



**CETESB**

**COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**

**CETESB - Companhia Ambiental**  
**do Estado de São Paulo**  
Biblioteca Profº Drº Lucas Nogueira  
Av. Profº Frederico Hermann Jr., 345  
05459-900 - São Paulo - Brasil  
e-mail: [biblioteca@cetesbnet.com.br](mailto:biblioteca@cetesbnet.com.br)

DPT

**ESTUDO EXPEDITO SOBRE CONTAMINAÇÃO POR BORO  
A JUSANTE DE UM ATERRO INDUSTRIAL EM  
RIO CLARO - SP**

**Mai 1994**



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**  
Luiz Antonio Fleury Filho  
*Governador*

**SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE**  
Édis Milaré  
*Secretário*

**CETESB**  
**Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**  
Nelson Vieira de Vasconcelos  
*Diretor-Presidente*

Antonio Carlos Gomes  
*Diretor Administrativo e Financeiro*

Antonio Martins de Albuquerque  
*Diretor de Normas e Padrões Ambientais*

Carlos Eduardo Tirlone  
*Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia*

José Maria Lopes  
*Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia*

Lineu Rodrigues Alonso  
*Diretor de Controle da Poluição de Regiões Metropolitanas*

Walter Godoy dos Santos  
*Diretor de Controle da Poluição do Interior*

DIRETORIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA  
Carlos Eduardo Tirlone

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL  
Eng. Marcos Antonio Veiga de Campos

DIVISÃO DE TECNOLOGIA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL  
Eng. Agr. Sérgio Luis Pompéia

CETESB

CETESB - Companhia Ambiental  
do Estado de São Paulo  
BIBLIOTECA

ESTUDO EXPEDITO SOBRE CONTAMINAÇÃO POR BORO  
A JUSANTE DE UM ATERRO INDUSTRIAL EM  
RIO CLARO - SP

Maio 1994

## **EQUIPE TÉCNICA**

### **Divisão de Tecnologia de Recuperação Ambiental - DPT**

Eng. Agr. Sérgio Luis Pompéia

### **Setor de Cadastro Tecnológico e Ambiental - DPTC**

Geog. Carmen Lúcia V. Midaglia  
Biol. Iracy da Silva Leme Monteiro  
Escr. Nelson Alves Caetano

### **Setor de Controle de Poluição Industrial do Interior - IACP**

Eng. Patrícia Amália Bentes Salgado

### **Setor de Controle de Piracicaba - IPPP**

Tecgo. Sérgio Hornink

### **Desenho**

Marisa Cury

### **Digitação**

José Bezerra de Sousa

CETESB - Companhia Ambiental  
do Estado de São Paulo  
BIBLIOTECA



## **ÍNDICE**

**I. INTRODUÇÃO**

**II. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

**III. CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

**IV. CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS**

**V. CONTAMINAÇÃO DA VEGETAÇÃO**

**VI. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

**VII. BIBLIOGRAFIA**

**CETESB**

**INFORMAÇÃO TÉCNICA Nº: 001/94-DPT**

**INTERESSADO:** Distrito de Piracicaba

**ASSUNTO:** Contaminação por boro a jusante de aterro industrial em Rio Claro

## **I. INTRODUÇÃO**

A Indústria Owens Corning Fiberglas de Rio Claro realizou a disposição de resíduos, oriundos de sua fábrica de fibra de vidro, em uma antiga voçoroca situada na Granja Rosada, próximo ao Distrito Industrial do município.

Por recomendação da CETESB, após o preenchimento da erosão, a Indústria realizou o recobrimento do aterro, depositando uma camada de solo sobre o resíduo, tendo sido concluído em 19/02/91. O solo foi devidamente compactado de forma a reduzir a infiltração de águas pluviais e foram tomadas medidas de controle da erosão como a construção de terraços em nível e plantio de gramíneas.

As análises efetuadas durante o monitoramento das águas subterrâneas e superficiais realizado na área, sob supervisão da CETESB, começaram a indicar presença de boro nas águas superficiais a jusante do muro de arrimo do aterro em 11/09/89. A concentração de boro na água de drenagem do aterro apresentou níveis superiores aos preconizados na legislação vigente, vindo contaminar o Córrego Mãe Preta.

A tendência de aumento da contaminação detectada pelos técnicos da CETESB - Distrito de Piracicaba, levou aquela unidade a solicitar o apoio do Setor de Controle de Poluição Industrial do Interior e da Divisão de Tecnologia de Recuperação Ambiental, no sentido de melhor avaliar o problema e recomendar procedimentos de controle.

