

## IV-180 - AVALIAÇÃO DA ACIDEZ DAS ÁGUAS DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE, MG

**Cícero Antonio Antunes Catapreta<sup>(1)</sup>**

Eng. Civil, Mestre e Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG), Engenheiro Sanitarista da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, Professor Adjunto do Instituto UNA de Tecnologia (UNATEC).

**Fernanda Carla Wasner Vasconcelos**

Graduada em Ciências, Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG), Doutora em Ciências (UFLA). Coordenadora da Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental e professora adjunta no Instituto UNA de Tecnologia (UNATEC).

**Fernando Luiz Pereira de Oliveira**

Graduado em Estatística, Mestre e Doutor em Estatística (UFMG). Professor Adjunto Nível I da UFOP

**Marcelo Lucinda Durço**

Estudante de Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Universitário UNA/MG.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Centro Universitário UNA. Campus Barro Preto. Rua Goitacazes, 1159, bairro Barro Preto - Belo Horizonte – Minas Gerais - CEP 30190-051 – Brasil – Tel: +55 (31) 3508-6605 – email: [cicero.catapreta@prof.una.br](mailto:cicero.catapreta@prof.una.br).

### RESUMO

A ocorrência de chuvas ácidas tem configurado como uma das mais importantes preocupações da atualidade, principalmente em grandes centros urbanos, que geralmente concentram um maior número de indústrias e onde se observa um efeito mais visível do resultado da interferência humana. Belo Horizonte não difere desta realidade, possuindo no município e em sua Região Metropolitana, um grande número de indústrias instaladas. Assim, considerando isso, o presente trabalho teve como objetivo verificar a ocorrência e as principais causas de chuvas ácidas em diversas regiões do município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. Foram efetuadas 104 amostragens, tendo sido realizadas 104 medições de pH e 68 de condutividade elétrica. Nos eventos de chuva coletados, observou-se medidas de pH variando entre 5,9 e 9,0 e, para condutividade elétrica, entre 5,36  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 187  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de. Os resultados apresentados indicam que as Regionais Administrativas de Belo Horizonte Norte, Venda Nova e Noroeste, estão mais propícias à ocorrência de chuvas ácidas, apesar dos dados coletados não evidenciarem claramente a sua ocorrência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Precipitação, Águas de Chuva, Chuva Ácida, Meio Ambiente, Monitoramento.

### INTRODUÇÃO

Todos os seres humanos estão expostos a diversas substâncias estranhas ao ambiente natural, muitas das quais, invadem o ar que respiram e são nocivas para a saúde. Outras substâncias de natureza coloidal ou gasosa como o monóxido de carbono, o ozônio, pó e fumaças são praticamente ubíquas no ambiente aéreo e resultam de processos naturais abióticos e bióticos, tais como: atividades vulcânica e geotérmica, descargas elétricas, incêndios florestais, fermentação e respiração celular, entre outras.

Todas as substâncias mencionadas se mantêm durante longo tempo em níveis estreitos de concentração graças a eficientes mecanismos de reciclagem a cargo da própria natureza. No entanto, a atividade industrial gera grandes quantidades de substâncias que estão atingindo concentrações tóxicas para a biota em geral, que interferem na resiliência dos ecossistemas, e seus níveis de concentração tendem para o aumento, permanência e irreversibilidade na cadeia trófica e nos diferentes compartimentos ambientais.

Em conseqüência, a sociedade contemporânea está preocupada, cada vez mais consciente e atenciosa aos problemas do meio em que vive. A maior fonte de contaminação atmosférica é o uso de combustíveis fósseis como energéticos.

Petróleo, gás e carvão são usados em quantidades elevadas, da ordem de milhões de toneladas por dia, e os refugos de sua combustão se arrojam à atmosfera em forma de pó, fumaça e gases. Pelo caráter visual, os dois

primeiros podem ser vistos e desagradam aos habitantes, mas os gases que não são perceptíveis constituem perigo direto às condições da saúde humana e ambiental.

