

## Variabilidade espacial das precipitações em Belo Horizonte

Carlos Wagner Gonçalves Andrade Coelho<sup>1</sup>

Magda Luzimar de Abreu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cemig – cwagner@cemig.com.br - Belo Horizonte - MG

<sup>2</sup>Instituto de Geociências – IGC – UFMG, magda@csr.ufmg.br - Belo Horizonte - MG

### Abstract

In big cities like Belo Horizonte, human routine is influenced directly by extreme events, such as precipitations in the rainy season, which, besides being one of the water controllers, can cause problems like floods and earth sliding, mainly on areas at risk, where big tragedies are registered. Studies that were done to the capital of Minas Gerais obtained good results about the rain behavior, relating the rains to the topography and other meteorological factors, in both local and global scales. This work is aimed to study the rains in Belo Horizonte under the perspective of a new network of pluviometers installed by CEMIG (Energy Company of Minas Gerais) in November 2003. The results indicate a true gain with these new collect points, which have totalized 14 stations, differently from those 6 previous ones, therefore justifying the importance of the climatologic network expansion, mainly in urban regions.

**Palavras-chave:** Precipitação, variabilidade espacial, rede pluviométrica.

### 1. Introdução

Quando se pretende estudar as precipitações de um determinado lugar uma das preocupações é o tamanho da área a ser monitorada e qual a densidade da rede pluviométrica inserida neste espaço. Conforme afirma REICHARDT et al (1995), eventos pluviais nos trópicos podem ter grande variabilidade em pequenas distâncias. Os autores coletaram chuvas diárias durante um ano, em 9 pluviômetros distribuídos em sua área de estudo. O ponto de coleta mais próximo do pluviômetro padrão distava cerca de 900m, o mais distante estava cerca de 2500m, e os 10 pluviômetros, número total do experimento, amostravam uma área aproximada de 1000 ha.

Os valores coletados individualmente de cada pluviômetro se diferenciavam entre si na escala diária e até mesmo no total de três meses. No entanto, no total anual, todos os pluviômetros mostraram resultados bem mais homogêneos, com coeficiente de variação de 3%, indicando que qualquer um deles pode ser tomado como representativo da área amostrada, nessa escala de tempo.

Em todas as áreas da ciência é fundamental a confiabilidade sobre os dados, pois é onde os pesquisadores, após diversas análises retiram suas conclusões que vão dando corpo e justificando as suas idéias e hipóteses. Uma grande parte dos dados meteorológicos possui um grau de incerteza pelo fato de lidar com fenômenos naturais que possuem uma dinâmica específica e muitas vezes uma grande complexidade peculiar à própria meteorologia.

PINHEIRO e NAGHETTINI, (1998) em um estudo desenvolvido na Região Metropolitana de Belo Horizonte para analisar a frequência da distribuição temporal das tempestades, utilizaram como metodologia a definição de curvatura tipo IDF (intensidade, duração e

freqüência). Para a elaboração do estudo foram analisados dados a partir de 168 anos de informações de 11 postos pluviográficos localizados na RMBH.

Conforme os autores, a inclusão da precipitação anual na equação do tipo IDF da RMBH sintetiza a influência de dois fatores sobre as intensidades máximas de chuva. O primeiro fator refere-se às diferenças espaciais de umidade, disponível para a origem e continuidade das ocorrências de precipitações intensas, indiretamente quantificadas pela variação dos totais anuais de chuva na RMBH. O segundo, inerente ao próprio traçado e à conformação espacial do mapa isoietal, reflete as influências orográficas sobre a intensificação dos eventos de precipitação.

REIS et al. (2004), analisaram dados pluviométricos de diversas estações em Belo Horizonte procurando identificar através dos dados coletados as principais áreas de potencial de chuvas intensas. Os resultados mostraram mais uma vez que, estas áreas, ditas de risco, se encontram próximas às encostas da Serra do Curral.

