

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA
NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE
E FATORES METEOROLÓGICOS ASSOCIADOS

por

Liana Beatriz Moretti Milano¹
Sérgio João de Luca²
Nara Maria Luzzi Rosauero¹
Carmem Maria Barros de Castro³

RESUMO -- Este artigo é um dos resultados do trabalho desenvolvido conjuntamente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Instituto de Pesquisas Hidráulicas e PETROBRÁS/Refinaria Alberto Pasqualini, através de sua Seção do Meio Ambiente (SEAMB)⁴. A fim de se conhecer a qualidade da água das chuvas na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), foram instalados e monitorados 23 postos de amostragem, distribuídos num raio de 30 km. Foram coletadas e analisadas amostras semanais, quanto às variáveis: pH, acidez, condutividade específica, sulfatos, nitratos, cloretos, etc. Com o intuito de se conhecer a relação entre as variáveis meteorológicas e a qualidade da água das chuvas nesta região, dados de 6 estações meteorológicas foram utilizados. Estes dados são: tipo, duração e intensidade das precipitações, velocidade e direção do vento e dados históricos de duração de precipitação e direção do vento para comparação.

INTRODUÇÃO

O aumento crescente da poluição atmosférica tem ocasionado efeitos indesejáveis ao meio ambiente, principalmente através da interferência humana nos ciclos que unem a terra, água e atmosfera.

A deterioração da qualidade da água das chuvas e a ocorrência de precipitação ácida ("chuva ácida") em muitas regiões do planeta, são consequências dos efeitos de poluentes na atmosfera. Compostos de enxofre, nitrogênio e cloretos são os principais poluentes causadores desse efeito, principalmente nas áreas urbanas e industriais.

Estas substâncias são convertidas a ácidos em atmosfera úmida (ácido sulfúrico, ácido nítrico e ácido clorídrico) contribuindo para o rebaixamento do pH da água da chuva.

-
- (1) Professor Adjunto, Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS
 - (2) Professor Titular, Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS
 - (3) Professor Assistente, Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS
 - (4) Técnicos Responsáveis: Manuel L. Zurita e Paulo Renato L.B. Ferreira.

Compostos de ferro e alumínio dissolvidos também são capazes de gerar ácidos fracos em meio líquido, podendo contribuir para a produção de acidez. É usualmente considerado na literatura mundial específica que a chuva seja ácida quando o pH das amostras de água for igual ou menor que 5,6. A chuva, quando não poluída, tem um pH levemente ácido devido à dissolução de CO₂ atmosférico. Porém, em pHs menores que 5 a solubilidade do CO₂ nas CNTP é de apenas 20 µeq/l, sendo toda a acidez devida a outros ácidos.

Outros elementos podem ocorrer em concentrações poluidoras nas águas das chuvas. Entre eles: Zinco, Chumbo, Cádmio, Berílio, Cálcio, Magnésio, Potássio.

O tempo de residência dos poluentes na atmosfera depende de uma série de fatores e pode ser bastante breve ou se estender a muitos dias, semanas, ou mesmo anos. A qualidade da água da chuva pode variar em função do tipo de carga poluidora e das condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva; regime dos ventos; estações do ano, etc.).

Além das características químicas, físicas e variáveis hidrodinâmicas que afetam a qualidade da água da chuva, o tipo de amostragem, a frequência da amostragem e o tipo de amostrador podem influenciar nos resultados das análises dos constituintes.

Nos estudos de curta duração é comum a adoção de amostragem semanal. Em levantamentos de longa duração a amostragem mensal é mais utilizada. A amostragem por evento chuvoso verifica a distribuição dos contaminantes ao longo do período de duração da chuva.

Ocasionalmente, pode-se fazer amostragem da deposição seca (DS) e da deposição úmida (DU), facilitando a identificação das fontes emissoras de poluentes. Em programas de curta duração a amostragem bruta (DU+DS) tem a vantagem de recuperar tanto os materiais que precipitam como os que a chuva está precipitando, e sendo de mais fácil realização.

A amostragem contínua e automática é utilizada em alguns países, porém exige equipamentos mais sofisticados.

A modelação matemática está sendo desenvolvida em alguns países, porém os modelos são bastante complexos já que envolvem os processos que controlam o transporte, a difusão, as transformações químicas e a deposição de poluentes atmosféricos.

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A delimitação da área de amostragem levou em conta as fontes prováveis de poluição atmosférica na Região Metropolitana de Porto Alegre, principalmente indústrias existentes na área (Polo Petroquímico, Siderúrgica Rio-Grandense, Indústrias Cimenteiras e outras) e aglomerados urbanos significativos, tais como a área central de Porto Alegre, Guaíba, Novo Hamburgo, áreas adjacentes

ao Polo Petroquímico, região de Canoas onde se situa a Refinaria Alberto Pasqualini, além da área Sul de contorno da Região Metropolitana,

Foram instalados e monitorados 23 postos de amostragem cuja localização é apresentada na figura 1. A denominação dos postos encontra-se na tabela 1. A distribuição dos postos levou em conta fatores básicos, tais como;

- . direção dos ventos predominantes;
- . localização de postos antes e após as fontes de liberação de poluentes, relativamente a direção dos ventos predominantes;
- . facilidade de acesso;
- . existência de morador próximo ao local;
- . disponibilidade de área livre em torno do amostrador para evitar interferências de prédios, morros, árvores, etc.

O amostrador utilizado consistiu num funil metálico com revestimento plástico, tela de proteção e área superficial de coleta de 900 cm², ligado a um reservatório d'água de 20 litros.

Este tipo de amostrador não permite detectar as variações que eventualmente ocorrem ao longo de uma precipitação, porém tem vantagem de informar a situação média de qualidade, que é um dado fundamental num estudo de chuvas ácidas.

O intervalo de amostragens em cada posto foi predominantemente semanal, abrangendo o período de um ano de observações (Dezembro/86 - Novembro/87), com 50 campanhas de coleta de amostras. Foram analisados os seguintes parâmetros:

pH, Acidez, Condutividade, Sulfatos, Nitratos, Cloretos e Ferro Total, com frequência semanal;

Cálcio, Magnésio, Potássio, Chumbo, Cobre, Cádmio e Berílio, com frequência mensal.

As análises foram realizadas segundo os métodos normalizados pelo "Standard Methods for the Examination of Water and wastewater" [18].

Os resultados das análises de cada campanha são representações da composição média da água de chuvas ocorridas desde o dia da última coleta até o dia anterior à referida campanha (usualmente 7 dias).

As tabelas 2, 3 e 4 apresentam as médias dos diversos parâmetros de qualidade da água nos 23 postos de coleta no período anual e a média geral anual na região em estudo. O somatório das concentrações dos íons Nitratos, Cloretos, Ferro Total e Sulfatos, assim como o somatório dos íons Cálcio, Magnésio e Potássio também são apresentados. A tabela 5 apresenta as médias por campanha e um resumo dos dados meteorológicos.

Apesar das médias das concentrações (mg/l) dos parâmetros

TABELA 1 - DENOMINAÇÃO DOS POSTOS DE AMOSTRAGEM

NÚMERO	NOME
1.	Redenção
2.	Guaíba
3.	Aeroporto
4.	Base Aérea
5.	Canoas Norte
6.	BR 386
7.	P. Garibaldi
8.	Tabaí
9.	Volta Grande
10.	Sanga Funda
11.	Socorro
12.	S.S. Caí
13.	R. Cascalho
14.	Campo Bom
15.	Ivoti
16.	SEMAE
17.	P. Exposições
18.	Refinaria
19.	CORSAN
20.	RS 118
21.	Gravataí
22.	Morro Tapera
23.	IPH

TABELA 2 - Parâmetros médios de qualidade da água da chuva nos postos da Região Metropolitana.

POSTO DE COLETA	pH	CONDUTI-VIDADE ($\mu\text{mho}/\text{cm}$)	ACIDEZ (mg/l)	SULFA-TOS (mg/l)	NITRA-TOS (mg/l)	CLORE-TOS (mg/l)	Fe TOT (mg/l)	SOM. IONS (mg/l)
Nº NOME								
1. Redenção	5.5	17	4.7	6	0.53	4.55	0.67	11.75
2. Guaíba	5.5	15	5.2	6	0.54	4.34	0.55	11.43
3. Aeroporto	5.4	16	5.2	6	0.56	4.27	0.57	11.40
4. Base Aérea	5.4	19	5.1	6	0.57	4.88	0.66	12.11
5. Canoas Norte	5.6	14	4.9	6	0.52	4.18	0.61	11.31
6. BR 386	5.5	21	5.5	6	0.54	3.91	0.63	11.08
7. P.Garibaldi	5.5	14	4.6	6	0.41	4.04	0.60	11.05
8. Tabai	5.5	15	4.9	6	0.44	3.91	0.41	10.76
9. Volta Grande	6.0	22	5.4	6	0.48	3.66	0.58	10.72
10. Sanga funda	5.5	12	4.6	6	0.41	4.14	1.12	11.67
11. Socorro	5.4	13	4.9	6	0.34	4.32	0.54	11.20
12. S.S. Cai	5.5	12	4.5	6	0.44	4.03	0.63	11.10
13. R.Cascalho	5.4	12	4.7	6	0.36	3.90	0.71	10.97
14. Campo Bom	5.4	12	4.7	5	0.42	3.92	0.36	9.70
15. Ivoti	5.4	13	4.5	6	0.43	4.48	0.42	11.33
16. SEMAE	5.4	17	4.8	6	0.43	3.93	0.64	11.00
17. P.Exposição	5.5	30	5.0	7	0.39	4.63	0.92	12.94
18. Refinaria	5.1	22	6.1	6	0.35	4.54	0.68	11.57
19. Corsan	5.5	20	5.0	7	0.37	4.25	0.76	12.38
20. RS 118	5.5	15	4.6	6	0.47	4.03	0.84	11.34
21. Gravataí	6.0	22	5.0	6	0.49	4.74	0.69	11.92
22. Morro Tapera	5.5	15	4.6	6	0.44	4.08	0.68	11.20
23. IPH	5.2	13	4.3	6	0.48	4.39	0.76	11.63