Em teoria ao menos, pó e fumaça podem ser evitados, mas os gases são inevitáveis e causam desde chuva ácida até o aquecimento da Terra (efeito estufa), bem como o incremento nos níveis do ozônio e do monóxido de carbono que são altamente tóxicos para os humanos e a biota em geral.

No caso das chuvas ácidas, os principais agentes são os óxidos de nitrogênio e de enxofre gerados pela combustão. O nitrogênio é aportado pela atmosfera e não há forma de evitá-lo, enquanto o enxofre faz parte dos combustíveis, eliminá-lo completamente é muito custoso. Assim, a chuva ácida e o nevoeiro ácido farão parte do cotidiano do planeta danificando as superfícies que tocam, tanto no campo como na cidade. Estes compostos em forma de gotas de chuva e de nevoeiro são de curta vida, cedo reagem com compostos orgânicos e inorgânicos, ao reagir são consumidos mas deixam um dano que pode ser irritação de mucosas em humanos e animais ou deterioração na cutícula das folhas dos vegetais, em ambos os casos, dando entrada a patógenos além de reduzir a produção agrícola.

Nos últimos anos, a caracterização das águas de chuva vem sendo largamente estudada devido ao aumento na emissão de poluentes de origem antrópica para a atmosfera e aos impactos que as chuvas ácidas estão provocando na deterioração dos ambientes naturais, tais como, as águas superficiais, o solo, a vegetação, além dos monumentos antigos (Martins, 2008).

Na Região Metropolitana de Belo Horizonte, a existência de diversas indústrias e a queima de combustíveis fósseis (principalmente por veículos automotores) está entre as fontes que podem contribuir para que ocorram alterações da qualidade ambiental em determinadas áreas, notadamente a probabilidade de ocorrência de chuvas ácidas.

## **OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo verificar a ocorrência e as principais causas e efeitos de chuvas ácidas em diversas regiões do município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, assim como comparar os resultados obtidos com os níveis de acidez encontrados nas águas de chuva de outros municípios.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **O MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE**

Localizada na Região Sudeste do Brasil, Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais, é a sexta cidade mais populosa do país, possuindo uma população estimada de aproximadamente 2,45 milhões de habitantes e se insere em uma Região Metropolitana, formada por 34 municípios, cuja população é estimada em 5,4 milhões, sendo a terceira maior aglomeração populacional brasileira, sétima da América Latina e 62º do mundo.

O aumento populacional observado nas últimas décadas resultou no processo de expansão urbana que levou à conurbação de Belo Horizonte com os municípios de Contagem, Betim e Sabará, e outros, formando a RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte.

O município é delimitado pelas latitudes 19° 46' 35'' e 20° 03' 34'' Sul e pelas longitudes 43° 51' 47'' e 44° 03' 47'' Oeste, e possui altitudes variando de 750 a 1.390 metros, assim como possui uma área de aproximadamente 330km<sup>2</sup>. Belo Horizonte possui clima ameno, com temperatura média anual de 21 graus Celsius, possuindo ainda um alto índice de área verde por habitante (27,15m<sup>2</sup>) e 69 parques municipais. Possui períodos chuvosos e secos bem definidos, sendo que o chuvoso dura cerca de 5 meses (outubro a março) e o seco aproximadamente 7 meses (abril a setembro).

Na Figura 1, pode ser observada a localização geográfica do município de Belo Horizonte e suas regionais administrativas.



**Figura 1 - Localização do Município de Belo Horizonte e Regionais Administrativas.**

## AMOSTRAGEM

### REDE DE MONITORAMENTO

A área de estudo abrangeu todo o município e a escolha dos locais para implantação da rede de monitoramento atendeu à critérios envolvendo fatores ambientais, condicionantes da qualidade do ar, tais como a localização das fontes de poluição, por exemplo. Para a definição dos pontos de instalação dos coletores de águas de chuvas, levou-se também em consideração, a distribuição espacial dos mesmos, de maneira que ficasse bem representativo e abrangesse todo o município.

