

República Federativa do Brasil
Ministério de Minas e Energia
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Superintendência Regional de Porto Alegre

**PROGRAMA DE INFORMAÇÕES BÁSICAS
PARA A GESTÃO TERRITORIAL
DE SANTA CATARINA**

PROGESC

PHL
014206
2006



**QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
DO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA - SC**
Relatório Final

*Nadja Zim Alexandre
Antonio Sílvio Jornada Krebs*

**Série Recursos Hídricos - Porto Alegre
Volume 06
1995**

EQUIPE TÉCNICA

Luiz Fernando Fontes de Albuquerque
Gerente de Recursos Minerais - CPRM

Vitório Orlandi Filho
Supervisor Projetos GATE - CPRM

Antonio Silvio Jornada Krebs
Coordenação Técnica - CPRM

Eduardo de Oliveira Nosse
Coordenação Técnica - FUCRI/UNESC

Luís Edmundo Giffoni
Editoração - CPRM

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA, SC

Geól. Antonio Silvio Jornada Krebs - CPRM
Geól. Ana Cláudia Viero - CPRM
Eng. Civil Sérgio Candido Passaglia - CPRM
Tec. Mineração Lindomar Santos - CPRM

Quím. Nadja Zim Alexandre - FATMA/FUCRI
Eng. Quím. Eduardo Oliveira Nosse - FUCRI
Quím. Dion L. Fernandes Córdova - FUCRI
Téc. Quím. Cláudio Ricken - FUCRI
Estag. Zenaide Paes Topanatti - FUCRI
Eng. Agri. Gelson Firmino - Pref. Mun. Criciúma
Eng. Sanit. Ionice M. V. Luz - Pref. Mun. Criciúma

Jorge Mesquita da Silveira Mello Filho
Clair Maria Martinello
Digitação

Ficha Catalográfica

A434 Alexandre, Nadja Z.

Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma, SC: Relatório Final /
Nadja Z. Alexandre; Antonio S. J. Krebs. - Porto Alegre : CPRM, 1995.

1 v.:il; mapa - (Série Recursos Hídricos - Porto Alegre - v. 06)

"Programa de Informações Básicas Para a Gestão Territorial de Santa Catarina -
PROGESC".

1. Planejamento Territorial Regional - Santa Catarina. 2. Hidrologia - Santa Catarina

I. Krebs, Antonio S. J.

II. Título

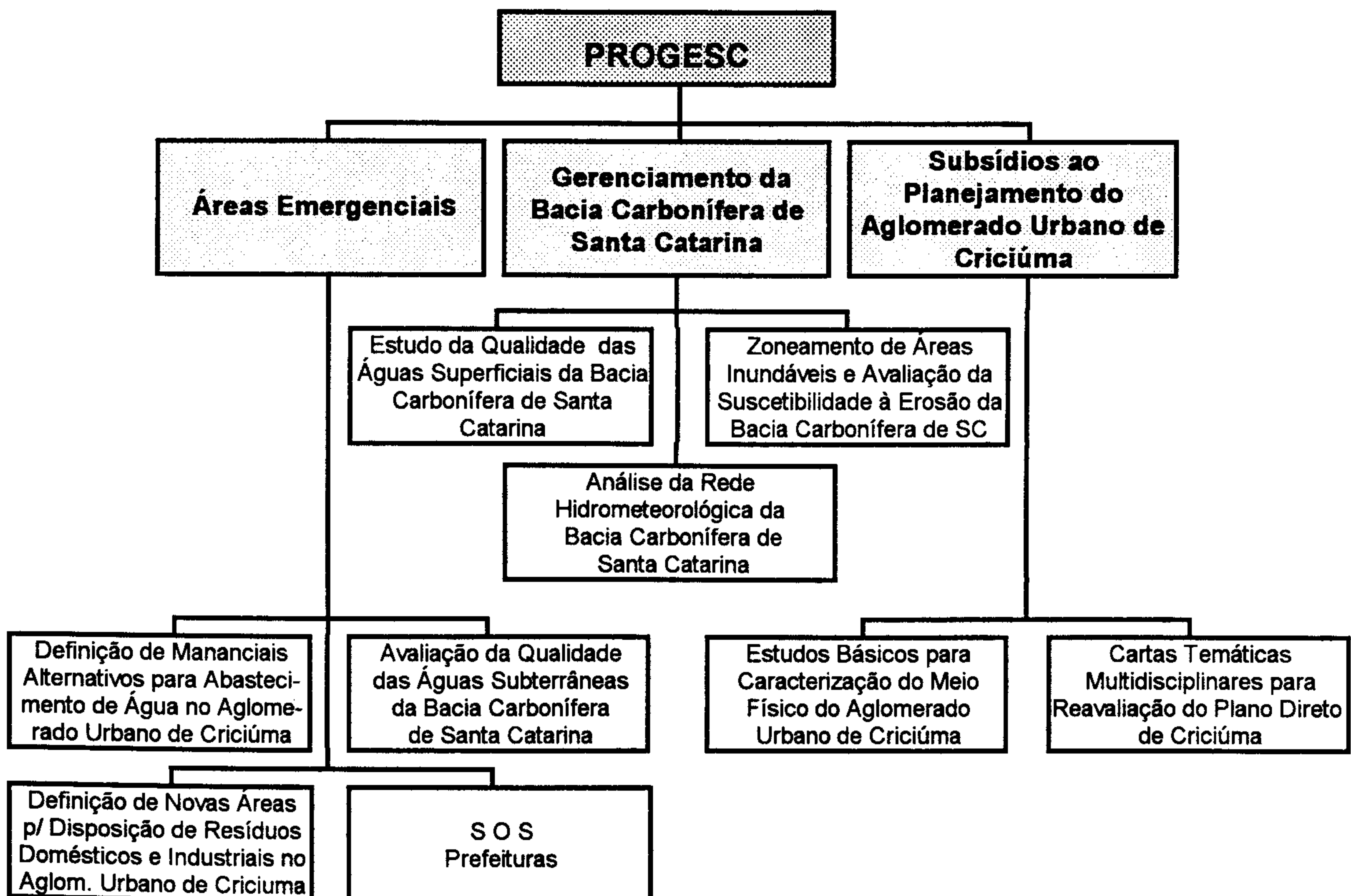
CDU 711.2 (816.4)
556.3 (816.4)

Ilustração da capa: imagem multiespectral do satélite LANDSAT TM-5, de 01/03/90, abrangendo o litoral sul-catarinense, desde Criciúma, a sudoeste, à Lagoa do Imaruí (Laguna), a nordeste. Cortesia de Selma Mattos Diniz - FATMA.

O PROGESC

Com o objetivo de incorporar efetivamente as características do meio físico e biótico ao planejamento regional e urbano, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, vem desenvolvendo o Programa de Informações Básicas para a Gestão Territorial de Santa Catarina - PROGESC. Este programa é vinculado ao GATE - PROGRAMA DE INFORMAÇÕES PARA GESTÃO E ADMINISTRAÇÃO TERRITORIAL da CPRM e está assentado no conhecimento de diferentes atributos do meio físico e biótico, como declividade, geologia, geomorfologia, pedologia, hidrogeologia e vegetação, entre outros. A correlação deste conhecimento com informações a respeito de atividades antrópicas, como habitação, indústria, mineração, disposição de resíduos e agricultura, gera diferentes documentos, capazes de fundamentar futuras decisões de nível administrativo.

O desenvolvimento do PROGESC se dará segundo três subprogramas, aos quais estão vinculados nove projetos diferenciados:



Apresentação

Este Volume trata especificamente dos resultados obtidos na execução do **"Mapa da Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma, SC"**, em sua versão final, após 10 campanhas de amostragem, e parte integrante das atividades do projeto **"Cartas Temáticas Multidisciplinares para Reavaliação do Plano Diretor de Criciúma, SC"**, visando avaliar o grau de comprometimento dos recursos hídricos superficiais do município.

Este projeto faz parte do subprograma **"Subsídios ao Planejamento do Aglomerado Urbano de Criciúma"** do PROGESC, que tem seus resultados divulgados através dos volumes relacionados a seguir:

- Declividade do Município de Criciúma, SC
- Geologia do Município de Criciúma, SC
- Geomorfologia do Município de Criciúma, SC
- Vegetação e Uso Atual do Solo do Município de Criciúma, SC
- Pedologia do Município de Criciúma, SC
- Áreas Mineradas para Carvão no Município de Criciúma, SC
- Fontes de Poluição no Município de Criciúma, SC
- Qualidade das Águas Superficiais no Município de Criciúma, SC
- Situação Legal das Áreas Mineradas no Município de Criciúma, SC
- Áreas Degradadas pela Atividade Mineira no Município de Criciúma, SC
- Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Criciúma, SC
- Potencial Hidrogeológico do Município de Criciúma, SC
- Áreas de Proteção Legal do Município de Criciúma, SC
- Suscetibilidade à Erosão do Município de Criciúma, SC
- Áreas Críticas e com Restrições à Ocupação do Município de Criciúma, SC
- Uso Recomendado do Solo do Município de Criciúma, SC

Este trabalho constitui o Volume 06 da Série Recursos Hídricos da Superintendência Regional de Porto Alegre, do Programa de Informações Básicas para a Gestão Territorial - GATE.

1 - INTRODUÇÃO.....	01
2 - METODOLOGIA.....	04
3 - TRABALHOS DESENVOLVIDOS.....	06
3.1 - Identificação da Área de Estudo	06
3.2 - Localização dos Principais Focos de Poluição da Água	06
3.3 - Dimensionamento e Locação das Estações de Amostragem	06
3.4 - Definição dos Parâmetros	09
3.5 - Freqüência de Amostragem	17
3.6 - Coleta de Amostras	17
3.7 - Medição de Vazão	17
3.8 - Análises Laboratoriais	20
3.9 - Carga Poluente	40
4 - INFLUÊNCIA DA MINERAÇÃO DO CARVÃO NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS - REVISÃO	41
5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	45
6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	59
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

ANEXO 1:

Seções Transversais das Estações

ANEXO 2:

Mapa da Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma, SC. Escala 1:100.000

1 - Introdução

O meio ambiente é matéria emergente nos tempos atuais. Na medida em que a sociedade tem que gerir a necessidade inevitável de crescer, de promover o desenvolvimento urbano, diante das exigências cada vez mais crescentes da demanda, conflita-se com a perspectiva da degradação dos mananciais, do solo, do ecossistema e a conseqüente diminuição da qualidade de vida.

A CPRM, no intuito de prestar sua contribuição na busca de soluções que possam resgatar situações agravadas com o uso e ocupação inadequados do solo, promovidas pelo crescimento exacerbado e todas as conseqüências advindas de um processo desordenado de industrialização dos centros urbanos, instituiu o **Programa de Informações para a Gestão Territorial - GATE**.

De âmbito nacional, o programa tem por objetivo atender tanto às necessidades emergenciais de curto prazo, como aquelas que exijam uma solução de médio e longo prazos, voltadas para a planificação das administrações estaduais e municipais.

A CPRM, através do **PROGESC - Programa de Informações Básicas para Gestão Territorial de Santa Catarina**, inicia um trabalho que, num primeiro momento, estará voltado para o sul catarinense, especificamente o município de Criciúma, pretendendo ampliá-lo para todo o estado num futuro próximo.

O município de Criciúma situa-se na porção sudeste do estado de Santa Catarina, distando através da BR-101 188 Km de Florianópolis e 285 Km de Porto Alegre (**Figura 1**).

Fundado em 06/01/1880, o município de Criciúma emancipou-se em 04/11/1925. Atualmente, abrange uma área total de 244,83 Km² e população de 146.150 habitantes, constituída por descendentes de cinco grupos étnicos distintos: italianos, poloneses, portugueses, negros e alemães.

Apresenta um clima úmido mesotérmico com temperatura média em torno de 19,2°C e precipitação pluviométrica anual de 1.475 mm.

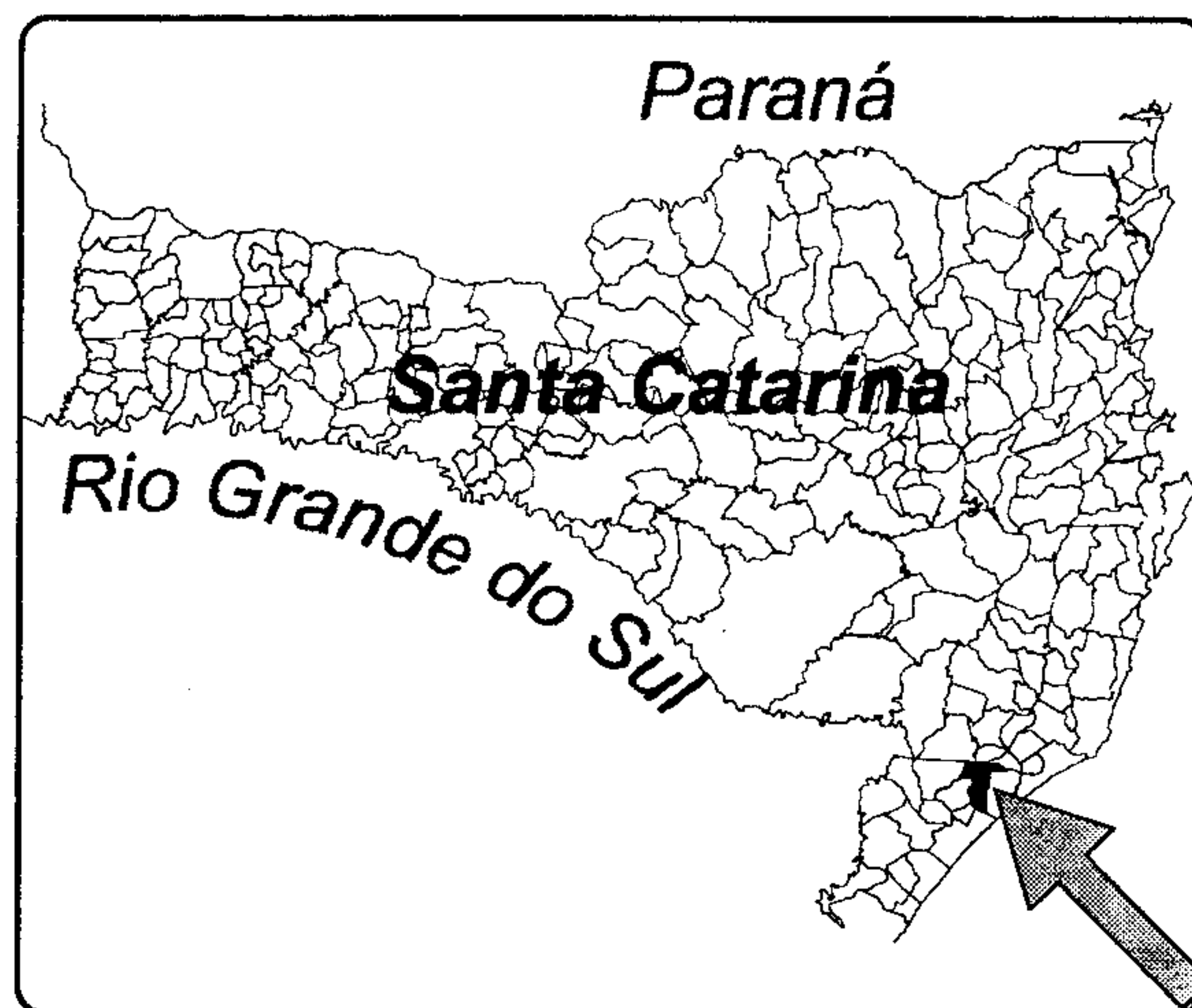


Figura 1 - Localização do Município de Criciúma

Possui um diversificado parque industrial, com destaque para o setor cerâmico, constituindo-se no maior produtor nacional de pisos e azulejos, com 45% da produção, e a segunda maior região produtora do mundo.

A indústria do vestuário também ocupa lugar de destaque, de forma que Criciúma é atualmente o maior produtor de roupas em tecido plano do estado e um dos grandes produtores do Brasil.

Outras atividades econômicas importantes no município relacionam-se à mineração de carvão, agropecuária, indústrias nos setores plástico, metal-mecânico e químico.

Devido a sua posição geográfica e seu desenvolvimento industrial e econômico, constitui um centro abastecedor do comércio, indústria e serviços da região sul do estado de Santa Catarina, cujos municípios integrantes somam uma população estimada em 600.000 habitantes.

Objetivando dotar os órgãos municipais, estaduais e federais que atuam no campo de planejamento e ocupação do solo e na área de licenciamento e fiscalização ambiental, de documentação técnica que balize e agilize a tomada das decisões, o PRO-

GESC contemplou o município com o projeto **Cartas Temáticas Multidisciplinares para Reavaliação do Plano Diretor de Criciúma**, do qual faz parte este trabalho. A elaboração e cruzamento de diferentes cartas temáticas (**Figura 2**), pretende fornecer informações a respeito do meio físico e biótico, visando fornecer subsídios para a reavaliação do Plano Diretor do Município de Criciúma, cujo processo está em pleno andamento.

Neste contexto, o volume **Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma** permitirá estabelecer um sistema de referência com registro da qualidade da água, monitorando os efeitos de descargas de poluentes industriais, de esgotos sanitários e também da lixiviação de antigas áreas mineradas, na qualidade dos principais recursos hídricos superficiais do município.

Possibilitará também implantar um banco de dados sobre as condições dos recursos hídricos do município, capaz de propiciar o estabelecimento de programas de recuperação e/ou melhorias de qualidade da água, além de avaliar a capacidade de auto-depuração e regeneração dos rios. Subsidiará também, futuros projetos de tratamento de esgoto, através da definição das prioridades quanto a instalação e execução de sistema de coleta e tratamento de despejos domésticos do município.

As informações obtidas através deste trabalho subsidiarão programas de educação ambiental, aperfeiçoando o conhecimento dos problemas ambientais da região.

Futuramente, a rede de amostragem proposta poderá passar a ser operada, contínua e definitivamente, pelos órgãos competentes.

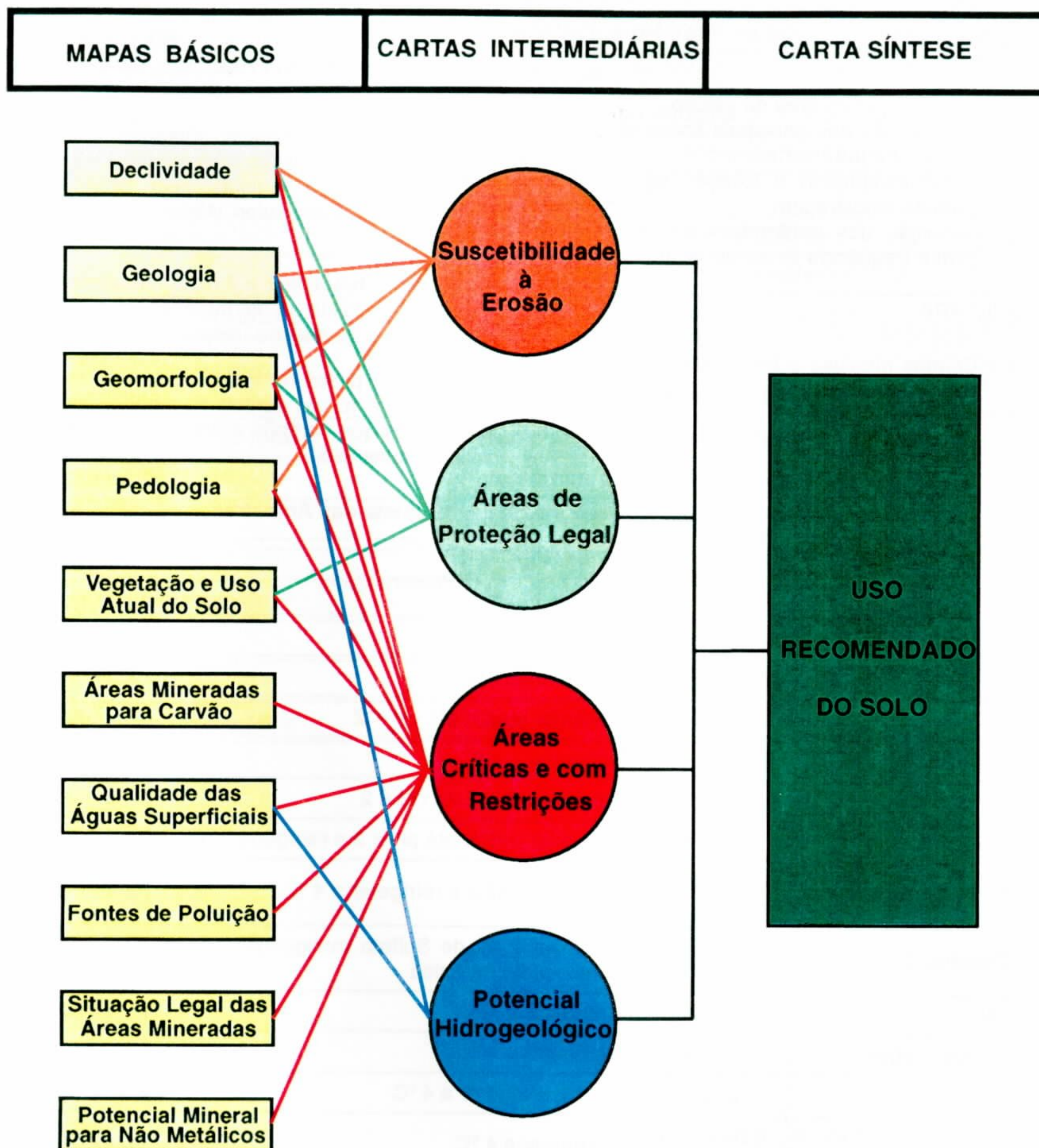


Figura 2 - Mapas e Cartas Temáticas do Município de Criciúma

Os trabalhos foram desenvolvidos em 03 etapas, abrangendo atividades de campo, tratamento estatístico dos dados e de laboratório.

