

ISSN 0104-1347

## Informações sobre pH de águas de chuva, em Passo Fundo, RS

### Information on rain water pH, in Passo Fundo, State of Rio Grande do Sul, Brazil

Gilberto Rocca da Cunha<sup>1</sup> e Genei Antonio Dalmago<sup>2</sup>

#### – NOTA TÉCNICA –

**Resumo** - O valor de pH 5,65 — pH da água pura em equilíbrio com a pressão normal de CO<sub>2</sub> da atmosfera — é considerado como o limite de definição de chuvas ácidas. Visando a constituir um índice de referência de qualidade de ambiente, foram medidos os valores de pH das chuvas recolhidas na Estação Climatológica Principal de Passo Fundo, RS (28°15'S, 52°24'W e 684m de altitude), durante os anos de 1992, 1993, 1994, 1995, 1996 e 1997. Os valores médios de pH variaram de 6,0 (1996) a 6,3 (1993), apresentando um valor médio de 6,1, para o período considerado. De modo geral, os valores de pH obtidos estão acima do limite crítico de acidificação (pH 5,65), não configurando, por esse índice, preocupação de degradação de ambiente causada pelas características químicas de águas de chuva.

**Palavras-chave:** ambiente, chuva ácida, deposição ácida, poluição, pH.

**Abstract** - The value of pH 5.65 is considered as the limit of definition of acid rains. This value is the pH of rain water in equilibrium with the CO<sub>2</sub> concentration in the lower atmosphere. With the aim to define an atmospheric quality reference index, the values of pH of rains collected at the main climatological station in Passo Fundo, State of Rio Grande do Sul, Brazil, (28°15'S, 52°24'W and altitude 684m), were measured during the years of 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, and 1997. The average values of pH varied between 6.0 (1996) and 6.3 (1993), with an average value of 6.1. In general, the pH values are well above the critical limit of acidification (pH 5.65); therefore, the chemical characteristics of rain waters should not be considered as an atmosphere degradation treat, according to this index.

**Key words:** environment, acid rain, acid deposition, pollution, pH.

#### Introdução

Deposição ácida, popularmente chamada chuva ácida, é a expressão técnica mais adequada para se definir qualquer forma de deposição na atmosfera, seca ou úmida, tais como chuva, neve, fumaça, pó etc., cuja acidez seja maior do que a da chuva nor-

mal. Trata-se de um problema diretamente relacionado com a poluição atmosférica, que se tornou importante, em algumas regiões, a partir do crescimento industrial no mundo.

O químico inglês Robert Argus Smith é considerado o pioneiro na discussão do assunto e o criador da expressão chuva ácida. No livro "Air and Rain:

<sup>1</sup>Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. Bolsista do CNPq-PQ. E-mail: [cunha@cnpq.embrapa.br](mailto:cunha@cnpq.embrapa.br).

<sup>2</sup>Bolsista do CNPq-AP.

The beginnings of a Chemical Climatology” (Ar e Chuva: Os inícios de uma climatologia química), publicado em 1872, Smith analisou a qualidade do ar na cidade de Manchester, Inglaterra, e estabeleceu, pela primeira vez, uma ligação entre o pH da chuva e a combustão de carvão nesse centro industrial (HAAG, 1985; WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1989; FRANÇA, 1990).

As características químicas das precipitações pluviais podem ser afetadas por materiais com característica ácida originários de várias fontes, quer sejam naturais ou decorrentes da atividade humana, que podem reduzir o pH das chuvas a valores inferiores a 5,65 (pH da água pura em equilíbrio com a pressão normal de CO<sub>2</sub> da atmosfera), considerado como limite de definição de chuvas ácidas (HAAG, 1985).

Os principais poluentes que causam a acidificação do vapor de água, oriundos da queima de combustíveis fósseis, são o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), que, ao reagirem com o vapor de água presente na atmosfera, formam soluções fracas de ácido sulfúrico e de ácido nítrico. Também há fontes naturais de acidificação das chuvas, como decomposição de vegetais, atividade bacteriana no solo, erupções vulcânicas e aerossóis marinhos, por exemplo (BEARDSLEY, 1986; MELLO & MOTTA, 1987; FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, 1995).