TABELA 3 - Parâmetros médios de qualidade da água da chuva nos postos da Região Metropolitana

POSTO DE COLETA		Ca	Mg	K	SOM. DE IONS	Pb	Cu	Cd	Be
Nº	NOME	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
1.	Redenção	1.013	.9434	0.7	2.66	0.05	0.02	0.007	0.024
2.	Guaíba	0.960	.6581	0.7	2.32	0.06	0.01	0.060	ND
3.	Aeroporto	0.894	.7038	0.7	2.30	0.06	0.01	0.022	ND
4.	Base Aérea	0.914	.7092	0.7	2.32	0.06	0.03	0.015	0.042
5.	Canoas Norte	1.003	.8287	0.8	2.63	0.05	0.02	0.007	0.042
6.	BR 386	1.038	.6209	0.8	2.46	0.08	0.02	0.028	0.042
7.	P.Garibaldi	0.885	.5768	0.7	2.16	0.05	0.01	ND	0.024
8.	Tabaí	1.185	.8417	0.7	2.73	0.08	0.03	0.009	ND
9.	Volta Grande	1.216	.7492	0.5	2.47	0.05	0.01	0.011	ND
10.	Sanga Funda	1.029	.8314	0.5	2.36	0.05	0.01	0.016	ND
11.	Socorro	0.751	.6590	0.5	1.91	0.05	0.01	0.006	ND
12.	S.S. Cai	0.675	.7482	0.6	2.02	0.06	0.02	0.017	ND
13.	R.Cascalho	0.929	1.8553	0.7	3.48	0.05	0.02	0.005	ND
14.	Campo Bom	0.747	.7359	0.7	2.18	0.05	0.01	0.009	ND
15.	Ivoti	0.932	.8555	0.8	2.59	0.06	0.01	0.019	ND
16.	SEMAE	0.578	.9115	0.7	2.19	0.06	0.01	0.027	ND
17.	P.Exposição	1.061	.9365	0.5	2.50	0.06	0.02	0.013	0.042
18.	Refinaria	1.088	.8310	0.6	2.52	0.06	0.02	0.022	0.024
19.	Corsan	0.965	.7952	0.5	2.26	0.06	0.01	0.010	ND
20.	RS 118	1.347	.7521	0.6	2.70	0.09	0.01	0.018	ND
21.	Gravataí	0.979	.8382	0.6	2.42	0.07	0.01	0.002	0.024
22.	Morro Tapera	0.846	.9137	0.8	2.56	0.05	0.01	ND	0.024
23.	IPH	0.812	.3478	0.8	1.96	0.06	0.01	ND	ND

TABELA 4 - Média anual de parâmetros de qualidade da água da chuva na Região Metropolitana.

Cálculos	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação
pH	5.49	0.19	0.04
Condutividade (umho/cm)	16.57	4.53	0.27
Acidez (mg/l)	4.9	0.4	0.08
Sulfatos (mg/l)	6.04	0.37	0.06
Nitratos (mg/l)	0.45	0.07	0.15
Cloretos (mg/l)	4.22	0.31	0.07
Fe Total (mg/l)	0.65	0.16	0.25
Som. Ions (mg/l)	11.37	0.64	0.06
Ca (mg/l)	0.95	0.17	0.18
Mg (mg/l)	0.81	0.26	0.33
K (mg/l)	0.66	0.1	0.16
Som. Ions (mg/l)	2.42	0.33	0.13
Pb (mg/l)	0.06	0.01	0.19
Cu (mg/l)	0.01	-	0.45
Cd (mg/l)	0.02	0.01	0.78
Be (mg/l)	0.03	-	0.3

TABELA 5 - Resumo das campanhas na Região Metropolitana

MES	DATA	CAM PA- NHA	pH					TIPO DE CHUVA	PRECITA- ÇÃO ME- DIA (mm)	VENTO PRE DOMINANTE NA REFINA- RIA	MÉDIA DOS PARÂMETROS					
			≤ 5,6	≤ 5,0	MÉD	MAX	MIN				COND.	ACIDEZ	SULFAT.	CLORET.	NITRAT.	Fe TOT.
DEZ/86	02/12	1	20	12	5,1	5,7	4,5	FFS, CM, LIW	109,8	-	19,4	5,2	5,9	6,56	0,20	0,29
	16/12	2	2	0	6,1	7,0	5,6	LIW, CM, FFS	3,7	SE	73,8	11,6	1,6	7,39	0,20	0,26
	23/12	3	9	0	5,7	6,0	5,3	LINW, FFS	58,5	SE	12,2	6,2	5,3	2,87	0,07	-
	30/12	4	12	6	5,5	6,4	4,0	FFS, CM, LIW	23,7	SE	21,6	7,9	6,0	2,13	0,08	-
JAN/87	07/01	5	9	0	5,7	6,2	5,4	LIW, FFS	52,9	SE	11,6	5,2	7,3	3,10	0,40	0,09
	13/01	6	21	8	5,2	6,0	4,5	FFS, FON, FFS	90,3	SE	10,6	5,9	6,4	2,64	0,07	0,46
	20/01	7	4	1	6,1	7,2	4,6	FFS, CM	6,4	SE	26,4	3,7	12,6	4,08	0,18	0,33
	27/01	8	1	0	6,3	7,1	5,6	FFSE, FFS	3,4	SE	31,8	6,4	11,7	5,08	0,22	0,59
FEV/87	03/02	9	12	1	5,6	6,1	4,2	FFS, CM	40,7	SE	13,5	5,6	5,0	4,09	0,09	0,15
	10/02	10	21	10	5,2	6,2	4,4	LINW, FFS	59,6	N	7,0	4,3	2,5	2,14	0,07	0,18
	17/02	11	2	0	6,2	6,9	5,5	CM	0,7	SE	62,6	4,3	6,3	9,72	0,05	0,78
	24/02	12	11	4	5,5	6,4	4,4	CM, LIW, LINW	29,7	SE	11,0	4,3	8,1	3,14	0,01	0,27
MAR/87	04/03	13	4	1	5,9	7,1	4,9	CM	2,1	SE	49,9	5,9	11,6	3,04	0,30	0,41
	10/03	14	17	7	5,3	5,8	4,7	FFS	47,3	NW	9,4	5,5	6,9	4,49	0,11	0,80
	17/03	15	15	0	5,9	6,8	5,2	FFS	13,5	SE	11,5	3,2	2,2	6,04	0,05	0,29
	24/03	16	4	1	6,3	7,6	5,0	FFSE	3,9	SE	87,2	1,4	ND	2,89	0,05	0,48
	31/03	17	15	2	5,6	6,0	4,5	FFS	23,7	SE	8,8	4,1	ND	2,72	0,25	0,42
ABR/87	07/04	18	6	0	5,8	6,1	5,4	FFS	17,7	SE	5,8	2,8	3,0	2,27	0,34	0,04
	14/04	19	8	0	5,8	6,2	5,5	FFS, FSe	47,8	SE	6,7	3,4	3,4	3,24	0,39	0,04
	21/04	20	19	15	5,3	6,0	5,0	FSe, LIW, FFS	67,9	SE	10,8	2,5	4,1	2,48	0,35	0,03
	28/04	21	0	0	-	-	-	FFS, LINW	1,2	SE	-	-	-	-	-	-
MAI/87	05/05	22	14	1	5,6	5,9	4,7	LINW, FON	33,7	SE	4,9	3,2	1,1	4,22	0,42	0,04
	12/05	23	17	1	5,5	6,1	5,0	LINW, FON, FFS	49,5	NW	6,7	2,6	6,0	2,09	0,38	0,35
	19/05	24	21	3	5,3	5,7	4,3	LIN, FFS, FFSW	65,5	SE	7,2	3,1	4,6	1,76	0,36	0,81
	26/05	25	23	10	5,1	5,5	4,2	FFSW, FON	28,3	NW	8,0	2,3	2,3	7,01	7,72	0,58
JUN/87	02/06	26	0	0	6,0	6,4	6,0	CM	1,5	SE	49,5	3,4	14,6	4,71	0,43	0,77
	09/06	27	25	19	4,8	5,3	4,1	LINW, FFS	68,9	SE	9,4	2,8	3,6	5,98	0,10	0,97
	16/06	28	20	15	4,9	6,3	4,2	FFSW, CM	26,8	N	15,6	5,8	7,0	4,82	0,32	1,20
	23/06	29	22	7	4,8	5,9	3,9	FFW	10,4	NW	15,7	4,2	7,7	4,16	0,22	0,35
	30/06	30	9	5	5,0	5,4	4,6	FFSW	0,0	NW	20,0	3,9	7,8	4,11	0,16	ND
JUL/87	07/07	31	22	9	5,1	5,7	4,4	FFSW, FON, FSe	108,5	NW	10,4	4,9	5,7	3,34	0,27	0,51
	18/07	32	19	1	5,4	6,2	5,0	FFfg, CM, LINW, FFSW	29,4	SE	8,1	3,8	5,7	2,94	0,14	0,48
	28/07	33	6	0	5,9	6,5	5,3	FFSW, LIW, FFFg	40,6	SE	8,8	4,0	5,7	3,10	0,15	0,79
AGO/87	04/08	34	15	4	5,4	5,9	4,6	FSe, FFS	51,4	SE	10,4	3,5	5,2	5,39	0,19	0,06
	11/08	35	22	18	4,8	5,2	4,4	FFS, CM, FFS	46,9	SE	10,9	5,6	6,4	4,47	0,20	0,93
	18/08	36	17	0	5,4	5,9	5,2	FFS, FON, FSe, FFSW	153,4	SE	9,8	5,2	6,8	4,25	0,26	1,85
	25/08	37	16	1	5,5	6,5	5,0	LI, CM, FFSW	19,9	SE	12,7	5,8	7,1	5,79	0,33	1,93
SET/87	01/09	38	19	14	5,1	6,4	4,2	FFSW	57,2	SE	16,5	4,5	13,8	6,30	0,51	2,75
	08/09	39	23	22	4,5	5,6	3,8	LIW, FFS	39,6	SE	20,0	13,9	5,9	8,59	0,79	-
	15/09	40	22	11	5,0	5,9	4,4	FFS, LINW	62,9	SE	16,1	5,9	5,8	3,62	0,49	0,24
	22/09	41	2	0	6,1	6,7	5,5	FFfg	13,8	SE	30,2	6,4	8,6	3,35	0,60	0,59
	29/09	42	9	1	5,9	6,7	5,0	FFS	12,2	SE	39,9	7,5	8,1	6,70	0,23	0,95
OUT/87	06/10	43	17	12	5,2	6,4	4,5	FFS	25,5	SE	21,9	6,7	9,5	3,77	0,53	0,76
	14/10	44	9	0	5,8	7,0	5,1	LIN, FFS	33,0	SE	13,0	5,7	5,4	3,00	0,65	0,48
	20/10	45	10	4	5,6	6,5	4,6	FFS, FON	29,8	SE	17,0	4,4	9,2	2,74	0,53	1,33
	27/10	46	0	0	-	-	-	LIN	1,0	SE	-	-	-	-	-	-
NOV/87	03/11	47	18	9	5,3	6,7	4,2	LINW	38,1	SE	11,1	7,2	5,9	5,54	0,49	1,12
	10/11	48	21	2	5,3	6,5	3,5	FFS, LIW	106,5	N	10,5	4,5	5,5	6,60	0,35	0,26
	17/11	49	13	6	5,5	7,0	4,3	LIW, FFS	31,6	E	14,5	5,2	6,0	5,69	-	0,34
	25/11	50	18	10	5,1	6,9	4,0	LIW, FFS	35,4	SE	14,7	4,7	5,9	5,07	-	1,49
MÉDIA ANUAL					5,5			1925,6			16,6	4,9	6,0	4,22	0,45	0,65