1º ETAPA

- Identificação da área de estudo
- Localização dos principais focos de poluição da água
- Dimensionamento e locação das estações de amostragem
- Definição dos parâmetros de amostragem e frequência de amostragem

2º ETAPA

- Coletas mensais e bimestrais, conforme parâmetro e ponto de amostragem
- Análises laboratoriais
- Confecção de relatórios parciais

3º ETAPA

- Tratamento estatístico dos dados
- Avaliação e interpretação dos resultados
- Elaboração do relatório final
- Elaboração do volume, contendo texto explicativo e Carta Básica de Qualidade da Água

Os procedimentos adotados na 2º etapa, coleta e análises laboratoriais, seguiram as normas previstas pelo Standard Methods For Examination Water (1989), 17ª edição.

Os **Quadros 1 e 2** resumem a metodologia de coleta e os métodos analíticos utilizados no laboratório, respectivamente.

O presente trabalho apresenta o resultado de 10 campanhas de monitoramento nos rios que compõe a drenagem superficial do município.

Quadro 1: Metodologia Utilizada na Coleta das Amostras

Parâmetro	Tipo de frasco	Preservação	Prazo para análise
Acidez total	V ou P	Refrigerar a 4 °C	24 horas
DBO ₅	V ou P	Refrigerar a 4 °C	24 horas
DQO	V ou P	Adicionar H ₂ SO ₄ até pH < 2	7 dias
Fosfato	V	Refrigerar a 4 °C	24 horas
Metais	V ou P	Adicionar HNO ₃ até pH < 2	6 meses
Nitrogênio total	V ou P	Adicionar H ₂ SO ₄ até pH < 2 e refrigerar a 4 °C	7 dias
Óleos e graxas	V boca larga, esmerilhada	HCl até pH < 2 e refrigerar a 4 °C	24 horas
Oxigênio Dissolvido	V	Adicionar 2 ml de Sulfato manganoso e 2 ml Alkali-iodeto de Azida	4 - 8 horas
pH	V ou P	Refrigerar a 4 °C	24 horas
Sólidos Totais	V ou P	Refrigerar a 4 °C	7 dias
Sulfatos	V ou P	pH < 8; refrigerar a 4 °C	7 dias
Coliformes totais e fecais	V ou P esterilizado	Refrigerar a 4 °C	Máx. 8 horas
Detergentes	V ou P	Refrigerar a 4 °C	24 horas

Onde: V: Vidro e P: Polietileno ou polipropileno

Quadro 2: Métodos Analíticos

Parâmetro	Método de Análise
pH	Potenciométrico
Acidez total	Titulométrico à pH determinado
Sólidos totais (103-105 °C)	Gravimétrico
Chumbo	Fotométrico com ditizona
Cobre	Fotométrico com dietilditiocarbamato de sódio
Cor	Comparativo (disco)
Cromo total	Fotométrico com difenilcarbazida
DBO ₅	Determinação de OD por Winkler
Detergentes (ABS/LAS)	Fotométrico com Azul de Metileno
DQO	Refluxo com dicromato
Ferro total	Fotométrico ortofenantrolina
Fosfato e fósforo total	Fotométrico amino naftol sulfônico
Manganês	Fotométrico com persulfato de amônio
Nitrogênio total	Titulométrico com ácido sulfúrico
Óleos e graxas	Extração com solventes
Oxigênio dissolvido	Winkler modificado
Sulfatos	Turbidimétrico
Zinco	Fotométrico com zincon
Coliforme total e fecal	Tubos Múltiplos (3 séries de 3 tubos)

3 - Trabalhos Desenvolvidos

3.1 - Identificação da Área de Estudo

O município de Criciúma possui uma situação ambiental pouco favorável à uma boa qualidade de vida, apresentando um quadro de degradação que compromete seus recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos.

No caso específico desse trabalho, as drenagens superficiais, a absoluta falta de estudos, tanto no que se refere a capacidade hídrica como na qualidade da água dos rios e pequenos córregos, fez com que se optasse por realizar um estudo mais abrangente, envolvendo toda a extensão municipal e não apenas um detalhamento ao longo do rio Criciúma. Este fato também trará subsídios para a reavaliação do Plano Diretor Municipal, ora em fase de conclusão, permitindo adequar o uso dos escassos recursos hídricos disponíveis na área municipal, ainda não comprometido pela poluição.

Considerou-se como principais rios pertencentes ao município, os rios Criciúma, Maina, parte do Sangão, Linha Anta, Ronco d'Água e córregos Eldorado e Quarta Linha. A avaliação desses cursos d'água permitiu a identificação de pontos críticos que necessitam de tratamento, bem como possibilitou a definição dos trechos de cada drenagem menos comprometidos e que apresentam melhores condições de utilização para complementar o abastecimento doméstico e industrial, ou os trechos possíveis de serem utilizados para irrigação e dessedentação de animais.

Nas demais drenagens do município, por questões financeiras e operacionais, foi realizada uma avaliação estritamente visual que consistiu na identificação da existência ou não de fontes poluidoras ao longo de seus cursos. A partir destes dados, por analogia com os demais pontos monitorados, procedeu-se o enquadramento destas drenagens.

3.2 - Localização dos Principais Focos de Poluição da Água

Para localizar os principais focos de poluição das águas, obteve-se junto à Prefei-

tura Municipal e Fundação do Meio Ambiente - FATMA, o cadastro das indústrias que atuam no município. A partir deste cadastro foi possível selecionar aquelas indústrias potencialmente poluidoras, devido a sua atividade-fim, tais como cerâmicas, curtumes, metal-mecânica, química e lavanderias industriais.

Posteriormente, realizou-se um levantamento de campo com o objetivo de avaliar "in loco" as condições das drenagens após receberem os efluentes das referidas indústrias (Foto 1).

Todas as informações obtidas foram posteriormente plotadas em uma base cartográfica escala 1:25.000, elaborada pelo Centro de Cartografia - CECAR da CPRM / Rio de Janeiro, sendo dessa forma identificados todos os principais focos de poluição das águas.

3.3 - Dimensionamento e Locação das Estações de Amostragem

O dimensionamento da rede de amostragem foi função da quantidade e natureza dos focos de poluição existentes na área da microbacia de cada drenagem.

Para cobrir toda a área municipal foram necessários 18 pontos de amostragem, assim distribuídos:

- 05 no rio Criciúma
- 02 no rio Maina
- 03 no rio Sangão
- 03 no rio Linha Anta
- 02 no rio Ronco d'Água
- 02 no córrego Eldorado
- 01 no córrego Quarta Linha

Como ponto referencial para avaliar a qualidade das águas superficiais, procurou-se um local onde as águas não apresentassem nenhum tipo de contaminação, o qual foi considerado como ponto branco.

O referido ponto localizou-se nas nascentes do córrego Eldorado, junto às encostas do Morro Esteves. Geologicamente este ponto situa-se logo acima da zona de contato entre as rochas basálticas da Forma-

ção Serra Geral e as rochas pelíticas da Formação Palermo. Ao longo desta zona de contato, posicionada na encosta superior do Morro Esteves, são freqüentes pequenas fontes, que correspondem às nascentes das drenagens.

O local selecionado situa-se dentro de uma Área de Proteção Legal, Lei nº 2459, de 08 de junho de 1990, e é destituído de qualquer fonte de poluição industrial, muito embora grande parte da vegetação primária já tenha sido substituída por áreas de cultivo de banana.

No caso específico do rio Criciúma, procurou-se locar a primeira estação junto ao seu curso superior, onde ele ainda não rece-

be contribuição de esgotos domésticos nem de efluentes industriais. De qualquer forma, a Foto 2, tirada no seu curso superior, mostra contribuição na área de nascente deste rio, devido a atividades de mineração de carvão.

A localização e descrição de cada ponto são apresentadas no Quadro 3.

Também foram considerados outros fatores responsáveis pela poluição das drenagens, tais como esgotos hospitalares e domésticos, postos de lavagem e abastecimento de veículos, atividades relacionadas à mineração de carvão e densidade ocupacional da área.

Quadro 3: Dimensionamento da rede de amostragem

CÓDIGO	NOME DO RIO	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO
RC01	rio Criciúma	nascente do rio, montante do Criciúma Clube	Sofre contaminação de drenagem de mina de sub-solo. Não recebe contribuição de esgoto doméstico e industrial.
RC02	rio Criciúma	à jusante da MECRIL, fundos da Estofaria Dudu	Recebe contribuição de esgotos domésticos, comerciais, industriais. Contribuição da MECRIL - Metalúrgica Criciúma Ltda.
RC03	rio Criciúma	à jusante da CESACA, na ponte em frente à CBCA	Intensa contribuição de despejos domésticos, comerciais e industriais. Recebe também contribuição de canal auxiliar de drenagem e da CESACA.
RC04	rio Criciúma	na rua Domênico Sônego, fundos do pátio de máquinas da P.M.C	Contribuição de despejos domésticos, comerciais e industriais. Grande contribuição de despejos do Curtume Dal Bó.
RC05	rio Criciúma	próximo da foz do rio Criciúma, atrás da Cinco Estrelas, Bairro Santa Augusta, a montante da confluência com o rio Sangão	Contribuição de despejos domésticos, comerciais, bem como provenientes de atividades de beneficiamento de carvão mineral.
RM01	rio Maina	Vila Visconde, na ponte	Recebe intensa contribuição de despejos oriundos de atividades de mineração de carvão
RM02	rio Maina	próximo à foz com o rio Sangão, ponte acesso Cidade Mineira	Recebe intensa contribuição de despejos oriundos de atividades de mineração e/ou beneficiamento de carvão mineral, além de esgotos domésticos.
RS01	rio Sangão	ponte sobre a SC-445 que liga Criciúma à Siderópolis	Recebe contribuição de efluentes característicos de atividades de mineração e/ou beneficiamento de carvão mineral.
RS02	rio Sangão	após confluência com rio Criciúma	Servirá para avaliar a influência daquele rio no Sangão.
RS03	rio Sangão	na localidade de Verdinho, na ponte CRI 477	Recebe intensa contribuição de despejos provenientes de atividades de mineração e/ou beneficiamento de carvão mineral. Em épocas de cheias o rio extravasa neste ponto ocupando a planície aluvial.
CE01	córrego Eldorado	nascente do rio, próximo à CRI-175 a 800 m da Rod. Luiz Rosso	Ponto Branco do município. Apresenta substrato rochoso. Não recebe contribuição de esgotos e nem de mineração de carvão.
CE02	córrego Eldorado	ponte da rua Imigrante João Cechinel	Após zona industrial de Criciúma. Servirá para monitorar efluentes industriais localizados à montante. Recebe contribuição principalmente de cerâmicas e indústrias químicas.
CQL01	córrego 4ª Linha	ponte da rua Imigrante João Cechinel	Localizado na zona industrial de Criciúma. Não recebe efluentes de atividades de mineração de carvão. Recebe contribuição de despejos industriais, principalmente cerâmica. Constatada a presença de peixes e vegetação aquática.
RRD01	rio Ronco d'Água	na ponte da CRI 158	Localizada na antiga estação de captação de água da CE-CRISA, com presença de peixes.
RRD02	rio Ronco d'Água	na ponte da SC 443	Recebe contribuição de esgotos domésticos, industriais e comerciais, principalmente do município de Morro da Fumaça.
RLA01	rio Linha Anta	na localidade de Linha Batista, na ponte da CRI 270	Recebe contribuição de mineração a céu aberto.
RLA02	rio Linha Anta	ponte sobre a SC 443	Recebe contribuição de mineração de carvão e indústrias.
RL03	rio Linha Anta	ponte próxima à Cabomar	Recebe contribuição de mineração a céu aberto e beneficiamento de carvão.



Foto 1 - Intensa contribuição de despejos domésticos, comerciais e industriais. Ponte sobre o rio Criciúma na rua Domênico Sônego.



Foto 2 - A coloração avermelhada do leito é devido a contaminação deste rio pela mineração de carvão desde a sua nascente. Neste ponto não há contribuição de esgotos domésticos e industriais. Nascente do rio Criciúma, a montante do Criciúma Clube.

3.4 - Definição dos Parâmetros

Os parâmetros foram selecionados de acordo com os padrões sanitários, ecológicos e/ou toxicológicos, visando o enquadramento dos recursos hídricos nas cinco classes pré-estabelecidas.

Classe I - Ótima

Classe II - Boa

Classe III - Aceitável

Classe IV - Poluída (imprópria para tratamento convencional)

Classe V - Crítica

Esta classificação foi baseada na metodologia adotada pela CETESB (1979) que estabeleceu o IQA - Índice de Qualidade de Água, afim de facilitar e disseminar informações de qualidade de água de forma abrangente e útil para os especialistas.

O IQA adotado pela CETESB (1979), é determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: OD, DBO, coliformes fecais, temperatura da amostra, pH, nitrogênio total, fosfato total, sólidos totais e turbidez (**Figura 3**). Tal índice é calculado, utilizando-se a fórmula:

$$IQA = \sum_{i=1}^n w_i q_i$$

onde:

IQA = índice de qualidade das águas (número entre 0 a 100).

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro (número entre 0 a 100, obtido do respectivo "gráfico de qualidade" em função de sua concentração ou medida).

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, atribuído em função da importância desse parâmetro para a conformação global da qualidade (número entre 0 e 1).

n = número de parâmetros que entram no cálculo.

Ainda segundo a metodologia da CETESB (1979), a qualidade das águas, indicada pelo IQA numa escala de 0 a 100, pode ser classificada para abastecimento público, segundo a graduação:

80 - 100 = qualidade ótima

52 - 79 = qualidade boa

37 - 51 = qualidade aceitável

20 - 36 = imprópria para tratamento convencional

0 - 19 = imprópria

No cálculo do IQA, não são levados em conta os elementos tóxicos. Estes serão considerados indiretamente através de uma variável binária que assume valor 0, caso um ou mais dos elementos tóxicos do conjunto considerado ultrapasse o limite permitido, ou 1 em caso contrário. A nota final de uma amostra extraída na estação de monitoramento será o resultado do produto do IQA (calculado em função dos 09 parâmetros já mencionados) pelo IT (Índice de Toxicidade) representado pela variável binária (0 ou 1).

Para o presente estudo da qualidade das águas superficiais do município de Criciúma, será necessário uma adaptação da metodologia utilizada pela CETESB, para atender as peculiaridades da região, principalmente no que se refere aos problemas causados pelas atividades ligadas à mineração de carvão.

Um dos exemplos da interferência dessa atividade na metodologia é o fato do rio Criciúma apresentar níveis de coliformes fecais relativamente baixos, apesar desse rio receber a contribuição de esgotos domésticos, sem tratamento, de toda a região central do município. Isto se deve ao baixo valor de pH e à presença de substâncias tóxicas na água, o que inibe a sobrevivência desses microorganismos, conforme **Tabela 1**. Desta forma, ao analisarmos o parâmetro de coliformes fecais, poderemos obter um índice satisfatório no IQA, para uma determinada estação, quando, na verdade, isto se deve à interferência dos problemas ocasionados pela toxicidade dos efluentes provenientes da mineração de carvão e demais efluentes industriais.