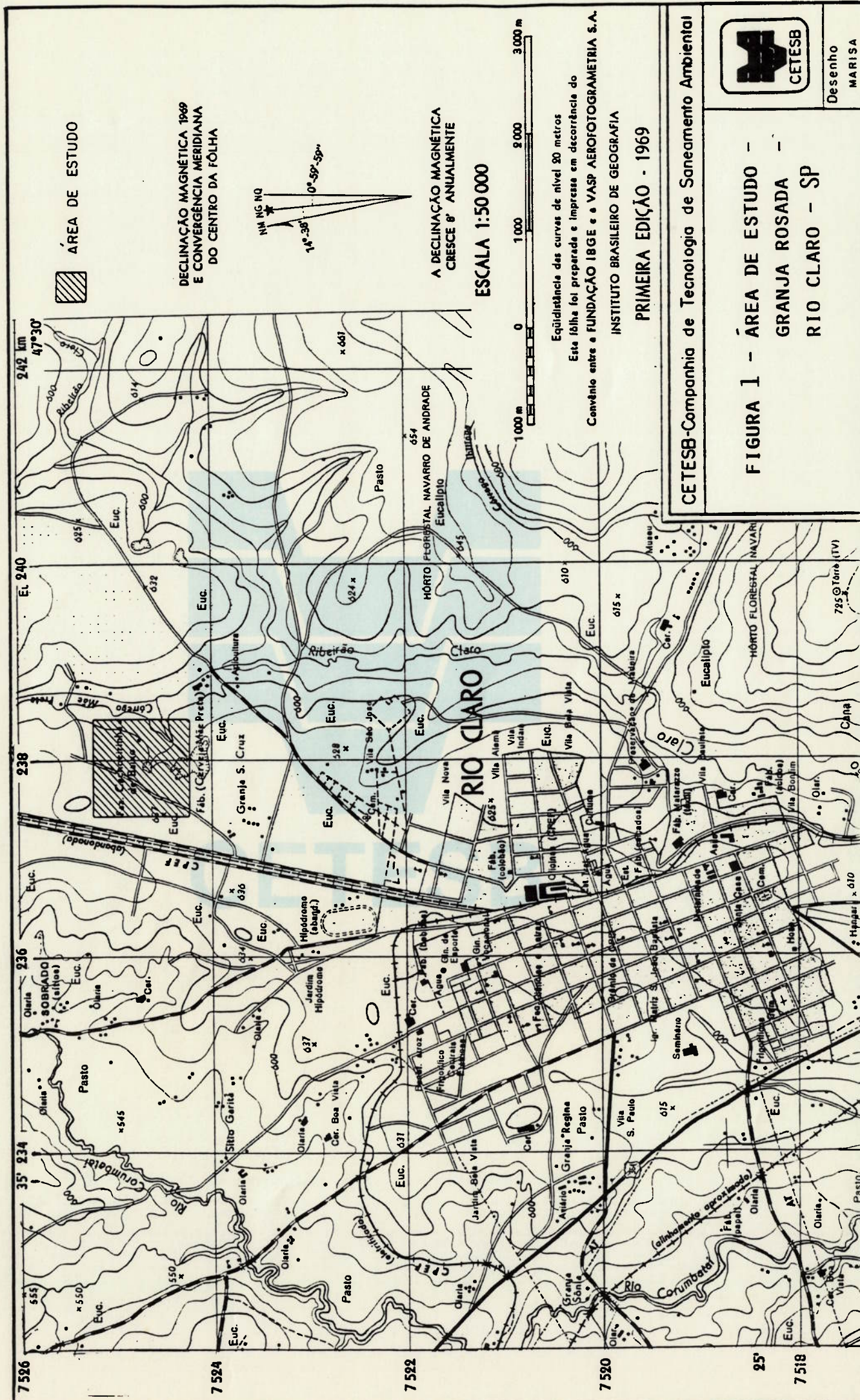
A presente informação técnica tem por objetivo apresentar um estudo expedito sobre a contaminação por boro nas águas superficiais a jusante do aterro da Granja Rosada, procurando identificar sua origem e propor diretrizes para sua recuperação.

## **II. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O aterro industrial da Granja Rosada localiza-se a cerca de 5km ao norte do centro da cidade de Rio Claro, na área do Distrito Industrial do município (Figura 1). A região é caracterizada por solos bastante susceptíveis à erosão. Nas proximidades podem ser observadas diversas voçorocas ativas e cursos d'água assoreados.

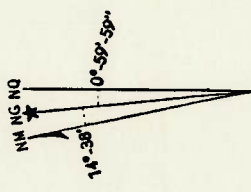
A disposição dos resíduos da Indústria Owens Corning Fiberglas foi realizada em uma antiga voçoroca, por solicitação da prefeitura de Rio Claro. O objetivo seria o de preencher a voçoroca e frear o processo erosivo.





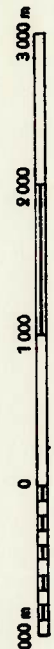
ÁREA DE ESTUDO

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1969  
E CONVERGÊNCIA MERIDIANA  
DO CENTRO DA FOLHA



A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA  
CRESCERÁ ANUALMENTE

ESCALA 1:50 000



Equidistância das curvas de nível 20 metros  
Esta folha foi preparada e impressa em decorrência do  
Convênio entre a FUNDAÇÃO IBGE e a VASP AEROFOTOGRAFIA S.A.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA  
PRIMEIRA EDIÇÃO - 1969

CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental



FIGURA 1 - ÁREA DE ESTUDO -  
GRANJA ROSADA -  
RIO CLARO - SP

Desenho  
MARISA



A cavidade preenchida corresponde à área da nascente de um pequeno regato que desagua no Córrego Mãe Preta, que por sua vez desagua no Rio Cachoeirinha, afluente do Ribeirão Claro, a montante da captação de água da cidade.