Estudos como o de REIS et al. (2004) sinalizam a importância de uma rede de pluviômetros mais densa, pois, em um centro urbano aliado a questões de topografia local a variabilidade das chuvas é marcante, mesmo para pequenas distâncias como afirma MELLART (1999) apud BEGA et al. (2005), que estudando a variação das chuvas para pequenas áreas, observou a forte influência da topografia e do tipo de precipitação nas diferenças encontradas. Além disto o autor ainda ressaltou que o grau de variabilidade muda de estação para estação e de região para região, o que faz como as pesquisas se tornem constantes.

Em se tratando de tipos de chuva na variabilidade espacial, BEGA et al. (2005) em um experimento para a cidade de Pindorama, Estado de São Paulo, confirmam a dependência espacial das chuvas e que se acentuam nos meses de predomínio de eventos convectivos, principalmente à medida que aumenta as distâncias entre os pluviômetros.

Diante destes cenários, pode-se citar a cidade de Belo Horizonte, que, devido sua topografia aliado a outros elementos possui a distribuição das chuvas muito irregular, o que faz com que seja necessário que se tenham pluviômetros distribuídos por toda a cidade para melhor conhecer a variabilidade das precipitações que a atingem. Além de poder discutir sobre as alterações do clima urbano, se elas realmente são evidentes na cidade ou não.

LUCIO et al. (1998), citam que Belo Horizonte, por sua localização geográfica, sofre a influência de fenômenos meteorológicos de latitudes médias e tropicais como a Frente Polar Atlântica (FPA) e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul atuando no inverno, e a predominância de sistemas convectivos associados ao aquecimento continental e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) atuando no verão, caracterizando assim duas estações bem definidas, uma seca (inverno) e outra chuvosa (verão). Além destes fatores climáticos, Belo Horizonte tem uma topografia marcante onde há uma variação altimétrica com destaque para a Serra do Curral localizada na região Sul, orientada de SW-NE, **Figura 1**.

O objetivo deste trabalho é verificar o coeficiente de variação das chuvas na cidade de Belo Horizonte em virtude da expansão da rede de coleta de dados e assim melhor compreender o comportamento das chuvas na capital mineira.

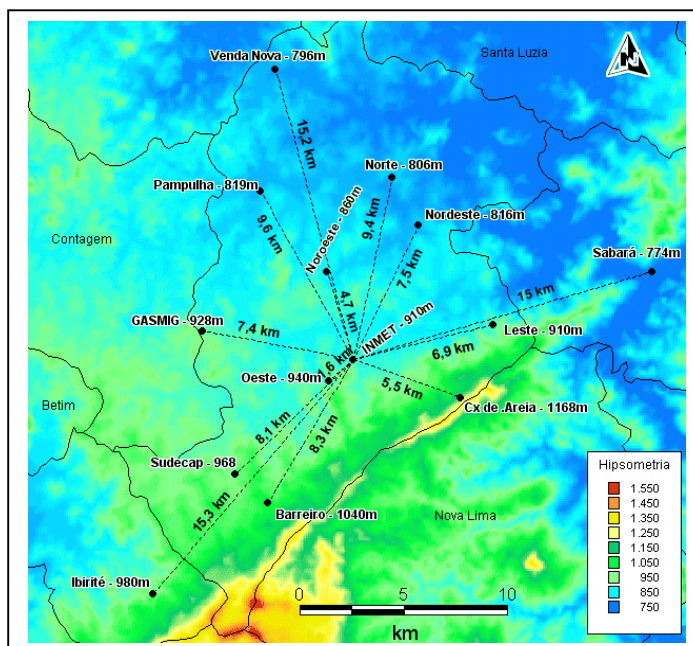


Figura 1. Hipsometria de Belo Horizonte e distância entre as estações com o Inmet

## 2. Metodologia

Para atingir os objetivos propostos deste estudo, várias fontes de dados e materiais foram utilizadas. A **figura 2** representa a distribuição espacial de todas as estações que compuseram este estudo.