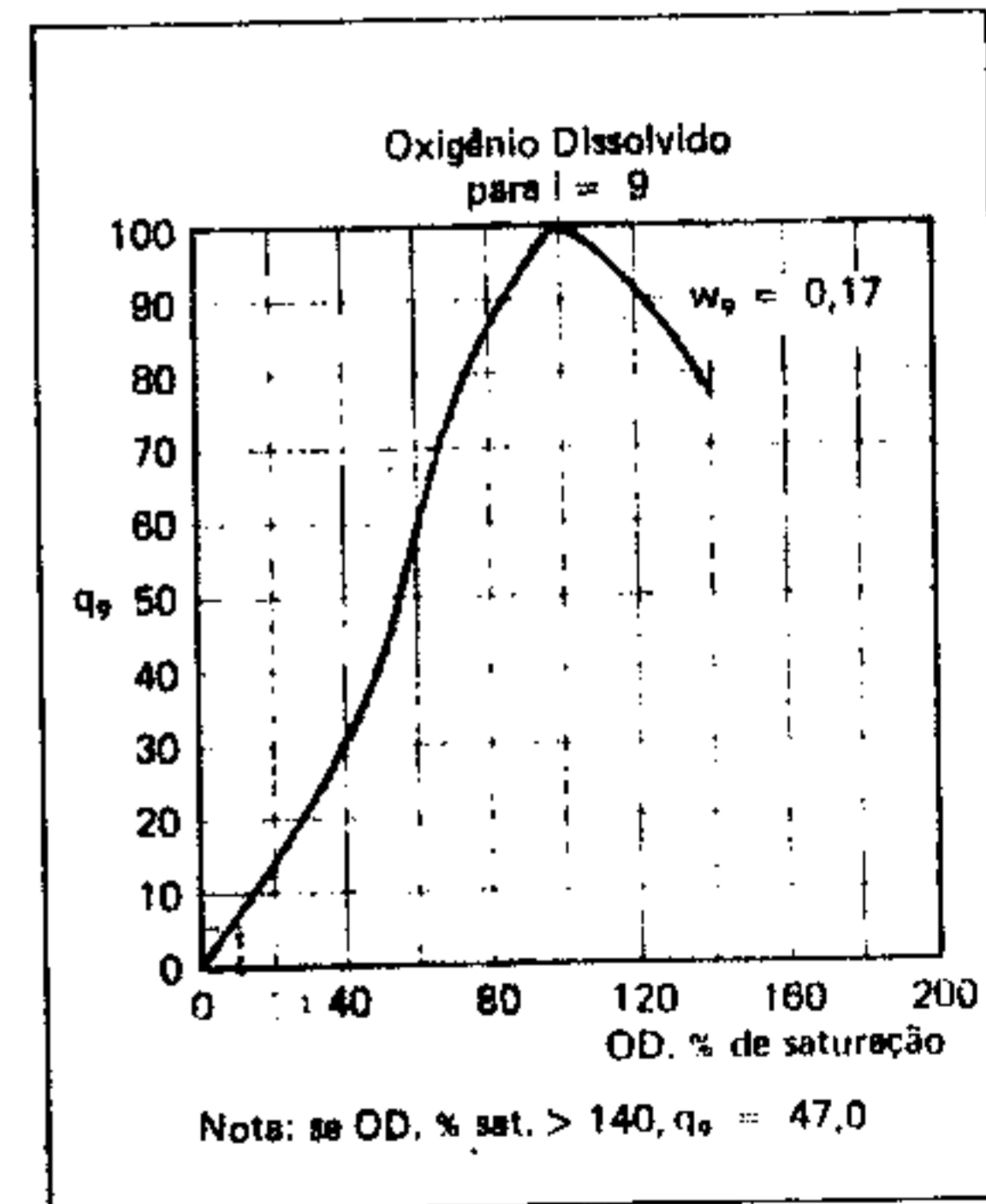
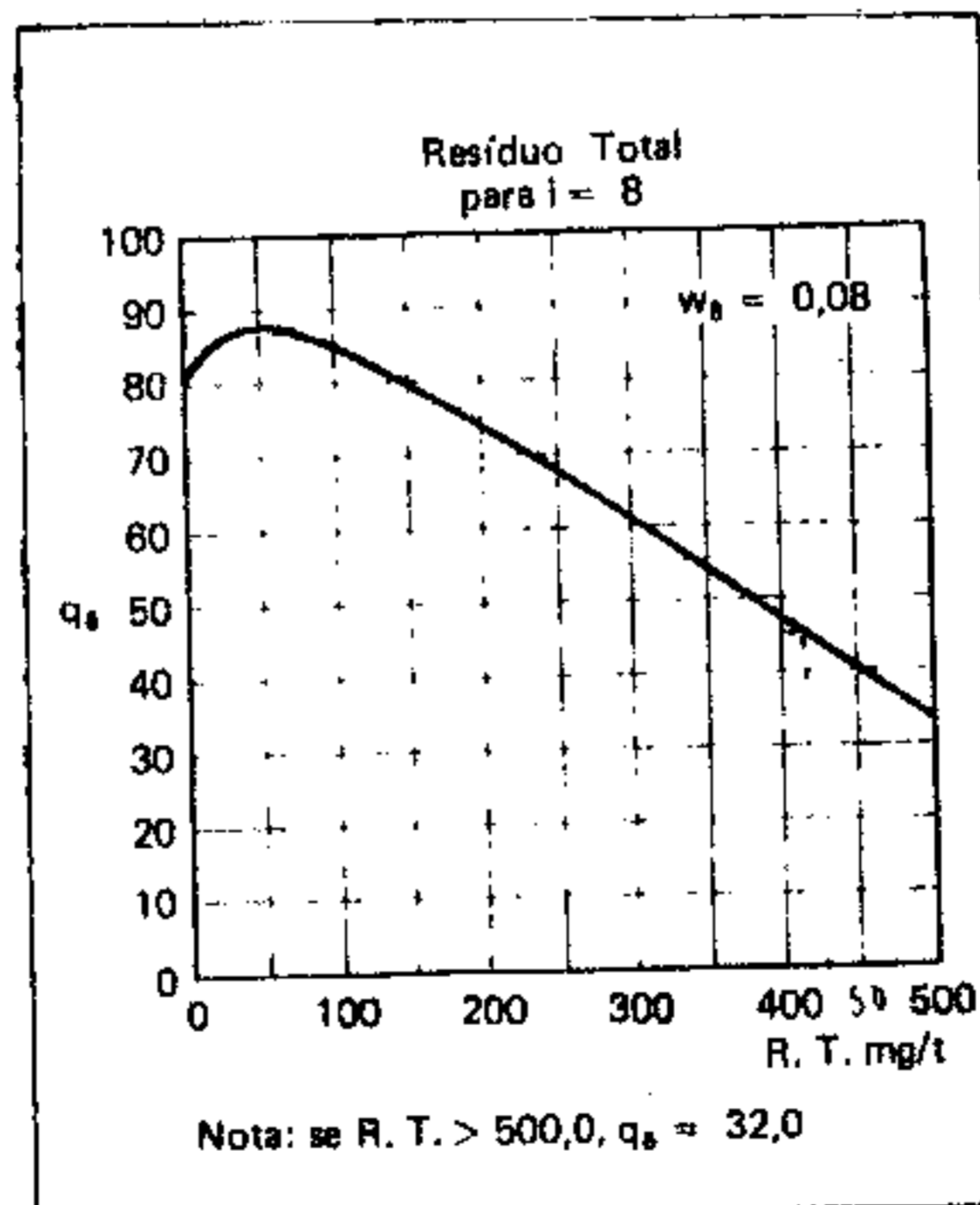
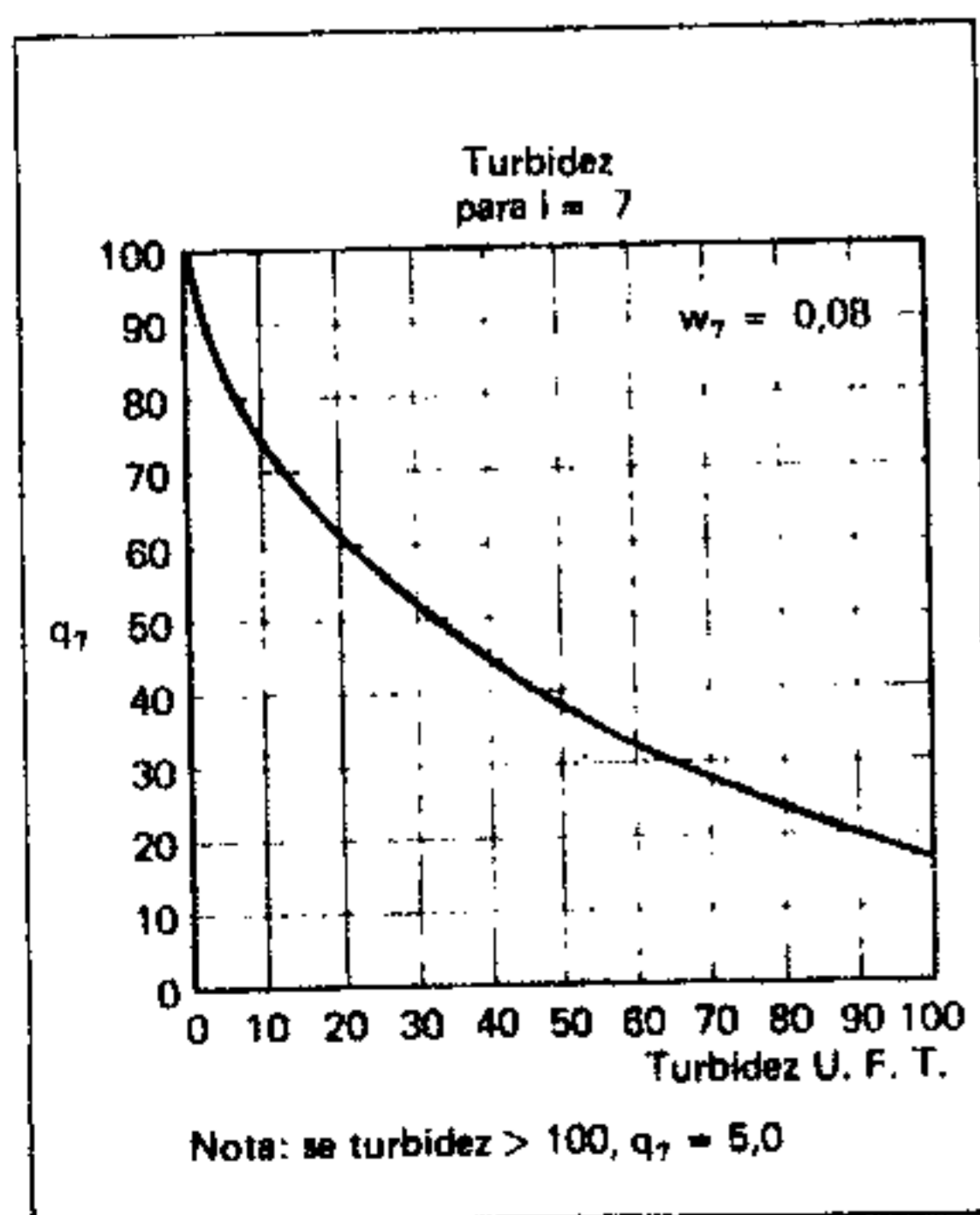
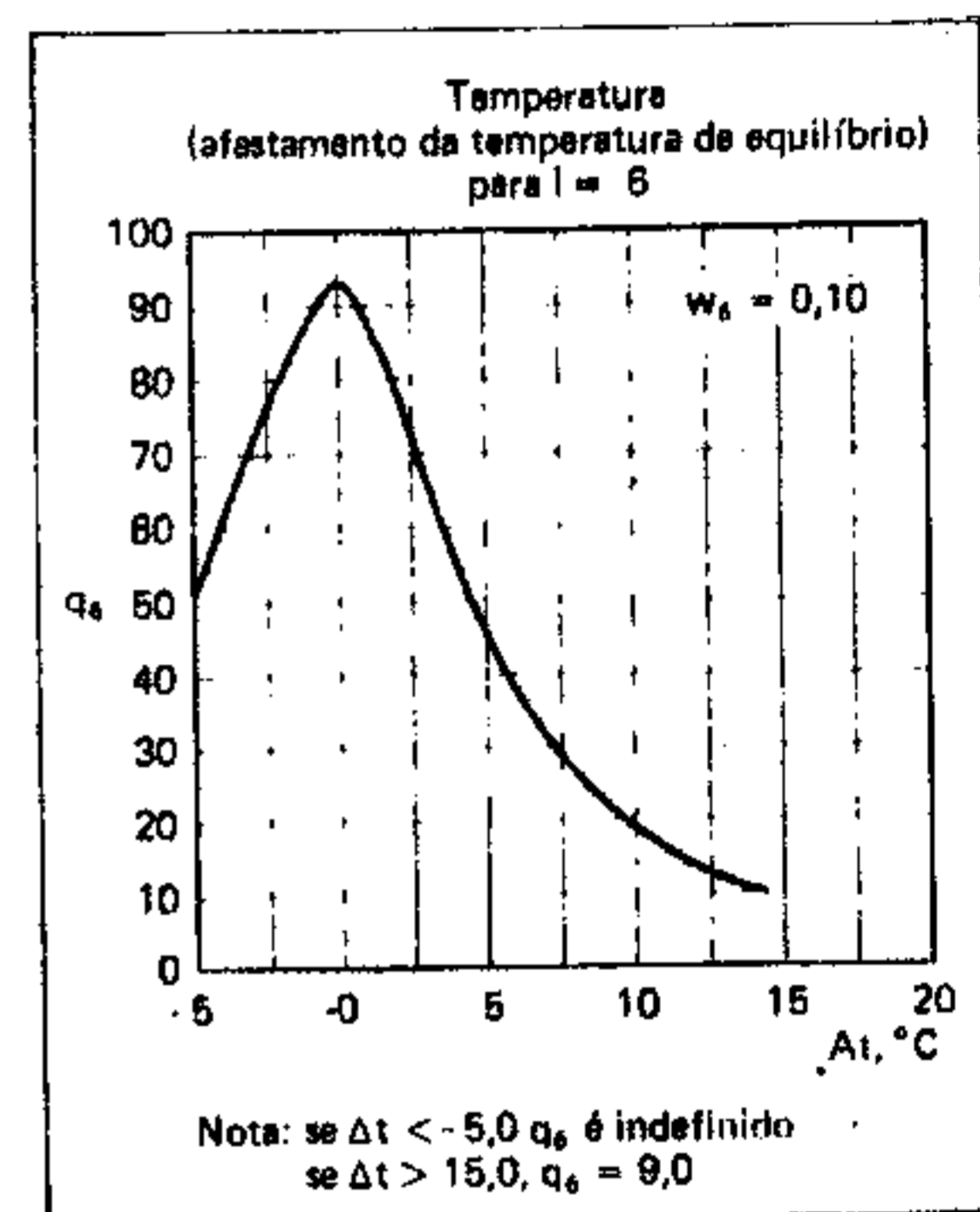
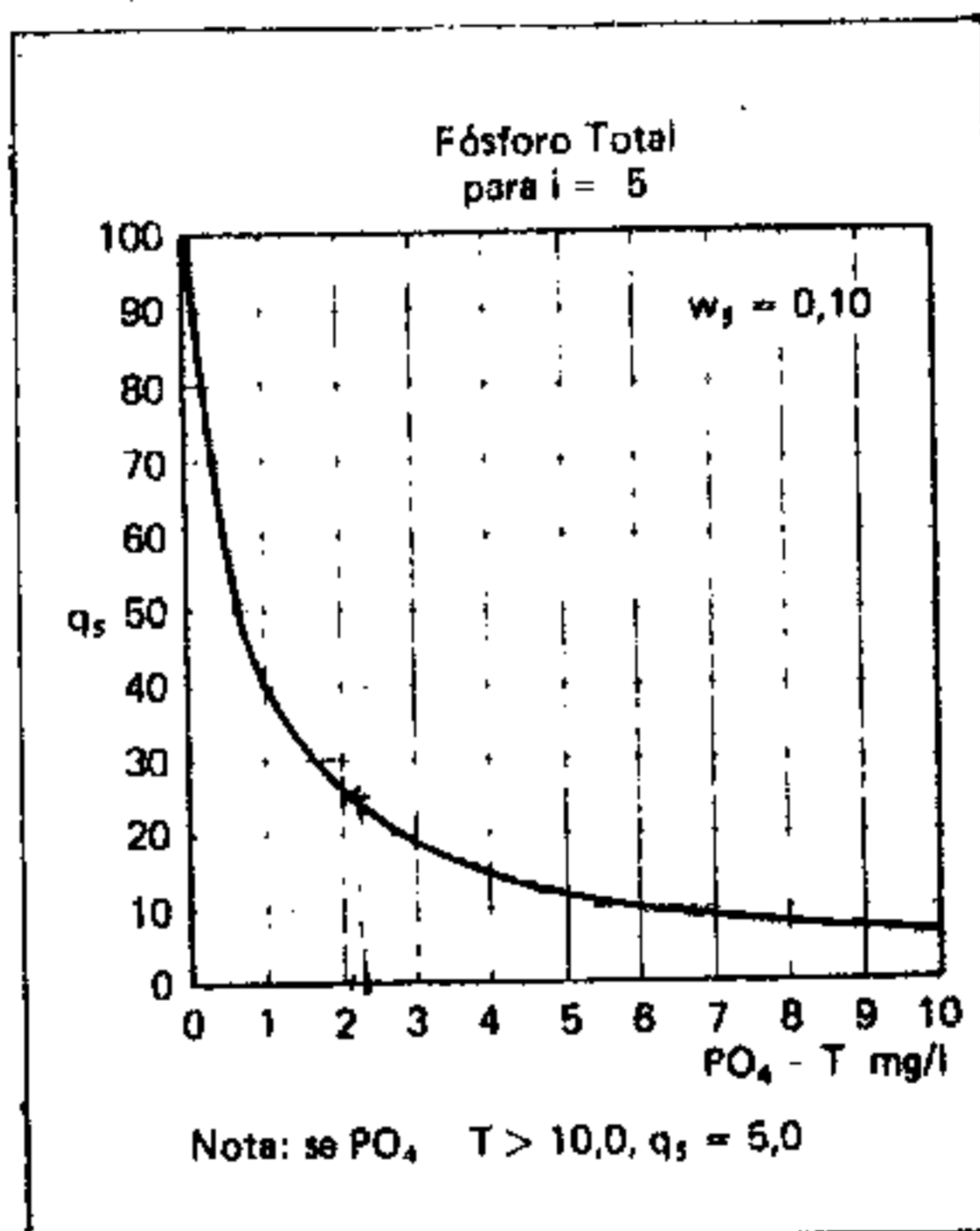
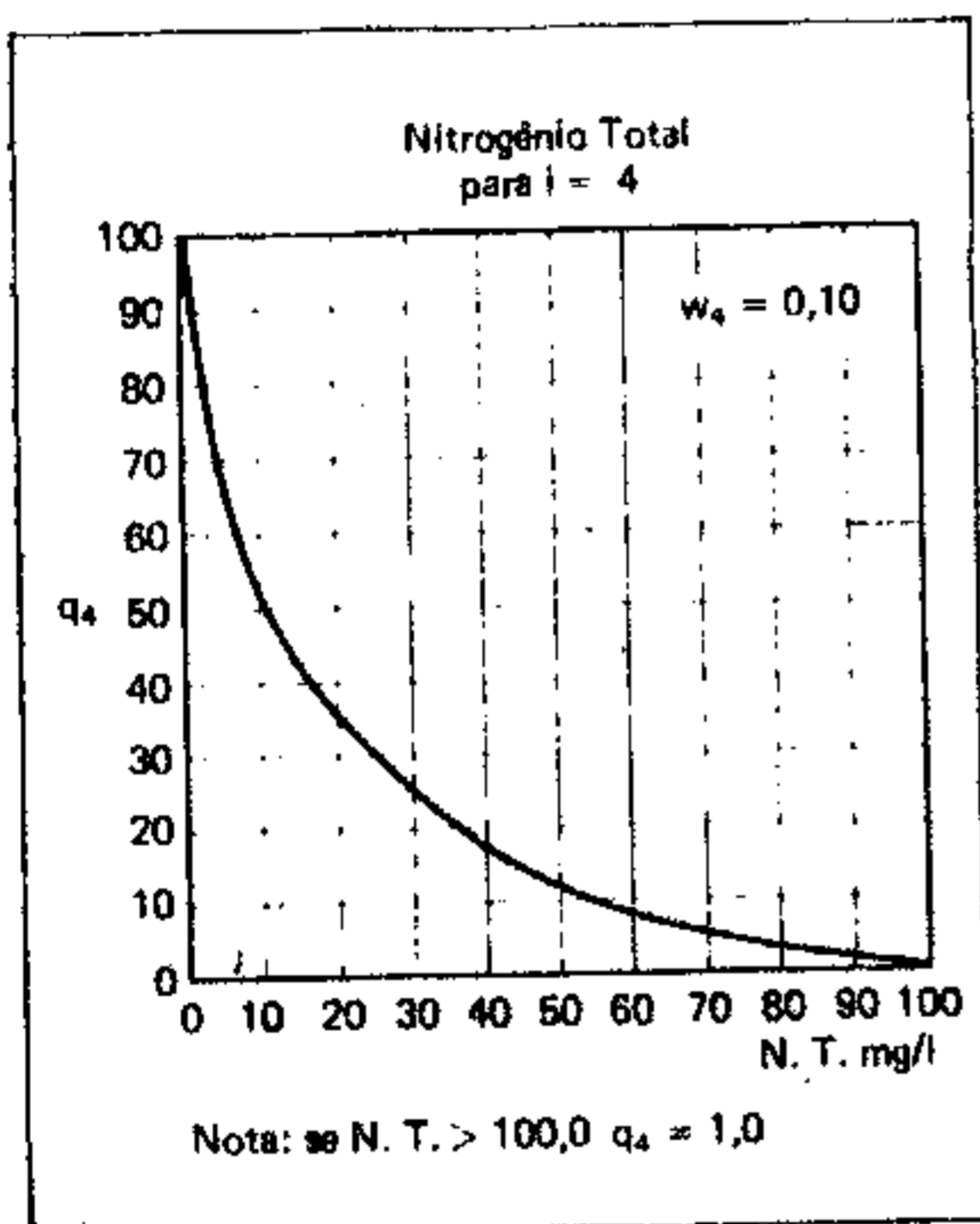
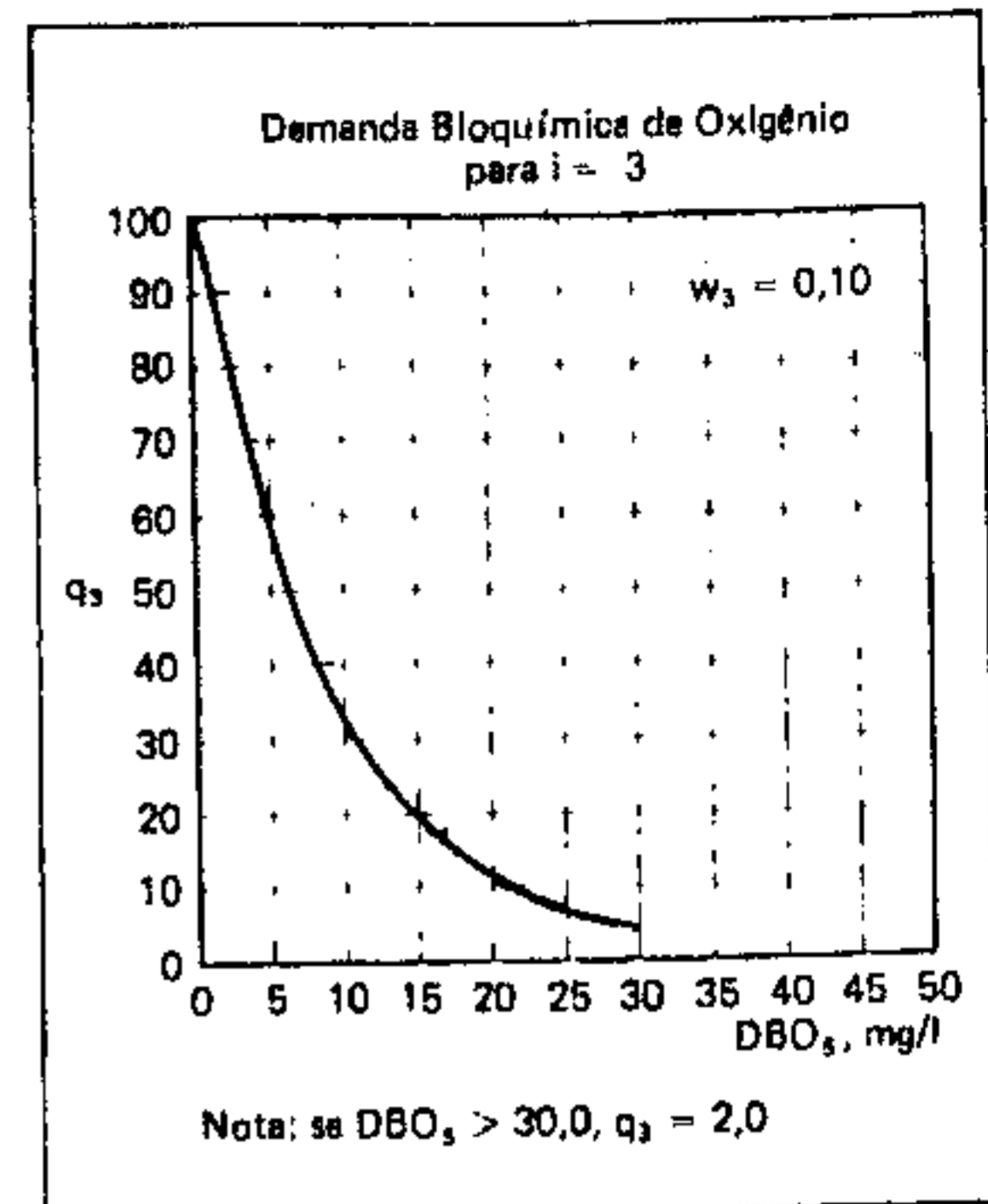
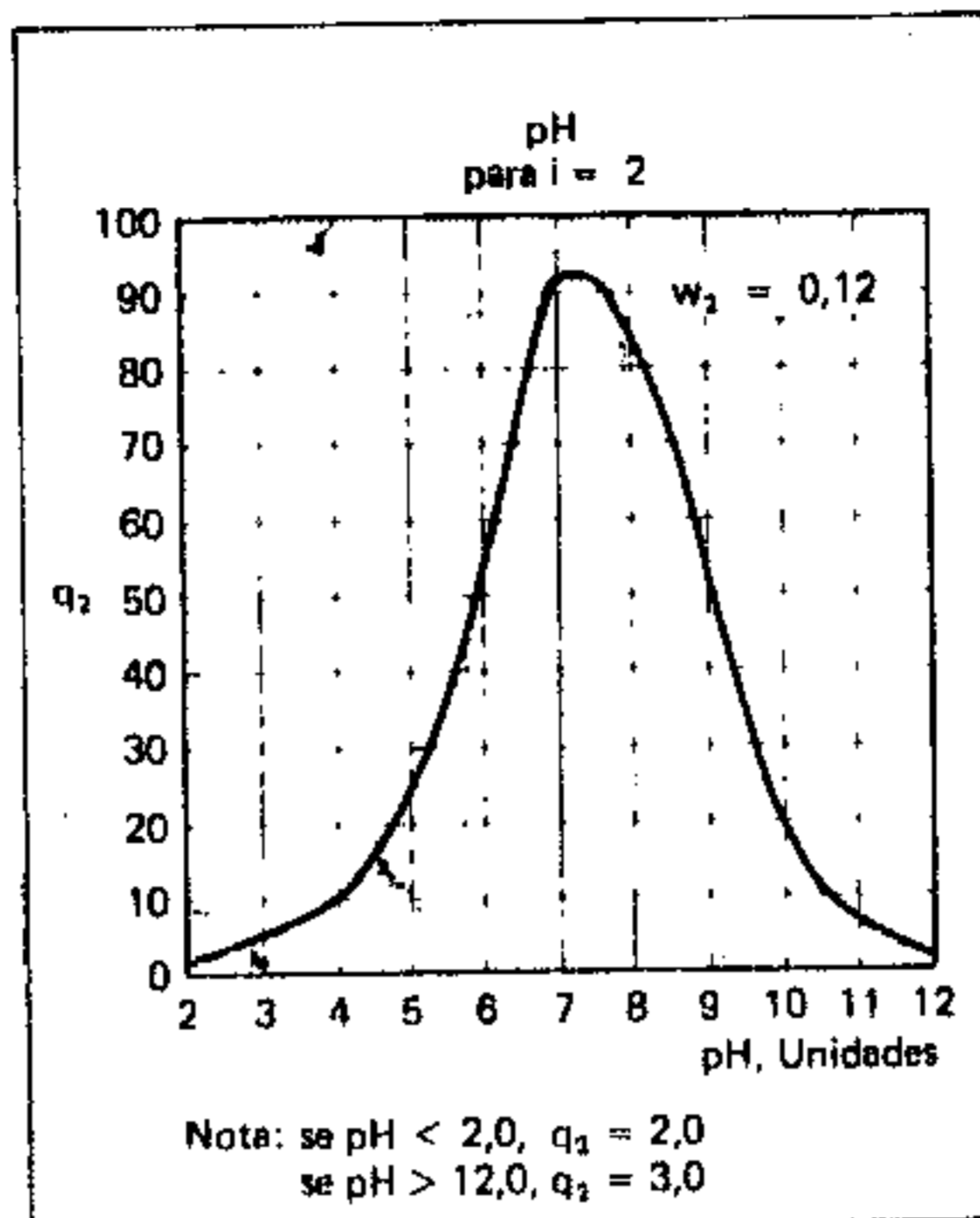
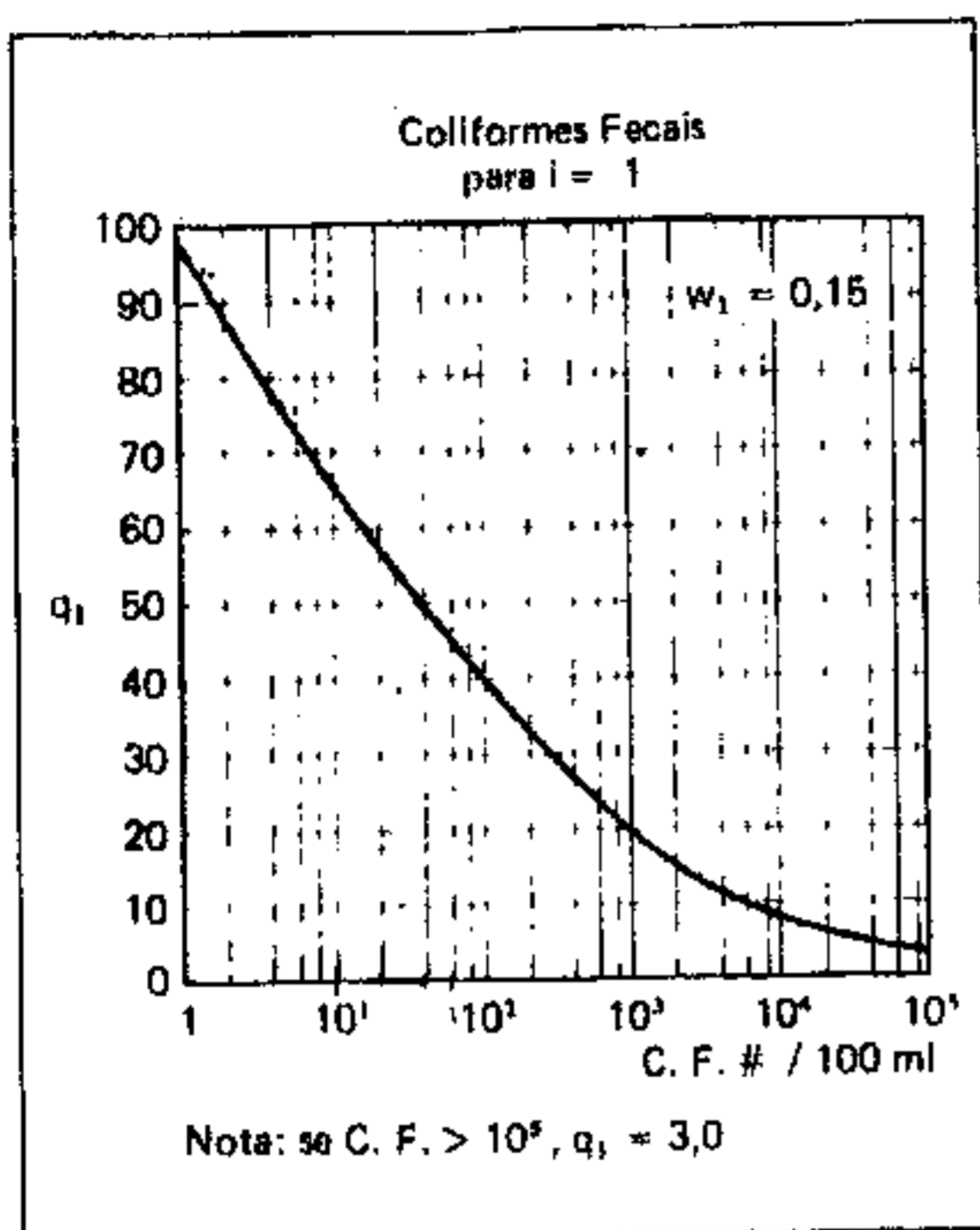