### III. CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

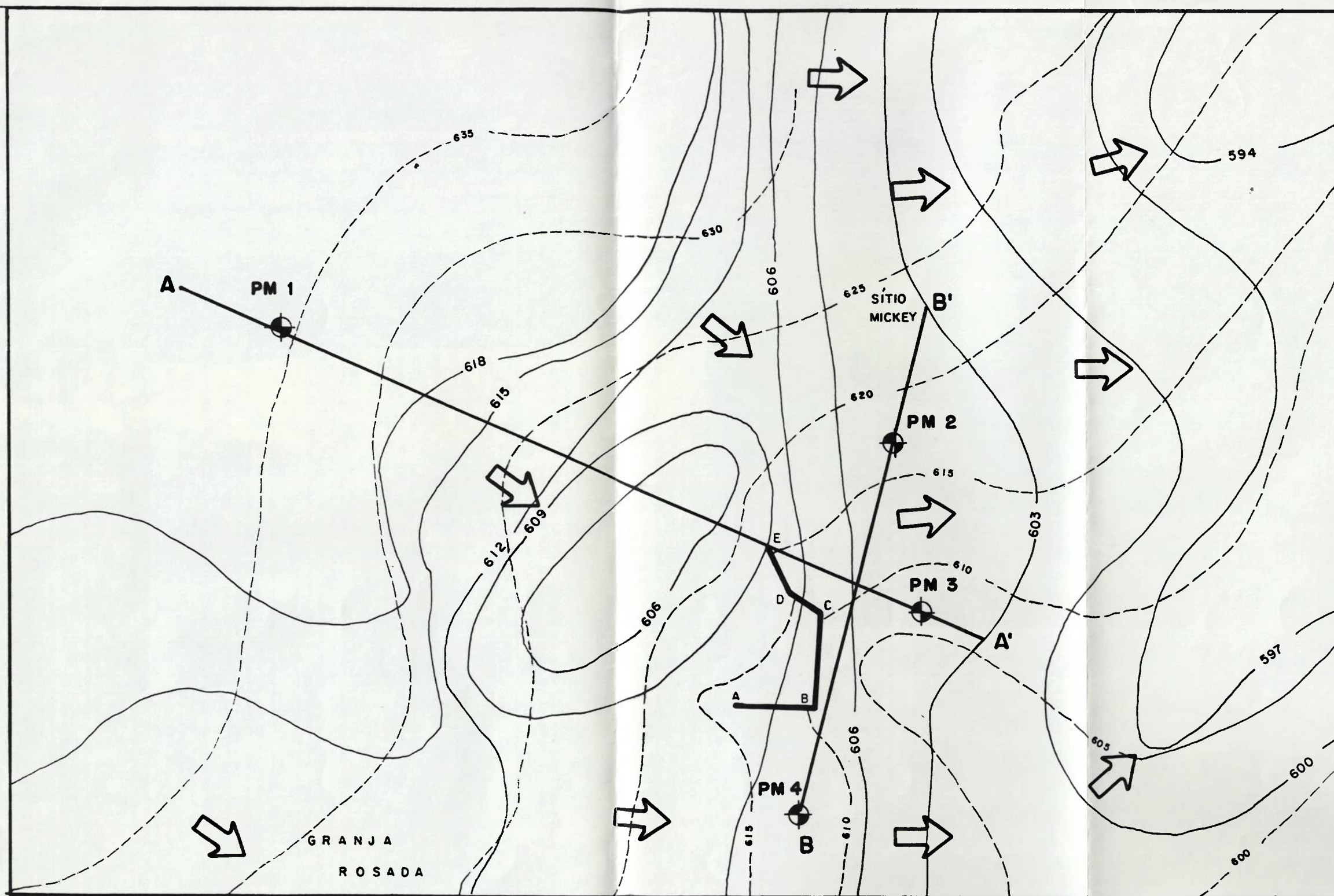
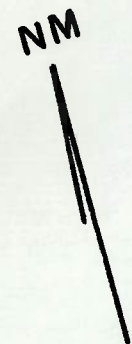
O mapa de localização do aterro Granja Rosada (Figura 2) indica os níveis do lençol freático e os fluxos preferenciais das águas subterrâneas na região, obtidos por ensaios geofísicos de eletroresistividade (ELIS, MALAGUTTI FILHO e COTTAS - 1991) contido no processo CETESB 231/89. Nesta figura foram demarcados os 4 poços de monitoramento da água subterrânea. Os dados de concentração de boro dos postos PM1 (montante) e PM3 (jusante), obtidos pela Indústria, encontram-se na Tabela 1.



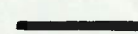

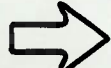

Tabela 1 - Concentração de boro nas águas subterrâneas em torno do aterro Granja Rosada, Rio Claro - SP

DATA DE COLETA	PM1 Montante	PM3 Jusante
23/11/92	0,02	0,02
29/12/92	0,01	0,01
20/01/93	0,03	ND
24/02/93	0,04	0,01
14/03/93	ND	ND
30/03/93	0,20	0,00
30/04/93	0,30	0,30
27/05/93	ND	0,20
28/06/93	0,10	0,10
28/07/93	0,10	0,10
31/08/93	ND	ND
30/09/93	0,10	0,10

As informações relativas ao nível do lençol freático (Figura 2), possivelmente sofreram distorções na área sob o aterro propriamente dito, devido a alterações de condutividade provocada por uma maior concentração de solutos na água de percolação do resíduo e pela descontinuidade da permeabilidade entre o solo e o material aterrado. Estas distorções são devidas ao método utilizado que baseia-se em dados de eletroresistividade, e representam uma falsa depressão do lençol sob o aterro. Assim, ao se elaborar o perfil esquemático da área de forma a ilustrar o comportamento das águas subterrâneas (Figura 3) foi proposto, com finalidade ilustrativa, um nível provável do lençol freático no local, baseando-se nos dados dos poços de monitoramento PM2, PM3 e PM4.





-  NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO
  -  CURVA DE NÍVEL
  -  MURO DE ARRIMO
  -  POÇOS DE MONITORAMENTO
  -  FLUXO DE ÁGUA SUBTERRANEA
  -  PROJEÇÃO DE PERFIL ESQUEMÁTICO
  - A, A' e B, B'
- Esc: 1:1785

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

FIGURA 2 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO ATERRO GRANJA ROSADA - RIO CLARO - SP