A cidade de Passo Fundo, embora seja o principal centro urbano do norte do Rio Grande do Sul, e estar localizada em uma região predominantemente agrícola, não possui, atualmente, um grande parque industrial, que seja objeto de preocupação em termos de contaminação de ambiente, como ocorre em algumas cidades do país. Todavia, é conhecido o fato de que poluentes são facilmente carregados pelas correntes atmosféricas, podendo contaminar regiões muito distantes de seu local de origem, conforme destacaram SILVA FILHO et al. (1987). A esse respeito, também são conhecidas as discussões sobre a acidificação de lagos da Escandinávia por fontes britânicas (WALGATE, 1986), bem como a indicação da possibilidade de a China ser responsável pelas chuvas ácidas no Japão (SWINBANKS, 1989) e de os Estados Unidos serem causadores de mais da metade das deposições ácidas no oeste do Canadá (SPURGEON, 1997).

No presente trabalho foram medidos os valores de pH das chuvas que ocorreram em um período de seis anos, entre 1992 e 1997, em Passo Fundo, RS, visando a constituírem-se em índices de referência, para estudos de longo prazo, sobre monitoramento de qualidade de ambiente na região.

## Material e métodos

As medições de pH foram realizadas nas águas de chuva recolhidas diariamente, em três horários de leituras (12 UTC, 18 UTC e 24 UTC, correspondendo a 9h, 15h e 21h, no horário legal brasileiro), no pluviômetro da Estação Climatológica Principal de Passo Fundo (28°15'S, 52°24'W e 684m de altitude), localizada no campo experimental da Embrapa Trigo, Rodovia BR 285, km 174, em Passo Fundo, RS, durante os anos de 1992, 1993, 1994, 1995, 1996 e 1997.

Para a realização das medidas de pH usou-se um potenciômetro de eletrodos combinados, marca Analion, com precisão de 0,01, calibrado previamente a cada lote de leituras para os tampões de pH 4,0 e pH 7,0. A quantidade de água de chuva usada nas leituras foi padronizada até um nível que cobrisse totalmente a cerâmica dos eletrodos combinados.

Com os valores de pH foram realizados os cálculos de frequência relativa acumulada, considerando-se separadamente o primeiro e o segundo recolhimento de chuvas, em nível estacional: verão (dezembro-janeiro-fevereiro), outono (março-abril-maio), inverno (junho-julho-agosto) e primavera (setembro-outubro-novembro), além das medidas de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão).

Os recolhimentos de água de chuvas de cada horário padrão de leitura (12 UTC, 18 UTC e 24 UTC) foram identificados como primeiro ou segundo, de acordo com o seguinte critério:

- Primeiro recolhimento: quando não houve recolhimento de água de chuvas no horário padrão anterior.
- Segundo recolhimento: quando houve recolhimento de água de chuvas no horário padrão anterior.

## Resultados e discussão

Os valores médios mensais de pH de águas de chuvas ocorridas, em Passo Fundo, RS, durante os anos de 1992 a 1997, encontram-se na Tabela 1. Observa-se que os valores médios de pH, durante o período, variaram de 6,0, nos meses de agosto, outubro e novembro, a 6,4, no mês de junho, sendo, contudo, este último o mês de maior dispersão dos valores em torno da média (desvio padrão de 0,5), principalmente pelos valores elevados de pH em 1995, que, sem uma razão identificada neste estudo, não se repetiram nos demais anos.

Em nível anual, os valores de pH variaram de 6,0, em 1996, a 6,3, em 1993, apresentando um valor

**Tabela 1.** Valores médios mensais de pH de águas de chuva. Passo Fundo, RS, 1992-1997.

Ano	Mês												Média
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1992	-	6,6	7,2	6,3	6,5	6,3	6,2	6,2	6,2	6,2	6,0	6,0	6,3
1993	6,2	6,0	6,0	6,3	6,3	6,2	6,1	6,0	5,9	5,9	6,0	6,1	6,1
1994	6,0	6,1	6,0	6,6	6,4	6,3	6,2	6,2	6,3	6,1	6,1	6,1	6,2
1995	6,0	5,9	6,0	5,9	6,0	7,5	6,4	5,9	6,0	5,9	6,0	6,0	6,1
1996	6,0	6,0	6,2	6,1	6,0	6,0	6,1	6,0	5,9	5,9	6,0	6,2	6,0
1997	6,2	6,2	6,0	6,1	6,0	6,1	6,1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,1
Média 92-97	6,1	6,1	6,2	6,2	6,2	6,4	6,2	6,0	6,1	6,0	6,0	6,1	6,1
Desvio Padrão	0,1	0,2	0,4	0,2	0,2	0,5	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1