Figura 3- Curvas de Qualidade das Águas para os Parâmetros do IQA
Fonte: Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. CETESB. 1985

Tabela 1 - Situação dos rios em seus pontos localizados na foz ou próximo aos limites do município, quanto a poluição de origem, comparando com os valores de pH.

Estação de Amostragem	Coliformes Totais (NMP/100 ml)	Coliformes Fecais (NMP/100 ml)	pH
RC 05	197	111	4,56
RS 03	2	ausentes	2,70
RM 02	8	ausentes	3,89
RLA 02	60	13	3,12
CQL01	232	159	6,68

Como pode-se observar na tabela acima, apesar do município não possuir nenhum sistema de tratamento do esgoto doméstico dos seus 150.000 habitantes, a condição dos seus rios não apresenta valores alarmantes, chegando a maioria das estações monitoradas a apresentar classificação EXCELENTE, de acordo com o previsto no artigo 26 da Resolução 20/86 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Isso fez com que um problema estrutural do projeto propiciasse uma discussão sobre a validade da aplicação do IQA em qualquer condições de drenagem superficial, especialmente para os cursos d'água localizados na região carbonífera, onde a realidade dos recursos hídricos é bem diferenciada.

Como o laboratório não contava, durante o período de monitoramento, com um turbidímetro, o "wi" referente à turbidez, ou

seja, o peso atribuído a esse parâmetro em função da sua importância na classificação das águas, foi distribuído de maneira a tentar compensar essa deficiência.

Levando-se em consideração à proposição da metodologia, na ausência de um ou dois parâmetros, os seus "wi" correspondentes devem ser distribuídos igualmente pelos demais parâmetros do IQA.

A metodologia que propusemos, então, foi distribuir o peso do "wi" atribuído à turbidez para cálculo do IQA, igualmente entre pH (parâmetro do IQA que mais caracteriza o problema provocado pela mineração e beneficiamento do carvão) e sólidos totais, por estar diretamente relacionado à turbidez.

O Quadro 4 relaciona a alternativa para estabelecimento do peso do parâmetro, atribuído em função da sua importância.

Quadro 4: wi alternativo utilizado no projeto em função da impossibilidade de análise de turbidez.

Parâmetro	wi do IQA	wi Alternativo
OD	0,17	0,17
DBO ₅	0,10	0,10
Coliformes Fecais	0,15	0,15
Temperatura	0,10	0,10
pH	0,12	0,16
Nitrogênio	0,10	0,10
Fosfato	0,10	0,10
Sólidos Totais	0,08	0,12
Turbidez	0,08	0

Os critérios de classificação foram estabelecidos visando o uso da água para abastecimento doméstico e industrial, preservação da vida aquática, irrigação e des-sedimentação de animais.

A diversidade de efluentes industriais lançados principalmente no rio Criciúma e, conseqüentemente, no Sangão, somadas à contribuição de esgotos domésticos e à

poluição causada pelas atividades ligadas à exploração de carvão, ocasionou a realização de um trabalho preliminar, com objetivo de selecionar os parâmetros de maior significado para esta avaliação (Foto 3).

Houve a necessidade de reduzir-se ao mínimo o número de parâmetros significativos da qualidade da água, bem como o número de estações de amostragem, sob o risco de tornar o projeto dispendioso demais e inviabilizá-lo.

Desta forma, a seleção dos parâmetros a serem utilizados para classificação dos recursos hídricos do município de Criciúma, seguiu os seguintes princípios:

-Parâmetros do IQA - OD, DBO₅, coliformes fecais, temperatura da amostra, pH, nitrogênio total, fosfato total, sólidos totais e turbidez (segundo a metodologia da CETESB)

- Parâmetros do IT - manganês, chumbo, cobre, cromo total e zinco (fundamentados nas principais atividades do município, como: mineração, cerâmica, curtumes,

etc).

Os demais parâmetros, acidez total, DQO, detergentes, sulfatos, óleos e graxas, cor e ferro total, foram selecionados visando um conhecimento mais aprofundado dos recursos hídricos, propiciando, com o decorrer do estudo uma metodologia própria, voltada para as condições regionais, para classificação dos corpos d'água superficiais, não só do município de Criciúma, mas também de toda a região carbonífera.

pH: O pH de um rio é fortemente influenciado pelos lançamentos de efluentes industriais. Em Criciúma e nos demais municípios da região carbonífera, os rios apresentam-se geralmente ácidos devido às influências das atividades ligadas à mineração e beneficiamento de carvão mineral. É restritivo à vida aquática.

Acidez Total: A acidez é a capacidade de uma água de neutralizar álcalis. Do ponto de vista sanitário e de saúde pública, não há qualquer padrão de referência. Está relacionada ao pH.



Foto 3 - Intensa contribuição de despejos domésticos, comerciais e industriais. Estação RC03 à jusante da CESACA, na ponte em frente à CBCA.

Na região carbonífera, a acidez dos recursos hídricos é provocada pelos despejos indiscriminados das atividades ligadas à mineração de carvão (exploração e beneficiamento) (Foto 4).

Sólidos Totais: Representa o somatório de todo o material que não se volatiliza a uma temperatura de 105°C.

Estes sólidos em geral são compostos por argilas, areia, matéria orgânica, sais minerais e metais. Este parâmetro é de extrema importância para se acompanhar a implantação de técnicas de conservação de solo, uma vez que a eficácia das mesmas implicará na redução deste parâmetro no corpo receptor. O mesmo ocorrerá com a redução dos lançamentos de efluentes industriais ou provenientes de granjas de suínos.

Ferro Total: A presença de ferro é um inconveniente que deve ser evitado, uma vez que este parâmetro propicia o desenvolvimento de ferro-bactérias que conferem à água de corpos receptores cores avermelhadas e odores fétidos.

Os inconvenientes da utilização industrial ou doméstica desta água são a formação de manchas ferruginosas em louças ou nos produtos industrializados, o sabor conferido a produtos alimentícios, além da obstrução de tubulações.

Na região carbonífera, a elevada concentração de ferro nos corpos receptores também deve-se às atividades ligadas à mineração do carvão (Foto 5).

Cor: A coloração de uma água pode ser causada por metais dissolvidos na mesma, tais como o ferro e/ou o manganês. Pode ainda ser causada por matéria orgânica, como tanino e materiais húmicos, ou ainda pela própria biota (algas e protozoários).

Um dos métodos mais utilizados para a determinação da cor, é a comparação da amostra com padrões de platina-cobalto (Pt-Co).

A resolução nº 20 do CONAMA, de 18/06/86, estabelece para rios de classe II e III o valor máximo de 75 mg/l Pt-Co.

O controle da cor em águas potáveis é de importância fundamental, uma vez que este inconveniente estético poderá provocar a rejeição por parte do consumidor.

Do ponto de vista industrial, a cor elevada em águas utilizadas no processamento pode provocar manchas e interferir na cor do produto produzido.

Este é um dos principais parâmetros de acompanhamento no corpo receptor, da implantação e avaliação de eficiência das técnicas de conservação do solo, pois, como já foi mencionado, o arraste do mesmo é um dos fatores que incrementa este parâmetro.

Turbidez: É atribuída, usualmente, aos sólidos em suspensão. Pode ser causada por metais, areia, matéria orgânica ou ainda pela biota presente no meio e que reduz a transmissão da luz.

Do ponto de vista operacional, em um sistema de tratamento de água para fins potáveis, um alto grau de turbidez pode comprometer os efeitos da desinfecção, proporcionando um ambiente favorável ao desenvolvimento de microorganismos. Portanto, quando se fala em água potável, a turbidez além de ser um requisito estético é também um requisito sanitário.

A resolução nº 20 do CONAMA estabelece, em rios de classe 2, um máximo de 100 NTU.

Oxigênio Dissolvido (OD): De uma boa concentração de oxigênio dissolvido em um corpo d'água depende toda a vida aquática aeróbia, isto é, aquela que faz uso de oxigênio em seu metabolismo.

Concentrações desejáveis e satisfatórias são iguais ou superiores a 5 mg/l de oxigênio (O₂).

A matéria orgânica, como por exemplo o esterco suíno e bovino, o esgoto doméstico e os efluentes provenientes de indústrias alimentícias e de curtumes, quando lançada em corpos d'água, proporciona o desenvolvimento rápido de microorganismos, que passam a consumir esta matéria orgânica, e a competir com os peixes pelo



Foto 4 - Intensa contribuição de despejos oriundos de atividade de mineração e/ou beneficiamento de carvão mineral. Estação RM01, rio Maina, próximo ao limite dos município Criciúma/Siderópolis



Foto 5 - A coloração evidencia a elevada concentração de ferro nas águas, devido aos despejos oriundos da mineração e beneficiamento de carvão. Estação RS03, rio Sangão, localidade de Verdinho, próximo ao limite dos município Criciúma/Maracajá.

oxigênio disponível na água. Como a multiplicação dos microorganismos é rápida, estes esgotam o oxigênio dissolvido em curto espaço de tempo. Conseqüentemente, os peixes morrem por asfixia. Em casos extremos, com níveis de concentração de O_2 baixo, o curso d'água entra em anaerobiose, trazendo conseqüências desastrosas ao meio ambiente.

Demanda Química de Oxigênio (DQO): Expressa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente todos os compostos sujeitos a esta reação (oxi-redução), presentes em uma determinada amostra. A DQO é diretamente proporcional à poluição de um corpo d'água, ou seja, rios altamente poluídos tem uma DQO elevada.

Os compostos normalmente presentes em uma amostra proveniente de um corpo d'água e sujeitos à oxidação química, são representados, geralmente, pela concentração de matéria orgânica.

A demanda química de oxigênio de um rio que não recebe uma carga elevada de despejos raramente excede a $50 \text{ mg/l } O_2$.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅): Expressa a quantidade em peso de oxigênio consumida biologicamente, ou seja, através de microorganismos já presentes na amostra, ou inoculados, pelo período de 5 (cinco) dias à temperatura controlada de 20°C .

Através deste parâmetro é possível estimar o nível de poluição, basicamente matéria orgânica, a que está sujeito um corpo receptor.

São desejáveis resultados de DBO_5 inferiores a $5 \text{ mg/l } O_2$.

Nitrogênio: Os compostos de nitrogênio, quando presentes na água, geralmente são provenientes da decomposição das proteínas (matéria orgânica). Este elemento é um importante nutriente para diversas culturas. No entanto, quando em corpos d'água, pode provocar alguns inconvenientes como, por exemplo, promover o rápido desenvolvimento de algas que provocam uma coloração intensa e transmitem à água um sabor e odor desagradáveis.

A amônia ou nitrogênio de origem amoniacal pode ser um constituinte natural das águas superficiais ou subterrâneas resultante da decomposição da matéria orgânica que existe naturalmente nos corpos d'água. No entanto, conforme já mencionado, altas concentrações deste parâmetro trazem conseqüências nefastas e, geralmente, são causadas por descargas de efluentes industriais, granjas ou ainda esgoto de origem doméstica.

A amônia é tóxica. Determinou-se que uma concentração de nitrogênio amoniacal de $2,5 \text{ mg/l N-HN}_3$ em pH de 7,4 a 8,5 é nociva para algumas espécies de peixes de água doce.

Fósforo Total: Assim como o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para a flora e pode colaborar com o fenômeno da eutrofização. A concentração de fosfatos em corpos d'água pode ter origem na descarga de efluentes industriais e/ou domésticos e até mesmo na lixiviação do solo fertilizado através do escoamento superficial em épocas chuvosas.

Óleos e graxas: Este parâmetro representa a concentração total de óleos e graxas de origem mineral, vegetal ou animal presente no corpo d'água. Este poluente tem origem nos despejos de indústrias, frigoríficos, oficinas mecânicas, postos de gasolina e também no esgoto doméstico.

Além do aspecto desagradável, a presença de uma película de óleos e graxas na superfície de rios e lagos atua como um isolante que impede a adequada oxigenação. Por ocasião da decomposição natural, também provocam um consumo de oxigênio da água pela ação dos microorganismos, reduzindo desta forma o OD e elevando a DQO e DBO_5 .

Sulfactantes ou Detergentes: Este parâmetro representa a concentração dos produtos genericamente conhecidos por Alquil Sulfonados Lineares (LAS). Estes produtos são os princípios ativos dos detergentes domésticos e industriais. Portanto, este poluente tem origem no esgoto doméstico e na lavagem de pisos e equipamentos das indústrias. Muitas vezes a concentração detectada não é capaz de gerar espuma nos corpos receptores. Porém, o fato de não ser detectada a presença

de espumas não significa que o mesmo não esteja contaminado por detergentes.

Manganês: Assim como o ferro, o manganês provoca sabor desagradável em bebidas e, em concentrações superiores a 0,15 mg/l, ocasiona manchas e incrustações em tecidos e equipamentos. Para águas de abastecimento público, recomenda-se uma concentração máxima de 0,1 mg/l.

O manganês provem de poluição de origem industrial ou decorrente da lixiviação de minérios que contêm este parâmetro. Junto às camadas de carvão são freqüentes nódulos de óxidos de ferro e manganês, o que, conseqüentemente, faz com que este metal se apresente nos recursos hídricos contaminados pela extração e beneficiamento de carvão mineral.