Desenho  
MARISA



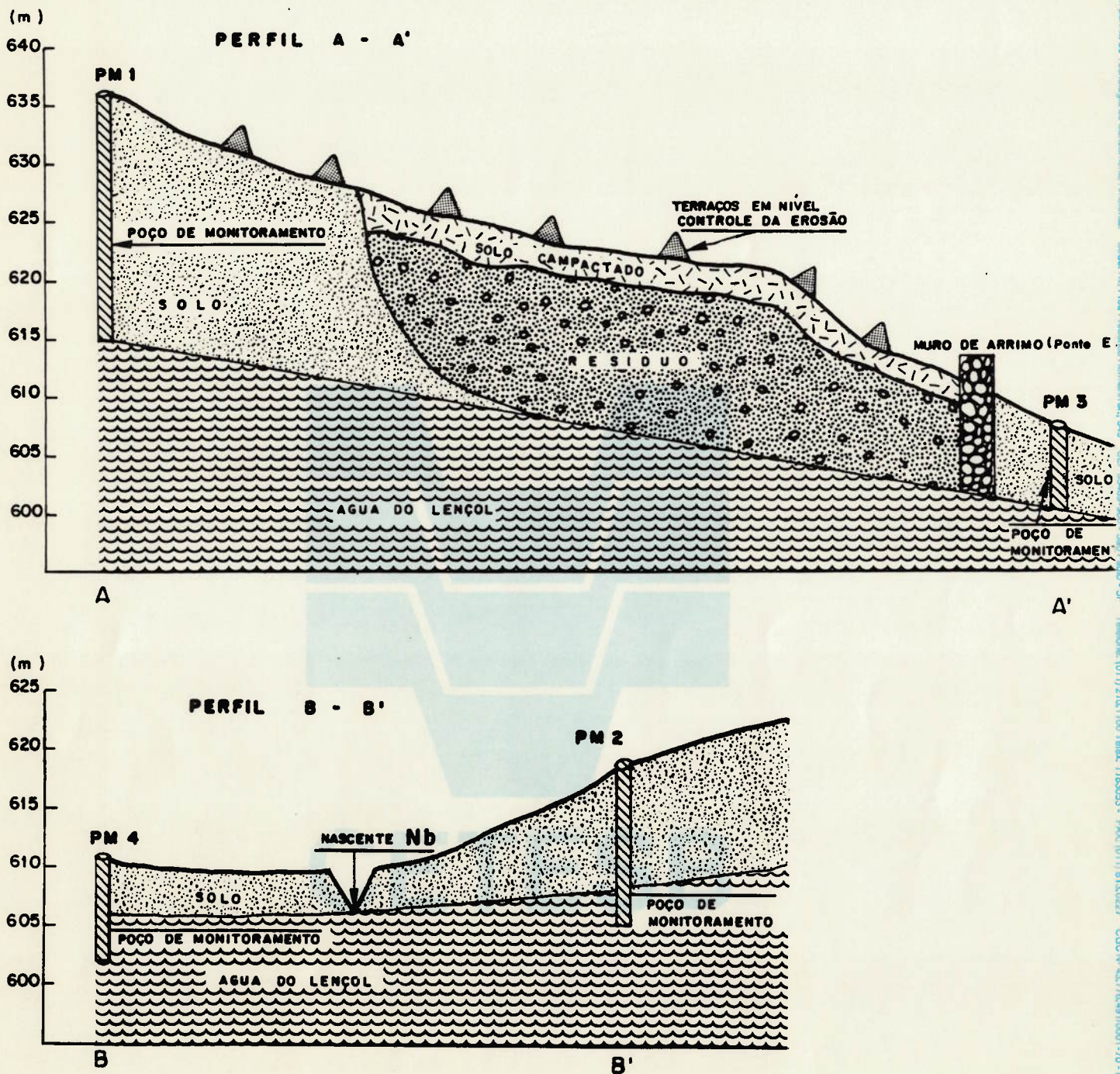


FIGURA 3 - PERFIS ESQUIMÁTICOS DA REGIÃO DO ATERRO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS NA GRANJA ROSADA - RIO CLARO - SP



Observando-se a Figura 3 e a Tabela 1, verifica-se que, embora a água percolada pelo aterro deva apresentar certa contribuição para o lençol freático, não foram detectados aumentos significativos na concentração de boro na água subterrânea, possivelmente por sua capacidade de diluição dos contaminantes lixiviados.

#### IV. CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

A rede de amostragem das águas superficiais a jusante do aterro Granja Rosada encontra-se na Figura 4. Os dados de concentração de boro, obtidos durante o monitoramento realizado pela CETESB e Indústria, nos Pontos 1 a 6 estão expressos na Tabela 2. O pH das nascentes a jusante do aterro, verificados em campo, estão relacionados na Tabela 3. Os resultados relativos aos Pontos 3 e 4 demonstram não haver contaminação por boro, no Córrego Mãe Preta, a montante da desembocadura da drenagem do aterro.

Observando-se os dados apresentados e os perfis esquemáticos do local do aterro (Figuras 3 e 4) é possível verificar a ocorrência da contaminação da nascente "Na" que recebe diretamente a água percolada através do aterro. Em vistorias realizadas verificou-se que a nascente "Na" apresenta pH mais próximo ao neutro (pH 6.6 a 6.7) e uma deposição de ferro em sua forma oxidada, indicando tratar-se de água superficial. A nascente "Nb" (Ponto 1), a jusante do aterro e numa cota inferior à "Na", apresenta água cristalina com pH em torno de 5.5, sem deposição de óxidos de ferro, indicando, possivelmente, tratar-se de água do afloramento do lençol freático local. Esta nascente corresponde à antiga drenagem da voçoroca que foi preenchida com resíduos industriais.

Após a união das nascentes (Ponto 2) verifica-se que a tendência do pH da água é o de igualar-se ao pH da nascente "Na", indicando um poder tamponante desta água, possivelmente pela dissolução de contaminantes existentes no aterro. O monitoramento da concentração de boro neste ponto demonstra haver uma tendência crescente ao longo do tempo. As oscilações observadas (Figuras 5, 6 e 7), quando confrontadas com o regime de precipitação atmosférica da região (Figura 8) podem ser compreendidas. A defasagem entre o pico de concentração de boro e o pico das chuvas pode ser explicada pela inércia da percolação das águas pluviais ao longo do aterro. Esta inércia e o pequeno volume de água percolada devem-se, provavelmente, ao recobrimento do aterro com solo compactado, diminuindo a infiltração das águas pluviais.

Determinações da compactação do solo superficial sobre o aterro, realizadas durante este estudo, indicam valores bastante acentuados (Tabela 4) reduzindo significativamente a infiltração da água.

