

# **INFLUÊNCIA DA TAXA DE AMOSTRAGEM DE DADOS AMBIENTAIS EM LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS: UM ESTUDO PRELIMINAR**

*The Influence of Data Processing in Environmental Studies in Geodetic Survey : A Preliminary Study*

Sílvia Helena Soares Schwab<sup>1</sup>, Sílvio Rogério Correia de Freitas<sup>2</sup> e Eno Darci Saatkamp<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física; <sup>2</sup>Departamento de Geomática;

<sup>3</sup>Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas

UFPR, Deptº de Geomática, CP19001, CEP 81531-990 Curitiba, PR, Brasil

e-mail: silviass@geoc.ufpr.br; sfreitas@cce.ufpr.br; enosaat@geoc.ufpr.br

## **RESUMO**

A utilização de sistemas de aquisição automatizados, controlados por microprocessadores, vem se tornando cada vez mais viável nos levantamentos geodésicos devido à facilidade de instalação e deslocamento para os mais diversos ambientes. Desta forma, há possibilidade de armazenamento de dados com alta taxa de amostragem, principalmente os referentes a parâmetros ambientais, permitindo estabelecer um melhor perfil das suas variações, e não apenas a utilização de valores amostrados no início e final do trabalho, ou a intervalos de 15 minutos, como é usual em trabalhos geodésicos. Neste trabalho realiza-se uma primeira avaliação da influência da taxa de amostragem em levantamentos, utilizando um experimento onde estuda-se, em termos da precisão final de correções meteorológicas a serem aplicadas sobre medidas de distância realizadas com o Distanciômetro Eletrônico da Estação Total Leica 2002, a influência de duas diferentes taxas de amostragem em instrumentos analógicos e digitais

## **ABSTRACT**

The use of automatic acquisition systems controlled by microprocessors is becoming more viable in geodetic survey as a consequence of their installation facilities of these systems in several places. Then, it is possible to storage data with high sample rate, mainly environmental parameters data, etc. Thus, it can be constructed a better temporal variation profile of their variations, instead of to adopt mean values obtained at the beginning and at the end of a work, or using ten

minutes as sample rate, as usual in geodetic surveys. In this preliminary work it was performed an experiment aiming to study the influence of the sample rate on the final precision of the corrections to be applied on the environmental correction applied over distance measurements, performed with the MED of Leica TC2002 Total Station, by adopting of two different sample rates with analogical and digital instruments.

## **1. INTRODUÇÃO**

Os sistemas de aquisição de dados de parâmetros de ambiente, operando paralelamente à aquisição de marés gravimétricas, têm sido utilizados já ha alguns anos em levantamentos de dados de marés terrestres. A extensão da concepção do sistema para ser utilizado em outros tipos de trabalhos na área de Geodésia, constitui objeto de pesquisa, no sentido de verificar se existe vantagem em sua utilização, principalmente em termos de uma melhoria na precisão final em levantamentos que demandem de correções de caráter ambiental, através da modificação da taxa de amostragem de dados. Neste trabalho, apresenta-se um experimento visando comparar a influência de diferentes taxas de amostragem, através da utilização de instrumentos analógicos e digitais, sobre as correções aplicadas devido aos efeitos meteorológicos nas medidas de distância realizadas com o Distanciômetro Eletrônico da Estação Total Leica TC2002. Para isto, foi utilizados o sistema  $\mu$ DAS, desenvolvido no âmbito do Observatório Real da Bélgica (ORB) que permite a aquisição paralela de parâmetros de ambiente em alta taxa de amostragem (usando sensores digitais), e comparados os resultados com os obtidos nos procedimentos convencionais com instrumentos analógicos, amostrando os mesmos parâmetros em taxas menores, como é usual em trabalhos de campo.