médio de 6,1 no período. De modo geral, os valores de pH obtidos estão acima do limite crítico de acidificação (pH 5,65), não configurando, por esse índice, preocupação de degradação de ambiente causada pelas características químicas das águas de chuva. Resultados do período 1992-1995, para Passo Fundo, RS, previamente relatados por CUNHA (1995), já haviam indicado esse fato.

Comparativamente a outras localidades brasileiras, cujos dados de pH compilados em diversas fontes podem ser encontrados na Tabela 2, os valores de pH de chuvas em Passo Fundo, RS, apresentaram comportamento de variabilidade similar em termos de amplitude de limites extremos (mínimos e máximos), porém situaram-se acima de centros urbanos e industrializados, como, por exemplo, São Paulo, Cubatão, Belém, Florianópolis e Niterói.

A comparação com dados de pH de águas de chuva de outros locais do mundo também mostra que, por enquanto, Passo Fundo apresenta maiores valores de pH. Por exemplo, no Japão, ANDERSON (1986) indicou variações de pH de 3,8 a 4,4, entre locais. E para a China, conforme SWINBANKS (1989), o pH médio de 24 locais variou entre 4,4 e 5,5. Todos esses valores estão na faixa de preocupação com chuvas ácidas (pH menor do que 5,65).

As curvas de frequência relativa acumulada dos valores de pH das chuvas, primeiro e segundo recolhimento, em nível estacional, encontram-se na Figura 1. Observa-se não haver distinção clara entre os recolhimentos de chuva (primeiro ou segundo) em termos de valores de pH. Por outro lado, fica evidente maior frequência de valores de pH menores nas chuvas de verão e de primavera (frequência acumulada até 50 % com valores menores do que 6,0), comparativamente com as chuvas de outono e de inverno (frequência acumulada até 50 % com valores maiores do que 6,0). De qualquer forma, em nenhuma es-

tação os valores de pH se enquadraram nos níveis de preocupação com acidificação de ambiente, via deposição ácida úmida.

As diferenças observadas nos valores de pH em nível estacional devem estar associadas às características inerentes aos mecanismos causadores de chuva no Sul do Brasil. No outono e no inverno predomina basicamente o mecanismo frontal. Na primavera e no verão atuam no norte do RS, além do mecanismo frontal, os processos convectivos de meso-escala e os processos convectivos locais, que podem ocasionar chuvas de alta intensidade. Em Passo Fundo, RS, a primavera e o verão são as estações mais chuvosas e o outono e o inverno as menos chuvosas, embora não se tenha uma estação seca definida na região, conforme informações sobre o clima local publicadas por CUNHA (1997).

## Conclusões

Os valores de pH obtidos estão acima do limite crítico de acidificação (pH 5,65), não configurando, por esse índice, preocupação de degradação de ambiente causada pelas características químicas de águas de chuva.

## Referências bibliográficas

- ANDERSON, A. Does Japan have acid rain? **Nature**, London, v. 319, n. 6056, p. 711, 1986.
- BEARDSLEY, T. Academy finds causal connection. **Nature**, London, v. 320, n. 6059, p. 205, 1986.
- CUNHA, G.R. Caracterização do pH de águas de chuva, em Passo Fundo, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1995, Campina Grande, PB. **Anais...**, Campina grande: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Universidade Federal da Paraíba, 1995. 500 p. p. 126-128.

Tabela 2. Valores de pH de águas de chuva, medidos em alguns locais no Brasil.