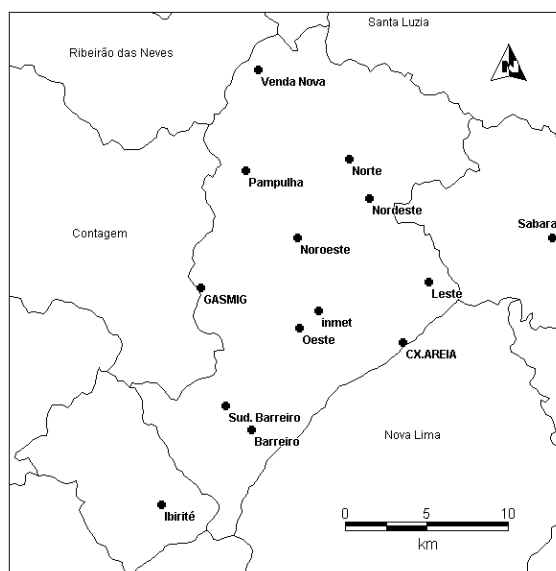


Figura 2. Localização dos postos pluviométricos.

Inicialmente, quando se procura conhecer a distribuição espacial das chuvas, um questionamento é qual a variabilidade desta no espaço estudado. A proposta aqui desenvolvida foi relacionar o grau de variabilidade mensal de cada estação pluviométrica deste estudo em relação ao posto do Inmet, ou seja, qual a porcentagem que cada estação variou tanto para cima quanto para baixo em relação ao pluviômetro do Inmet. Para a

identificação deste coeficiente utilizou-se um método estatístico. Para cada mês estudado foi utilizada a seguinte fórmula:

$$CV = ((VE / VI) * 100) \text{ onde,}$$

CV = Coeficiente de variação  
VE = Valor mensal de cada estação  
VI = Valor do INMET

Os resultados obtidos representam a percentagem de variação de cada posto, ou seja, a partir desta fórmula foi possível identificar o grau de variação de cada estação em relação ao posto do Inmet, sendo exportados em um segundo momento para um software de geoprocessamento que permitiu a espacialização e geração de isolinhas de coeficiente de variação. O período analisado neste estudo compreende os meses de novembro de 2003 a março de 2005, época da expansão da rede pluviométrica em Belo Horizonte.

### 3. Resultados

A proposta de análise foi identificar o coeficiente de variação de todas as estações estudadas em relação ao Inmet que foi considerado como padrão em todo o desenvolvimento deste trabalho. Os resultados encontrados através dos mapas mensais revelaram, com objetividade, a variabilidade espacial e temporal das chuvas sobre a cidade de Belo Horizonte.

A estação do Inmet localizada em um ponto médio central da cidade, demonstra em suas imediações um coeficiente próximo de 0%, ou seja, a variância é baixa. À medida que se afasta, este coeficiente aumenta tanto para negativo, valores abaixo dos observados no Inmet, como para positivo, valores acima dos observados no Inmet. Os resultados revelam ainda que os valores de maior variância positivamente estão centrados próximos a Serra do Curral e os valores de variância negativa estão centrados na região norte do município.

São apresentados alguns mapas provenientes dos resultados encontrados em toda a pesquisa. Nas **figuras 3 e 4** para o mês de novembro de 2003 e 2004 respectivamente, início do período chuvoso, percebe-se claramente a variabilidade espacial das chuvas mesmo que pouca acentuada em algumas regiões. Neste mês, o sistema mais atuante é o de macro escala como as frentes frias e as convecções associadas ao aquecimento do continente. Já é explícita a importância de uma rede ampla de monitoramento e a influência topográfica, já que os valores de maior variância positiva, em relação a estação do Inmet, estão próximos ao alinhamento da Serra do Curral.

O mês de novembro de 2003 que foi considerado anômalo em termos pluviométricos com valores abaixo da média histórica, como mencionado em VIANELO et al (2004), mostra-se com um gradiente mais fraco para toda a cidade de Belo Horizonte. Entretanto o mês de novembro de 2004, que obteve totais de chuva dentro da média, este gradiente acentuou-se e com coeficientes negativos indicando uma menor variabilidade quando da ocorrência de poucas chuvas.