TIPO DE CHUVA:

- FF - Frente Fria
- FQ - Frente Quente
- LI - Linha de Instabilidade
- CM - Circulação Marítima
- FFfg - Frente Fria Frontogênese
- FSe - Frente Semi-Estacionária

avaliadores de qualidade da água das chuvas apresentarem-se de razoável qualidade e o pH médio geral resultar em 5,5, ocorreram situações com pHs médios de 5 e valores mínimos em torno de 4,0, caracterizando o acontecimento de "chuvas ácidas" em datas específicas, com 21 postos apresentando pH médio menor que 5,6.

Os sulfatos e cloretos encontrados nas águas precipitadas são os principais poluentes na geração de chuvas ácidas. As cargas médias anuais destes parâmetros encontram-se acima dos valores usuais para regiões industrializadas, comprovando a elevada liberação de compostos de enxofre e ocorrência significativa de cloretos. As concentrações médias também apresentam-se altas para regiões não industrializadas. Os níveis de nitratos são baixos para regiões industrializadas.

É reduzida a presença de metais pesados. Os níveis de Cálcio, Magnésio e Potássio estão dentro dos valores encontrados para regiões industrializadas. Na média, o somatório das concentrações de íons básicos ($\mu\text{eq/l}$) é muito menor que o somatório da concentração de íons ácidos ($\mu\text{eq/l}$), não chegando a diminuir a acidez e os valores de pH a níveis inferiores aos característicos de chuva ácida.

Das 1019 análises de pH realizadas, 65% apresentaram pHs $< 5,6$ e aproximadamente 26% resultaram em pHs $\leq 5,0$. A maioria dos postos indicam mais de 50% de incidência de pH $\leq 5,6$, exceto o posto 9, próximo a uma fábrica de Cimento. Entretanto, em poucos postos ocorreu 30% de frequência de pH $\leq 5,0$ (valor crítico).

A análise das variações de médias anuais de pH nos postos de amostragem em relação a média geral anual demonstrou que apenas quatro postos diferem significativamente, sendo dois com médias menores e dois com médias maiores. A análise dos íons dissolvidos nos postos em relação a média geral identificou apenas dois postos com valores menores, sugerindo que a contaminação é generalizada na Região Metropolitana de Porto Alegre.

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos utilizados no estudo foram obtidos de três Instituições, as quais coletam regularmente dados de precipitação e vento. A utilização dos dados meteorológicos foi orientada primeiramente no sentido de verificação do comportamento do ano em estudo em relação aos dados históricos de diferentes postos, ou seja, se o ano em estudo classifica-se como característico em termos de volumes precipitados mensais e anual, e regime de ventos.

Como segundo objetivo, foram utilizados eventos meteorológicos diários ocorridos no ano em estudo a fim de relacioná-los com os parâmetros de qualidade da água da chuva analisados.

Dados históricos

Foram utilizados os seguintes dados:

- a) Precipitações totais mensais ocorridas em uma série de anos;
- b) Direção predominante do vento nos diferentes meses do ano para a mesma série de anos.

Os postos utilizados são apresentados abaixo e encontram-se distribuídos geograficamente na figura 1.

- 1) Porto Alegre - 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) - série temporal: Janeiro/56 a Dezembro/86;
- 2) Guaíba - Instituto de Pesquisas Agronômicas (IPAGRO) - série temporal: Janeiro/71 a Dezembro/86.
- 3) Aeroporto - Ministério da Aeronáutica - série temporal: Janeiro/71 a Dezembro/86;
- 4) Cachoeirinha - Instituto de Pesquisas Agronômicas - (IPAGRO) - série temporal: Maio/75 a Dezembro/86;
- 5) Triunfo - 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) - série temporal: Junho/79 a Dezembro/86.

Dados atuais

Os seguintes dados foram utilizados:

- a) Dados diários de precipitação;
- b) Duração da chuva;
- c) Direção do vento às 15 hs, 18 hs e 24 hs (TMG - Tempo Médio de Greenwich);
- d) Velocidade do vento nos três horários (dados do 8º DISME) ou velocidade média dos três horários (dados do IPAGRO);
- e) Direção predominante do vento no mês;
- f) Tipo de precipitação, classificada como: (*)
 - f.1) Frente fria (FF) - superfície frontal entre duas mas-

(*) Esta classificação, bem como o registro dos vários tipos de chuva no ano do estudo, foi elaborada pelo meteorologista So lismar Dame Prestes do INEMET.

sas de ar de temperatura diferente;

f.2) Frente quente (FQ) - limite frontal de uma massa de ar relativamente quente que vai cobrindo e deslocando o ar mais frio em sua trajetória;

f.3) Frente Semi-Estacionária (FS) - frente sem movimento definido que pode atuar alternativamente como frente fria ou como frente quente;

f.4) Frente Oclusa (FO) - encontro de uma frente fria com uma frente quente que ocasiona o intercâmbio de três massas de ar resultando no desaparecimento da massa quente;

f.5) Frontogênese (FF_g) processo de formação ou intensificação de uma frente ou zona frontal;

f.6) Linha de Instabilidade (LI) - linha formada por nuvens cúmulo-nimbus, com alinhamento quase retilíneo que pode provocar chuvas, trovoadas e ventos fortes. Seu deslocamento na nossa região normalmente é de oeste para leste;

f.7) Circulação Marítima (CM) - ocorre quando a circulação do ar se dá do oceano para o continente, trazendo muita umidade que pode provocar precipitação ao longo da costa.

Após a abreviatura de cada tipo de chuva será relacionada sua direção, exemplificando: FFSW - Frente Fria proveniente de Sudoeste.

Os postos selecionados (figura 1) para levantamento dos dados atuais foram:

- 1) Porto Alegre - 8ª DISME - com dados a,c,d,e,f;
- 2) Guaíba - IPAGRO - com dados a,b,c,d,e. (Com falhas em junho, julho e novembro/87);
- 3) Aeroporto - Ministério da Aeronáutica - com dados a,b,c;
- 4) Cachoeirinha - IPAGRO - com dados a,b,c,d,e;
- 5) Triunfo - 8ª DISME - com dados a,c,d,e;
- 6) Novo Hamburgo - 8ª DISME - com dados a,c,d,e.