## **2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO E SENSORES METEOROLÓGICOS**

O sistema  $\mu$ DAS (microprocessado), consiste numa placa com conector serial, com quatro entradas com sinal de frequência, que recebem o sinal de saída dos sensores ou captorees, e uma conexão para alimentação. O sistema, que é um datalog programável, estabelece contagens sobre os sinais de frequência. Assim, os dados obtidos são armazenados com taxa de aquisição pré-definida, em valores que podem variar de 1 segundo a 3600 segundos. O sistema possui uma memória RAM de 512 kbytes, que permite autonomia de aproximadamente 35 dias quando 3 canais estão sendo utilizados à taxa de 60s, com cinco dígitos. Possui bateria própria, retendo os dados armazenados mesmo após ser desligado, e armazena a informação no formato FIFO ("first in first out"). Uma bateria de 12V possibilita uma grande autonomia nos trabalhos de campo, além do fato que não necessita de um microcomputador acoplado. Para a sua inicialização, são necessários parâmetros que, uma vez definidos, controlam toda a aquisição. O conjunto sensores – bateria -  $\mu$ DAS tem pequeno volume e pode ser acondicionado em uma pequena caixa, de fácil

transporte. O sensor de pressão do sistema, do tipo aneróide, é uma cápsula de metal flexível, selada e com vácuo interno parcial, compensada para variações de temperatura. Responde às variações da pressão externa variando a sua dimensão. Tais variações são convertidas em um sinal elétrico por um conversor capacitância/frequência. No sensor de temperatura, varia a sua resistência elétrica em função da variação de temperatura ambiente, que é convertida em uma frequência de saída do sensor.

Para cada canal, a informação correspondente à frequência é armazenada junto com os dados de hora, minuto e segundo. Os dados devem ser descarregados, via programa específico, para só então, em formato ASCII, serem utilizados nos diversos aplicativos disponíveis. Para a utilização dos dados armazenados como sinal de frequência ou contagens digitais, entretanto, é necessário calibrar os sensores meteorológicos, em procedimento descrito a seguir. Um sensor de umidade, já disponível para ser associado ao sistema não foi utilizado no trabalho, devido à não ter sido possível realizar a sua calibração pela falta de instrumento-padrão adequado, mas poderá vir a ser utilizado nas etapas posteriores, a partir de sua adequada calibração.

### 3. A CALIBRAÇÃO DOS SENSORES

A calibração dos sensores do sistema  $\mu$ DAS foi procedida no Laboratório de Aferição e Instrumentação Geodésica da UFPR(LAIG-UFPR). Este foi acomodado próximo a um barômetro de coluna de mercúrio, tipo Lambrecht KG 610/36102, calibrado a 0°C, instalado de acordo com as especificações de nivelamento, e que fornece leituras em mmHg. Próximo ainda, foi alocado um termômetro, com resolução de 0,05°C, utilizado como termômetro padrão. Assim, no processo de calibração, obteve-se os seguintes resultados para a pressão:

$$p_{\text{corr}}(\text{mmHg}) = -0,01114 p_{\text{estação}}[\text{mmHg}] (\pm 0,26) + 968,5406 (\pm 2,46) \text{mmHg} \quad (1)$$

e para a temperatura,

$$T(\text{oC}) = \{0,00095 T_{\text{estação}}[\text{oC}] (\pm 0,76) + 0,796 (\pm 2,00)\} / 1,115759 \quad (2)$$

Os valores de pressão foram posteriormente transformados de mmHg para mbar, através da relação 1 mmHg = 1,3332 mbar.

### 4. EXPERIMENTO PARA AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS DIFERENTES TAXAS DE AMOSTRAGEM

O experimento foi realizado através de ocupação de um ponto, no Campus III, do Centro Politécnico da UFPR, onde foi colocado o sistema  $\mu$ DAS, em aquisição de dados/minuto durante todo um dia. Com isto, buscou-se obter uma série de dados de pressão e temperatura gerando um perfil de comportamento dos parâmetros amostrados em alta taxa (conjunto aqui denominado sistema digital) e que pode ser comparado ao perfil de dados obtidos a cada 10 minutos (conjunto aqui denominado analógico). Para isto, foram realizadas medidas a cada 10 minutos com

o barômetro aneróide, e o psicrômetro manual, que fornece as temperaturas seca (ambiente) e úmida. Este intervalo de tempo foi escolhido devido ao fato de ser o usualmente utilizado em levantamentos de campo com a Estação Total. Paralelamente, foram monitorados pelos sensores do sistema  $\mu$ DAS os valores de temperatura e pressão (dados/minuto). As medidas digitais de umidade do ar foram também monitoradas pelo observador mediante o psicrômetro digital, e foram consideradas constantes para cada intervalo de 10 minutos, devido ao sistema  $\mu$ DAS não possuir sensor de umidade.