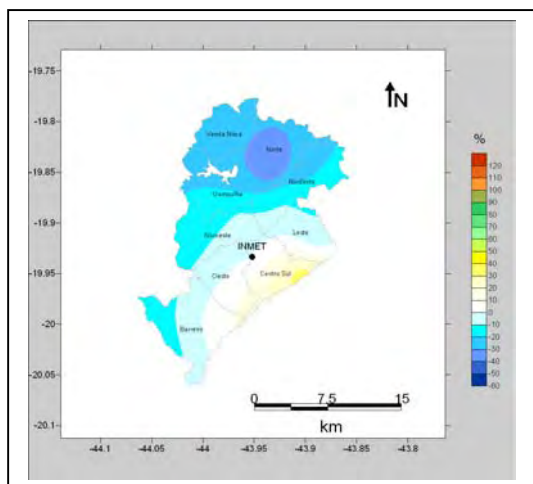


Figura 3. CV - mês de nov/2003.

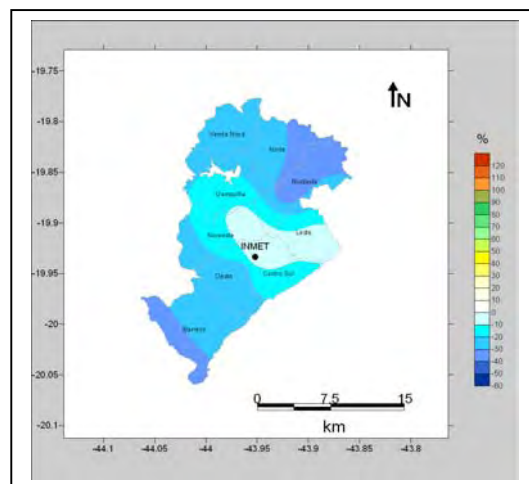


Figura 4. CV - mês de nov/2004.

Alguns valores encontrados mostraram uma inversão do que até então estava acontecendo. Meses com de janeiro de 2004 obteve maiores totais de chuvas devido ao verão anômalo apresentou um coeficiente negativo para toda a cidade. Vale lembrar que isto significa variabilidade e não pouca chuva. Isto demonstra a importância de uma rede pluviométrica, pois mostra esta variação mesmo em pequenas distâncias, como no caso do Inmet e a estação do Oeste que distam uma da outra 1,6 km (**figura 1**). No mês de janeiro de 2005 a variabilidade aumentou ao norte e próximo a Serra do Curral na estação do Leste, que obteve coeficiente de 20% acima do valor do Inmet.

Para o mês de fevereiro, que é um mês de totais pluviométricos baixos conforme MOREIRA (2002), ainda se percebe a influência do período anômalo de 2003/2004, que acarretou em um maior total de chuva para este mês em 2004, contribuindo para uma menor variabilidade espacial das chuvas. A **Figura 5** demonstra este aspecto contrastando com a **Figura 6** que representa o mês de fevereiro de 2005. O ano de 2005, que foi considerado normal em termos pluviométricos apresenta um coeficiente mais acentuado com um gradiente mais forte na região da Pampulha, indicando totais menores para aquela região e um coeficiente positivo na Serra do Curral, sobre tudo na região Leste.

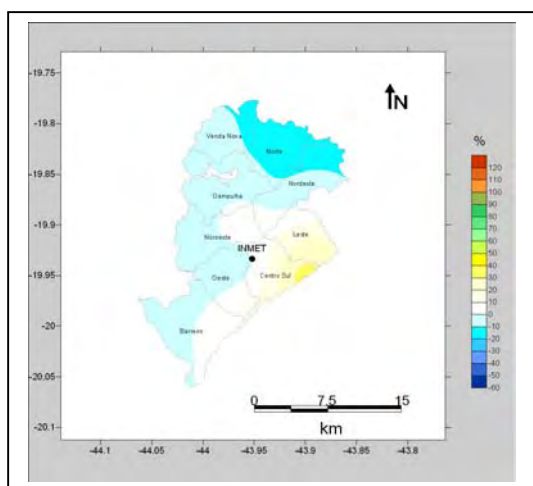


Figura 5. CV - mês de fev/2004.