Sulfatos: O sulfato está amplamente distribuído na natureza e pode estar presente nas águas em diferentes concentrações.

As drenagens de minas de carvão, comuns nesta região, contribuem com altas concentrações de sulfato, em virtude da oxidação do enxofre presente na pirita. Este parâmetro também pode provocar a formação de ácido sulfúrico, reduzindo o pH dos corpos d'água.

O sulfato acelera os processos corrosivos sobre alguns metais, portanto, quando para fins industriais, o controle da concentração deste parâmetro deve ser rigoroso.

Em áreas rurais, o sulfato pode ter origem em fertilizantes que contenham enxofre na sua formulação e a lixiviação por efeito das chuvas sobre estas áreas carrega este produto para os corpos d'água. O sulfato também tem origem no ciclo do enxofre proveniente da matéria orgânica.

Coliformes Totais e Fecais: Os coliformes por si só não representam riscos a saúde humana. No entanto, como estão presentes nos excrementos de homens e animais em larga concentração, são utilizados como indicadores do lançamento de esgotos cloacais e, conseqüentemente, da presença de microorganismos patogênicos, isto é, microorganismos transmissores de doenças tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar, cólera, hepatite, doenças de pele

entre outras. A Resolução nº 20 do CONAMA estabelece para rios da classe 2 que, para recreação de contato primário, deverá ser obedecido o Artigo 26 desta mesma resolução, enquanto que para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 coliformes totais por 100 ml em 80% ou mais pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

Cromo Total: O cromo não existe nas águas naturais; aparece em águas poluídas com despejos de cromagem, com cromatos empregados no tratamento de água de refrigeração e de curtumes.

Embora os sais de cromo trivalentes sejam considerados inofensivos, os do cromo hexavalente são tóxicos. Desta forma, devido à transformação do hexavalente em trivalente nas águas de superfície, o cromo não deve ser despejado nos cursos d'água, pois é considerado extremamente tóxico. O limite máximo admissível para potabilidade é de 0,005 mg/l. O plâncton é sensível à doses de 0,05 mg/l, enquanto os peixes suportam até 1mg/l. É causador de lesões hepáticas e nos rins.

Chumbo: A contaminação da água pelo chumbo, em áreas urbanas, tem sido estudo de inúmeros pesquisadores.

A contaminação do solo pode advir de forma natural ou geológica, ou pode decorrer de atividades exercidas pelo homem como mineração, indústria e transporte.

Em água, o chumbo destrói a hemoglobina dos peixes e retarda o crescimento de diversos organismos.

Com relação ao homem, o chumbo acumula-se no cérebro provoca encefalites graves, anemias, problemas renais e hormonais, paralisia, melancolia, glaucoma, etc.

Cobre: O cobre é mais tóxico em águas ácidas do que em águas neutras ou alcalinas. A partir de 2 mg/l o cobre confere mau gosto à água, tornando difícil, de certa forma, a sua ingestão involuntária. Por ser extremamente tóxico aos microorganismos, os efluentes contendo cobre não deveriam ser lançados nos rios ou mesmo em esta-

ções de tratamento de esgotos através de depuração biológica.

Cobre em excesso causa cãimbra, convulsões, náuseas, cólicas, tosse, vômitos, etc.

Zinco: Largamente utilizado em galvanoplastia e indústrias do ramo metal-mecânico.

Os peixes são sensíveis à toxidez do zinco a partir de uma concentração de 4,0 mg/l, às daphnias a partir de 1,8 mg/l e certos microorganismos plantônicos desde 1,0 mg/l.

Um homem normal ingere de 10 a 15 mg/dia de zinco, que é um elemento essencial de uma boa nutrição. Só as concentrações muito elevadas, que dariam à água sabor desagradável, são perigosas.

O limite superior admissível de zinco na água potável é de 5 mg/l. Ultrapassando este valor, o zinco pode provocar infecções urinárias, bronquite asmática, coceiras nos olhos, etc.

Vazão: A importância da medida de vazão durante uma programação de monitoramento é dada pelo fato de se poder com isso determinar a carga poluente, realizando um balanço de massa no recurso hídrico. Além disso, obtém-se uma idéia sobre o incremento da descarga da precipitação pluvial.

Estes dados são fundamentais para a elaboração de futuros projetos de recuperação dos recursos hídricos e de estações de tratamento de esgotos.

3.5 - Frequência de Amostragem

A frequência de amostragem depende, fundamentalmente, do tipo de fonte de poluição presente na área da microbacia de cada curso d'água, do parâmetro analisado e, também, do grau de comprometimento de cada drenagem.

O **Quadro 5** mostra que um mesmo parâmetro pode ser analisado mensalmente em alguns rios, bimestralmente noutros ou mesmo não ser analisado. Por exemplo, o caso do chumbo, que não foi analisado nos rios Ronco d'Água e Linha Anta, uma vez que não recebe contribuição

de indústria química ou cerâmica cujos efluentes liberam este elemento. No entanto será analisado bimestralmente nos rios Criciúma, Maina, Sangão e córrego Quarta Linha, onde verificou-se a existência de algumas indústrias cujos efluentes liberam chumbo. Este parâmetro foi analisado mensalmente no Córrego Eldorado. Na estação CE01, por tratar-se do ponto branco, e na estação CE02, para avaliar influência das indústrias instaladas no distrito industrial.

3.6 - Coleta de Amostras

A coleta de amostras foi realizada por técnicos da UNESC e da CPRM.

As amostras foram coletada em recipientes diferenciados segundo o tipo de análise a ser efetuada. Cada recipiente foi devidamente etiquetado para perfeita identificação do ponto amostrado e acondicionado em caixas de isopor até serem entregues no laboratório no final do dia (**Foto 6**).

O **Quadro 6** resume o uso das águas para as quais os rios classificados como classe II pela Portaria Estadual 024/79, II e III pela Resolução nº 20/86 do CONAMA são indicados.

As técnicas de coleta e preservação das amostras seguem a NBR 9898 de jun/87, conforme resumido anteriormente no **Quadro 1** (página 4).

3.7 - Medição de Vazão

As medições de descarga líquida ou vazão realizadas nos cursos d'água servem, entre outras finalidades, para determinar a relação cota x descarga, isto é, saber para cada cota ou nível d'água no ponto em estudo, a descarga líquida correspondente.

Para o monitoramento da qualidade de um curso d'água, o conhecimento da vazão é fundamental, pois ele nos permite correlacionar o grau de poluição com a vazão correspondente e assim classificá-lo conforme os padrões pré-estabelecidos. A capacidade de diluição da carga poluidora de um curso d'água é diretamente proporcional a quantidade de água (vazão) que flui neste curso d'água no momento de seu lançamento.

É importante determinar a relação cota x descarga em uma determinada seção do rio, sendo necessário para isso diversas medições em diferentes cotas (níveis d'água).

Com esta relação conhecida, sabe-se, a cada instante, a vazão na seção em estudo com uma simples leitura da cota.

Como não era conhecida a relação cota x descarga, as medições de descarga foram realizadas no momento da coleta das amostras para determinação dos parâmetros de qualidade. Assim, sabe-se, no instante medido, a carga poluente do rio.

Para a realização das medições de vazão foi utilizado molinete marca PRICE ou micro-molinete, conforme a profundidade da

lâmina d'água na seção em estudo (**Fotos 7 e 8**).

As descargas medidas possibilitaram obter através do produto da concentração de determinado produto poluente pela vazão da estação no instante da amostragem, a carga poluidora do rio naquele ponto.

Os dados de vazão referentes às 10 campanhas realizadas são apresentados nas **Tabelas 2 a 19**. As planilhas de cálculo de descarga líquida estão disponíveis para consulta no Banco de Dados da CPRM - SUREG/PA.. Na estação CE 01, que corresponde ao ponto branco, não foi medida a vazão

O **Anexo 1** apresenta as seções transversais das estações de monitoramento



Foto 6 - Detalhe de coleta de amostra de água. Rio Linha Anta - RL02 - Ponte sobre a SC443.



Foto 7 - Medição de vazão utilizando molinete. Rio Criciúma - Estação RC03, a jusante da ponte em frente à CBCA.



Foto 8 - Medição de vazão utilizando micromolinete. Rio Maina - Estação RM01 na ponte da Vila Visconde.

Quadro 5 - Síntese de Freqüência de Amostragem

Pontos Parâmetros	rio Criciúma					rio Maina		rio Sangão			4ª Linha	córrego Eldorado		rio Ronco d'Água		rio Linha Anta		
	RC 01	RC 02	RC 03	RC 04	RC 05	RM 01	RM 02	RS 01	RS 02	RS 03	CQL 01	CE 01	CE 02	RRD 01	RRD 02	RLA 01	RLA 02	RLA 03
pH	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Acidez Total	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Sólidos Totais	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Ferro Total	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Manganês	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Sulfato	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Cromo Total		B	B	B	B	B	B	B	B	B								
Chumbo		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M	M					
Cobre		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Zinco		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
OD	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
DBO ₅	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
DQO	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Óleos e graxas		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B					B
Cor	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Colif. Fecais e Totais	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Nitrogênio Total	M	M	M	M	M		B			B	B	B	B		B			B
Fósforo Total	M	M	M	M	M		B			B	B	B	B		B			B
Turbidez	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Temp. do ar e água	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M

M = Mensal
B = Bimensal

3.8 - Análises Laboratoriais

Todas as amostras coletadas foram analisadas no laboratório da FATMA/FUCRI, instalado na Universidade, em Criciúma.

As Tabelas 2 a 19 mostram os resultados das análises obtidas em cada estação de monitoramento, comparando a média dos resultados obtidos com os padrões previstos no artigo 12 do decreto nº 14.250/81 que regulamenta a lei 5.793 que dispõe sobre a proteção e melhoria da qualidade ambiental; e artigos 5 e 6 da resolução

nº 20 de 18/06/86 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Os cursos d'água analisados neste projeto, estão enquadrados de acordo com a Portaria nº 024/79 do estado de Santa Catarina, como rios de classe II.

O Quadro 6, resume o uso das águas para os quais os rios classificados como classe II pela Portaria Estadual, e II e III pela Resolução nº 20 do CONAMA, são indicados.

Quadro 6 - Destinação das águas segundo a classificação prevista na Portaria nº 024/79, que enquadra os cursos d'água do estado de Santa Catarina, e na Resolução nº 20/86 CONAMA, que classifica as águas de acordo com os seus usos.

Uso da Água	Enquadramento
Abastecimento doméstico após tratamento convencional	Classe II do Portaria nº 024/79 Classe II e III da Resolução nº 20/86
Irrigação de hortaliças e frutíferas	Classe II do Portaria nº 024/79 Classe II da Resolução nº 20/86
Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	Classe III da Resolução nº 20/86
Proteção de comunidades aquáticas	Classe II da Resolução nº 20/86
Recreação de contato primário	Classe II do Portaria nº 024/79 Classe II da Resolução nº 20/86
Criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas a alimentação humana	Classe II da Resolução nº 20/86
Dessedentação de animais	Classe III da Resolução nº 20/86

Tabela 2: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RC 01

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
					12/09/94	17/10/94	21/11/94	09/01/95	06/03/95	03/04/95	08/05/95	05/06/95	10/07/95	02/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	3,88	3,85	3,54	3,45	3,75	4,13	3,91	3,72	3,92	4,26	4,22
Acidez total (mg/l)				39,38	52,5	54,4	14,0	50,0	28,8	48,0	44,0	40,5	25,2	36,4
Sólidos totais (mg/l)		500	500	412,50	421	429	496	523	326	262	504	337	474	353
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 4,0	7,90	9,2	8,3	9,7	8,3	7,2	4,8	8,5	5,1	9,0	8,9
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	4,98	NA	2,2	14,5	3,5	2,4	8,8	3,99	3,0	3,2	3,2
DQO (mg/l)				31,07	67,2	6,4	23,2	11,2	24,0	44,4	27,3	32,0	38,4	36,6
Detergentes (ABS) (mg/l)				<0,05	ND	<0,09	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	0,04	ND	0,2	NA	NA	ND	ND	0,05	0,04	0,02	ND
Nitrogênio (mg/l)				0,58	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,80	0,52	0,18	0,83
Sulfatos (mg/l)		250	250	200,19	147,3	304,7	239,0	115,7	203,8	186,2	239,0	229,0	168,6	168,6
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	2,77	0,30	NA	2,7	NA	4,2	NA	3,0	NA	2,1	4,3
Cor (mg Pt/l)		75	75		7,5	2,5	2,5	20,0	20,0	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	0,83	1,01	0,67	1,54	0,84	0,50	0,15	1,36	1,20	0,49	0,56
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,16	<0,04	NA	ND	NA	ND	NA	0,41	NA	0,52	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,20	0,01	NA	0,42	NA	NA	NA	0,31	NA	0,26	ND
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,04	0,01	NA	NA	NA	NA	NA	0,10	NA	ND	NA
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	2,72	1,2	<0,01	1,6	3,0	1,3	1,8	1,57	1,20	15,40	0,07
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	0,19	ND	NA	0,46	NA	0,18	NA	0,20	NA	0,18	0,10
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	156	110	200	68	200	110	690	78	40	61	aus.
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	52	20	55	3	45	aus.	320	78	aus.	aus.	aus.
Vazão (l/s)				24,42	3,77	65,70	18,90	NA	12,80	42,50	7,82	13,80	25,30	29,30

¹ Limite fixado para Cromo IV² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 3: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RC 02

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
					12/09/94	17/10/94	21/11/94	09/01/95	08/03/95	03/04/95	08/05/95	05/06/95	10/07/95	02/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	5,60	6,21	5,80	6,35	5,55	4,12	5,15	6,11	5,56	6,14	4,96
Acidez total (mg/l)				103,81	97,5	316,8	80,0	82,0	104,0	101,0	47,3	81,0	48,9	79,6
Sólidos totais (mg/l)		500	500	1.011,80	693	4057	628	523	451	482	1553	490	711	530,0
Oxigênio dissolvido (mg/l)	> 5,0	> 5,0	> 4,0	1,32	0,0	0,0	0,3	1,4	2,0	1,6	0,0	0,60	3,8	3,5
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	235,20	NA	1019,7	80,0	120,0	200,0	160,0	65,1	120,0	190,0	162,1
DQO (mg/l)				796,34	1144,0	3000,0	272,1	208,0	340,0	554,3	1610	328,0	212,0	295,0
Detergentes (ABS) (mg/l)				2,46	4,93	2,0	NA	NA	0,45	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	0,26	1,0	0,3	NA	NA	0,32	0,09	0,20	0,09	0,06	0,04
Nitrogênio (mg/l)				1,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,60	0,88	0,25	3,28
Sulfatos (mg/l)		250	250	193,98	339,7	137,1	110,7	225,2	234,0	203,8	190,0	154,7	145,9	198,7
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	44,27	65,9	NA	40,8	NA	31,0	NA	36,0	NA	38,3	53,6
Cor (mg Pt/l)		75	75		>250,0	>250,0	>250	30,0	>250	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	1,03	0,84	<0,01	0,50	0,78	0,32	ND	4,6	ND	0,32	1,89
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	1,17	0,33	NA	ND	NA	ND	NA	3,26	NA	2,38	1,03
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	1,28	0,01	NA	2,50	NA	0,10	NA	0,05	NA	3,49	1,53
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,21	0,20	NA	NA	NA	ND	NA	0,4	NA	ND	0,43
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	16,93	1,98	6,30	14,40	15,40	14,44	11,25	32,40	25,20	30,00	17,9
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	9,68	4,87	NA	4,60	NA	2,94	NA	33,8	NA	0,69	11,2
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	183	280	aus.	280	120	110	280	280	280	200	3
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	120	140	aus.	200	62	aus.	100	280	280	140	aus.
Vazão (l/s)				57,83	53,70	50,80	43,70	NA	61,00	84,80	37,10	42,90	78,00	68,50

¹ Limite fixado para Cromo IV

² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 4: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RC 03

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01 12/09/94	02 17/10/94	03 21/11/94	04 09/01/95	05 08/03/95	06 03/04/95	07 08/05/95	08 05/06/95	09 10/07/95	10 02/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	6,62	6,65	6,82	6,80	6,38	5,92	6,69	6,94	6,92	6,89	6,17
Acidez total (mg/l)				38,66	45,0	25,6	72,0	40,0	34,0	26,0	47,0	12,6	25,2	67,5
Sólidos totais (mg/l)		500	500	889,10	2904	305	1042	412	880	1069	533	739	571	436
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥5,0	≥5,0	≥4,0	1,57	0,0	0,0	1,2	3,2	1,0	1,3	1,0	1,7	2,7	3,6
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	378,24	NA	2266,0	181,4	110,0	190,0	150,0	108,80	80,0	170,0	148,0
DQO (mg/l)				1.010,97	1880,0	4040,0	620,0	896,0	368,0	625,0	655,2	228,0	418,5	379,0
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,05	ND	0,16	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	0,41	1,2	0,6	NA	NA	0,23	0,03	0,55	0,36	0,20	0,10
Nitrogênio (mg/l)				4,28	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9,83	2,56	1,15	3,59
Sulfatos (mg/l)		250	250	165,42	382,0	103,5	93,1	190,0	186,2	221,4	75,5	163,5	110,7	128,3
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	44,18	61,1	NA	38,0	NA	41,8	NA	38,50	NA	38,7	47,0
Cor (mg Pt/l)		75	75		210	>250	>250	50	>250,0	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	1,13	0,15	<0,01	7,26	0,78	0,14	ND	ND	0,14	1,5	1,33
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,19	0,04	NA	0,44	NA	0,04	NA	ND	NA	ND	0,61
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,12	<0,01	NA	0,37	NA	0,22	NA	0,06	NA	ND	0,04
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,22	0,01	NA	NA	NA	NA	NA	0,10	NA	ND	0,75
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	13,78	1,27	17,70	23,40	7,60	19,75	22,50	8,80	15,60	10,6	10,6
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	2,75	0,41	NA	6,80	NA	2,05	NA	4,38	NA	0,23	2,64
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	224	200	240	280	280	280	170	280	280	92	140
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	142	120	40	200	280	20	140	280	280	61	aus.
Vazão (l/s)				255,22	154,00	212,00	212,00	NA	216,00	315,00	320,00	151,00	340,00	377,00

¹ Limite fixado para Cromo IV² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 5: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RC 04

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01 12/09/94	02 17/10/94	03 21/11/94	04 09/01/95	05 06/03/95	06 03/04/95	07 08/05/95	08 05/06/95	09 10/07/95	10 02/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	6,52	6,84	1,95	7,85	6,95	5,92	6,57	7,10	8,23	7,15	6,64
Acidez total (mg/l)				26,96	30,0	64,0	40,0	30,0	65,0	31,0	0,0	0,0	0,30	9,3
Sólidos totais (mg/l)		500	500	861,50	1256	994	2035	486	785	640	657	522	787	453
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 4,0	0,89	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	1,5	1,0	0,0	1,6	3,6
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	481,92	NA	2492,6	460	90,0	210,0	100,0	317,0	170,0	150,9	346,8
DQO (mg/l)				779,27	980,0	3120,0	725,6	276,0	24,0	524,2	907,0	250,6	313,9	671,4
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,76	1,08	1,2	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	0,49	1,1	0,6	NA	NA	0,03	0,03	0,60	0,95	0,49	0,10
Nitrogênio (mg/l)				4,82	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9,70	3,53	2,38	3,65
Sulfatos (mg/l)		250	250	155,07	121,0	112,3	189,9	172,3	190,0	207,9	110,7	119,5	181,2	145,9
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	73,40	41,8	NA	122,1	NA	25,8	NA	103,8	NA	73,3	73,6
Cor (mg Pt/l)		75	75		110	>250	>250	90,0	>250	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	0,42	0,32	<0,01	0,35	1,36	ND	ND	0,15	0,14	0,67	1,23
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,14	0,40	NA	0,16	NA	0,26	NA	ND	NA	0,04	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,05	<0,01	NA	NA	NA	0,04	NA	0,06	NA	0,12	ND
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,57	0,01	NA	1,94	NA	ND	NA	0,10	NA	0,86	0,53
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	14,82	4,50	26,18	22,50	4,90	17,94	11,55	14,90	10,30	18,8	16,6
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	2,27	0,41	NA	1,07	NA	9,47	N.A.	0,23	NA	0,15	2,30
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	234	200	160	240	280	280	240	280	240	140	280
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	136	40	40	140	280	aus.	200	280	240	140	aus.
Vazão (l/s)				320,44	213,00	285,00	368,00	NA	261,00	450,00	320,00	232,00	379,00	376,00

¹ Limite fixado para Cromo IV

² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 6: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RC 05

