																																																																								
0 MC	-39																																																																																																																																																								
<p>* Último Ajustamento Planimétrico Global SAD49 em 15/09/1998                  * Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 # 06/03/2008                  ** Saco Paramétrico para Ponte entre as escalas métricas ou igual a 1/20000, valores SIRGAS2000 - SAD49</p>																																																																																																																																																									
Estação Visada	Altimete	Tipos	Distância (m)																																																																																																																																																						
A293726	29° 2' 30,0929"	Geodésico	1.033,600																																																																																																																																																						
Localização																																																																																																																																																									
Próximo a cerca, pelo lado de fora, da unidade de tratamento de água da Escola Agrícola Federal de Alegre.																																																																																																																																																									
Geodésico																																																																																																																																																									
Marco de concreto formato piramidal medindo 0,18 m x 0,18 m de topo, 0,20 m de altura, 0,50 m x 0,50 m de base onde foi estampada chape padrão CREA-ES SAT 93726.																																																																																																																																																									
Itinerário																																																																																																																																																									
Partir da portaria principal da Escola Agrícola Federal de Alegre em direção à ES-452. Chegando na rodovia seguir à esquerda, sentido Vitória. Acessar a primeira entrada à direita, uma porteira, e seguir subindo. Virar na primeira à direita e depois na primeira à esquerda subindo. Siga à estrada e logo à frente a unidade de tratamento de água da Escola Agrícola Federal de Alegre.																																																																																																																																																									

Figura 2 - Características do marco geodésico SAT 93726.

No dia 21 de abril do corrente ano, de modo a alcançar os objetivos deste trabalho foram colocados e mantidos, sobre o marco geodésico supracitado, os seguintes instrumentos:

- Um barômetro aneróide, marca Barigo, com precisão de 5 m; e
- Um barômetro digital, marca Oregon, com precisão de 1 m;

Durante 12 horas de observação, de 6 h às 18 h, com intervalo de 30 min, foram coletadas 100 observações envolvendo altitudes e pressões atmosféricas. Destaca-se que durante a operação de tomada de leituras foram levados em consideração todos os cuidados descritos por Pinto (1989) e por Espartel (1978).

Para avaliação das diferentes metodologias, foram determinadas as precisões (desvios padrões da média) e as acurácias (erros médios quadráticos) para cada barômetro (MIKHAIL & GRACIE, 1981). Além disso, foram gerados modelos de regressão para cada barômetro utilizando para isso o programa computacional SAEG, desenvolvido por Ribeiro Junior & De Mello (2008).

**Resultados**

Tabela 1 – Estatísticas dos desvios das altitudes obtidas pelos barômetros.

Estatísticas	Barômetro aneróide	Barômetro digital
Nº de dados	25	25
Média	142,24	137,08
Desvio padrão	17,31	3,37
Mínimo	167,00	131,00
Máximo	120,00	143,00
Amplitude	47,00	12,00
C. Variação	12,17	2,46

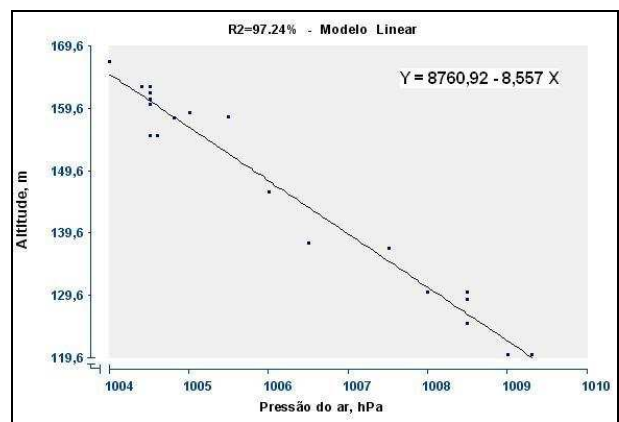


Figura 3 – Modelo de regressão linear do barômetro aneróide.

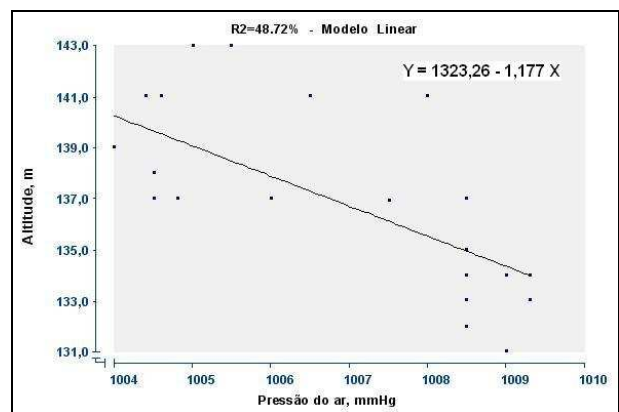


Figura 4 – Modelo de regressão linear do barômetro digital.

Tabela 2 – Variações diurnas de altitudes reveladas pelos barômetros e seus respectivos desvios.