#### 4.1 Dados Obtidos

A Tab.1 mostra uma amostra dos dados obtidos analogicamente com o barômetro aneróide e psicrômetro:

HORA(TU)	PRESSÃO (mbar)	TEMPERATURA SECA (C)	TEMPERATURA ÚMIDA (C)
13h10min	913,5	22,0	15,9
13h20min	913,5	22,5	16,2
13h30min	913,1	20,0	15,0
13h40min	913,1	21,1	15,9
13h50min	913,1	21,9	15,5
14h00min	913,1	23,0	16,1

**TABELA 1 – AMOSTRA DOS DADOS ANALÓGICOS OBTIDOS COM BAROMETRO E PSICROMETRO MANUAL**

Na Tab.2, mostra-se uma amostra dos dados obtidos via sensores digitais do sistema  $\mu$ DAS (que fornece contagens) e psicrômetro digital:

HORA (TU)	PRESSÃO		TEMPERATURA		UMIDADE RELATIVA (%)
	Contagens	mbar	Contagens	°C	
13h10min	25315	915,28	27369	24,02	45
13h11min	25306	915,30	25146	23,37	45
13h12min	25302	915,33	24024	22,94	45
13h13min	25296	915,34	24826	22,63	45
13h14min	25286	915,33	27092	22,46	45
13h15min	25281	915,36	28184	22,09	45

**TABELA 2 – AMOSTRA DOS DADOS OBTIDOS COM O SISTEMA  $\mu$ DAS (PRESSÃO E TEMPERATURA VIA SENSORES DIGITAIS) E PSICROMETRO DIGITAL**

Para o cálculo da umidade relativa a partir das temperaturas seca e úmida obtidas com o psicrômetro manual, foram utilizadas equações indicadas em Tubellis & Nascimento (1986). Uma amostra comparativa dos resultados é mostrada na Tab.3.

UMIDADE RELATIVA (%) Psicrômetro manual	UMIDADE RELATIVA (%) Psicrômetro digital
54,2	45,0
59,5	60,0
52,1	46,0
50,1	58,0
56,7	60,0

**TABELA 3 – RESULTADOS EM TERMOS DE UMIDADE RELATIVA OBTIDOS ANALOGICA E DIGITALMENTE**

Pode-se observar que existem diferenças grandes entre os valores obtidos a cada 10 minutos pelos dois instrumentos, que poderiam ser devidas a diferenças de calibração mas principalmente devido ao fato de, no psicrômetro digital, dependendo da quantidade de água adicionada antes da medida, observar-se uma grande diferença nos valores medidos. Este problema afetou toda a leitura digital, causando inclusive pane no instrumento que estava sendo utilizado e a necessidade de se utilizar um segundo instrumento. Para contornar este problema de discrepância de valores buscou-se então fazer as leituras após uma estabilização dos valores, observando um período de aproximadamente 1 minuto para efetuar a leitura. Já no psicrômetro manual, quanto mais rapidamente foi feita a leitura dos termômetros, maior foi a diferença entre as temperaturas seca e úmida observada, o que denota a importância da equação pessoal do observador neste tipo de trabalho. Evidencia-se então a necessidade de avaliar a influência da umidade relativa na correção à medida de distâncias feitas com o distanciômetro, para verificar até que ponto estas diferenças nos valores de umidade relativa perturbam os resultados, o que é avaliado no item 5 deste trabalho.

#### **4.2 Modelo de correção meteorológica aplicado na medida de distâncias**

A correção meteorológica a ser aplicada às leituras feitas com o distanciômetro eletrônico da Estação Total TC2002 da Leica, segundo o Manual do Usuário, é dada por:

$$\Delta D_1 = 281,8 - \left[ \frac{0,29065}{(1 + \alpha t)} p - \frac{0,0004126}{(1 + \alpha t)} h \right] \cdot 10^x \quad (3)$$

onde:  $\Delta D_1$  é a correção atmosférica em ppm,  $p$  é a pressão atmosférica em mbar,  $t$  é a temperatura ambiente em Celsius,  $h$  é a umidade relativa em %,  $\alpha=1/273,16$  e  $x$  definido a seguir:

$$x = \frac{7,5t}{237,3 + t} + 0,7857 \quad (4)$$

Esta correção tem sido sistematicamente aplicada a todos os trabalhos de campo, em que a medida de distância é feita com o referido instrumento.