Entretanto, o solo utilizado com textura aparente arenosa e a possível existência de fissuras, somadas à construção de terraços para o controle da erosão, possivelmente são os responsáveis pela percolação da água e lixiviação de contaminantes existentes no aterro.

**Tabela 2 - Concentração de Boro nas águas superficiais à jusante do aterro Granja Rosada da OWENS/CORNING FIBERGLAS - Rio Claro - SP (mg/l)**

data da coleta	ponto 1	ponto 2	ponto 3	ponto 4	ponto 5	ponto 6
11/09/89	4,80					
26/06/90	1,72					
21/09/90	0,0					
05/04/91	80,0					
18/09/91	60,3					
10/10/91	1,71					
14/01/92	0					
21/01/92	0					
28/01/92	0					
04/02/92	0					
11/02/92	0					
18/02/92	0					
25/02/92	0					
05/03/92	26,1					
10/03/92	0,58					
12/03/92	0	18,9	0	0	2,2	
17/03/92	0,61					
24/03/92	0,56					
31/03/92	0,25					
09/04/92	0	16,1	0	0,73	2,43	
15/04/92	0,9	23	0	0	1,1	
22/04/92	0	16,6	0,95	0	1,07	
26/05/92	0,32	21,6				
02/06/92	0,42	22,4				
12/06/92					2,35	0,07
16/06/92	0,26	27,4				
23/06/92	0,19	27,3				
30/06/92				0,06	2,53	0,37
07/07/92	0,62	29,7				
15/07/92	0,52	29,7				
23/07/92				0,3	0,14	2,24
03/08/92	0,39	30,4				
25/08/92	0,14	30,6		0,09	2,76	0,32
17/09/92	0,2	27,9				
29/09/92	0,21	30,2		0,21	2,19	0,35
13/10/92	0,18	27,9				
27/10/92	0,08	23,6		0,11	1,9	0,12
04/11/92	1,93	17,1				
17/11/92	0,12	22,3				
03/12/92	2,75	21,7		0,15	1,31	0,06
16/12/92	1,3	26,7				
31/12/92	1,71	22,4		0,16	1,98	0,39
15/01/93	0,62	24,6				
29/01/93	18,7	21,6		0,04	1,59	0,1
03/02/93	24,6	28,2				
26/02/93	2,3	32,5		0,08	1,23	1,08
30/03/93	16	64,5		0,1	6,6	0,5
30/04/93	14	84		0,3	7,6	1,1
27/05/93	0,6	76		0,3	6,6	1,7
29/06/93	0,1	70		0,1	5,3	0
28/07/93		73		0,3	6,1	1,1
31/08/93	0	42		0	3,4	0,3
30/09/93	0	37		0,3	3	0,3



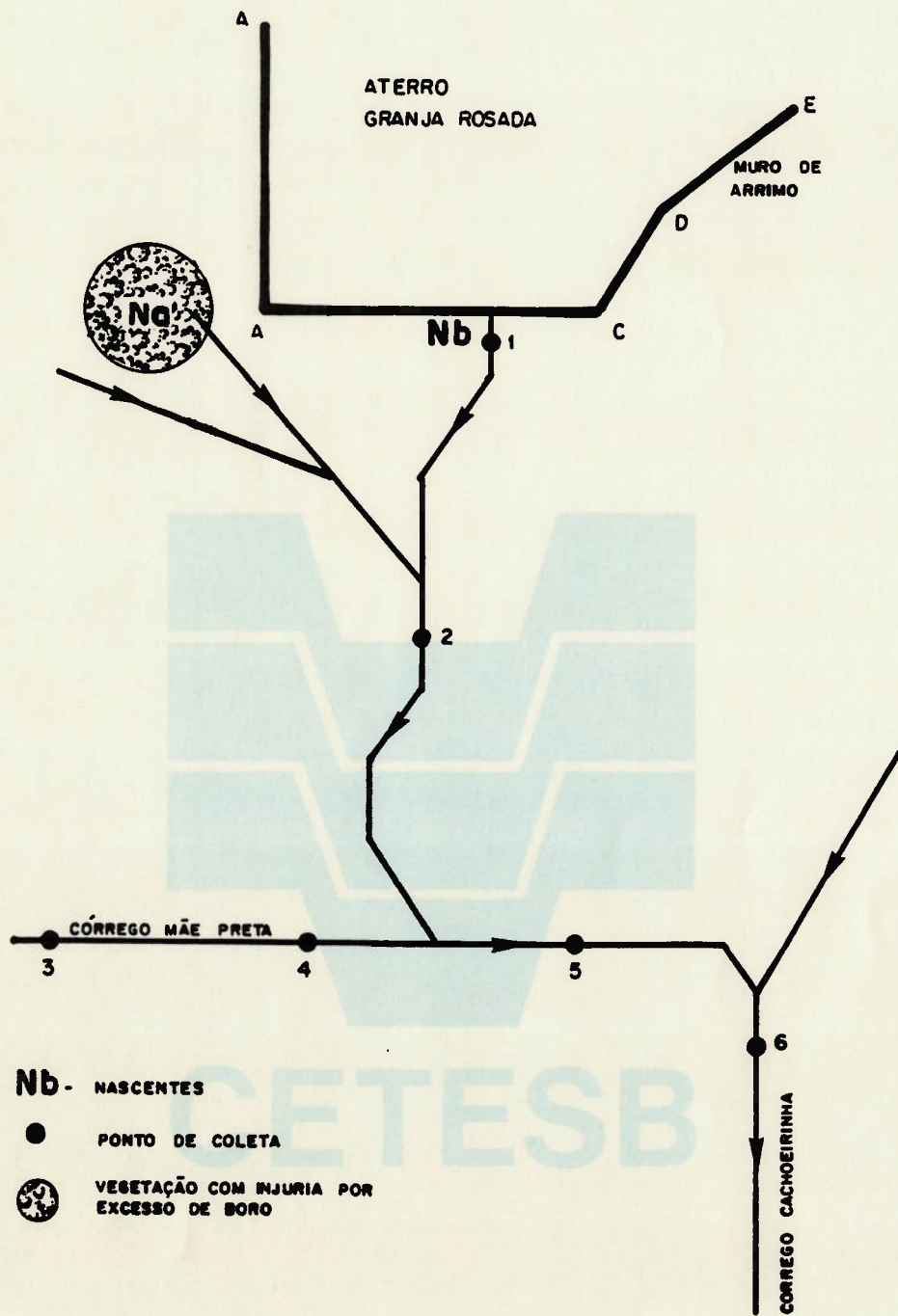


FIGURA 4 - ESQUEMA DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS JUNTO AO ATERRO INDUSTRIAL GRANJA ROSADA - RIO CLARO - SP