Local	Faixa de pH	Fonte
Agudos, SP	5,80 a 6,10	HAAG, 1985
Campos do Jordão, SP	4,40 a 5,19	HAAG, 1985
Cubatão, SP	3,70 a 4,70	HAAG, 1985
Santos, SP	4,63 a 6,25	HAAG, 1985
São José dos Campos, SP	4,00 a 4,80	HAAG, 1985
São Paulo – Rio das Pedras, SP	4,45	HAAG, 1985
São Paulo – Vila Parisi, SP	4,40 a 6,80	HAAG, 1985
Ubatuba, SP	4,50	HAAG, 1985
Salvador – Aeroporto, BA	5,40 a 7,00	HAAG, 1985
Salvador – Aratú, BA	5,80 a 7,60	HAAG, 1985
Salvador – Cabula, BA	5,10 a 6,20	HAAG, 1985
Salvador – Ondina, BA	5,40 a 6,70	HAAG, 1985
Cubatão, SP	3,70 a 4,70	SILVA FILHO et al. (1987)
São Paulo, SP	3,80 a 4,60	SILVA FILHO et al. (1987)
São Paulo, SP	3,80 a 6,80	SILVA FILHO et al. (1987)
Parque Nacional da Tijuca, RJ	3,80 a 5,40	SILVA FILHO et al. (1987)
Belém, PA	3,77 a 5,38	SANTOS E SOUZA (1987)
Niterói, RJ	4,30 a 5,30	MELLO & MOTTA (1987)
Parque Nac. da Floresta da Tijuca, RJ	4,70	MELLO & MOTTA (1987)
Cubatão, SP	6,40	FRANÇA (1990)
São Paulo, SP	5,00	FRANÇA (1990)
Niterói, RJ	5,50	FRANÇA (1990)
Floresta Amazônica, AM	4,50 a 4,70	FRANÇA (1990)
Florianópolis, SC	5,10 a 6,10	LISBOA & SANT'ANNA (1990)
Tubarão – Centro, SC	4,60 a 6,10	LISBOA & SANT'ANNA (1990)
Tubarão – Vila Capivari, SC	4,10 a 6,10	LISBOA & SANT'ANNA (1990)
Rio de Janeiro – Baía de Sepetiba, RJ	4,90	PEDLOWSKI et al. (1990)
Florianópolis – Campus UFSC, SC	4,30 a 6,35	LISBOA et al. (1992)
Belém – Icoaraci, PA	4,19 a 4,86	SANTOS et al. (1993)
Belém – Lago de Água Preta, PA	4,21 a 5,39	SANTOS et al. (1993)
Belém – Val-de-Cans, PA	5,14 a 5,25	SANTOS et al. (1993)

CUNHA, G.R. **Meteorologia: Fatos & Mitos**. Passo Fundo : EMBRAPA-CNPQ, 1997. 268 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Educação Ambiental: Chuva ácida**. 2. ed., Porto Alegre : Fepam, 1995. 6 p.

FRANÇA, M.S.J. Castigo do céu. **Super Interessante**, São Paulo, v. 4, n. 5, p. 26-30, 1990.

HAAG, H.P. Coord. **Chuvas ácidas**. Campinas : Fundação Cargill, 1985. 77 p.

LISBOA, H.M., SANT'ANNA, F.S.P. Análise da qualidade das águas da chuva em Tubarão/SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1990, Salvador, BA. **Anais...**, Salvador : Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1990. 879 p. p. 669-673. 2v.