Assim, foram definidos 28 pontos de amostragem distribuídos em todo o município de Belo Horizonte, como pode ser observado na Figura 2, para instalação dos coletores de águas de chuvas. Esses locais compreendem escolas, igrejas e instituições públicas e privadas que se dispuseram a contribuir com esta pesquisa.

### COLETORES DE AMOSTRAS DE ÁGUAS

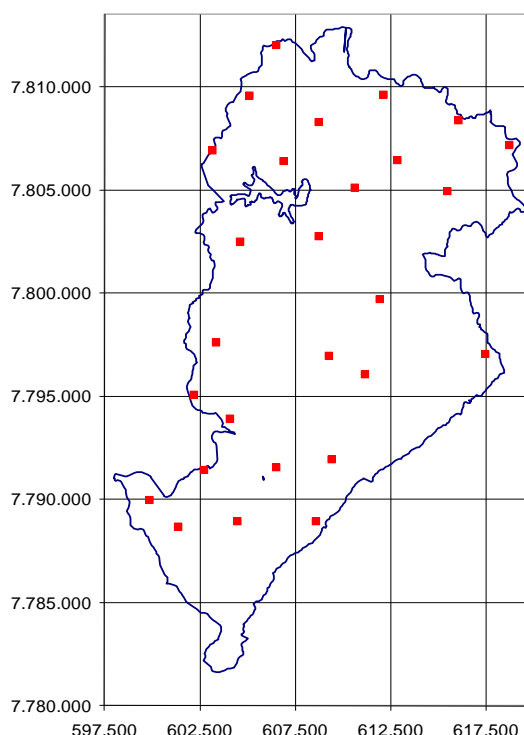
A amostragem de água de chuva foi realizada através de um Coletor Volumétrico de PVC em forma de funil, acoplados a um *becker* – também de PVC - com capacidade para até 2,0 Litros, ambos suportados por uma estrutura metálica. Os coletores foram instalados na parte superior das edificações. As áreas adjacentes aos pontos de coleta são abertas, ou seja, sem obstáculos que pudessem mudar significativamente a direção do vento. A frequência de amostragem ao longo do trabalho foi por evento chuvoso.

### MEDIÇÃO DE pH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Medidas de pH das amostras de água de chuva foram efetuadas através do método potenciométrico, utilizando-se um pHmetro Digimed DM – 2P (precisão de 0,05%). As medidas de pH foram realizadas após a ocorrência de eventos chuvosos e, geralmente, mensurado três vezes, com intervalos de cinco minutos, durante um período de quinze minutos. As medidas de condutividade foram realizadas através de um condutivímetro Digimed DM-3P, que faz leituras em um intervalo que vai de 0,01  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 200  $\text{mS}/\text{cm}$ .



**Figura 2 – Equipamento Coletor**



**Figura 3 – Pontos de amostragem de águas de chuvas**

## REGISTROS DE PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

Os registros de precipitações pluviométricas e outros dados climatológicos (e.g.: direção e velocidade dos ventos), foram fornecidos pela CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Estes dados são obtidos por meio de estações meteorológicas instaladas na Região Metropolitana de Belo Horizonte. De forma complementar, os *beckers* são graduados e vêm também possibilitando estimar o volume de chuva precipitado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coletores de chuva foram instalados nos locais previstos, sendo que somente a rede de Postos de Saúde da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte não permitiu que fossem colocados os equipamentos o que levou a uma substituição destes pontos.

Os dados foram coletados no período compreendido entre janeiro e março de 2011 e as medições de pH e condutividade elétrica eram realizadas, sempre que possível, após cada evento de chuvas.

Em relação ao pH, foram efetuadas 104 amostras cujos valores encontrados variaram entre 5,9 e 9,0, sendo que a maioria dos resultados se situou na faixa compreendida entre 7 e 8 (Tabela 1).