Tabela 3 - pH das águas superficiais a jusante do Aterro Granja Rosada da Owens Corning Fiberglass - Rio Claro - SP (verificação de campo)

Local	pH
Nascente Na	6,6 - 6,7
Nascente Nb (Ponto 1)	5,7
união das nascentes Na + Nb (Ponto 2)	6,5

Tabela 4 - Resistência à penetração do solo sobre o aterro industrial Granja Rosada, Rio Claro - SP

PONTO	kgf.cm <sup>-2</sup>
1	73
2	140
3	55
4	56
5	140
6	183
7	145
8	96
9	98
10	95
11	88
12	111
13	109
14	85
15	104
16	94
17	125
18	100

Estes terraços, bastante eficientes na contenção dos processos erosivos, tem funcionado como verdadeiras lagoas de evaporação/infiltração, forçando a percolação da água ao longo do perfil do aterro.

A origem do boro no aterro Granja Rosada, possivelmente está relacionada a disposição de materiais contendo hidroboracita, matéria prima utilizada pela indústria na fabricação de fibras de vidro. Embora pouco solúvel, pode estar liberando boro por lixiviação devido a condições químicas propícias no interior do aterro, tais como pH



próximo da neutralidade. Nesta faixa de pH o boro, ao contrário de metais e outros elementos, atinge seu pico de solubilidade.

Analisando-se a contaminação observada sob a ótica da legislação vigente, verifica-se que os níveis de boro no curso d'água a jusante do aterro atinge níveis acima do permitido por lei cujo o valor é de  $0,75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . O fato torna-se preocupante pela tendência de aumento da lixiviação do boro que poderá afetar a vegetação ciliar ou mesmo atingir a captação de água de Rio Claro.

## V. CONTAMINAÇÃO DA VEGETAÇÃO

Por ocasião das vistorias realizadas durante o presente estudo, verificou-se a ocorrência de árvores mortas e plantas com injúrias foliares típicas de excesso de boro, na região do segmento AB do muro de arrimo do aterro (Figura 4). A vegetação afetada é característica de cerrado onde os níveis de boro são naturalmente muito reduzidos, induzindo frequentemente a injúrias por deficiência de boro em plantas cultivadas nestas regiões.

Com caráter puramente complementar, foram coletadas, a montante da nascente "Na", folhas de uma arvoreta da família Asteraceae, com necrose marginal característica de contaminação por boro. As análises foliares indicam concentrações de  $130 \text{ ug} \cdot \text{g}^{-1}$  de boro (peso seco). Estes valores são superiores ao limite preconizado de  $100 \text{ ug} \cdot \text{g}^{-1}$  para plantas que crescem em áreas com níveis normais de boro no solo. Em plantas de cerrado, este valor é bastante inferior.

Estes dados confirmam a contaminação de boro no local. Porém, a jusante das nascentes não foram observados danos à vegetação, devido à diluição promovida pelas águas do Córrego Mãe Preta.

É necessário ressaltar, porém, que a tendência crescente de boro nas águas superficiais pode vir atingir níveis que, no futuro, comprometam a vegetação ribeirinha.

## VI. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A água superficial a jusante do antigo local de disposição de resíduos da Owens Corning Fiberglass (aterro Granja Rosada), vem apresentando contaminação crescente por boro.

A ocorrência da contaminação está relacionada com a lixiviação de boro a partir dos resíduos aterrados pela indústria numa antiga voçoroca.

A tendência verificada de aumento da lixiviação do boro está relacionada à percolação das águas pluviais através dos resíduos depositados, favorecida pela infiltração forçada promovida pelos terraços destinados ao controle da erosão.

Recomenda-se, portanto, que a Indústria estude uma solução para diminuir a infiltração das águas pluviais. Além disso, recomenda-se o prosseguimento do monitoramento da água subterrânea (PM1 e PM3) e da água superficial (P1 a P6) e que seja acrescentado mais um ponto de amostragem na nascente "Na" (Figura 4), pois supõe-se que seja responsável pelo aumento da concentração de boro na união das nascentes (P2).