### 4.3 Metodologia adotada

Para a comparação da influência, em termos da correção meteorológica aplicada às medidas de distância, foram separados dois conjuntos de dados, os dados analógicos de pressão, temperatura, os de umidade e os dados digitais obtidos com os sensores do sistema  $\mu$ DAS aliados aos dados de umidade obtidos com o psicrômetro digital. A metodologia de análise constou dos seguintes procedimentos:

1. cálculo da variação no tempo da correção total a ser aplicada às medidas de distância, utilizando o conjunto de dados analógicos;
2. obtenção de uma correção padrão mantendo-se constantes os valores médios de dois parâmetros de ambiente e variando-se o terceiro. Ressalte-se que, conforme já descrito, os dados analógicos foram obtidos de 10 em 10 minutos;
3. repetiu-se os mesmos procedimentos citados em 1) e 2) para os dados digitais, tomados minuto a minuto (pressão e temperatura) e de dez em 10 minutos (umidade), interpolados;
4. escolha de valores médios, para caracterizar no experimento a influência de cada um dos parâmetros em termos das correções a serem aplicadas à medida de distância em ppm;
5. estudo da propagação dos erros nas eq. (3) e (4) pode ser adicionado à metodologia num novo experimento com uma massa maior de dados. Neste, como foi feita apenas uma avaliação preliminar, foram usados apenas os procedimentos acima descritos.

### 4.4 Resultados obtidos e análise

Utilizando-se o primeiro conjunto de dados, analógicos, obteve-se a distribuição temporal das correções ambientais em ppm, como mostrado na Fig.1 e utilizando-se o conjunto de dados digitais, o mesmo procedimento gerou a Fig. 2:

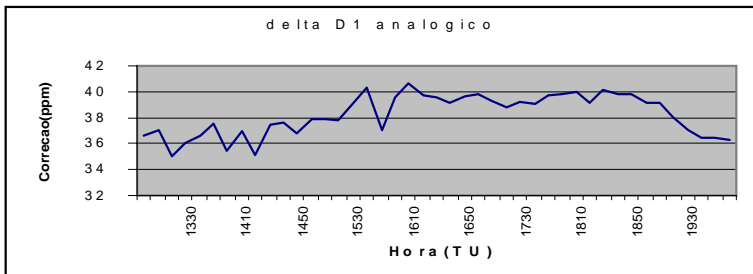
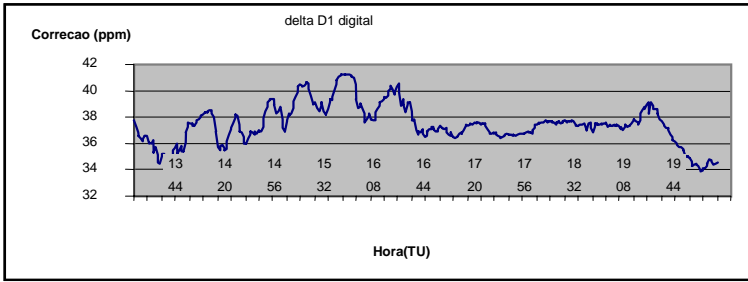


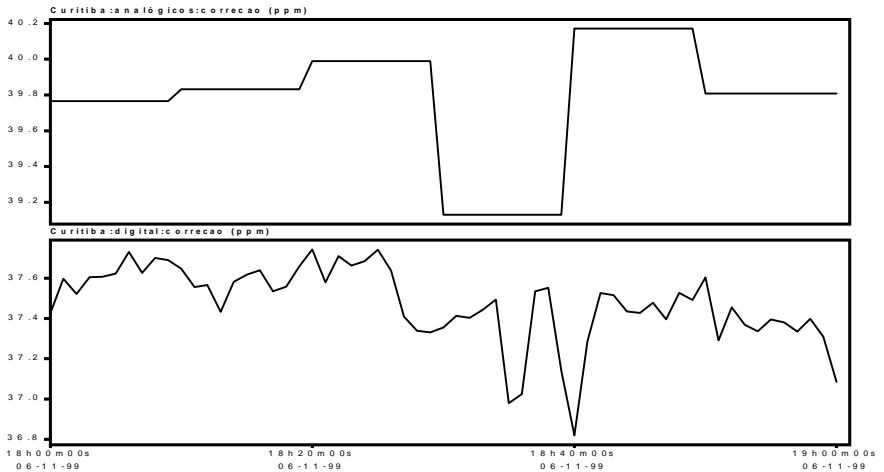
FIGURA 1 – CORRECAO A SER APLICADA ÀS MEDIDAS DE DISTÂNCIA (ANALÓGICAS)