Foi considerada como direção predominante do vento, a direção que apresentou o maior número de ocorrências nas observações diárias. Estas leituras diárias de vento são feitas em três horários em todos os postos, com exceção do posto do Aeroporto, no qual as leituras são horárias. Em complementação a estes dados foram utilizados os registros de direção e velocidade dos ventos levantados pela REFAP (anemógrafo) na área da Refinaria Alberto Pasqualini. Na Refinaria, os dados de vento foram fornecidos de duas em duas horas.

Os volumes precipitados são medidos diariamente às 12 horas (TMG). Estes valores são considerados como precipitação do dia anterior pelo Ministério da Aeronáutica (Posto Aeroporto) e pelo IPAGRO (postos Guaíba e Cachoeirinha) e como precipitação do dia

pelo INEMET (postos Porto Alegre, Triunfo e Novo Hamburgo). Por este motivo os postos do INEMET foram atrasados de um dia nos estudos comparativos.

Comparação do ano em estudo com as séries históricas disponíveis

Precipitação -- As precipitações ocorridas no ano em estudo foram normalmente superiores às médias mensais históricas. Um resumo dessas comparações, para os diferentes postos, encontra-se na tabela abaixo.

Tabela 6 - Comparação dos valores de precipitação mensal com as médias históricas.

POSTOS \ MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
P. ALEGRE	>	>	<	>	>	<	>	>	<	<	>	≈
GUAÍBA	>	≈	>	>	>	-	-	>	>	>	-	<
AEROPORTO	>	<	<	>	>	<	>	>	>	>	>	≈
CACHOEIRINHA	>	<	≈	>	>	≈	>	>	≈	≈	>	<
TRIUNFO	>	>	≈	≈	>	≈	>	>	>	<	>	≈
PREDOMINÂNCIA	>	=	≤	>	>	≤	>	>	>	=	>	≤

Convenção: > : valor precipitado no mês foi maior do que a média histórica
 < : valor precipitado no mês foi menor do que a média histórica
 ≈ : valor precipitado no mês foi aproximadamente igual à média histórica ($\Delta < 6\%$)
 - : dados não coletados.

Uma análise dessa tabela mostra que os meses de janeiro, abril, maio, julho, agosto, setembro e novembro apresentam uma predominância marcante de valores superiores às médias históricas nos diferentes postos. Os meses de fevereiro e outubro apresentaram dois postos com precipitação maior, dois postos com precipitação menor e um posto com precipitação igual (ou aproximadamente) às médias históricas. Esses meses foram tomados como tendo uma predominância de valores iguais às médias históricas. Os meses de março, junho e dezembro apresentaram dois postos com precipitação menor e dois postos ou mais postos com precipitação igual às médias históricas o que dá uma predominância de valores menores ou iguais (\leq) às médias. Um resumo dessas considerações encontra-se abaixo:

Nº de meses com predominância de valores (>): 7 (janeiro, abril, maio, julho, agosto, setembro, novembro);

Nº de meses com predominância de valores (\leq): 3 (março, junho e dezembro);

Nº de meses com predominância de valores (=): 2 (fevereiro e outubro).

A precipitação média anual do ano em estudo (*) foi 1925,6mm. A precipitação média anual dos valores históricos é 1352,56 mm, portanto o ano em estudo pode ser classificado como um ano chuvoso.

Ventos -- Na tabela 7 comparam-se as direções dos ventos predominantes no ano em estudo com as direções dos ventos predominantes nas séries históricas. Os meses de julho, setembro, outubro, novembro e dezembro apresentaram ventos predominantes com direções iguais àquelas das séries históricas. Os meses de janeiro e fevereiro também apresentaram ventos com direções iguais às das séries históricas com exceção do posto de Guaíba. Os meses de março, abril, junho e agosto apresentaram dois postos com divergências. O mês mais atípico em termos de vento foi o mês de maio, no qual todos os postos apresentaram direção de predominância de ventos diferente da predominância histórica, com ventos provenientes de oeste (em quatro postos) e noroeste (em um posto). Dos 60 valores observados apenas 15 (25,0%) diferem da predominância histórica.

Eliminando o mês de maio obtém-se um percentual de divergência em relação à série histórica igual a 18%.

Pode-se, portanto, dizer que, com exceção do mês de maio o regime de ventos do ano em estudo pode ser considerado como o regime usual de ventos nessa região.

A direção anual predominante dos ventos foi SE (31 valores de predominância de SE sobre 60 valores observados = 52%).

Eventos meteorológicos do ano em estudo

Precipitação -- A tabela 8 apresenta um resumo das ocorrências dos vários tipos de chuva nas quatro estações do ano em estudo. Pode-se ver que as ocorrências de Frentes Frias provenientes do Sul (FFS) foram predominantes em todas as estações do ano, sendo que no inverno a direção SW ocorreu uma vez mais que a direção S. No verão, a segunda predominância foi de chuva tipo CM (Circulação Marítima), no outono foi de chuvas FFSW (Frente Fria Sudoeste), FQN (Frente Quente Norte) e LINW (Linha de Instabilidade Noroeste) e na primavera foi de LIW (Linha de Instabilidade Oeste).

No ano a predominância foi de FFS (34), seguida de CM (13), LIW (12) e LINW (9).

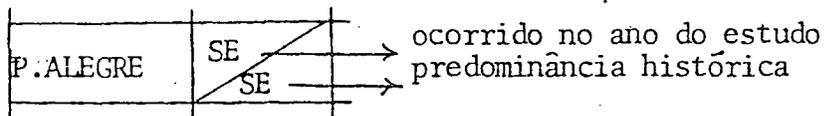
Este parece ser o regime típico de chuvas na região metropo

(*) Tomada como o somatório das médias mensais.

TABELA 7 - Comparação dos ventos ocorridos com os ventos predominantes nas séries históricas.

POSTO \ MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
P. ALEGRE	SE / SE	SE / SE	SE / SE	SE / SE	NW / SE	*SE / SE	SE / SE	SE / SE	SE / SE	SE / SE	SE / SE	SE / SE
GUAÍBA	E / SE*	E / SE*	N / SE*	E / SE*	W / SE*	- / W/SE	- / SE	E / SE*	SE / SE	SE / SE	- / SE	SE / SE
AEROPORTO	E / E	E / E	E / E	E / E	W / E	*W / W	E / E	E / E	E / E	E / E	E / E	E / E
CACHOEIRINHA	SE / SE	SE / SE	SE / SE	SE / SE	W / NW/SE	*W / NW*	SE / SE	SE / SE	SE / SE	SE / SE	SE / SE	SE / SE
TRIUNFO	SE / SE	SE / SE	NE / SE*	SE / S/E*	W / N/SE	*N / NW/SE*	N / N	W / SE*	SE / S/SE	SE / S/SE	SE / SE	SE / SE

Legenda: Ex:



* - Meses nos quais os ventos predominantes ocorridos são diferentes dos ventos predominantes nas séries históricas.

litana. Normalmente as circulações marítimas apresentam volumes precipitados baixos e as frentes frias e as Linhas de Instabilidade de W/NW são responsáveis pela maior parte dos volumes precipitados nessa região.

Tabela 8. Ocorrências dos vários tipos de chuvas nas quatro estações do ano em estudo.

CHUVA Nº OCORRÊNCIAS	NO VERÃO	NO OUTONO	NO INVERNO	NA PRIMAVERA	NO ANO
FFS	10	8	6	10	34
FFSW	-	3	7	-	10
FFW	-	1	-	-	1
FFSE	2	-	-	-	2
FFSe	-	2	3	-	5
FFFg	-	-	3	-	3
FQN	1	3	2	1	7
CM	6	2	3	2	13
LIN	-	1	-	2	3
LIW	3	1	3	5	12
LINW	2	3	2	2	9
LINWN	-	1	-	-	1

Ventos -- De um modo geral os ventos observados durante o ano em estudo foram de fracos (até 5 m/s) a moderados (entre 5m/s e 8,5 m/s). Os valores altos de velocidade foram registrados em medições isoladas.

As velocidades médias mensais nos vários postos variam entre 0,7 m/s (Novembro/86 em Novo Hamburgo) e 5,94 m/s (Agosto/87 em Guaíba). As velocidades médias anuais nos vários postos encontram-se na tabela abaixo.

Tabela 9. Velocidades médias anuais dos ventos (Dez/86 a Nov/87)

POSTO	VEL.MÉDIA (m/s)	VEL.MÉDIA (km/h)	VEL. MÉDIA (NÓS)
NOVO HAMBURGO	1,58	5,7	3,07
TRIUNFO	2,40	8,6	4,67
PORTO ALEGRE	2,14	7,7	4,16
GUAÍBA	5,33	19,17	10,37
CACHOEIRINHA	2,51	9,05	4,88
AEROPORTO	2,59	9,3	5,04

O posto que apresentou ventos mais fracos foi o de Novo Hamburgo com uma velocidade média anual de 1,58 m/s. O posto que apresentou ventos mais fortes foi o de Guaíba, com uma velocidade média anual de 5,33 m/s. No posto de Novo Hamburgo nos meses de fevereiro, maio, junho, julho e agosto ocorreram períodos longos de calmaria.

Estas calmarias, no entanto, não parecem ter nenhum efeito notável sobre os dados de qualidade das águas da chuva, pois não foram observadas variações significativas em relação aos outros postos nestes períodos.