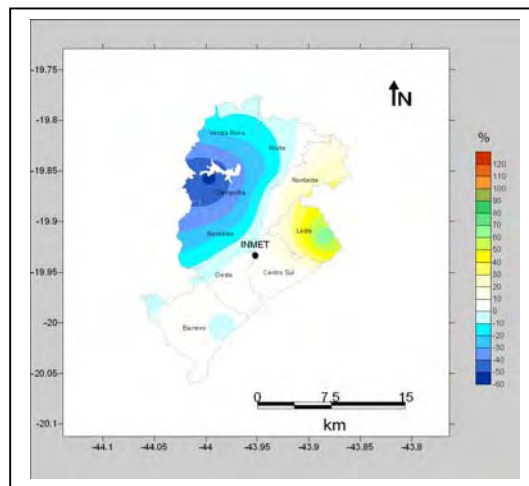


Figura 6. CV - mês de fev/2005.

Para o mês de março, o cenário começa a se modificar mais acentuadamente que nos meses anteriores. Este mês sinaliza o fim do período chuvoso sobre a cidade de Belo Horizonte e estas águas remanescentes mesmo que com índices baixos demonstram um coeficiente de variação muito forte. O mês de março de 2004, representado na **Figura 7** tem uma especificidade sobre todos os outros meses do período chuvoso analisado neste trabalho. Neste mês os valores de chuva coletados nesta rede não ultrapassaram 57 mm diários, porém a sua variação de atingiu valores máximos de 120%.

Em contrapartida o mesmo mês para ano de 2005 não se registrou um gradiente nas isolinhas tão forte como no ano de 2004. A região Norte que até então apresentava valores de coeficiente negativo passou a apresentar valores positivos a mesma inversão acontecendo com as regiões do Barreiro e parte do Oeste. Conforme o dado diário, percebeu-se que no mês de março de 2004 as chuvas foram isoladas, provenientes de sistemas convectivos e principalmente associados ao efeito orográfico local, pois as maiores chuvas estão centradas sobre as estações localizadas próximas as encostas da Serra do Curral.

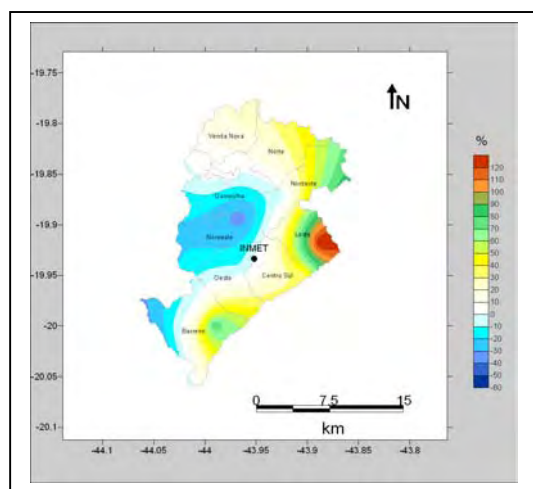


Figura 7. CV - mês de mar/2004.

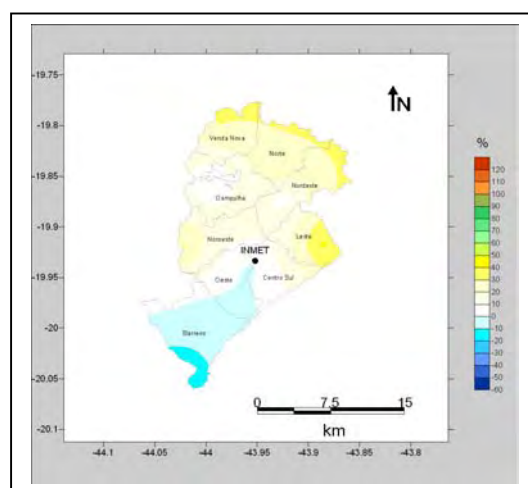


Figura 8. CV - mês de mar/2005.