Analizando os dados de forma global e por Regional Administrativa, os resultados indicam que as regionais administrativas Norte e Venda Nova, apresentaram valores medianos mais baixos, apesar dos menores valores observados não estarem pontuados nestas regiões.

Pode-se concluir então, que estas Regionais Administrativas estariam mais propícias à possibilidade de ocorrência de chuvas ácidas, que as demais regiões de Belo Horizonte (Figura 5), apesar de não terem sido observados valores baixos de pH que indicassem a ocorrência das mesmas.

Os valores mais baixos de pH (6,4; 6,8; 5,9) foram observados na Regional Noroeste, mais especificamente no ponto localizado no aterro sanitário de Belo Horizonte. Talvez por esta área estar localizada próximo à região industrial do Município de Contagem, que faz divisa com Belo Horizonte, assim deve-se considerar também, a possibilidade do biogás gerado no aterro sanitário de Belo Horizonte, que porventura venha fluir pelas camadas de cobertura, possa ter influenciado nos resultados.

De qualquer maneira, destaca-se que pontualmente esta região se torna mais propícia à ocorrência de chuvas ácidas que os demais pontos monitorados.

A condutividade elétrica da água corresponde ao valor aproximado de Sais Dissolvidos Totais (TDS), podendo indicar a magnitude da concentração iônica e ajudar na detecção de fontes poluidoras. Os valores observados variaram entre 5,36 $\mu$ S/cm e 187 $\mu$ S/cm, sendo que foram coletadas 68 amostras de águas de chuvas.

Os maiores valores medidos foram verificados em estações localizadas na Regional Pampulha (107,80 $\mu$ S/cm), Venda Nova (100,00 $\mu$ S/cm) e Norte (187,60 $\mu$ S/cm), enquanto que os valores menores foram observados nas regiões Administrativas Barreiro, Venda Nova e Pampulha (5,36 a 9,86 $\mu$ S/cm).

Segundo estudos conduzidos por Mirlean *et al.* (2000), foram observados valores que variaram de 4 a 39 $\mu$ S/cm. No presente estudo, considerando que somente 4 pontos apresentaram valores superiores a 100 $\mu$ S/cm e o valor médio máximo observado foi de 41 $\mu$ S/cm, pode-se dizer que os resultados são coerentes com o descrito.

Do ponto de vista regional, os menores valores médios foram observados nas Regionais Leste, Centro-Sul e Barreiro (11,42; 13,14; e 15,34 $\mu$ S/cm, respectivamente). Já os maiores valores médios foram observados nas Regionais Venda Nova, Norte e Noroeste (27,25; 41,21; e 35,53 $\mu$ S/cm, respectivamente) (Figura 6).

Em relação à associação entre o pH e condutividade elétrica, Mirlean *et al.* (2000) descrevem que quando o pH e a condutividade aumentam conjuntamente, isto significa que os sais dissolvidos têm característica básica, ou seja, acabam por neutralizar a solução. E, quando o pH diminui e a concentração dos sais dissolvidos aumenta, isto indica que eles possuem característica ácida. Como pode ser observado na Figura 3, tal ocorrência não foi observada, considerando os valores medianos diários.

Na Figura 4, é apresentada a ocorrência de chuvas em Belo Horizonte no período compreendido entre maio de 2010 e abril de 2011, podendo-se observar em destaque o período de realização desta investigação.