Quanto às direções dos ventos, estas variam bastante dentro do mês e num mesmo dia, sendo difícil a ocorrência da mesma direção nas três leituras diárias. A direção dos ventos varia bastante também de posto para posto. No entanto, como já foi visto, a predominância mensal reforça as direções predominantes das séries históricas na maioria dos meses e dos postos.

EFEITO DAS VARIÁVEIS HIDROMETEOROLÓGICAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DAS CHUVAS

Precipitação

Análise geral -- A tabela 5 apresenta um resumo dos principais dados médios de qualidade, quantidade e tipo das precipitações no período do estudo. Os valores de cada posto foram plotados isoladamente. Um exemplo é mostrado nas figuras 2 e 3.

Trinta e duas campanhas apresentaram valores médios de pH iguais ou menores que 5,6 (limite convencional para chuvas ácidas). Trinta campanhas apresentaram mais de cinquenta por cento dos postos com $\text{pH} \leq 5,0$.

A tabela resumo demonstra que poucas vezes a água coletada é representativa de um mesmo tipo de chuva. Os dados de vento também são variáveis, apresentando uma grande variação de direções ao longo de um mesmo dia. Como as amostras representam uma média semanal, torna-se mais difícil a correlação dos dados meteorológicos com a qualidade da água em cada campanha.

Nessa tabela pode-se observar algumas ocorrências com tendências específicas, tais como:

- Diminuição do valor de pH quando a altura pluviométrica é maior e a condutividade menor.

- Aumento de cloretos quando a chuva é predominantemente de circulação marítima. Exemplo: campanha 11, dia 17 de fevereiro de 1987.

- Aumento de pH quando a chuva é predominantemente do sul (FFS) e condutividade alta.

As tendências foram testadas, mas nem todos os dados justificaram uma boa correlação linear, mostrando que a variação da qualidade da água é complexa e devida a múltipla integração de fenômenos de poluição atmosférica e meteorológicos.

Análises sazonais -- A figura 4 representa, para a média dos postos, relações entre quantidades de deposição das substâncias e quantidade de precipitação por estação. Os resultados são apresentados como desvios das percentagens que seriam esperadas

se a deposição úmida dos componentes fosse proporcional à quantidade de chuva precipitada. Assim, um desvio positivo indica uma deposição maior do que a esperada,

Foram feitas análises para os seguintes componentes: H^+ (concentrações dos íons hidrogênio, calculadas a partir das medições de pH), SO_4^{2-} , Acidez, Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ .

Primeiramente calcularam-se as deposições de cada componente por unidade de área (D) em cada campanha:

$$D \left| \frac{mg}{m^2} \right| = C \left| \frac{mg}{l} \right| * P \left| \frac{l}{m^2} \right|$$

onde C = concentração (mg/l)

P = lâmina precipitada (mm ou l/m²).

Em seguida foi calculado o total das deposições úmidas por estação e o percentual relativo ao ano global (P_E).

Os valores de precipitação total por estação e o percentual relativo ao ano global foram então calculados (P_p). Para este cálculo usou-se a média apenas dos postos de Porto Alegre e Aeroporto por se tratarem dos únicos postos com dados completos na primeira semana de dezembro quando as análises começaram a ser feitas.

Finalmente o desvio foi calculado como:

$$\text{Desvio} = P_E - P_p$$

Analisando o gráfico da média dos postos (figura 4) verifica-se que a deposição úmida dos componentes é maior do que a esperada quando relacionada à quantidade precipitada nas seguintes estações do ano:

- . íons - hidrogênio (H^+): outono e inverno
- . íons - sulfato (SO_4^{2-}): verão (≈) e inverno
- . acidez: verão, inverno e primavera
- . íons - cloreto (Cl^-): inverno e primavera
- . íons - cálcio (Ca^{2+}): verão
- . íons - magnésio (Mg^{2+}): inverno
- . íons - potássio (K^+): verão (≈), inverno (≈) e primavera,

e que a deposição úmida é menor do que a esperada nas seguintes estações do ano:

- . íons - hidrogênio (H^+): verão e primavera
- . íons - sulfato (SO_4^{2-}): outono e primavera (≈)
- . acidez: outono
- . íons - cloreto (Cl^-): verão e outono
- . íons - cálcio (Ca^{2+}): outono, inverno e primavera
- . íons - magnésio (Mg^{2+}): verão, outono e primavera
- . íons - potássio (K^+): outono.

Analisando a média global e desvios padrões de acidez dos 23 postos, verificaremos que os ventos agem como agente de mistu-

ra muito fortes (além da multiplicidade de fontes fixas e móveis em toda a RMPA), fazendo com que a alta contribuição de sulfato da refinaria se dilua muito rapidamente em curta distância e sua influência pontual na má qualidade das precipitações atmosféricas não seja tão dramática.

Para melhor interpretação da influência das variáveis sazonais na qualidade das chuvas, foram plotadas as figuras 5 até 8, que apresentam os valores médios de pH, e de sulfatos para o inverno e verão.

No outono e inverno, o posto 22 (IPH) mostra as médias atípicas muito baixas de pH, ainda sem explicação plausível exceto contribuição de fontes externas do sul, ou seja, da direção de Rio Grande

Em termos de sulfatos existe no verão uma liberação muito forte em torno do Polo Petroquímico e em torno da Refinaria. No inverno parece que além da Refinaria, existe novamente uma contribuição muito forte junto ao Polo Petroquímico.

Deve-se ressaltar que estas tendências dependem muito da forte aleatoriedade dos dados, da existência de múltiplas fontes de emissão, fixas e móveis, do regime de ventos, da intensidade, frequência e dos tipos de chuva.

Ventos

Conforme foi dito anteriormente, a direção anual predominante dos ventos foi SE. Este resultado explica a tendência global de piora da qualidade da água da chuva no setor situado entre as direções NW e NE da região metropolitana, pela condução dos poluentes a estas direções.

Outras tendências ou relações entre direções de vento e os elementos de qualidade das águas da chuva não foram detectadas. Como já foi mencionado anteriormente, os períodos de calmaria no Posto de Novo Hamburgo não mostraram nenhum efeito marcante nos dados de qualidade do posto mais próximo (Campo Bom). Também o mês de maio, no qual verificou-se a maior atipicidade em termos de vento, não foi um mês marcante no que diz respeito à qualidade das águas da chuva.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise dos dados de qualidade da água das chuvas e características meteorológicas, observadas no período em estudo, mostra que a qualidade média das águas precipitadas na Região Metropolitana é de razoável qualidade, porém a ocorrência de "chuvas ácidas" é significativa em elevado número de campanhas semanais.

A poluição química é generalizada, mas ainda não é problemática.

Os sulfatos e cloretos têm concentrações elevadas e são os

principais poluentes na geração de chuvas ácidas. As concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ são mais altas do que na literatura, porém o somatório das concentrações de íons básicos ($\mu\text{eq}/\ell$) é muito menor que o somatório das concentrações de íons ácidos ($\mu\text{eq}/\ell$), gerando acidez alta e pHs baixos.

As precipitações ocorridas durante o estudo foram normalmente superiores às médias mensais históricas, caracterizando um ano chuvoso.

O regime de ventos pode ser considerado como o regime usual de ventos nesta região em 75% dos casos, com direção predominante SE. Existe uma tendência global de piora da qualidade da água no setor situado entre as direções NW e NE da região metropolitana.

O regime de chuvas foi típico da região com frentes frias de Sul a Sudoeste e linhas de instabilidade Oeste e Noroeste, trazendo maiores volumes de lâminas d'água precipitadas, e de circulação marítima com pequenas intensidades pluviométricas.

A capacidade tampão das poeiras atmosféricas básicas parece ter se reduzido pela frequência das chuvas (ano chuvoso), com limpeza mais eficiente da atmosfera. De uma maneira geral, a maior frequência de pHs críticos ocorreu quando as chuvas foram mais frequentes e ventos N, NW ou SW, apresentando condutividade baixa.

As análises sazonais evidenciam médias de pHs mais baixos no inverno. A análise de deposições úmidas dos componentes em relação a quantidade de chuva precipitada mostra a maior geração de acidez no inverno, com cargas altas de sulfatos, cargas positivas de cloretos e quantidade reduzida de Ca^{2+} e K^+ , caracterizando a baixa capacidade tampão nesta estação.

A correlação dos dados meteorológicos com a qualidade da água da chuva é complexa, principalmente com coletas semanais. Porém, esta metodologia serve para avaliação geral das condições ambientais e os resultados observados evidenciam a necessidade de controle da poluição atmosférica na Região Metropolitana de Porto Alegre.

As pesquisas nesta área devem ser incentivadas principalmente quanto aos eventos meteorológicos de cada chuva, às deposições secas e úmidas, à geração de poluição atmosférica e qualidade do ar. O conhecimento real dos fenômenos e suas consequências a nível de Brasil é de fundamental importância para a busca de alternativas de menor impacto ambiental.

BIBLIOGRAFIA

1. BUBERNICK, D.V., 1984. "Acid Rain Information Book". Noyes Publication, New Jersey.
2. EPA. 1979. Acid rain; research summary. Cincinnati. 23p.
3. FISHER, D.W. et al., 1968. "Atmospheric Contributions to Water Quality of Streams of the Hubbard Brook Experimental Forest,

New Hampshire", Water Res. Research, Vol. 4, nº 5, Oct., 1115.