**FIGURA 2 - CORRECAO A SER APLICADA ÀS MEDIDAS DE DISTÂNCIA (DIGITAIS)**

Pode-se observar que os dados digitais permitem estabelecer um melhor perfil das variações resultantes na correção a serem aplicadas, no tempo. Destaque-se ainda que, a partir das 16h30min TU, foi colocada uma umbrela sobre todo o instrumental, o que pode ser perfeitamente observado nos dados digitais, mas não nos analógicos. Foram observadas variações de cerca de 5,3 ppm durante o período de aquisição dos dados a partir dos instrumentos analógicos, e de cerca de 7 ppm antes da colocação da umbrela, e de cerca de 2,5 ppm após a sua colocação, para o mesmo intervalo de aquisição de dados. Isto mostra que a simples adoção de valores médio obtidos antes e após o trabalho de campo não reflete a realidade das variações ambientais que podem ser observadas, e conseqüentemente, a correção da influência ambiental pode não ser feita de forma adequada, quando do cálculo das distâncias entre pontos com o instrumento. Entretanto, deve-se ressaltar que o sensor de temperatura digital, devido à sua precisão, sofre a influência da radiação solar direta e a re-irradiada pelo solo, o que contribui para que a temperatura registrada seja em média maior do que a obtida pelo termômetro analógico, apesar de que, em nenhum momento, o sensor digital ficou diretamente exposto à luz solar. Mas o conjunto onde ele estava posicionado sofreu esta influência de proximidade do solo. O procedimento de levantar a alguns centímetros do solo os sensores digitais minimiza o efeito da re-irradiação térmica devido ao solo. E ainda, a medida da temperatura deve ser feita à sombra, para evitar o efeito da radiação solar direta sobre o sensor de temperatura.

Para a comparação da diferença observada em termos de ppm, para uma parte do conjunto de dados, onde já havia sido colocada a umbrela, foi selecionada a região entre 18h00min e 19h00min TU, conforme pode-se observar na Fig. 3:



**FIGURA 3 – COMPARAÇÃO DOS DADOS ANALÓGICOS E DIGITAIS NUM INTERVALO DE 1 HORA, SOB A PROTEÇÃO DA UMBRELA**

Uma análise parcial dos diferentes intervalos de 10 minutos, no intervalo de 1 hora selecionado, permite estabelecer importantes comparações, baseadas na Tab. 4.

Intervalo horário(TU)	Correção analógica (ppm)	Valores mínimo e máximo da correção digital(ppm)	Varição máxima na correção digital(ppm)
18h00min – 18h10min	39,76	37,4 – 37,7	0,3
18h10min – 18h20min	39,83	37,4 – 37,7	0,3
18h20min – 18h30min	39,90	37,3 – 37,7	0,4
18h30min – 18h40min	39,13	36,8 – 37,6	0,8
18h40min – 18h50min	40,17	36,8 – 37,6	0,8
18h50min – 19h00min	39,81	37,1 – 37,6	0,5

**TABELA 4 – TABELA COMPARATIVA DAS CORREÇÕES EM ppm UTILIZANDO INSTRUMENTOS ANALÓGICOS E DIGITAIS**

A comparação das correções analógica e digital mostra, em princípio um menor patamar no nível de correção a ser aplicada a partir dos valores digitais. Isto significa que o acompanhamento das variações ambientais, utilizando os sensores digitais, acarreta menores valores para correção neste caso. Outra importante comparação se deve ao fato de, conforme pode ser visto na última coluna da Tab.4, uma diferença de até 0,8 ppm pode ser observada em um intervalo de 10 minutos, sendo que no mesmo intervalo, a partir de dados analógicos, tal diferença não pode ser observada.