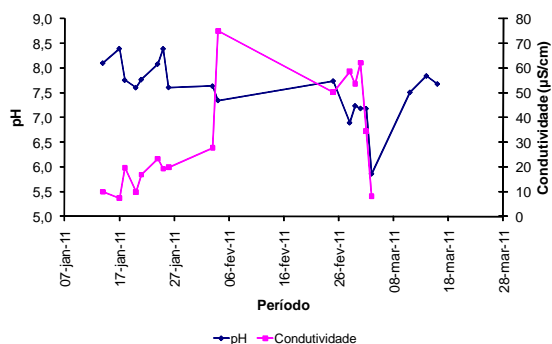


Figura 3 – pH x Condutividade Elétrica

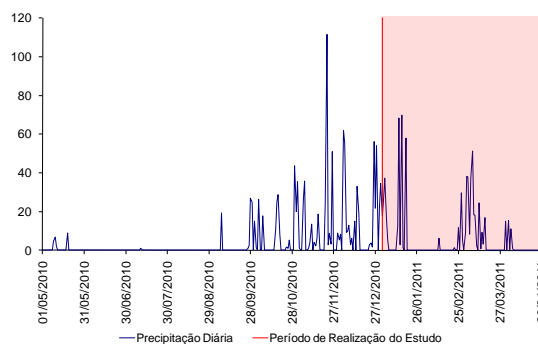


Figura 4 - Precipitação Diária

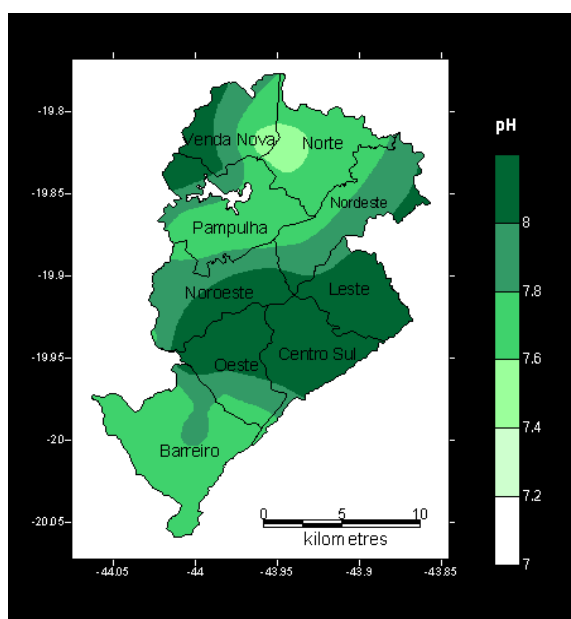


Figura 5 – Variação do pH em Belo Horizonte

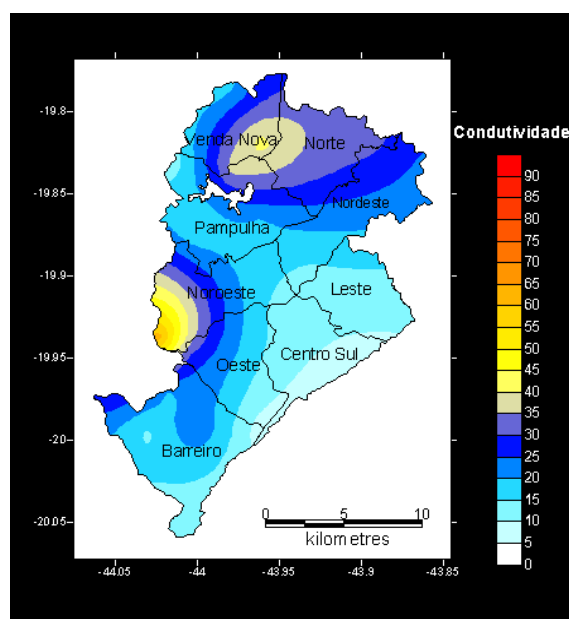


Figura 6– Variação da condutividade elétrica em Belo Horizonte

## CONCLUSÕES

Os resultados apresentados sugerem que as Regionais Administrativas Norte e Venda Nova, globalmente, estão mais propícias à ocorrência de chuvas ácidas, apesar destas não terem sido verificadas. Em relação à regional Noroeste, pontualmente, esta também está propícia à ocorrência de chuva ácida. Não foi identificada nenhuma fonte antrópica que poderia estar contribuindo para tal situação.

A inexistência de dados anteriores e a pouca quantidade de amostras coletadas dificultam uma associação mais profunda dos dados levantados, inclusive devido ao fato de não se analisar todas as substâncias que poderiam estar presentes na água e influenciar nos resultados.