## VII. BIBLIOGRAFIA

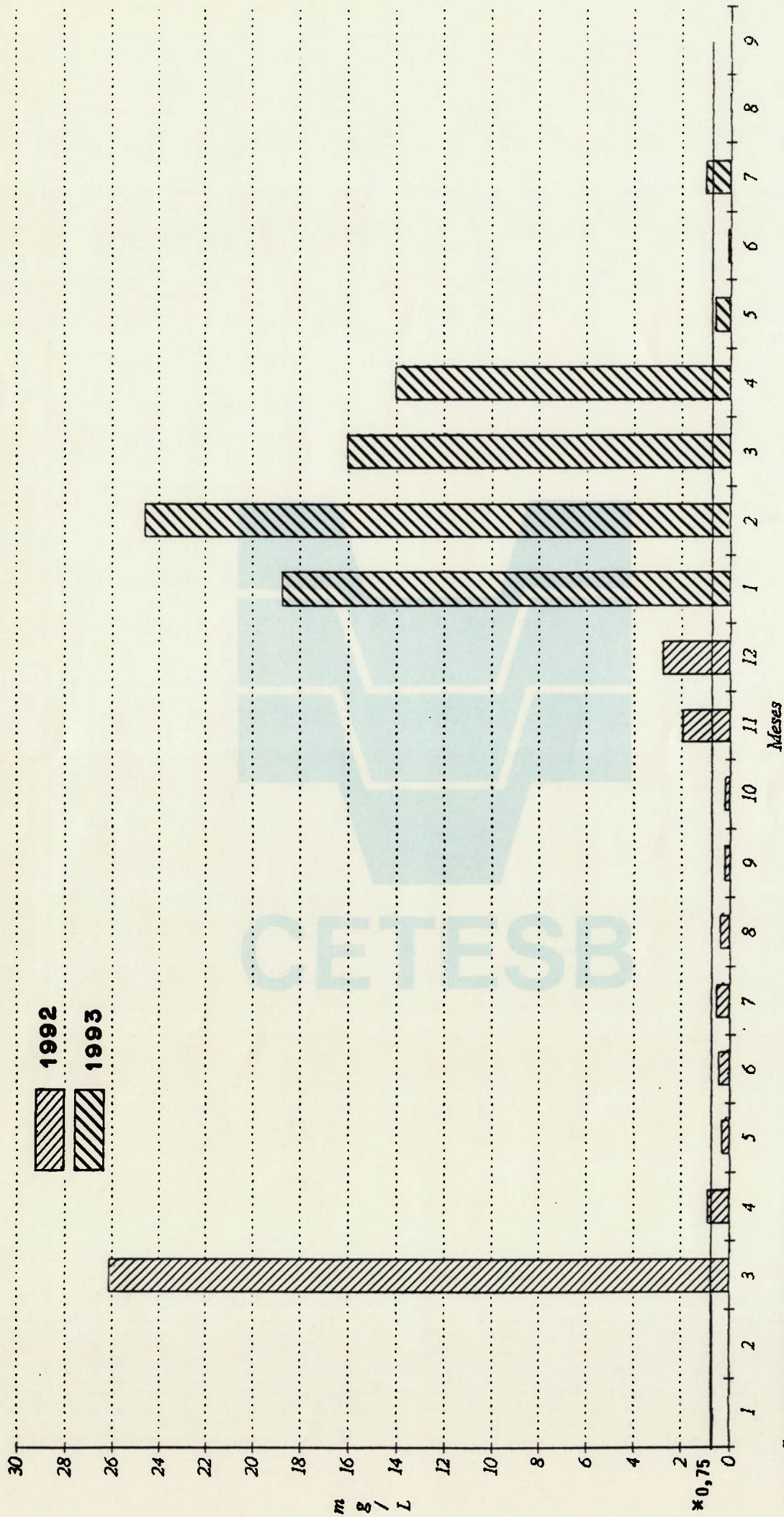
CETESB. 1989 - Processo CETESB nº 21/00231/89 / Resíduos Industriais Aterro Granja Rosada - Rio Claro - SP . Vol. I e II.

CONAMA. 1986 - Resolução 020 de 18/06/86.

FIBERGLASS FIBRAS LTDA.. 1989/1992 - Boletim de exames de águas brutas e residuárias.

ELIS, V.; MALAGUTTI FILHO, W. e COTTAS, L.. 1991 - Definição da superfície do lençol freático na área da Granja Rosada, Rio Claro - SP.