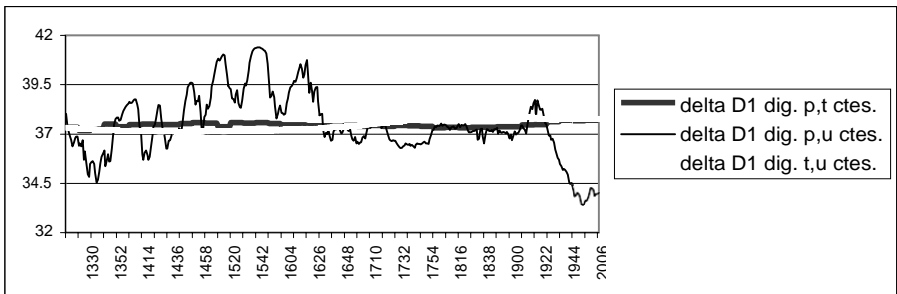
Uma pergunta a ser formulada refere-se a qual o nível de influência de cada uma das variáveis ambientais sobre a correção a ser aplicada. Para isto, procedeu-se, como já mencionado, a um estudo em que, manteve-se dois dos parâmetros fixos (valor médio para o intervalo), e variou-se o terceiro parâmetro. As Fig. 4 e 5 mostram os resultados obtidos em termos de correções, quando utilizados



instrumentos analógicos e digitais respectivamente, mantendo a pressão e temperatura constantes (914,75 mbar e 23,34°C), a pressão e umidade constantes (914,75 mbar e 54,75%) e a temperatura e umidade constantes (23,34°C e 54,75%). Os valores escolhidos para serem mantidos constantes foram os valores médios encontrados para os parâmetros ambientais nos dados coletados.



**FIGURA 4** - COMPARAÇÃO DAS CORREÇÕES AMBIENTAIS USANDO VALORES MÉDIOS PARA DOIS PARÂMETROS E VARIANDO O TERCEIRO PARÂMETRO—INSTRUMENTOS ANALÓGICOS

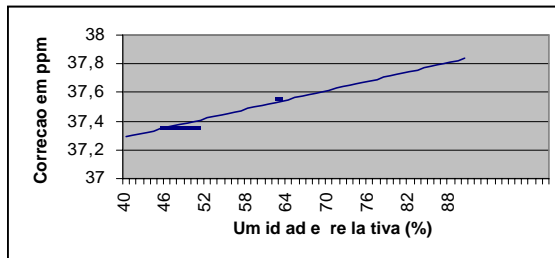


**FIGURA 5** - COMPARAÇÃO DAS CORREÇÕES AMBIENTAIS USANDO VALORES MÉDIOS PARA DOIS PARÂMETROS E VARIANDO O TERCEIRO PARÂMETRO – SENSORES DIGITAIS

A comparação permite inferir que é a temperatura o parâmetro que maior influência exerce sobre a correção ambiental, e que a umidade do ar influencia muito pouco. Por outro lado, o máximo valor em ppm observado em torno de 15h30min TU, obtido analógicamente é de cerca de 40,5 ppm, enquanto que, a partir dos dados digitais, é de cerca de 41,4ppm. Isto mostra a maior facilidade de acompanhamento das variações ambientais e aplicação adequada das correções a partir dos dados digitais. Interessante ressaltar mais uma vez que, a partir das 16h30min TU, quando o sistema foi colocado sob a umbrela, diminuiu sensivelmente o intervalo de amplitudes de influência da temperatura, para ambos os sistemas. Se, antes da sua colocação, a amplitude da influência detectada na temperatura, a partir dos dados digitais era maior que a obtida a partir dos dados analógicos, após a utilização da proteção da umbrela, a amplitude de influência da

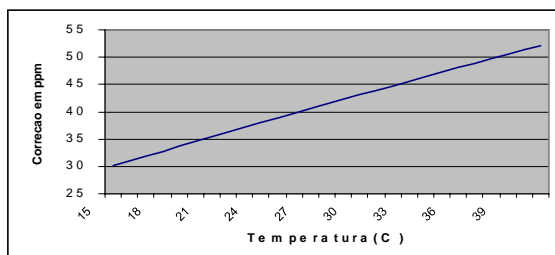
temperatura nos dois sistemas foi praticamente a mesma. Uma diferença de 5 ppm pode ser observada durante o período total do levantamento, a partir dos dados analógicos. e 7,5 ppm nos dados digitais, antes da colocação da umbrela, e 2ppm após a sua colocação, ou seja o sistema digital sofre menos a influência das variações temporais dos parâmetros de ambiente, desde que devidamente protegido. Entretanto, a utilização de poucos valores para todo um levantamento de um dia, por exemplo, para estas correções parece um procedimento bastante simplificado, dadas as diferenças observadas.