As **figuras 9 10 e 11**, meses de maio, junho e outubro de 2004 do período analisado, representam exemplos dos menores índices pluviométricos. Neste período foram encontrados os maiores coeficientes positivos e negativos, chegando a atingir, em alguns casos, 120% acima e 60 % abaixo do valor registrado na estação do Inmet. Além destes máximos encontrados, percebe-se um forte gradiente nas isolinhas dos mapas destes meses, o que evidencia uma maior variabilidade na ocorrência das chuvas em Belo Horizonte.

Os máximos encontrados sobre a cidade de Belo Horizonte se correlacionam fortemente com o relevo, ou seja, onde os valores de coeficiente de variação atingiram extremos positivos coincidiram com as estações nas maiores altitudes.

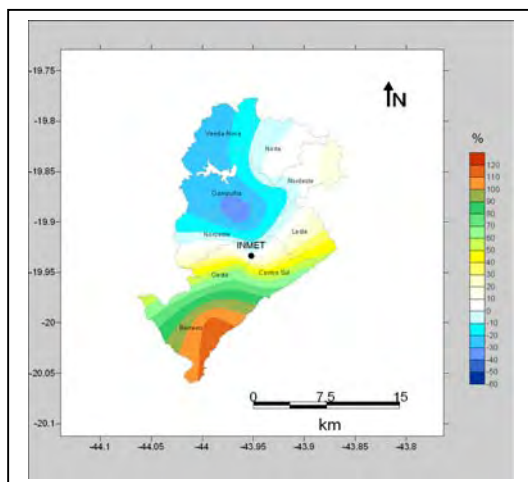


Figura 9. CV - mês de mai/2004.

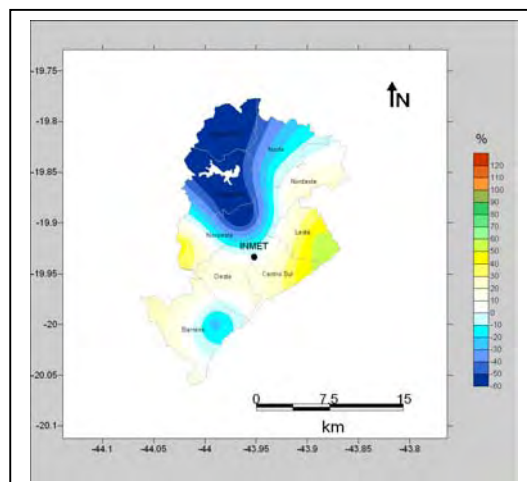


Figura 10. CV - mês de jun/2004.

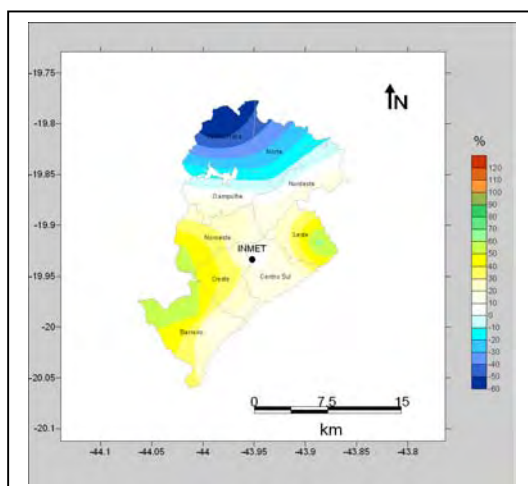


Figura 11. CV - mês de out/2004.

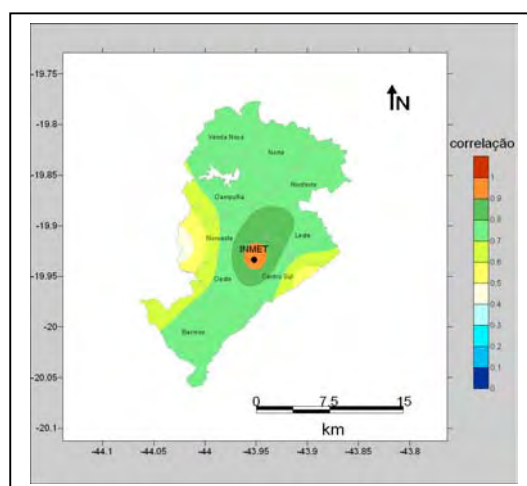


Figura 12. Isocorrelação dos 17 meses analisados neste estudo.