4. GALLOWAY, J.N., LIKENS, G.E. e EDGERTON, E.S., 1976. "Acid Precipitation in Northeastern USA, pH and Acidity", Science, Vol. 194, 12 nov.
5. HILEMAN, B., 1983. "Acid Rain: A Rapidly Shifting Scene", Environ, Sci. Technol., Vol. 17, Nº 9, 401A.
6. HUFF, F.A., 1976. "Relation Between Atmospheric Pollution, Precipitation, and Streamwater Quality near a Large Urban - Industrial complex". Wat., Res. 10 945.
7. IDE, C.N., 1984. "Qualidade da Drenagem Pluvial Urbana da Bacia dos Açorianos", Porto Alegre, RS, 137f. (Diss. Mestrado Recursos Hídricos e Saneamento) IPH/UFRGS.
8. KEITH, L.H., 1982. "Energy and Environmental: Acid Rain", Vol. Two. Ann Arbor Science, Michigan.
9. LITERATURE REVIEW ISSUES, 1985, 1986, 1987, Jour. Wat. Poll. Contr. Federation, Washington.
10. McCORNICK, J. 1985. "Acid Earth", International Institute for Environmental and Development, London.
11. MERKEL, B. e UDLUFT, P., 1982. "Variation and Simulation of Rain Chemistry", Proc. First Int. Seminar on Urban Drainage and Systems, England, Sept.
12. MUNGER, J.W. e EISENREICH, S.J., 1983. "Continental-scale Variations in Precipitation Environ Sci. Technol., Vol. 17, Nº 1, 32A.
13. ORSINI, C.Q. et al., 1986. "Characteristics of Fine and Coarse Particles of Natural and Urban Aerosols of Brazil", Atm. Environ., Vol. 20, Nº 11, pp.2289-2269.
14. SILVA FILHO, E.V., OVALLE, A.R. e BROWN, I.F., 1987. "Precipitação Ácida no Parque Nacional da Tijuca, RJ", Rev. Ciência e Cultura, 39(4):419-422.
15. SINGH, B., NOBERT, M. e ZWACK, P., 1987. "Rainfall Acidity as Related to Meteorological Parameters in Northern Quebec", Atm. Environ., Vol. 21. pp.825-842.
16. SINGH, J.J. e DEEPACK, A., 1980. "Environmental and Climatic Impact of Coal Utilization", Academic Press, New York.
17. SOLARI, J.A., 1987. "A Usina do Jacuí e Poluição", Diário do Sul.
18. STANDARD Methods for the Examination of water and wastewater. 1985. 16th ed. APHA/AWWA/WPCF. Washington, American Public Health Association, 1268p.

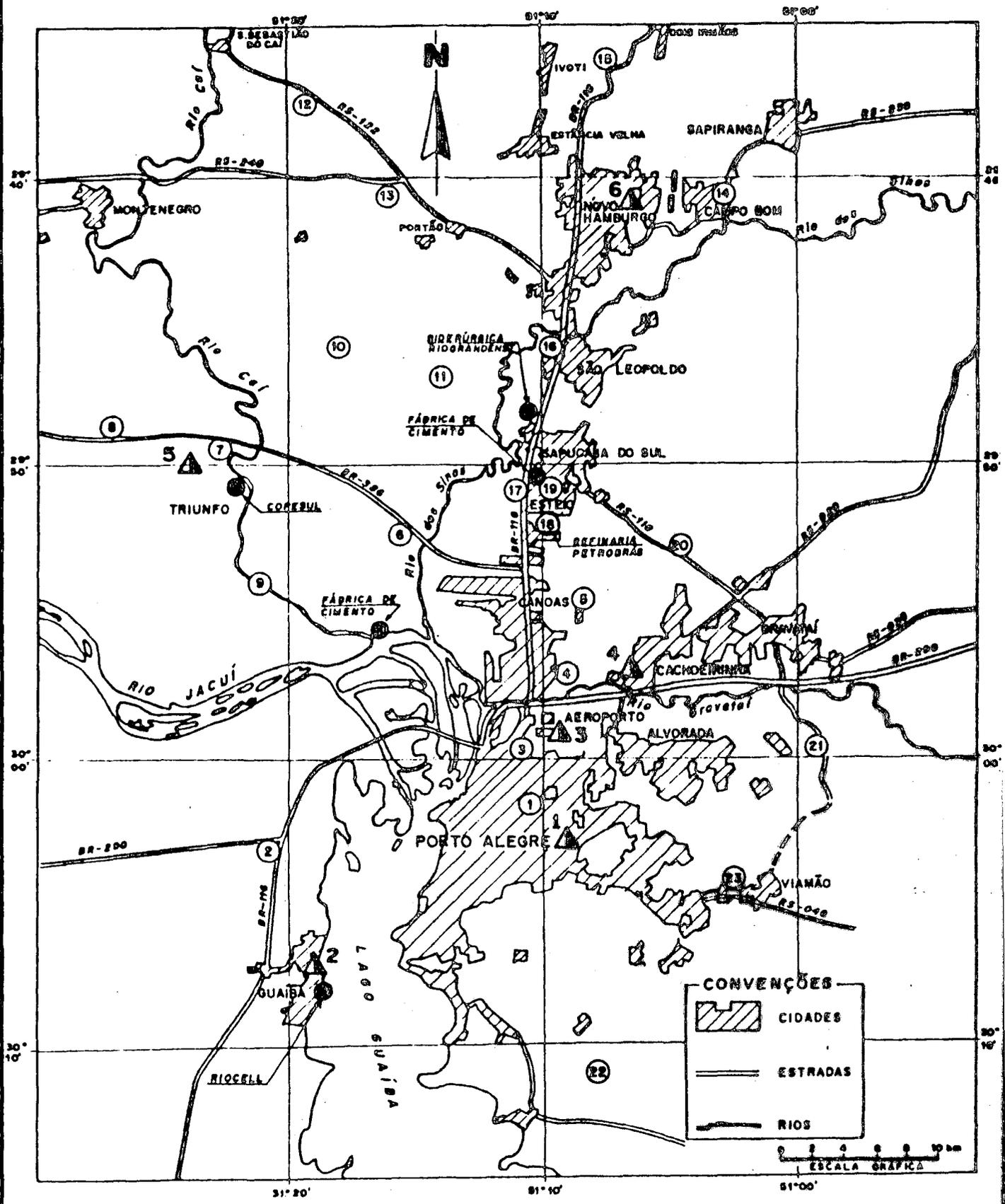
ANALYSIS OF RAINWATER QUALITY IN THE
METROPOLITAN REGION OF PORTO ALEGRE AND
ASSOCIATED METEOROLOGICAL FACTORS

by

Liana Beatriz Moretti Milano¹
Sérgio João de Luca²
Nara Maria Luzzi Rosauo¹
Carmem Maria Barros de Castro³

ABSTRACT -- This paper result from joint work developed by the Federal University of Rio Grande do Sul/Instituto de Pesquisas Hidráulicas and PETROBRÁS/Refinaria Alberto Pasqualini, through its Environment Section (SEAMB)⁴. To investigate the quality of rainwater in the Metropolitan Region of Porto Alegre (RMPA), 23 sample sites distributed in a 30 km ratio were installed and monitored. Weekly samples were collected and analysed for: PH, acidity, specific conductivity, sulphates, nitrates, chlorides, etc. To investigate the relationship between meteorological variables and rainwater quality in this region, data from 6 meteorological stations were used. These data are: type, duration and intensity of precipitation, velocity and direction of wind and historical data on duration of rain and wind direction for comparison.

-
- (¹) Associate Professor, Inst. de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS
(²) Full Professor, Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS
(³) Assistant Professor, Inst. Pesquisas Hidráulicas/UFRGS
(⁴) Responsible Technicians: Manuel L. Zurita and Paulo Renato L.B. Ferreira.



- Posto de Coleta
- ▲ Posto Pluviométrico

Fig. 1 - Localização dos postos de coleta e postos pluviométricos da região metropolitana de Porto Alegre