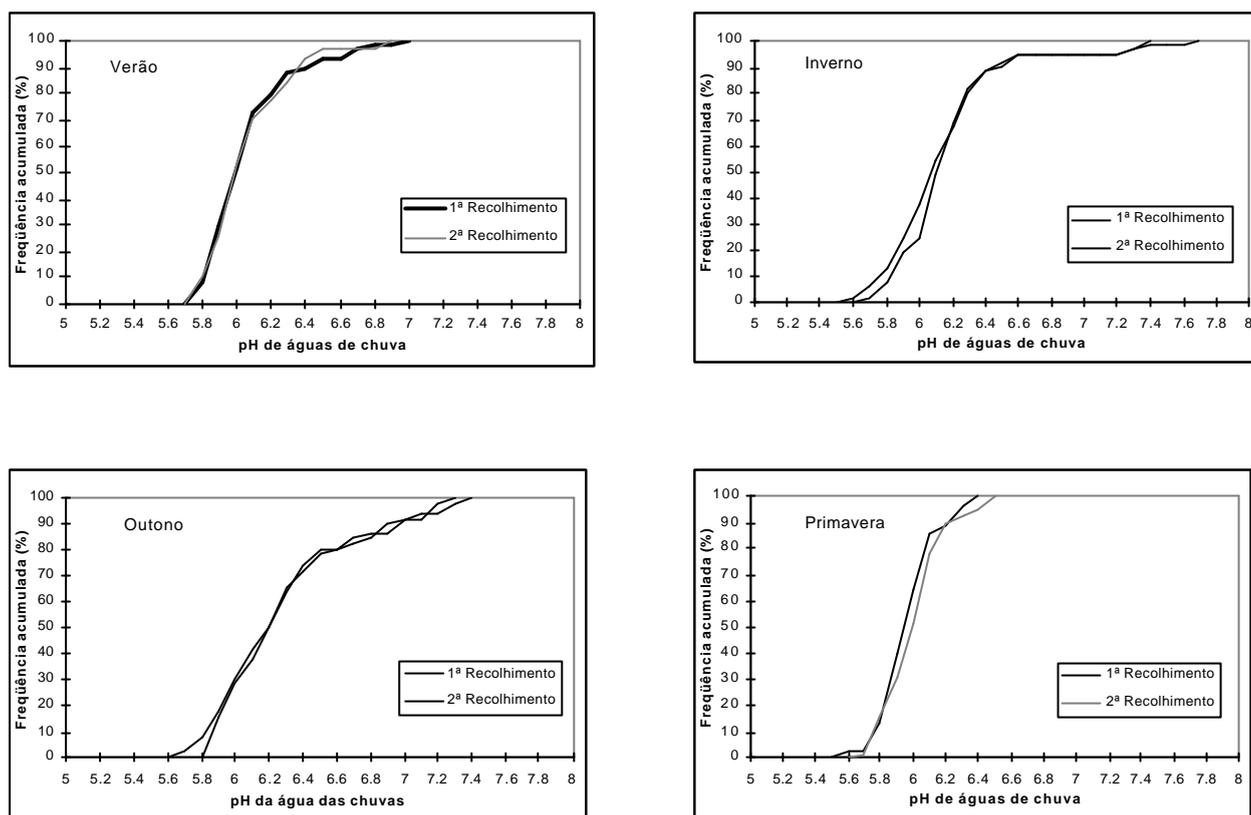
LISBOA, H.M., COSTA, R.H.R., WALTORIT, L.M.B. Análise da qualidade das águas de chuva no campus Universitário da UFSC no período de maio de 1991 a janeiro de 1992. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1992, São Paulo, **Anais...**, São Paulo : Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1992. 908 p. p. 861-865.

MELLO, W.Z., MOTTA, J.S.T. Acidez na chuva. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 34, p. 40-43, 1987.

PEDLOWSKI, M.A., MAIA, L.F.P.G., LACERDA, L.D., et al. A importância das variáveis climatológicas na composição química da precipitação na Baía de Sepetiba, R.J. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1990, Salvador, BA. **Anais...**, Salvador : Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1990. 879 p. p. 700-704. 2v.

SANTOS, O.C.O., SOUZA, J.R.S. Estudo preliminar da acidez das águas das chuvas em Belém, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1987, Belém, PA. **Coletânea de Trabalhos...**, Belém : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1987. 518 p. p. 252.

SANTOS, O.C.O., FARIAS, D., OLIVEIRA, H., et al. Acidez das águas das chuvas no distrito industrial de Icoaraci. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1993, Porto Alegre, RS. **Resumos...**, Santa Maria : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 211 p. p. 6.



**Figura 1.** Frequência relativa acumulada de valores de pH de águas de chuva, primeiro e segundo recolhimentos, Passo Fundo, 1992 a 1997.

SILVA FILHO, E.V., OVALLE, A.R.C., BROWN, I.F. Precipitação ácida no Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro, *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 419-422, 1987.

SPURGEON, D. Canada 'still has a long way to go' in effective control of acid rain. *Nature*, London, v. 390, n. 6655, p. 6, 1997.

SWINBANKS, D. China blamed for high pH. *Nature*, London, v. 340, n. 6236, p. 671, 1989.

WALGATE, R. UK denies responsibility for Scandinavian acid rain. *Nature*, London, v. 323, n. 6085, p. 191, 1986.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Gaw and precipitation chemistry measurement activities**. Geneva : WMO, 1989. 4 p. (Fact Sheet, 5).