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.260 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
					12/09/94	17/10/94	21/11/94	09/01/95	06/03/95	03/04/95	08/05/95	05/06/95	10/07/95	02/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	4,56	4,91	5,50	5,28	4,40	3,58	3,72	4,54	5,42	4,64	3,64
Acidez total (mg/l)				170,22	153,0	150,0	128,0	140,0	203,0	202,0	209,0	167,0	120,7	229,5
Sólidos totais (mg/l)		500	500	660,40	633	853	714	549	668	399	643	659	827	659
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 4,0	0,25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	1,5	1,0
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	69,01	NA	124,6	117,9	29,0	80,0	60,0	71,8	32,0	38,0	67,8
DQO (mg/l)				287,38	456,0	208,0	496,0	100,0	340,0	560,0	165,0	83,2	182,4	283,2
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,53	1,37	0,22	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	0,91	4,0	0,2	NA	NA	0,32	ND	0,55	0,83	0,63	0,77
Nitrogênio (mg/l)				4,16	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8,59	2,05	2,36	3,65
Sulfatos (mg/l)		250	250	280,61	322,2	224,6	172,3	357,3	239,0	291,8	286,8	278,0	313,3	320,8
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	24,92	19,8	NA	21,5	NA	17,4	NA	38,0	NA	22,3	30,5
Cor (mg Pt/l)		75	75		70,0	>250	>250	120	120,0	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	0,97	2,05	<0,01	0,84	1,19	ND	ND	1,53	1,20	1,79	1,08
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,11	0,50	NA	0,16	NA	ND	NA	ND	NA	ND	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,10	0,05	NA	0,26	NA	ND	NA	0,05	NA	0,25	ND
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,13	0,30	NA	ND	NA	ND	NA	0,10	NA	ND	0,35
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	54,09	14,30	26,38	54,00	14,00	44,10	71,45	80,00	80,60	71,00	85,1
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	0,73	0,54	NA	0,60	NA	1,28	NA	0,46	NA	0,51	0,99
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	197	61	240	140	280	170	240	280	240	82	240
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	111	20	170	110	280	20	210	130	110	60	aus.
Vazão (l/s)				456,60	354,00	424,00	280,00	NA	481,00	555,00	328,0	258,0	593,00	836,00

¹ Limite fixado para Cromo IV² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 7: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RM 01

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.260 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01 12/09/94	02 17/10/94	03 21/11/94	04 09/01/95	05 06/03/95	06 03/04/95	07 08/05/95	08 05/06/95	09 10/07/95	10 02/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	2,63	2,58	2,43	2,41	2,71	2,35	2,73	2,50	2,27	3,21	3,08
Acidez total (mg/l)				2.677,87	3600,0	4000,0	1920,0	1320,0	1344,0	2015,0	3850,0	3425,0	1782,0	3222,7
Sólidos totais (mg/l)		500	500	5.168,30	8179	7086	3544	2542	2845	2630	6912	12346	2833	2766
Oxigênio dissolvido (mg/l)	> 5,0	> 5,0	> 4,0	0,40	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	38,31	NA	23,8	10,8	10,2	6,0	24,0	23,0	57	90,0	100,0
DQO (mg/l)				111,31	45,60	50,8	43,2	38,4	9,6	77,6	84,7	281,6	113,6	368,0
Detergentes (ABS) (mg/l)				33,00	ND	99,0	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	1,02	5,0	NA	NA	NA	NA	NA	0,02	0,02	0,03	0,05
Nitrogênio (mg/l)				0,46	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,23	0,38	0,31	0,93
Sulfatos (mg/l)		250	250	3.095,43	3135,0	5045,4	2252,0	1811,7	1346,3	1283,0	3447,2	6618,0	4506,0	1509,7
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	8,47	1,9	NA	9,4	NA	13,6	NA	15,80	NA	5,56	4,53
Cor (mg Pt/l)		75	75		>250	>250	>250	240	250	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	4,23	6,92	4,14	6,74	3,79	3,09	1,02	3,60	4,30	4,83	3,86
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,12	ND	NA	ND	NA	ND	NA	0,30	NA	0,44	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,52	0,27	NA	0,14	NA	0,18	NA	0,06	NA	1,12	1,36
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,02	0,10	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA	ND	ND
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	252,06	506,75	184,5	243,0	85,9	194,3	197,5	324,00	215,9	343,7	225,0
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	4,29	5,38	NA	7,68	NA	2,18	NA	4,87	NA	2,43	3,2
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	2	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	20
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	2	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	20
Vazão (l/s)				29,58	12,20	20,30	17,90	NA	49,20	60,10	14,60	4,68	33,60	53,60

¹ Limite fixado para Cromo IV

² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 8: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RM 02

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
					12/09/94	17/10/94	21/11/94	09/01/95	08/03/95	03/04/95	08/05/95	05/06/95	10/07/95	02/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	2,70	2,71	2,30	2,35	2,69	2,37	2,76	2,53	2,88	3,20	3,23
Acidez total (mg/l)				1.406,55	1140,0	1088,0	1216,0	1410,0	1112,0	1491,0	1458,0	1620,0	1458,0	2072,5
Sólidos totais (mg/l)		500	500	3.987,70	2750	2674	3052	13103	2750	2811	2825	3666	3387	2859
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 4,0	0,30	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	15,90	NA	12,5	16,3	10,0	12,0	23,0	17,5	22,0	14,0	15,8
DQO (mg/l)				70,55	39,20	60,8	76,8	46,4	21,6	85,7	70,6	140,8	93,6	70,0
Detergentes (ABS) (mg/l)				32,70	0,10	98,0	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	0,82	4,0	NA	NA	NA	NA	NA	0,02	0,02	0,02	0,06
Nitrogênio (mg/l)				0,53	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,03	0,43	0,41	1,23
Sulfatos (mg/l)		250	250	2.171,07	1910,3	2785,2	2478,0	2340,0	1258,2	2163,9	2107,1	2164,0	2956,5	1547,5
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	11,19	7,6	NA	NA	NA	16,2	NA	20,36	NA	6,32	5,48
Cor (mg Pt/l)		75	75		110	100	>250	250	>250	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	5,31	5,70	3,27	5,35	6,22	5,87	2,06	3,80	9,00	6,88	4,97
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,10	ND	NA	0,04	NA	ND	NA	ND	NA	0,57	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,50	0,33	NA	0,44	NA	0,16	NA	0,06	NA	0,98	1,03
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,00	0,01	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA	ND	ND
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	414,76	456,200	142,40	494,00	425,70	449,40	448,50	445,0	471,3	517,0	298,1
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	4,41	2,57	NA	8,45	NA	3,07	NA	6,10	NA	2,64	3,60
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	8	aus.	aus.	20	aus.	aus.	aus.	aus.	61	aus.	aus.
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.
Vazão (l/s)				309,11	186,00	260,00	219,00	NA	396,00	384,00	263,00	178,00	385,00	511,00

¹ Limite fixado para Cromo IV² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 9: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RS 01

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01 12/09/94	02 17/10/94	03 21/11/94	04 09/01/95	05 08/03/95	06 03/04/95	07 06/05/95	08 05/06/95	09 10/07/95	10 02/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	2,68	2,69	2,45	2,36	2,84	2,28	2,68	2,32	2,80	3,28	3,11
Acidez total (mg/l)				879,16	858,0	150,4	956,0	972,0	675,0	1153,0	1027,0	1310,0	779,0	911,2
Sólidos totais (mg/l)		500	500	1.898,00	2191	880	2072	2101	1659	1751	2079	2679	1847	1721
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 4,0	4,18	2,2	6,4	5,0	5,5	4,0	3,2	2,5	3,9	3,2	5,9
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	8,24	NA	5,4	3,6	3,0	2,0	7,2	4,0	10,0	26,0	13,0
DQO (mg/l)				35,64	18,40	12,8	19,0	16,0	10,4	51,4	40,3	98,7	53,6	35,8
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,00	ND	ND	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	0,61	3,0	NA	NA	NA	NA	NA	0,03	0,02	0,01	ND
Nitrogênio (mg/l)				0,36	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,10	0,23	0,10	1,0
Sulfatos (mg/l)		250	250	1.489,77	1298,0	1647,9	1232,0	1547,5	905,9	2075,9	2214,1	1874,5	1108,0	993,9
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	7,05	14,3	NA	10,6	NA	3,2	NA	5,6	NA	4,00	4,58
Cor (mg Pt/l)		75	75		90	90	90	130	>250	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	4,95	3,8	2,06	6,14	3,09	5,35	1,54	7,24	10,30	5,53	4,48
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,01	0,03	NA	ND	NA	ND	NA	NA	NA	NA	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	3,10	<0,01	NA	17,15	NA	0,02	NA	0,07	NA	0,13	1,21
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,63	0,01	NA	3,64	NA	ND	NA	0,10	NA	ND	ND
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	187,67	212,15	152,29	153,60	170,30	98,80	176,00	196,00	281,30	302,5	133,8
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	3,63	3,08	NA	4,09	NA	3,60	NA	3,84	NA	0,77	6,4
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	2	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	18	aus.	aus.
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.,	aus.	aus.
Vazão (l/s)				457,89	207,00	377,00	255,00	NA	665,00	681,00	211,00	265,00	601,00	859,00

¹ Limite fixado para Cromo IV

² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 10: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RS 02

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
					12/08/94	17/10/94	21/11/94	09/01/95	08/03/95	03/04/95	08/05/95	05/06/95	10/07/95	02/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	2,72	2,72	2,48	2,35	2,62	2,91	2,71	2,17	2,79	3,25	3,17
Acidez total (mg/l)				1.143,49	1155,0	1264,0	1112,0	1312,0	1017,0	1342,0	1410,0	864,0	637,7	1321,2
Sólidos totais (mg/l)		500	500	2.701,10	2888	3390	2040	2790	2308	2392	3058	3454	2436,0	2255
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥5,0	≥5,0	≥4,0	0,19	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5	0,0
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	16,73	NA	4,7	14,3	10,0	3,4	14,4	30,8	28,0	30,0	15,0
DQO (mg/l)				74,69	118,40	16,0	46,4	57,6	20,8	56,4	252,4	55,2	70,4	53,3
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,02	ND	<0,07	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	0,63	3,0	NA	NA	NA	NA	NA	0,05	0,02	0,01	0,05
Nitrogênio (mg/l)				0,79	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,25	0,35	0,23	2,32
Sulfatos (mg/l)		250	250	1.683,03	1385,5	1120	1368	1387,8	1170,1	2252,0	2987,8	2252,0	1800,0	1107,1
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	6,07	11,9	NA	8,3	NA	4,2	NA	3,8	NA	3,89	4,32
Cor (mg Pt/l)		75	75		80	180	>250	210	>250	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	4,78	4,31	0,67	5,7	4,67	2,58	3,44	8,28	9,00	5,14	3,97
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,05	0,08	NA	ND	NA	ND	NA	0,08	NA	0,13	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	1,00	1,40	NA	1,60	NA	1,32	NA	0,21	NA	0,13	1,32
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,03	0,1	NA	ND	NA	ND	NA	0,10	NA	ND	ND
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	227,04	296,41	254,28	183,60	231,60	71,45	162,50	185,0	362,0	325,0	198,6
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	3,42	2,31	NA	7,17	NA	3,20	NA	2,36	NA	1,38	4,09
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	15	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	93	61
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.
Vazão (l/s)				988,11	485,00	910,00	507,00	NA	1438,00	1423,00	573,00	516,00	1169,00	1872,00

¹ Limite fixado para Cromo IV² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 11: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RS 03

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
					12/09/94	17/10/94	21/11/94	09/01/95	06/03/95	03/04/95	08/05/95	05/06/95	10/07/95	02/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	2,74	2,80	2,44	2,45	2,66	2,43	2,72	2,42	2,86	3,33	3,30
Acidez total (mg/l)				871,56	960,0	876,0	748,0	942,0	680,0	814,0	939,0	1215,0	670,0	NA
Sólidos totais (mg/l)		500	500	2.397,40	2377	3120	2036	4273	1965	1626	2389	3061,0	1748	1379,0
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥5,0	≥5,0	≥4,0	1,55	0,0	3,8	0,9	3,6	1,0	4,5	0,0	1,2	0,5	0,0
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	12,23	NA	14,3	12,0	4,7	7,6	6,8	18,7	12,0	24,0	10,0
DQO (mg/l)				44,17	39,2	42,4	32,8	18,4	38,4	39,7	86,5	30,4	87,2	26,7
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,00	ND	ND	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	0,73	3,0	NA	NA	NA	NA	NA	0,06	0,01	0,02	0,54
Nitrogênio (mg/l)				0,78	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,30	0,30	0,20	2,30
Sulfatos (mg/l)		250	250	1.572,57	1298,0	2347,7	1532,0	1566,3	773,8	1214,0	2583,3	1988,0	1520,0	902,6
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	4,06	3,7	NA	4,5	NA	5,0	NA	4,2	NA	3,58	3,38
Cor (mg Pt/l)		75	75		90	100	90	110	>250	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	5,47	5,70	4,83	6,57	5,53	2,92	3,67	4,83	9,30	6,12	5,21
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,00	ND	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA	ND	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,28	0,15	NA	0,15	NA	0,12	NA	0,05	NA	0,05	1,17
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,08	ND	NA	ND	NA	0,39	NA	0,10	NA	ND	ND
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	207,46	270,83	236,50	207,00	162,70	76,00	225,00	257,50	212,8	292,5	133,8
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	3,79	6,40	NA	2,80	NA	3,6	NA	3,54	NA	2,69	3,71
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	2	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	18	aus.	aus.
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.
Vazão (l/s)				3.247,11	1601,00	4529,00	990,00	NA	4127,00	3178,00	1830,00	1740,00	4143,00	7068,00

¹ Limite fixado para Cromo IV

² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 12: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RLA 01

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01 19/09/94	02 24/10/94	03 28/11/94	04 16/01/95	05 13/03/95	06 10/04/95	07 15/05/95	08 12/06/95	09 12/07/95	10 09/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	3,14	3,04	2,96	2,95	2,57	2,76	3,30	3,18	3,57	3,42	3,60
Acidez total (mg/l)				197,80	198,0	208,0	108,0	191,0	180,0	241,0	244,0	216,0	256,0	136,0
Sólidos totais (mg/l)		500	500	602,50	718	484	404	618	648	592	851	610,0	667,0	433
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 4,0	1,94	0,2	3,2	3,6	2,6	0,0	1,0	0,0	0,5	5,5	2,7
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	21,15	NA	3,9	20,0	NA	29,0	30,0	7,2	21,7	15,6	41,8
DQO (mg/l)				45,23	24,0	16,0	34,8	14,4	60,5	92,7	36,2	44,8	42,4	86,5
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,00	ND	ND	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	0,01	ND	NA	NA	NA	NA	NA	0,01	ND	ND	0,02
Nitrogênio (mg/l)				0,30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,09	0,05	0,05	1,00
Sulfatos (mg/l)		250	250	287,99	364,5	294,6	136,0	445,3	362,4	362,3	186,3	242,8	225,3	260,4
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	0,50	0,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cor (mg Pt/l)		75	75		50	>250	>250	>250	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	2,31	3,62	2,58	1,36	1,88	0,64	2,40	3,80	2,75	2,05	2,05
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,05	NA	NA	ND	ND	ND	NA	0,04	NA	0,26	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,11	ND	NA	0,37	NA	ND	NA	ND	NA	ND	0,28
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,00	NA	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA	ND	ND
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	48,51	6,25	8,49	31,00	44,90	51,70	76,00	89	48,6	62,3	66,9
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	0,50	0,62	NA	0,40	NA	0,64	NA	0,43	NA	0,36	0,53
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	49	aus.	40	110	61	20	NA	aus.	aus.	aus.	210
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	30	aus.	aus.	110	aus.	20	NA	aus.	aus.	aus.	140
Vazão (l/s)				58,68	37,50	86,0	28,70	NA	86,50	49,60	34,60	26,10	31,80	88,40

¹ Limite fixado para Cromo IV² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 13: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RLA 02

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
					19/09/94	24/10/94	28/11/94	16/01/95	13/03/95	10/04/95	15/05/95	12/06/95	12/07/95	09/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	3,12	2,93	3,12	3,23	2,37	2,66	3,13	3,09	3,51	3,46	3,67
Acidez total (mg/l)				157,50	165,0	99,0	73,0	182,0	162,0	209,0	177,0	175,5	202,5	130,0
Sólidos totais (mg/l)		500	500	1.367,90	7060	973	432	522	439	2019	716	530,0	600	368
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥5,0	≥5,0	≥4,0	3,50	0,2	5,4	4,1	4,2	2,3	2,5	1,9	4,7	NA	6,2
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	14,64	NA	3,7	3,8	NA	27,2	6,4	9,1	19,9	22,0	25,0
DQO (mg/l)				42,24	17,6	16	19,6	16,0	54,0	66,5	39,3	30,2	40,8	122,4
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,01	0,04	ND	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	1,01	5,0	NA	NA	NA	NA	NA	0,02	ND	0,01	ND
Nitrogênio (mg/l)				0,27	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,05	0,03	0,08	0,93
Sulfatos (mg/l)		250	250	342,27	662,0	164,8	208	489,4	415,2	344,7	330,9	225,2	313,3	269,2
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	1,50	1,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cor (mg Pt/l)		75	75		2,5	>250	>250	90	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	1,87	2,06	0,84	2,08	1,71	2,05	2,05	2,92	1,88	1,53	1,54
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,00	NA	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA	ND	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,06	ND	NA	0,13	NA	0,06	NA	ND	NA	ND	0,18
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,00	NA	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA	ND	ND
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	35,74	82,60	11,40	14,90	35,70	28,90	44,10	34,90	25,80	35,0	44,1
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	0,40	0,49	NA	0,05	NA	0,9	NA	0,20	NA	0,66	0,12
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	60	68	140	78	92	78	NA	aus.	aus.	18	68
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	13	aus.	aus.	45	aus.	20	NA	aus.	aus.	18	36
Vazão (l/s)				620,22	348,00	535,00	425,00	NA	704,00	660,00	440,00	466,00	852,00	1152,00

¹ Limite fixado para Cromo IV

² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 14: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RLA 03

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01 19/09/94	02 24/10/94	03 28/11/94	04 16/01/95	05 13/03/95	06 10/04/95	07 15/05/95	08 12/06/95	09 12/07/95	10 09/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	3,47	NA	3,65	4,00	2,77	2,76	3,32	3,87	3,62	3,53	3,70
Acidez total (mg/l)				153,26	NA	76,8	76,0	166,0	172,8	206,0	155,0	175,5	216,0	135,2
Sólidos totais (mg/l)		500	500	604,33	NA	383	406	581	752	636	812	556	734	579
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 4,0	2,58	NA	5,1	3,3	2,3	1,0	1,0	2,3	3,5	3,7	1,0
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	10,14	NA	5,3	3,0	NA	3,1	7,2	8,5	3,0	35,0	16,0
DQO (mg/l)				30,94	NA	21,6	20,4	20,6	12,0	24,0	52,0	17,0	62,4	48,5
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,00	NA	ND	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	0,02	NA	NA	NA	NA	ND	NA	0,01	0,02	0,02	0,04
Nitrogênio (mg/l)				0,76	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,04	0,03	0,11	2,86
Sulfatos (mg/l)		250	250	306,20	NA	173,5	180,0	474,3	362,4	362,3	313,3	225,2	342,8	322,0
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cor (mg Pt/l)		75	75		NA	>250	>250	40	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	1,60	NA	3,44	1,8	1,71	0,64	1,19	1,36	1,36	1,53	1,36
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,00	NA	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA	ND	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,12	NA	NA	0,27	NA	0,31	NA	ND	NA	ND	ND
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,00	NA	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA	ND	ND
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	38,00	NA	27,86	28,500	33,400	33,40	42,60	53,00	30,40	35,0	57,8
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	0,31	NA	NA	0,05	NA	0,64	NA	0,33	NA	0,41	0,10
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	132	NA	280	210	170	68	NA	20	aus.	140	170
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	56	NA	aus.	170	110	40	NA	aus.	aus.	20	110
Vazão (l/s)				210,72	151,00	204,00	148,00	NA	235,00	255,00	93,50	196,00	243,00	371,00

¹ Limite fixado para Cromo IV² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 15: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RRD 01