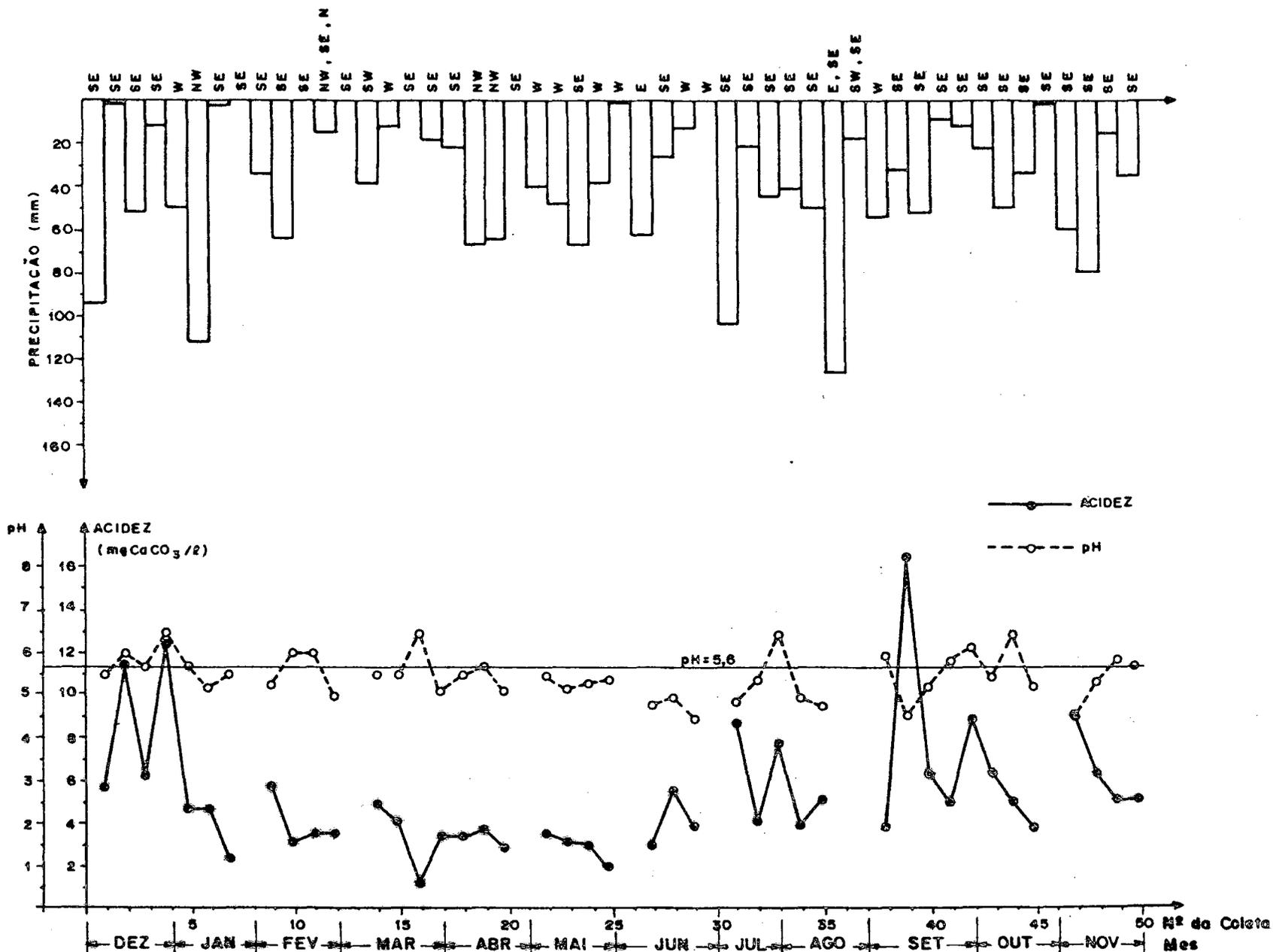


Fig. 2 — Variação da qualidade e quantidade da água da chuva.
 Posto de coleta 4 : BASE AÉREA — Posto Pluviométrico 4 : CACHOEIRINHA.
 (DEZ/86 a NOV/87)

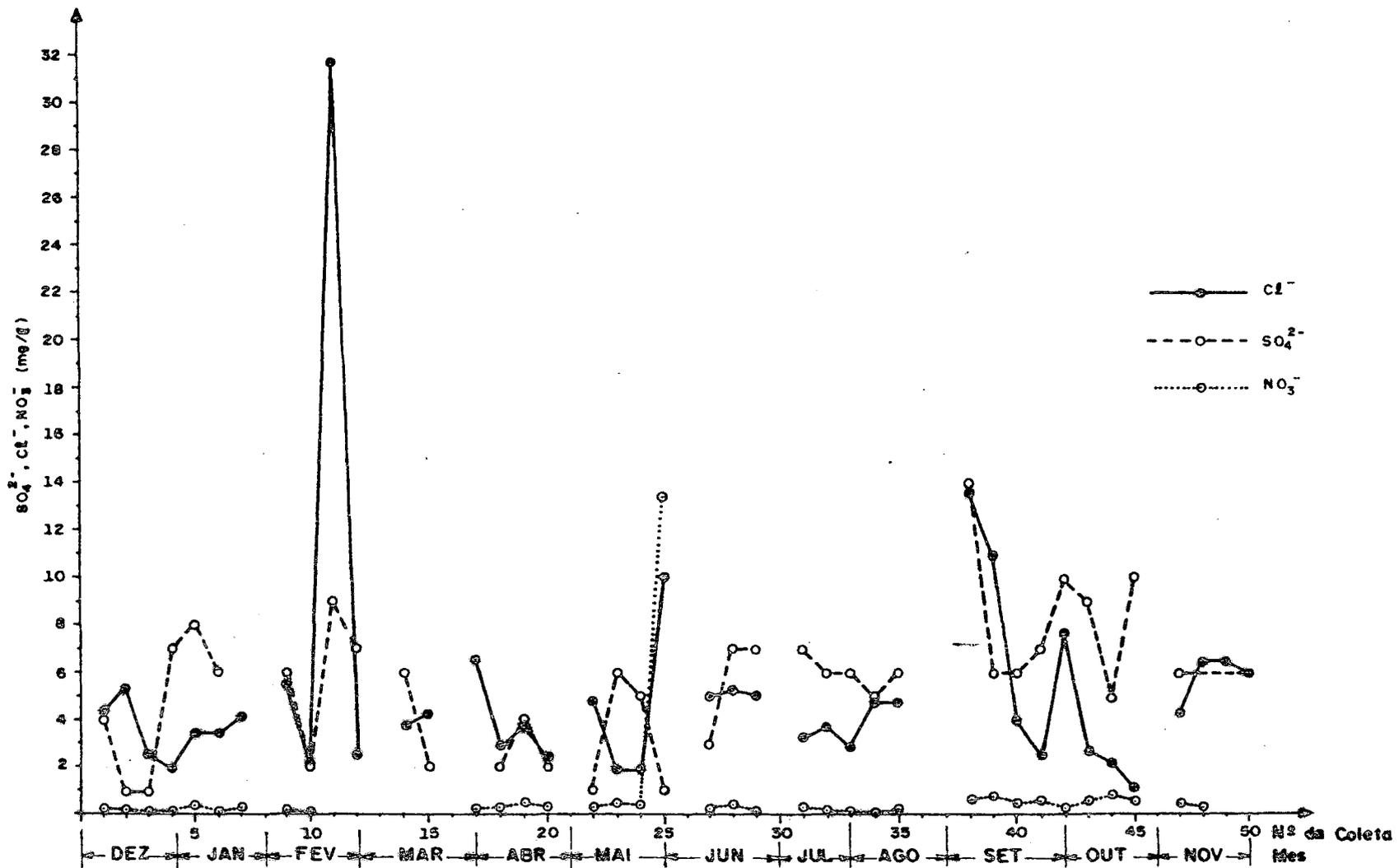


Fig. 3 — Variação da qualidade da água das chuvas — posto de coleta 4.
 BASE AÉREA
 (DEZ/86 a NOV/87)