CETESB



\* PADRÃO DE QUALIDADE AMBIENTAL  
CONAMA Nº 020/86

FIGURA 5 - PONTO 1 - CONCENTRAÇÃO DE BORO  
MUNICÍPIO DE RIO CLARO



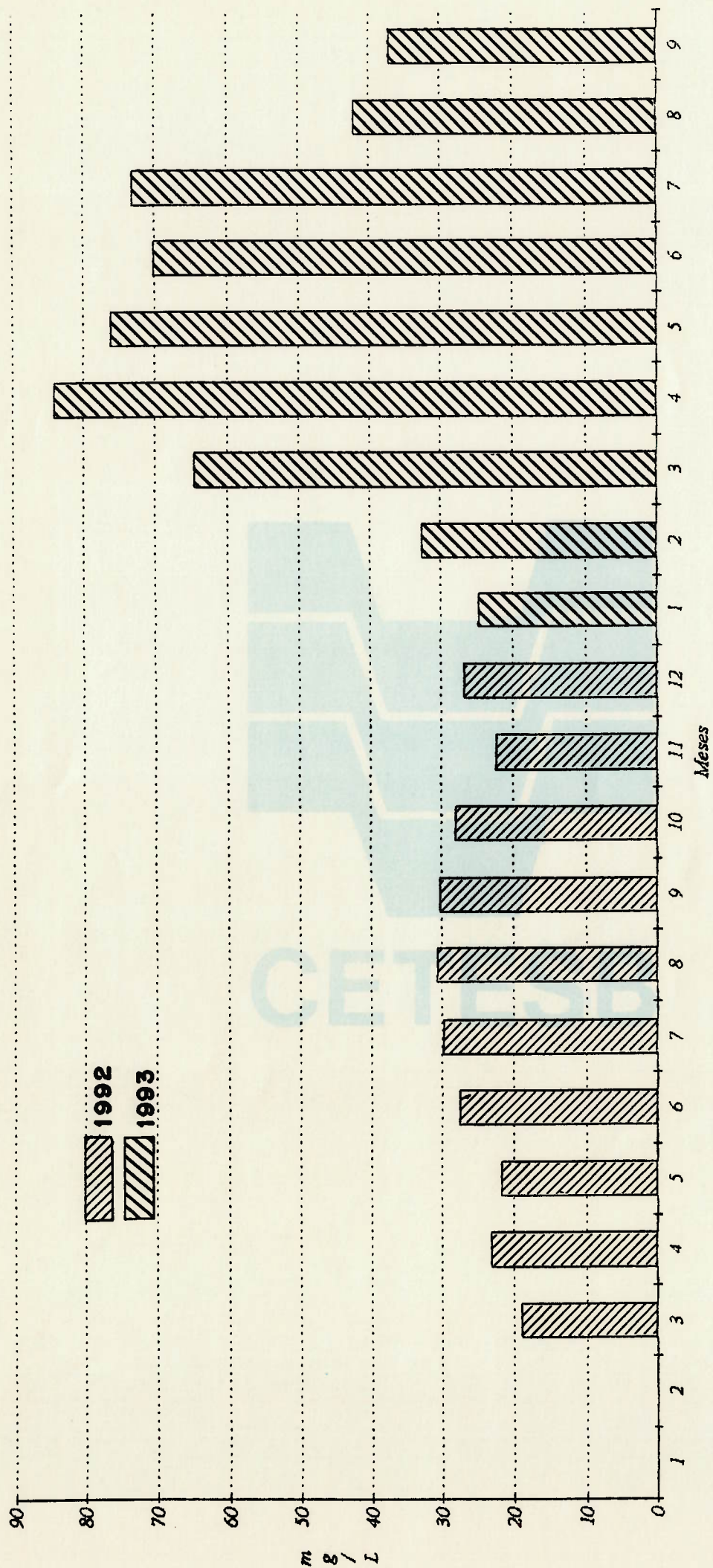
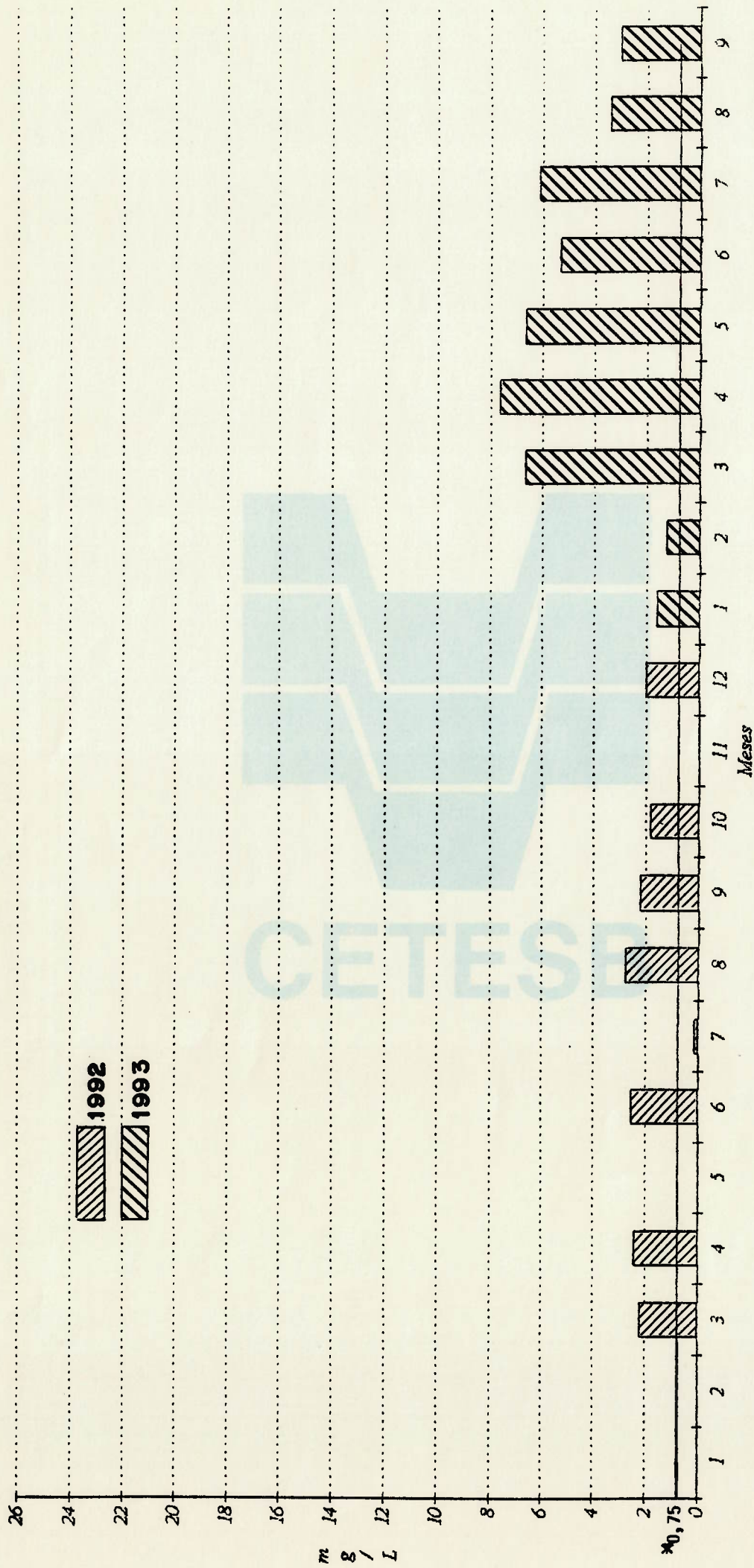


FIGURA 6 - PONTO 2 - CONCENTRAÇÃO DE BORO  
MUNICÍPIO DE RIO CLARO



\* PADRÃO DE QUALIDADE AMBIENTAL  
CONAMA No 20/86

FIGURA 7 - PONTO 5 - CONCENTRAÇÃO DE BORO  
MUNICÍPIO DE RIO CLARO



Fonte: Depto. Águas e Energia Elétrica - (DAEE)

**FIGURA 8 - ALTURAS MENSAIS DE CHUVA - MUNICÍPIO DE RIO CLARO  
CHUVAS DE AGO:91 A AGO:93 (EM MM)**





**CETESB**

**Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Pinheiros

Fone: (011)210-1100 - Fax: (011)813-0227

Telex: 1183053 - CETS - BR - CEP 05489-900

São Paulo - SP - Brasil