Uma simulação adicional, pode ser feita, para inferir o nível de influência da pressão, temperatura e umidade em dias em que esta varie muito mais do que foi observado neste trabalho. Considerando-se uma temperatura média de 23,34°C, e uma pressão de 914,75 mbar (valores médios neste trabalho), e variando-se a umidade desde 40% até 90%, conforme mostra a Fig.6, pode ser verificado que a influência deste parâmetro e de menos de 1ppm, ou seja, de 0,01 1ppm/%.



**FIGURA 6 – CORREÇÃO EM ppm VARIANDO-SE A UMIDADE RELATIVA E MANTENDO OS OUTROS DOIS PARAMETROS CONSTANTES**

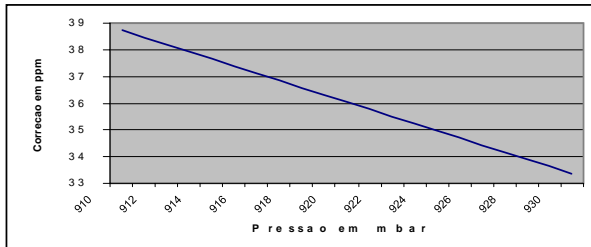
Para a temperatura, este nível de influência pode ser quantificado, mantendo-se a umidade como valor constante 54,75% e pressão de 914,76 mbar. A Fig.7 mostra os resultados obtidos.



**FIGURA 7 - CORREÇÃO EM ppm VARIANDO A TEMPERATURA E MANTENDO OS OUTROS DOIS PARAMETROS CONSTANTES**

A partir deste gráfico pode-se obter que a influência da temperatura sobre as correções é de aproximadamente 0,88 ppm/°C. O mesmo raciocínio, repetido, mantendo-se a temperatura média em 23,34°C e a umidade em 54,75%, permite

avaliar, através da Fig.8, a influência da pressão sobre a equação de correção ambiental.



**FIGURA 8 - CORREÇÃO EM ppm VARIANDO A PRESSÃO E MANTENDO OS OUTROS DOIS PARAMETROS CONSTANTES**

Onde se obtém uma variação de 0,268 ppm/mbar. Em síntese, conforme a Tab.5, pode-se observar as diferenças no nível de influência das diferentes variáveis ambientais, tomando os valores médios observados, resultantes no experimento.

Parâmetro	pressão	temperatura	umidade
Correção em ppm	- 0,268 ppm/mbar	0,880 ppm/°C	0,011 ppm/%

**TABELA 5 – VALORES MÉDIOS QUE CARACTERIZAM A INFLUENCIA DOS PARAMETROS DE AMBIENTE SOBRE A CORRECAO A SER APLICADA ÀS MEDIDAS DE DISTÂNCIA NO EXPERIMENTO.**

Finalmente, pode-se verificar que, mesmo o sentido de influência da pressão e temperatura sendo opostos, devido à diferença de nível de influência na correção, a temperatura realmente é o parâmetro ambiental que mais influencia o valor das correções, mesmo porque a pressão varia muito pouco durante um levantamento de algumas horas.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados acima, pode-se obter algumas conclusões e recomendar alguns procedimentos a serem observados quando da utilização de sensores digitais em levantamentos geodésicos, por exemplo com a Estação Total Leica TC2002.

a) Para uma melhor avaliação do comportamento temporal dos parâmetros ambientais, o seu monitoramento continuado permite ter uma maior segurança no nível das correções aplicadas à medida de distâncias;

b) As diferenças observadas no nível de correção utilizando instrumentos analógicos e digitais permitem diferenciar as suas adequações, principalmente devido à alta taxa de amostragem possibilitada pelo sistema digital o que permite uma melhor correção da influência ambiental observada durante medidas com distanciômetros, denotando a importância da alta taxa de amostragem em comparação com a usualmente utilizada.

c) Os resultados sintetizados na Tab.5 permitem caracterizar a maior influência

da temperatura no nível das correções a serem aplicadas às medidas de distancia com a Estação Total.

Recomenda-se a realização de novos experimentos, para verificar a independência destes níveis de influência do local da medida, e gerando uma massa de dados que permita o estudo da propagação de erros nas equações de correção

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Moran, J. & Tarbuck, E., (1989). The atmosphere - an introduction to meteorology. New Jersey, Prentice-Hall, 491p.

Tubellis, A. & Nascimento, F. J., (1986). Meteorologia descritiva - fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo, Nobel, 374p.

Wild TC2002, (1994). User's manual. Switzerland.

(Recebido em 13/07/00. Aceito para publicação em 29/12/00.)