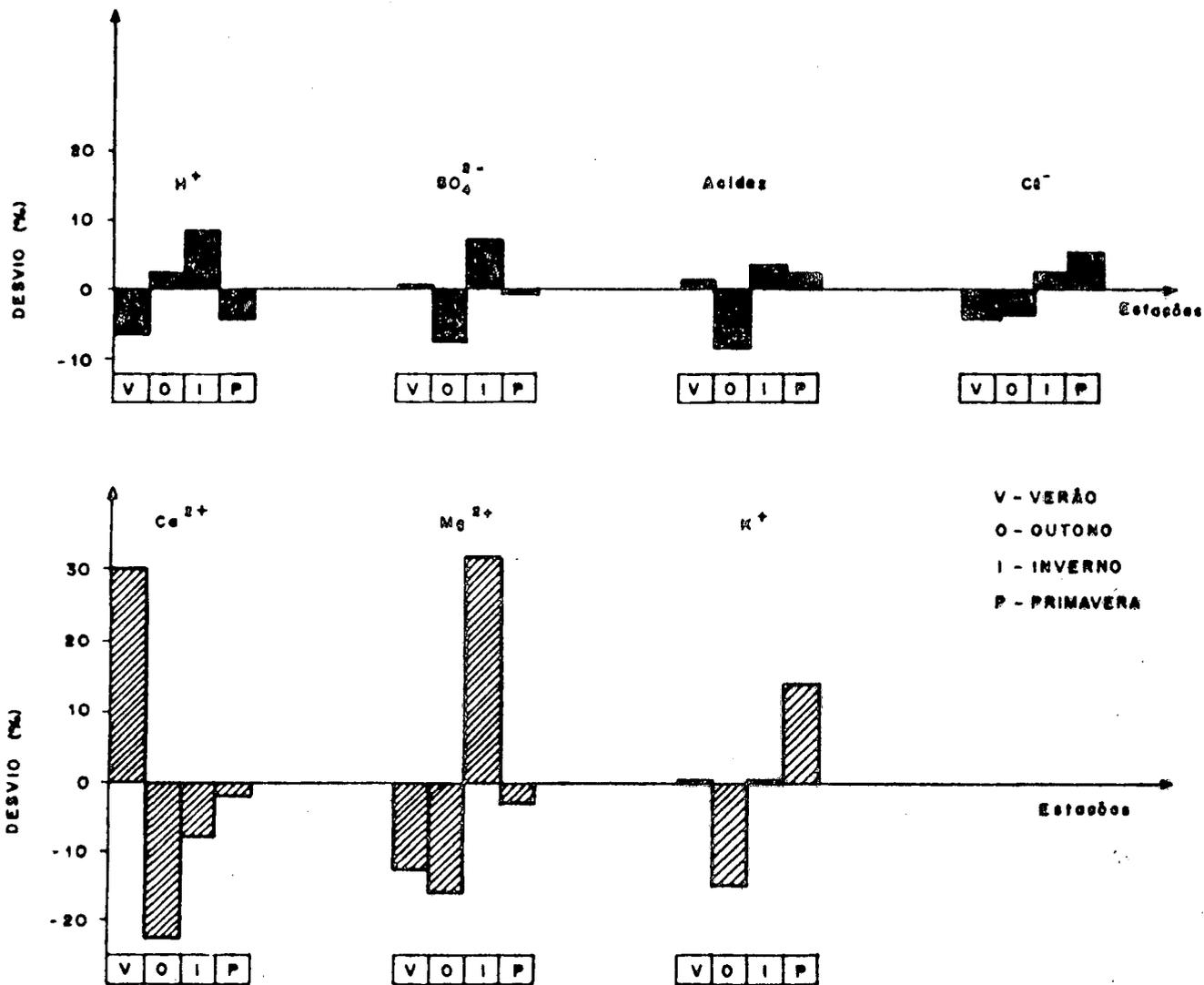
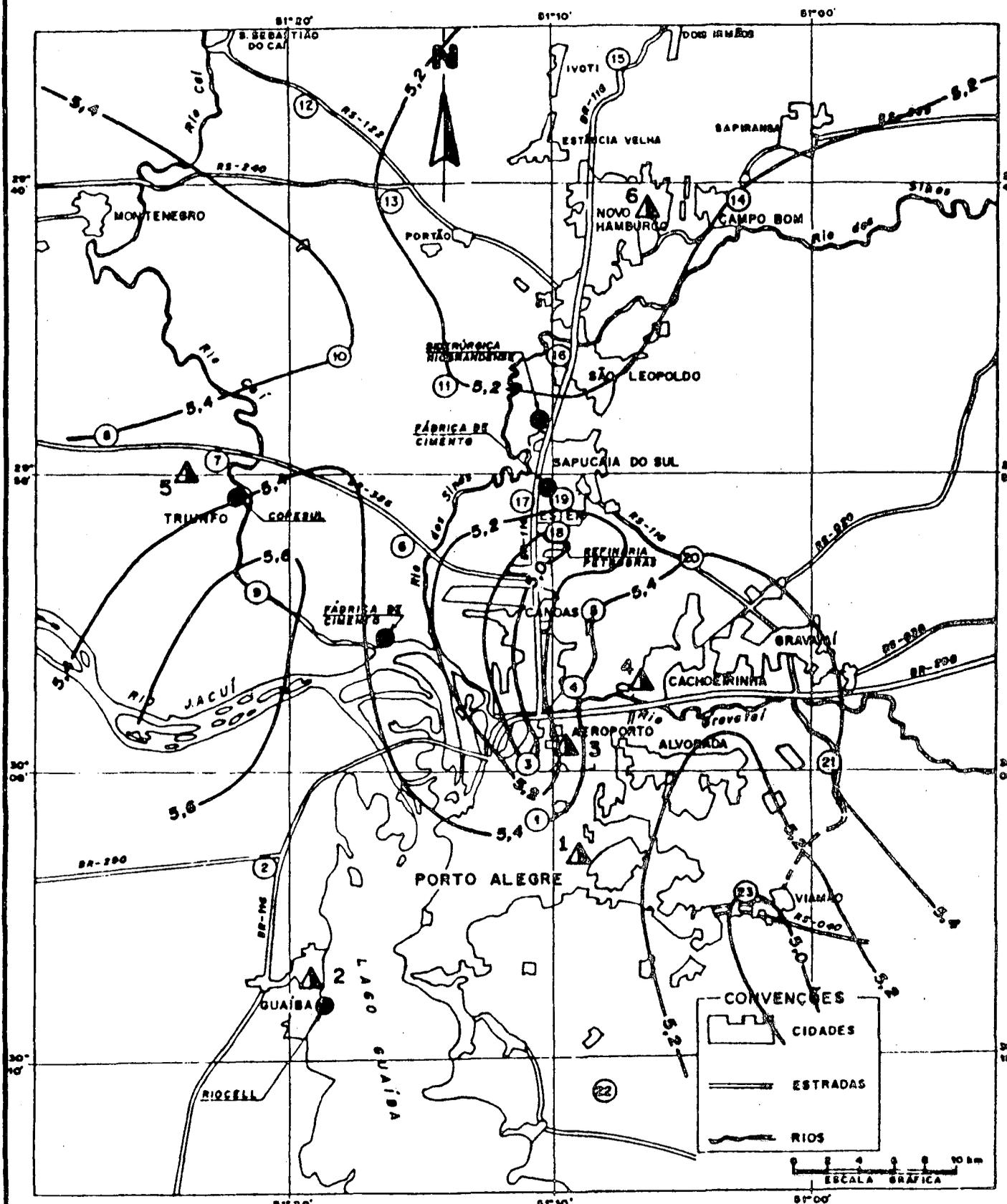
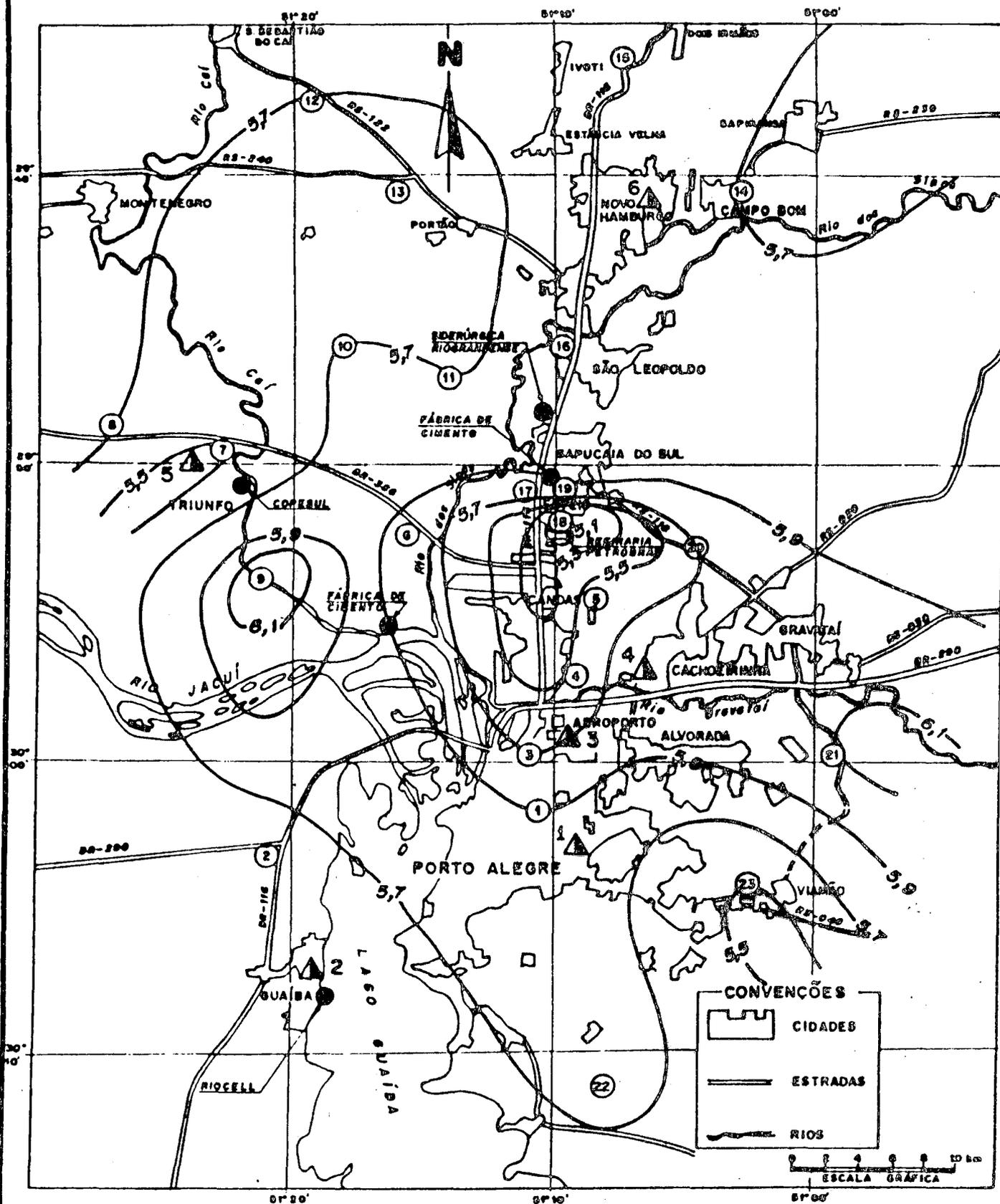


Fig. 4 - Desvio das percentagens dos componentes químicos da chuva em relação às percentagens de precipitação.
 - MÉDIA DOS POSTOS -



- Posto de Coleta
- ▲ Posto Pluviométrico

Fig. 5 - Distribuição dos valores médios de pH. INVERNO



- Posto de Coleta
- ▲ Posto Pluviométrico

Fig. 6 - Distribuição dos valores médios de pH.
VERÃO