Hora	Bar. aneróide		Bar. digital	
	Altitudes (m)	Desvios (m)	Altitudes (m)	Desvios (m)
06:00	136,95	0,00	136,95	0,00
06:30	130,00	- 6,95	134,00	- 2,95
07:00	130,00	- 6,95	137,00	+ 0,05
07:30	129,00	- 7,95	135,00	- 1,95
08:00	125,00	- 11,95	132,00	- 4,95
08:30	120,00	-16,95	134,00	- 2,95
09:00	120,00	-16,95	133,00	- 3,95
09:30	120,00	-16,95	135,00	- 5,95
10:00	125,00	-11,95	134,00	- 1,95
10:30	120,00	-16,95	131,00	- 2,95
11:00	125,00	-11,95	133,00	- 3,95
11:30	130,00	- 6,95	141,00	+ 4,05
12:00	138,00	+ 1,05	141,00	+ 4,05
12:30	146,00	+ 9,05	137,00	+ 0,05
13:00	155,00	+ 18,05	141,00	+ 4,05
13:30	160,00	+ 23,05	138,00	+ 1,05
14:00	158,20	+ 21,05	143,00	+ 6,05
14:30	158,80	+ 21,85	143,00	+ 6,05
15:00	163,00	+ 26,05	141,00	+ 4,05
15:30	163,00	+ 26,05	138,00	+ 1,05
16:00	162,00	+ 25,05	138,00	+ 1,05
16:30	167,00	+ 30,05	139,00	+ 2,05
17:00	155,00	+ 18,05	137,00	+ 0,05
17:30	161,00	+ 24,05	138,00	+ 1,05
18:00	158,00	+ 21,05	137,00	+ 0,05

## Discussão

Na Tabela 1 são apresentadas as estatísticas dos desvios das altitudes obtidas pelos dois barômetros, onde é possível notar que o barômetro de aneróide apresentou maior desvio padrão (17,31 m), coeficiente de variação (12,17 %) e amplitude (47 m) em relação ao barômetro digital.

Esta observação fica mais evidenciada quando se analisam as variações diurnas reveladas pelos dois barômetros e seus respectivos desvios, como é mostrado na Tabela 2. Além disso, pode-se perceber nesta tabela que, na parte da manhã, até às 11 horas, os desvios apresentaram valores negativos, alcançando limites máximos de - 16,95 m e - 5,95 m para os barômetros de aneróide e digital, respectivamente. Após esses horários, os desvios passam a assumir valores positivos em horas diferentes daquela tomada como referência, com limites máximos de + 30,05 m e + 6,05 m para os barômetros de aneróide e digital, respectivamente.

Porém, é importante destacar que durante o dia notou-se a ocorrência de ventos, e este fenômeno atmosférico, como descreve Espartel (1978), pode

levar a resultados duvidosos devido à irregularidade das variações. Daí a importância de se conhecer a curva de variação diurna dos barômetros para uma localidade.

Nas Figuras 3 e 4 são mostradas os modelos de regressões lineares para os dois barômetros, relacionando as pressões atmosféricas com as altitudes. Nelas, podemos observar que, com o aumento das pressões atmosféricas diurnas, os barômetros revelaram menores valores para altitudes. Estes resultados estão em conformidade com Espartel (1978) e Comastri & Tuler (1999) que explicam que esse comportamento é peculiar para este tipo de nivelamento, uma vez que as altitudes nos barômetros são determinadas em função das pressões atmosféricas obedecendo à uma razão inversa.

## Conclusão

Os resultados ratificam a necessidade de se conhecer a curva de variação diurna dos barômetros para a referida localidade, onde o barômetro de aneróide apresentou maior desvio padrão (17,31 m), maior coeficiente de variação (12,17 %) e maior amplitude (47 m) em relação ao barômetro digital. Além disso, pôde-se perceber que, devido a ocorrência de ventos, na parte da manhã, até às 11 horas, os desvios apresentaram valores negativos, alcançando limites máximos de - 16,95 m para o barômetro de aneróide e - 5,95 m para o barômetro digital. Enquanto que na parte da tarde, os desvios foram positivos, com limites máximos de + 30,05 m e + 6,05 m para os barômetros de aneróide e digital, respectivamente.

## Referências

- COMASTRI, J. A.; TULER, J. C. **Topografia: Altimetria**. 3. Ed. Viçosa: UFV. 1999. 200 p.
- ESPARTEL, L. **Curso de topografia**. 6. Ed. Porto Alegre: Globo, 1978. 655 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 de março de 2010.
- MIKHAIL, E. M.; GRACIE, R. **Analysis and adjustment of survey measurements**. New York. 1981. 340 p.
- PINTO, L. E. K. **Curso de topografia**. Salvador: UFBA, 1989. 338 p.

- RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; DE MELLO, A. L. P.  
**Guia prático para utilização do SAEG.** Viçosa,  
2008.

- SANTIAGO, A. C. **Topografia & Desenho: Guia  
do técnico agropecuário.** Campinas: IAC, 1982.  
110 p.

- **REDE GEODÉSICA DO ESPÍRITO SANTO -  
RGES: Um marco na engenharia capixaba.**  
Vitória: Resplendor, 2005. 136 p.