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
					19/09/94	24/10/94	28/11/94	16/01/95	13/03/95	10/04/95	15/05/95	12/06/95	12/07/95	09/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	3,54	3,16	3,38	3,35	3,39	2,97	3,56	3,10	4,21	4,28	4,00
Acidez total (mg/l)				80,31	111,0	112,0	36,0	23,0	104,4	108,0	105,0	43,2	40,5	120,0
Sólidos totais (mg/l)		500	500	415,60	465	341	272	230	565	455,0	665	250	515	398,0
Oxigênio dissolvido (mg/l)	>5,0	>5,0	>4,0	6,76	7,6	7,6	7,1	6,4	7,2	6,4	6,5	7,7	2,0	9,1
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	12,67	NA	14,8	3,5	6,3	28,1	7,6	9,7	12,0	20,0	12,0
DQO (mg/l)				35,41	12,8	59,2	14,0	19,6	44,0	48,4	50,4	20,1	50,8	34,8
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,01	ND	<0,04	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	0,84	4,0	NA	NA	NA	NA	NA	0,18	ND	ND	ND
Nitrogênio (mg/l)				0,10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,08	0,03	0,03	0,25
Sulfatos (mg/l)		250	250	199,94	224,6	183,4	181,1	84,3	362,4	242,8	186,8	152,2	130,2	251,6
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	0,70	0,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cor (mg Pt/l)		75	75		ND	60	20,0	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	0,47	0,88	0,84	0,65	0,34	0,30	0,54	0,28	0,37	0,27	0,19
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,01	NA	NA	ND	NA	ND	NA	0,04	NA	ND	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,12	0,35	NA	0,05	NA	0,08	NA	ND	NA	ND	0,25
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,07	ND	NA	0,37	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	3,24	1,35	7,64	3,20	3,50	2,70	4,25	3,60	1,12	1,53	3,50
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	0,41	0,46	NA	0,34	NA	0,6	NA	0,51	NA	0,28	0,28
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	23	20	20	20	68	37	NA	aus.	aus.	18	NA
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	13	20	aus.	aus.	45	37	NA	aus.	aus.	aus.	NA
Vazão (l/s)				141,37	18,20	128,00	49,40	NA	113,00	156,00	67,70	168,00	208,00	364,00

¹ Limite fixado para Cromo IV

² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 16: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem RRD 02

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
					19/09/94	24/10/94	28/11/94	16/01/95	13/03/95	10/04/95	15/05/95	12/06/95	12/07/95	09/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	3,89	3,22	2,21	4,07	3,87	3,22	3,86	4,35	4,54	4,96	4,55
Acidez total (mg/l)				51,13	79,5	19,1	77,0	20,0	82,8	42,0	31,0	32,4	13,5	114,0
Sólidos totais (mg/l)		500	500	250,00	500	142	186	177	222	354,0	353	156	249,0	161
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥5,0	≥5,0	≥4,0	6,12	8,2	7,6	3,0	6,1	5,2	6,8	6,0	8,5	3,5	6,3
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	13,53	NA	3,9	4,7	7,0	19,3	6,0	19,9	20,0	26,0	15,0
DQO (mg/l)				38,12	86,4	16,8	14,0	12,8	40,3	44,0	29,2	35,1	56,8	45,8
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,00	ND	ND	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	1,05	6,0	NA	NA	NA	0,26	NA	0,01	ND	ND	ND
Nitrogênio (mg/l)				0,14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,10	0,05	0,05	0,35
Sulfatos (mg/l)		250	250	73,37	173,5	98,6	32,7	40,3	81,2	75,5	52,3	50,3	53,8	75,5
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	0,60	0,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cor (mg Pt/l)		75	75		ND	7,5	70,0	20,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	0,46	1,54	0,50	0,81	0,32	ND	0,36	0,32	0,15	0,15	0,49
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,00	NA	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA	ND	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,10	0,3	NA	0,03	NA	ND	NA	ND	NA	ND	0,26
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,00	NA	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA	ND	ND
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	2,04	1,56	3,89	2,90	2,80	1,16	2,40	2,40	1,60	0,30	1,40
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	0,26	0,44	NA	0,22	NA	0,48	NA	0,10	NA	0,15	0,15
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	41	aus.	78	140	45	aus.	NA	aus.	20	aus.	82
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	29	aus.	78	40	45	aus.	NA	aus.	20	aus.	82
Vazão (l/s)				211,42	116,00	232,00	90,80	NA	245,00	124,00	58,00	181,00	289,00	567,00

¹ Limite fixado para Cromo IV² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 17: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem CE 01

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
					19/09/94	24/10/94	28/11/94	16/01/95	13/03/95	10/04/95	15/05/95	12/06/95	12/07/95	09/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	6,34	6,67	6,21	5,96	6,40	5,78	6,13	NA	6,64	6,67	6,62
Acidez total (mg/l)				19,33	19,5	12,8	22,0	12,0	21,6	22,0	NA	37,8	13,5	12,8
Sólidos totais (mg/l)		500	500	143,38	NA	154	219	102	206	80	NA	92,0	243	51,0
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 4,0	4,82	2,7	6,0	9,7	2,6	3	3,5	NA	5,8	4,4	5,7
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	5,24	NA	4,3	2,0	3,5	9,9	6,0	NA	7,2	8,0	1,0
DQO (mg/l)				17,78	29,6	16,0	4,4	5,8	23,7	12,9	NA	20,1	44,0	3,5
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,00	ND	ND	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	1,01	5,0	NA	NA	NA	0,06	NA	NA	ND	ND	ND
Nitrogênio (mg/l)				0,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	0,01	ND
Sulfatos (mg/l)		250	250	8,07	18,9	3,3	6,7	9,3	8,43	4,9	NA	2,5	9,3	9,3
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	0,15	0,39	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA	0,20	0,30
Cor (mg Pt/l)		75	75		40	160,0	7,5	20,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	ND	ND	ND
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,01	ND	NA	0,01	NA	0,04	NA	NA	NA	ND	ND
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,00	NA	NA	ND	NA	ND	NA	NA	NA	ND	ND
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	0,73	0,51	1,33	0,40	0,40	0,30	0,90	NA	0,80	1,0	0,90
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	0,05	ND	NA	ND	NA	ND	NA	NA	NA	0,23	ND
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	49	20	20	110	78	78	NA	NA	20	45	20
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	31	aus.	aus.	78	78	20	NA	NA	20	45	3
Vazão (l/s)				NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

¹ Limite fixado para Cromo IV

² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 18: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem CE 02

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 5 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 6 Classe III	Média	Campanha									
					01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
					19/09/94	24/10/94	28/11/94	16/01/95	13/03/95	10/04/95	15/05/95	12/06/95	12/07/95	09/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	6,69	6,37	6,64	6,99	7,06	6,10	6,73	6,83	6,87	6,63	6,70
Acidez total (mg/l)				30,68	19,5	192,0	16,0	9,0	10,8	20,0	1,3	13,5	13,5	11,2
Sólidos totais (mg/l)		500	500	231,40	168	178	409	205	207	137,0	432	144	348	86
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 4,0	2,74	3,7	5,0	3,6	1,4	0,8	1,5	1,9	3,0	1,0	5,5
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	18,92	NA	7,9	3,6	11,8	34,5	20,0	28,0	9,0	20,5	35,0
DQO (mg/l)				50,20	29,6	32,0	8,0	26,0	63,4	54,4	93,5	23,1	46,0	126,0
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,00	ND	ND	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	1,17	6,0	NA	NA	NA	0,26	NA	0,02	0,03	0,06	0,67
Nitrogênio (mg/l)				0,91	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,03	0,25	0,90	2,47
Sulfatos (mg/l)		250	250	34,45	32,9	26,1	100,6	32,2	13,7	21,6	51,3	22,5	17,2	26,4
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	7,09	11,4	NA	6,3	NA	5,8	NA	4,7	NA	6,0	8,31
Cor (mg Pt/l)		75	75		40	>250	30	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	0,55	0,32	1,71	ND	0,37	0,68	0,68	0,98	0,15	0,59	ND
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,24	ND	0,30	0,28	0,21	0,19	0,16	NA	NA	0,52	0,26
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,05	ND	NA	ND	NA	0,10	NA	0,01	NA	ND	0,18
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,00	NA	NA	ND	NA	ND	NA	NA	NA	ND	ND
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	2,31	0,5	1,27	3,80	0,50	0,80	1,50	3,60	1,08	9,31	0,70
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	0,38	0,33	NA	0,46	NA	ND	NA	0,20	NA	1,08	0,19
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	167	110	170	170	200	210	NA	200	200	45	200
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	109	aus.	61	61	110	100	NA	200	200	45	200
Vazão (l/s)				122,22	21,40	191,00	14,50	NA	45,40	88,40	15,30	107,00	247,00	370,00

¹ Limite fixado para Cromo IV² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

Tabela 19: Resultado das 10 campanhas realizadas no ponto de amostragem CQL 01

Parâmetro	Legislação Estadual Decreto n. 14.250 art. 12	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 8 Classe II	Resolução CONAMA n. 20/86 art. 8 Classe III	Média	Campanha									
					01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
					19/09/94	24/10/94	28/11/94	16/01/95	13/03/95	10/04/95	15/05/95	12/06/95	12/07/95	09/08/95
pH		6 a 9	6 a 9	6,68	6,70	6,30	6,88	6,86	6,25	6,70	6,78	6,86	6,75	6,75
Acidez total (mg/l)				28,96	36,0	22,4	9,0	150,0	14,4	14,0	2,3	10,8	18,9	11,8
Sólidos totais (mg/l)		500	500	174,80	182	197	32	162	182	117	440	234	119	83
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥5,0	≥5,0	≥4,0	4,10	2,1	6,6	5,5	1,6	3,0	1,6	2,8	3,5	6,4	7,9
DBO 5 (mg/l)	5,0	5,0	10,0	25,16	NA	10,1	12,8	24,4	39,9	11,6	27,2	34,4	38,0	28,0
DQO (mg/l)				82,60	30,4	56,0	38,0	34,4	52,8	67,5	153,0	83,6	52,1	258,2
Detergentes (ABS) (mg/l)				0,00	ND	ND	NA	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfato total (mg/l)		0,025	0,025	0,04	ND	NA	NA	NA	0,09	NA	0,01	0,01	0,05	0,08
Nitrogênio (mg/l)				0,36	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,03	0,04	0,15	1,20
Sulfatos (mg/l)		250	250	16,04	12,1	15,6	13,8	32,7	14,0	12,30	15,8	12,0	NA	NA
Óleos e graxas (mg/l)	VA	VA	VA	10,34	5,1	NA	3,2	NA	2,8	NA	1,96	NA	28,7	20,3
Cor (mg Pt/l)		75	75		90	>250	150	90	NA	NA	NA	NA	3,18	4,66
Manganês (mg/l)		0,1	0,5	1,05	1,02	0,15	3,27	1,50	0,90	1,30	1,36	1,03	ND	ND
Chumbo (mg/l)	0,1	0,03	0,05	0,85	0,48	NA	1,45	0,96	0,60	0,83	1,09	0,88	0,79	0,59
Cobre (mg/l)	1,0	0,02	0,5	0,22	ND	NA	0,73	NA	0,36	NA	ND	NA	ND	0,23
Cromo total (mg/l)	0,005	0,05 ¹	0,05 ¹	0,00	NA	NA	ND	NA	ND	ND	ND	NA	ND	ND
Ferro total (mg/l)		0,3 ²	5,0 ²	3,13	3,40	6,25	4,90	2,60	2,90	2,00	3,76	1,30	2,80	1,4
Zinco (mg/l)	5,00	0,18	5,0	0,30	0,49	NA	0,46	NA	0,18	NA	0,20	NA	ND	0,45
Coliformes totais (NMP/100 ml)	5000	5000	20000	232	240	280	280	280	210	NA	200	210	110	280
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	1000	1000	4000	159	170	140	100	45	210	NA	170	210	110	280
Vazão (l/s)				58,91	18,10	46,30	28,60	NA	70,10	28,50	3,59	67,00	79,00	189,00

¹ Limite fixado para Cromo IV

² Limite fixado para Ferro Solúvel

Obs.: ND: Não detectado NA: Não analisado VA: Virtualmente Ausentes

3.9 - Carga Poluente

A determinação da carga poluente em uma dada seção do rio, tem para este projeto uma importância fundamental, já que se pretende sensibilizar as autoridades governamentais para a necessidade de investimentos na região em programas e projetos de recuperação e/ou melhorias de qualidade da água.

Esta medida define os pontos críticos de poluição, possibilitando com isso a seleção de zonas prioritárias para implantação de futuros projetos.

A Tabela 20 mostra a carga poluente dos rios monitorados (estações localizadas próximo à foz), para alguns dos parâmetros analisados.

Tabela 20: Carga poluente

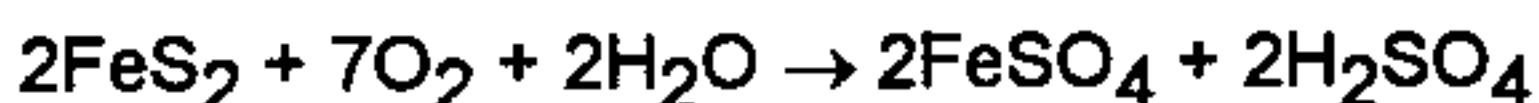
Parâmetro	Pontos de Amostragem					
	RC05		RM 02		RS 03	
Vazão (l/s)	456,60		309,11		3.247,11	
pH	4,56		2,70		2,74	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	0,25		0,30		1,55	
	Concentração (mg/l)	Carga Poluente (Kg/dia)	Concentração (mg/l)	Carga Poluente (Kg/dia)	Concentração (mg/l)	Carga Poluente (Kg/dia)
Manganês	0,97	38,27	5,31	141,81	5,47	1534,61
Chumbo	0,11	4,34	0,10	2,67	0,00	0,00
Cobre	0,10	3,95	0,50	13,35	0,28	78,55
Cromo total	0,13	5,13	0,00	0,00	0,08	22,44
Ferro total	54,09	2133,86	414,76	11077,04	207,46	58202,97
Zinco	0,73	28,80	4,41	117,78	3,79	1063,29
Sulfatos	280,61	11070,13	2.171,07	57982,99	1.572,57	441184,99
Sólidos totais	660,40	26052,94	3.987,70	106499,92	2.397,40	672591,30
Acidez total	170,22	6715,22	1.406,55	37564,88	871,56	244516,42
Óleos e graxas	24,92	983,10	11,19	298,85	4,06	1139,03

Parâmetro	Pontos de Amostragem							
	RLA 02		RRD 02		CE 02		CQL 01	
Vazão (l/s)	210,72		211,42		122,22		58,91	
pH	3,47		3,89		6,69		6,68	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	2,58		6,12		2,74		4,10	
	Concentração (mg/l)	Carga Poluente (Kg/dia)	Concentração (mg/l)	Carga Poluente (Kg/dia)	Concentração (mg/l)	Carga Poluente (Kg/dia)	Concentração (mg/l)	Carga Poluente (Kg/dia)
Manganês	1,60	29,13	0,46	8,40	0,55	5,81	1,05	5,34
Chumbo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	2,53	0,85	4,33
Cobre	0,12	2,18	0,10	1,83	0,05	0,53	0,22	1,12
Cromo total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ferro total	38,00	691,84	2,04	37,26	2,31	24,39	3,13	15,93
Zinco	0,31	5,64	0,26	4,75	0,38	4,01	0,30	1,53
Sulfatos	306,20	5574,74	73,37	1340,23	34,45	363,79	16,04	81,64
Sólidos totais	604,33	11002,56	250,00	4566,67	231,40	2443,54	174,80	889,70
Acidez total	153,26	2790,28	51,13	933,98	30,68	323,97	28,96	147,40
Óleos e graxas	NA		0,60	10,96	7,09	74,87	10,34	52,63

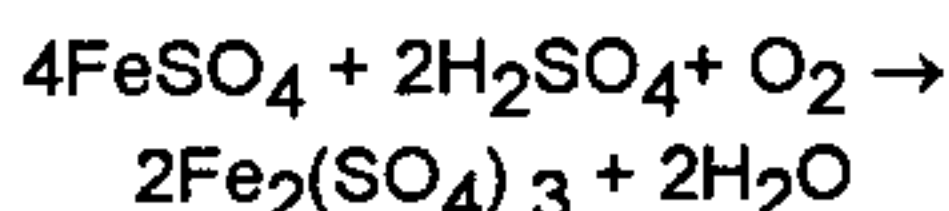
4 - Influência da Mineração do Carvão na Qualidade das Águas Superficiais - Revisão

A poluição hídrica na região sul de Santa Catarina é resultante principalmente do processo ou extração e beneficiamento de carvão mineral. O município de Criciúma segue a mesma regra, sendo que o principal problema está relacionado com a carga de acidez lançada nos rios através dos efluentes de beneficiamento, lixiviação dos depósitos de rejeitos e drenagem de minas de subsolo e céu aberto. Esta acidez é decorrência da oxidação da pirita (FeS_2) disseminada no carvão, que quando exposta ao oxigênio do ar ou da água desencadeia uma série de reações cujo principal produto é o ácido sulfúrico. Embora não seja compreendido em sua totalidade, o processo de formação das águas ácidas de mina é geralmente ilustrado pelas equações abaixo.

A reação inicial, que ocorre quando os sulfetos de ferro (pirita e/ou marcassita) são expostos ao ar e água, produz sulfato ferroso e ácido sulfúrico:



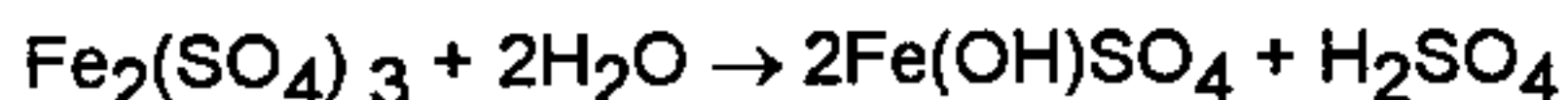
Oxidação subsequente do sulfato ferroso produz sulfato férrico:



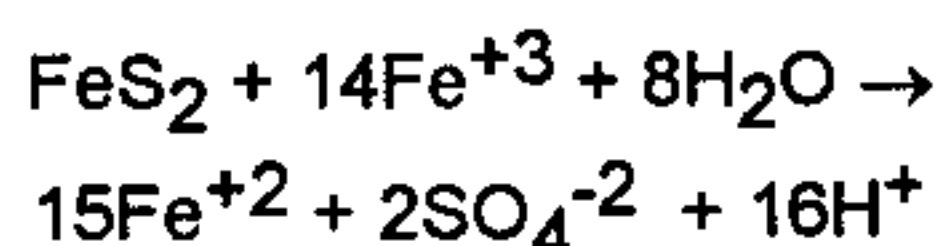
Dependendo das condições físico-químicas, a reação pode evoluir de modo a formar hidróxido de ferro:



ou sulfato básico de ferro:



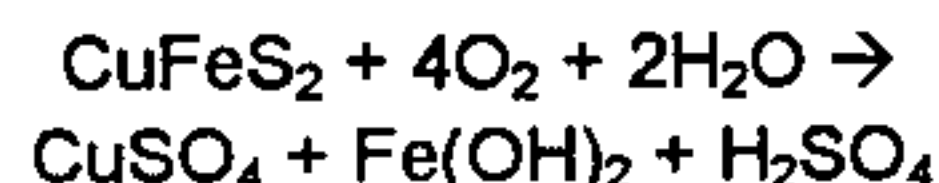
A pirita pode também ser oxidada pelo íon férrico como abaixo:



Esta última equação demonstra como ocorre a reação de oxidação da pirita em cursos d'água, quando há pouca disponibilidade de oxigênio dissolvido (OD). A pirita, neste caso, é oxidada pelo Fe^{+3} .

Estas equações são muito úteis para ilustrar a produção de acidez a partir da pirita, contudo a impressão dada é que apenas compostos de ferro e ácido sulfúrico estão presentes. Reações secundárias ocorrem entre os sulfatos de ferro, ácido sulfúrico e compostos presentes nas argilas, calcários, arenitos, siltitos e outros estratos associados aos veios de carvão, que possuem a capacidade de neutralizar parte desta acidez. Além disso, deve-se considerar também os organismos presentes e a forma de ocorrência dos minerais.

Outros minerais sulfetados, associados à pirita, também oxidam-se formando ácido sulfúrico:



Desta forma, as águas ácidas provenientes da mineração e beneficiamento do carvão podem ser consideradas como uma solução de vários sais, na maioria sulfatos.

Estudos indicam a presença de vários elementos como: ferro, alumínio, cálcio, magnésio, sódio, entre outros, assim, como vários metais pesados, principalmente, cobre, zinco, manganês, cromo, chumbo, estrôncio, cobalto, vanádio, arsênio, boro e níquel. O grau de toxicidade destes elementos é incrementado devido a ação sinérgica entre eles, como exemplo, o zinco e o cobre. Além disso, os efeitos tóxicos do ferro, zinco e cobre são maiores em águas ácidas do que em águas neutras ou alcalinas.

As condições finais trazem em seu conjunto efeitos ecológicos desastrosos aos rios, tomando-os impróprios ao desenvolvimento das populações aquáticas, uso na agricultura, abastecimento industrial e doméstico.

A disposição de rejeitos piritosos sem a devida compactação e revestimento dos taludes com argila e posterior revegetação, favorece a oxidação da pirita. O ar transporta o oxigênio e a umidade necessária à formação do ácido. Desta forma, uma vez expostos ao ar, sem a devida cobertura e isolamento, os rejeitos piritosos provenientes das minerações e beneficiamento do carvão desencadeiam esta reação que ocorrerá até que toda a pirita seja oxidada ao sulfato ferroso (FeSO_4) e conseqüentemente o ácido sulfúrico (H_2SO_4) proporcional à quantidade de pirita seja formado.