Conforme a análise exploratória dos mapas anteriores ressaltando que neste período de estiagem, os processos atmosféricos responsáveis pelas chuvas em Belo Horizonte estão relacionados principalmente a sistemas frontais de sul, fica evidente a contribuição do relevo na distribuição das chuvas. Neste período o gradiente se intensifica sobre todas as regiões de Belo Horizonte seja em coeficientes negativos ou mesmo em positivos. Este fato demonstra que no período seco os sistemas frontais provocam uma maior variabilidade espacial do que no período chuvoso.

A **Figura 12** demonstra as isocorrelação para todo o período analisado, demonstrando as áreas que se correlacionam mais e as que são mais divergentes da estação do Inmet. Contudo, deve-se ressaltar sempre que este comportamento é específico para o período analisado, não sendo possível concluir uma correlação e um coeficiente climatológico para Belo Horizonte, mas demonstrando a importância da rede pluviométrica através das análises da variabilidade espacial das chuvas.

## 5. Considerações finais

Percebe-se que Belo Horizonte obteve uma homogeneidade nos dados pluviométricos na estação normal, enquanto que em um verão anômalo causou desequilíbrio na distribuição das chuvas. Em virtude destes resultados podemos ressaltar algumas considerações importantes.

A Serra do Curral contribui na distribuição e intensificação das chuvas sobre Belo Horizonte; Há importante variabilidade espacial das chuvas para distâncias relativamente pequenas (1,6 km); A correlação aumenta com as distâncias e com o tipo de sistema atuante; Para chuvas convectivas há maior variabilidade espacial; O grau de variação muda de mês para mês, de ano para ano e de região para região sendo necessária a continuidade da pesquisa;

Apesar dos resultados encontrados neste estudo, eles ainda não representam uma climatologia para a cidade de Belo Horizonte, pois o período analisado é muito pequeno, apresentando também uma estação anômala (2003/2004). Sugere-se que os estudos sejam continuados e se possível, que esta mesma rede seja ampliada, não só com instrumentos de coleta de chuva, mas sim com outros, principalmente com anemômetros para a coleta da velocidade e direção dos ventos.

## 6. Referências bibliográficas

BEGA, R. M., VIEIRA, S. R. MARIA, I. C., DECHEN, S. C. F., CASTRO, O. M., **Variabilidade espacial das precipitações pluviais diárias em uma estação experimental em Pindorama, SP.** Bragantia, Campinas, V64, n1 p149-156.2005

LUCIO P. S., ABREU M. L., TOSCANO, E. M. M. **Caracterização de séries climatológicas em Belo Horizonte - MG. PARTE I,II,III,IV:**, X Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília – DF, 1998

MOREIRA, J. L. B. **Estudo da Distribuição Espacial das Chuvas em Belo Horizonte e em seus Entorno.** Dissertação de Mestrado em Geografia, Belo Horizonte: UFMG, 2002

PINHEIRO, M. M.G., NAGUETTINI, M.; Análise regional da freqüência e distribuição temporal das tempestades na região metropolitana de Belo Horizonte – RMBH. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 3 n.4 Out/Des 1998,

REICHARDT, K., ANGELOCCI L.R., BACCHI, O.O.S., PILOTTO, J.E. **Daily Rainfall Variability At A Local Scale (1,000 Ha), In Piracicaba, SP, Brazil, And Its Implications On Soil Water Recharge.** Departamento de Física e Meteorologia-ESALQ/USP, 1995.

REIS R. J., GUIMARÃES, D. P., COELHO, C. W. G. A., PAIXÃO, G. M. M., NASCIMENTO, J. S., SIMÕES, T. K. S. L. **Determinação das áreas de potencial de riscos de precipitações intensas em Belo Horizonte.** XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza, Ceará, 2004.

VIANELLO, R. L., ABREU, M. L., NUNES, H. M. T., MOREIRA, J. L. B., **Verão anômalo 2003-2004 em Minas Gerais.** XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza, Ceará, 2004.