Sugere-se que outros estudos sejam realizados, bem como seja dada continuidade ao monitoramento, de maneira que se possa confirmar o observado até o momento.

**Tabela 1 - Valores de pH observados nos pontos de amostragem**

N	Regional	Janeiro								Fevereiro				Março							
		04 à 14	17	18	20	21	24	25	26	03	04	25	28	01	02	03	04	11	14	16	
1	Venda Nova	8,3		7,8																	
2	Venda Nova	7,9		7,6										7,3							
3	Venda Nova	8,1		7,9										6,6							
4	Pampulha	8,3				7,1							7,0						8,0		
5	Pampulha	8,2				8,5							6,8						8,5		
6	Pampulha	8,5				7,9							*								
7	Pampulha					7,5							7,4						8,1		
8	Norte	8,0					7,9								7,4						
9	Norte	8,0					7,7									7,5					
10	Norte	7,6							7,3												
11	Norte						8,8									7,4					
12	Oeste	8,0	7,9									7,5									
13	Oeste	8,9	8,9									7,3	8,0								
14	Noroeste								8,1			7,5									
15	Noroeste	8,0						7,9													
16	Noroeste														7,0						
17	Noroeste												6,4	7,8	7,2	6,8	5,9	7,5	6,8	7,7	
18	Leste	7,8						9,0													
19	Nordeste	8,5							7,5												
20	Nordeste	7,7						8,3													
21	Centro Sul	8,6						8,4													
22	Centro Sul														7,2						
23	Centro Sul														7,3	7,1					
24	Barreiro	7,3		7,7						7,9											
25	Barreiro	7,9		7,5																	
26	Barreiro	8,3		7,6						7,4											
27	Barreiro	8,0		7,5						7,7											
28	Barreiro	8,6		7,7							7,2										

**Tabela 2 - Valores de condutividade observados nos pontos de amostragem**

N	Regional	Janeiro								Fevereiro				Março			
		04 à 14	17	18	20	21	24	25	26	03	04	25	28	01	02	03	14
1	Venda Nova	11,03		23,80													
2	Venda Nova	6,16		18,11										34,6			
3	Venda Nova	7,17		17,09										100,0			
4	Pampulha	7,47				14,77							45,7				7,81
5	Pampulha	9,71				21,5							107,8				7,53
6	Pampulha	7,02				17,89							*				
7	Pampulha					13,49							22,5				8,96
8	Norte	13,84					21,3								187,6		
9	Norte	10,51					32,9									50,8	
10	Norte	7,00							27								
11	Norte						15,81									45,3	
12	Oeste	8,16	6,78										42,5				
13	Oeste	7,92	7,92								47,8	58					
14	Noroeste								10,35		115,9						
15	Noroeste	15,14						13,75									
16	Noroeste														31,9		
17	Noroeste													26,12			
18	Leste	7,03						15,8									
19	Nordeste	12,37							22,2								
20	Nordeste	18,94						31,3									
21	Centro Sul	12,68						16,35									
22	Centro Sul														13,92		
23	Centro Sul														15,33	7,4	
24	Barreiro	15,70		12,21						31							
25	Barreiro	7,25		7,69													
26	Barreiro	8,17		10,41						24,5							
27	Barreiro	9,86		10,59						**							
28	Barreiro	5,36		8,23							61,3						

**AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pela concessão de bolsas de estudos.



## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Martins, R. F. Avaliação da qualidade das águas de chuva de Florianópolis, tubarão, criciúma e são martinho, com ênfase na caracterização das influências marinhas e continentais simuladas utilizando o modelo HYSPLIT. 2008. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Universidade Federal de Santa Catarina, 160 p., Florianópolis/SC, 2008.
2. Mirlean, N.; Vanz, A.; Baisch, P. Níveis e origem da acidificação das chuvas na Região de Rio Grande – RS. Química Nova, 2000, Outubro, vol.23, nº.5, p.590-593