Sendo assim, a poluição dos recursos hídricos não cessa a partir da paralisação de uma atividade de mineração. Ao contrário de outras atividades industriais, a geração de poluentes continua ativa e extremamente danosa ao meio ambiente dezenas e em vários casos, até centenas de anos após a atividade de mineração cessar suas atividades. Este tempo é proporcional à quantidade de material exposto, tipologia dos rejeitos (concentração de rejeito piritoso), granulometria do material depositado, grau de compactação, entre outros...

Devemos considerar ainda, alguns pontos básicos que auxiliam no esclarecimento dos fenômenos que geram a acidez nos recursos hídricos que recebem efetiva contribuição da mineração do carvão, entre eles:

- A valores de pH maiores que 1, o enxofre hexavalente - S (VI) - está presente preferencialmente como SO_4^{2-} ou HSO_4^- .

- A precipitação de hidróxido férrico começa a ocorrer a pH maior que 3, gerando no leito dos rios uma coloração vermelho-amarelada, comum na região carbonífera.

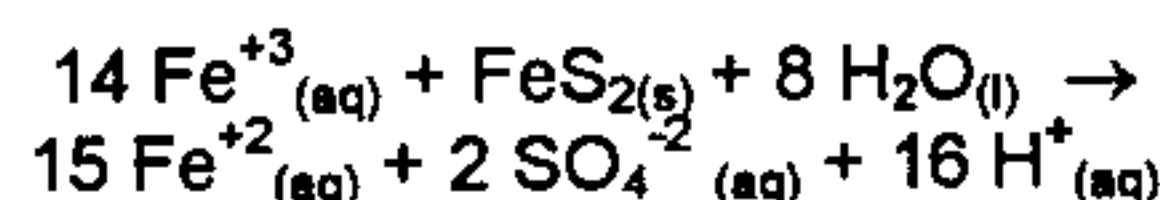
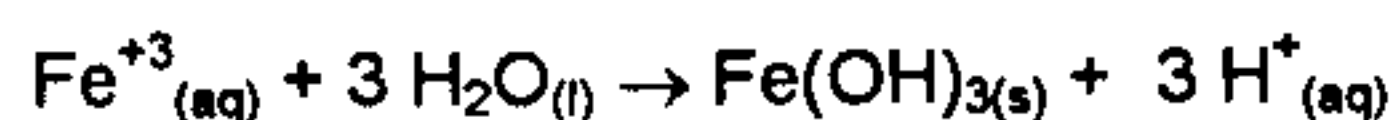
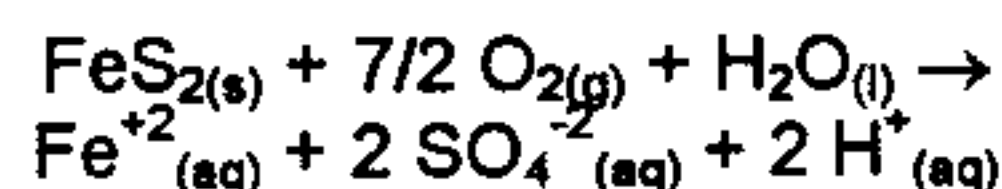
- Desta forma, a solubilidade do ferro férrico é limitada por seu hidróxido quase insolúvel, mesmo quando o pH encontra-se abaixo dos limites permitidos pela legislação (mínimo de 6,0), como normalmente ocorrem nestas águas.

- Quanto a oxidação de Fe^{+2} pelo oxigênio, admite-se que a reação se processa rapidamente a altos pHs, com um t50 (tempo para reação de 50% do material) de 4 minutos a $\text{pH} \cong 7$ e condições de pressão e temperatura ade-

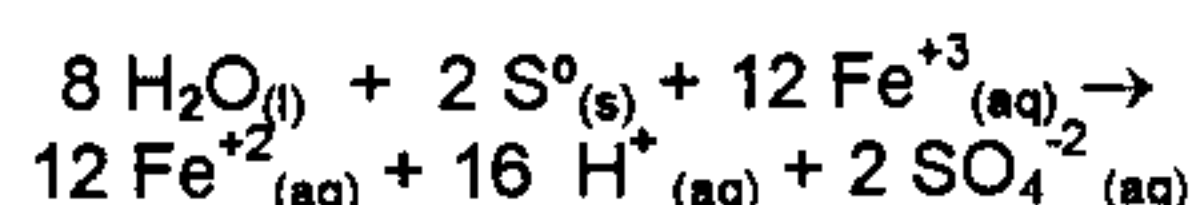
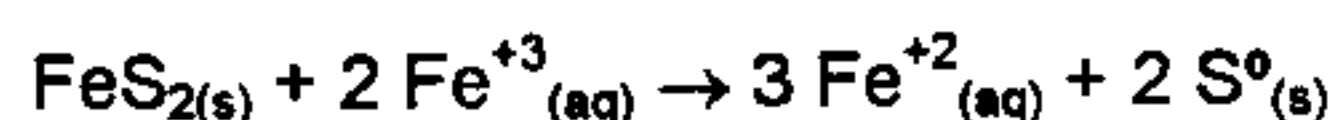
quadas.

- Em $\text{pH} \cong 4,5$ o T50 aumenta para cerca de 300 dias. Em meios com pH menor que 2,0 a velocidade de reação independe do pH, com o t50 de 2000 dias. Este fenômeno demonstra que a neutralização das águas ácidas promove também a remoção de ferro.

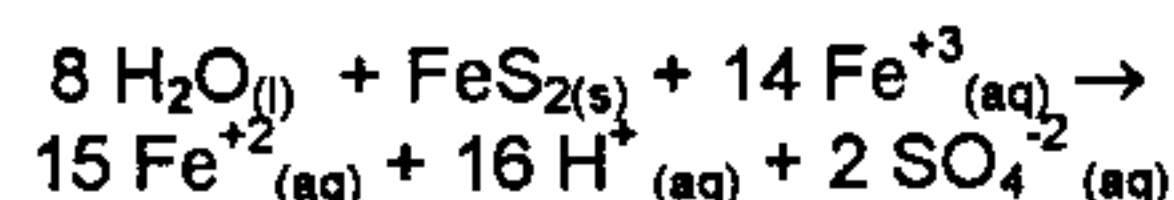
- A seqüência de reações abaixo tem sido proposta para a oxidação de pirita a valores de pH maiores que 3, após exposição ao oxigênio durante as operações de lavra ou em um córrego onde se descarrega drenagem ácida de minas subterrâneas ou efluentes originados nas plantas de beneficiamento de carvão.



Tanto na presença como na ausência de oxigênio, a oxidação da pirita é efetuada possivelmente pelo Fe(III) a pH abaixo de 2. A velocidade de reação aumenta com o crescimento da proporção Fe(III)/Fe(II).

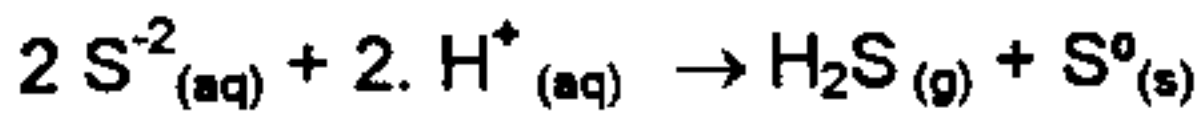
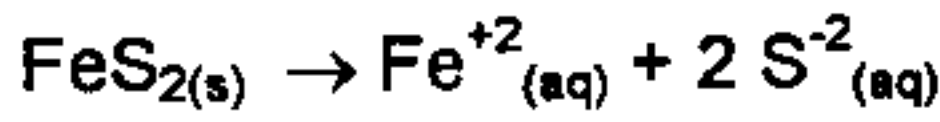


cujas equações, somadas dão:

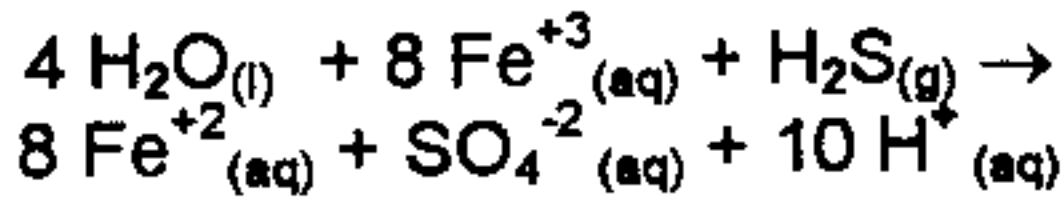


Nota-se que o Fe(III) oxida o FeS_2 tanto quanto o O_2 .

Sulfetos e polissulfetos também podem participar da oxidação de materiais piritosos, especialmente na ausência de oxigênio. É possível que uma parte do FeS_2 dissocie diretamente em íons Fe^{+2} e S^{2-} com subsequente decomposição de íons S^{2-} na solução fortemente ácida:



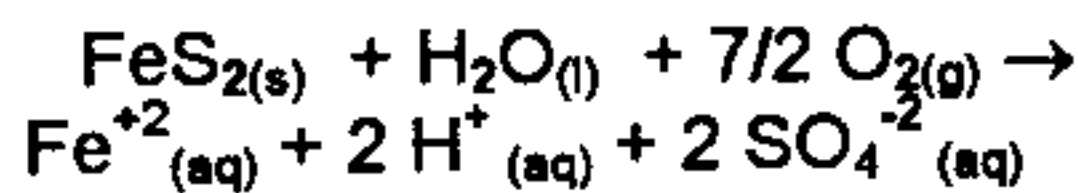
O residual de H₂S formado pode, então, reduzir o Fe(III) oxidando-se à sulfato, conforme a reação:



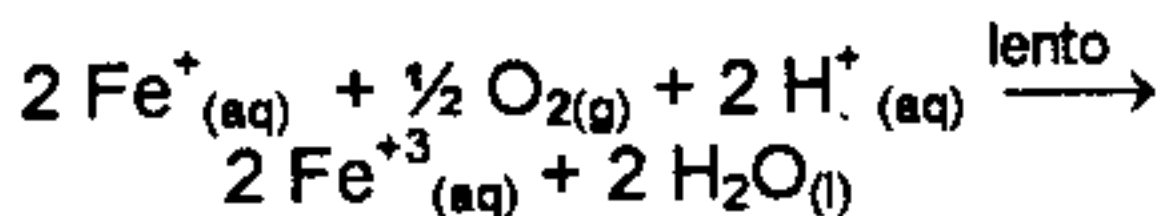
Nota-se que entre os produtos da reação sempre ocorre a formação dos íons H⁺ e SO₄⁻², evidenciando a relação entre os baixos valores de pH encontrados na maior parte dos rios monitorados neste projeto, e as altas concentrações de sulfatos.

O modelo abaixo descreve o mecanismo mais provável de oxidação dos materiais piritosos, em presença de oxigênio e população bacteriana adequada:

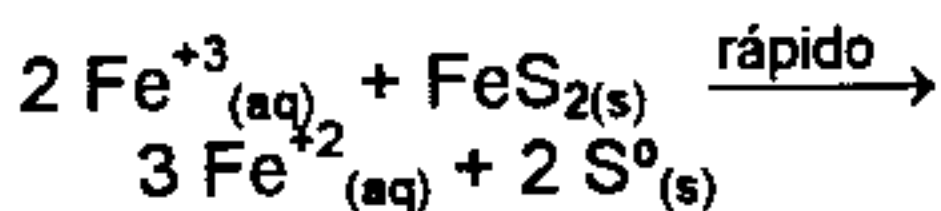
1. Inicialmente, a pirita é convertida quimicamente a sulfato ferroso que, à medida que se forma, dissocia-se em íons Fe⁺² e SO₄⁻²



2. No meio ácido, o Fe⁺² resultante quase não sofre oxidação química, mas é oxidado pelo *Thiobacillus ferroxidans*.

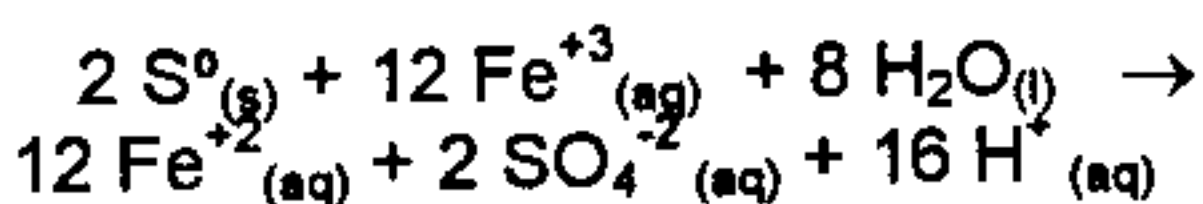


3. O Fe(III) formado na reação anterior, se o pH for menor que 3, é rapidamente convertido, a medida que se forma, em Fe(II)

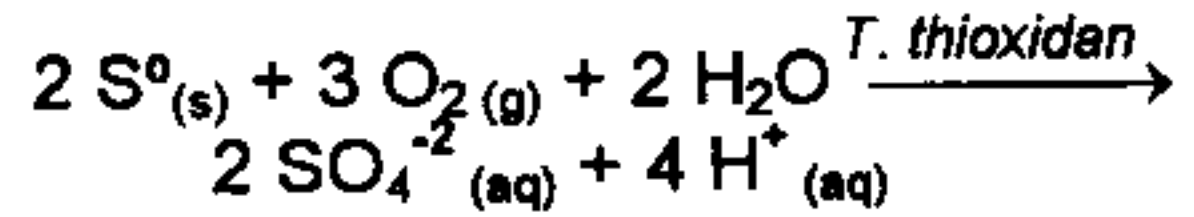


Se o pH for maior que 3, a precipitação do Fe(OH)₃ começa a ocorrer.

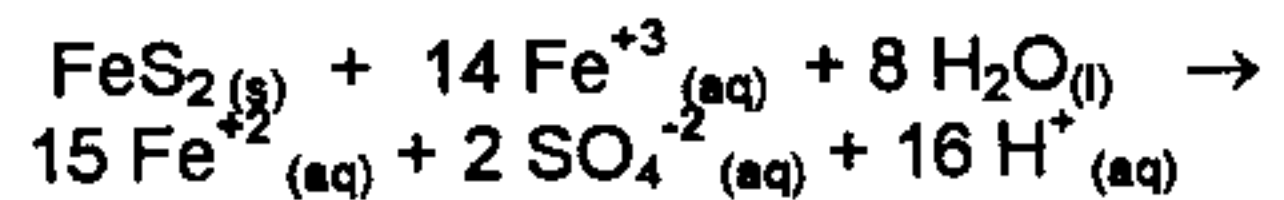
4. O enxofre elementar, resultante da oxidação da pirita, é oxidado pelo íon férrico.



ou é oxidado pelo oxigênio, caso em que o S⁰ produzido na etapa 3 é convertido a sulfato por *T. thioxidans*

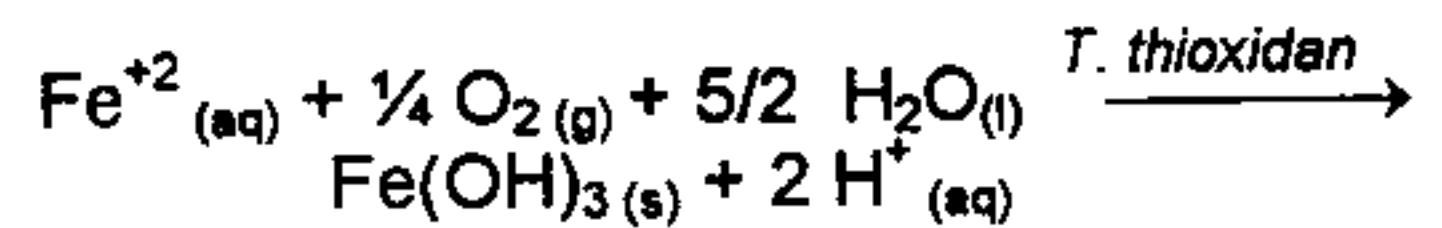
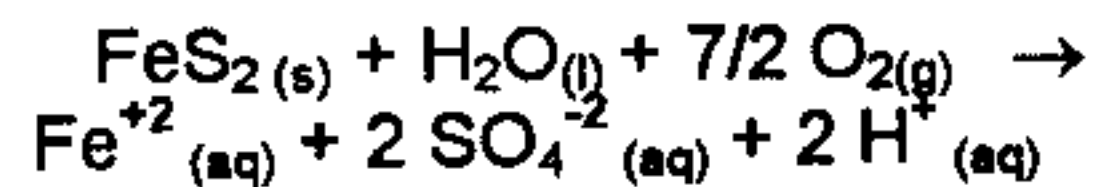


O Fe⁺² produzido é, então, submetido à nova ação microbiana por *T. ferroxidans*, através da etapa 2. Estabelece-se, assim, um ciclo em que o Fe(III) formado por ação microbiana reage com a pirita:



Este ciclo permanece até que a pirita acessível aos agentes de reação tenha sido consumida.

A medida que a pirita se consome e o ácido gerado vai se neutralizando por processos naturais de depuração, a elevação de pH conseqüentemente faz com que a etapa 3 deixe de ter relevância e a sequência de reações é modificada pela precipitação do Fe(OH)₃:



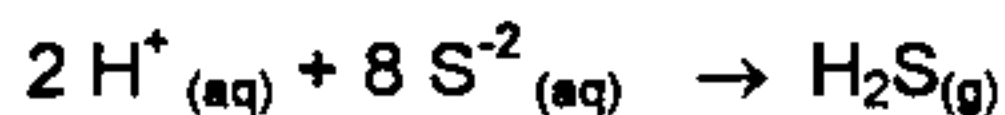
Essa alteração, implica como se pode observar, na produção de íons H⁺ resultando numa piora na qualidade dos recursos hídricos.

Processos de auto-depuracão e recuperação natural

As concentrações de acidez e sulfato em cursos d'água que recebem contribuição por mineração de carvão, normalmente são reduzidas através de uma série de estágios sucessivos, como observados acima e com redução concomitante dos cátions predominantes: Fe, Al, Ca, Mg.

A adição de matéria orgânica acelera bastante este processo, tomando-se um fator limitante para a velocidade de auto-recuperação destas águas.

A matéria orgânica acrescida através de fontes externas, constitui-se na fonte de carbono orgânico necessária às bactérias redutoras de sulfato, cujo metabolismo retira energia da redução do sulfato, liberando íons sulfeto como resíduo, que imediatamente combinam-se com dois íons hidrogênio:



O produto resultante, a baixos pHs, é liberado na atmosfera como gás sulfídrico. Este constitui o mecanismo de transporte responsável pela redução da acidez na recuperação natural e acelerada das águas ácidas. Através da literatura, conclui-se que a partir da adição de uma grande variedade de materiais orgânicos, as bactérias sulfato-redutoras podem utilizar qualquer carbono orgânico biodegradável, desde que as cargas sejam suficientemente altas para atingir a anaerobiose.

A reação total poderia ser assim descrita:



Além dos fenômenos microbiológicos, cabe ressaltar que alguns argilo-minerais, como a montmorilonita, gibsitita e caulinita, produzem efeitos de decréscimo de acidez com consequente acréscimo no valor de pH, reduzindo também as concentrações de íons metálicos dissolvidos nestas águas.

O aumento no valor de pH devido à redução bacteriana de sulfatos pode ser comparado a uma curva de titulação ácido - base, na qual o ácido ao invés de ser neutralizado por uma base, é reduzido por combinação com íon sulfeto e liberado para atmosfera como gás sulfídrico.

Resumindo, o processo envolvido na recuperação de corpos d'água acidificados devido à mineração, é a neutralização biologicamente catalizada de um sistema tampão. É essencial para este processo que existam condições anaeróbicas e suprimento de carbono necessário para a redução bacteriana eficiente de acidez e sulfatos.

5 - Discussão dos Resultados

As médias das 10 campanhas realizadas neste trabalho, conforme apresentado na **Tabela 21**, permitem realizar algumas considerações:

- O IQA - Índice de Qualidade da Água aplicado para a realidade das drenagens superficiais do município, não apontou um resultado condizente com a realidade, uma vez que rios como o Criciúma, Maina e Sangão, principalmente, não podem, nas condições atuais, ser classificados com condição boa ou aceitável para abastecimento público.
- Desta maneira, toma-se necessário, quando da realização de um programa de monitoramento, uma avaliação preliminar das condições regionais, visando selecionar a metodologia de classificação mais adequada às características de cada região.
- Para o caso em estudo, Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma, como não havia possibilidade de ser realizada análise de turbidez, propomos a distribuição do valor atribuído a este parâmetro (w_i) igualmente entre pH (por ser dentre os parâmetros do IQA, o que mais indica contaminação por resíduos de mineração) e sólidos totais, por entendermos que este parâmetro tem uma relação proporcional à turbidez.
- Mesmo assim, o resultado obtido com esta alternativa não forneceu um enquadramento condizente com a realidade das águas monitoradas. Uma explicação lógica para a não

aplicação do IQA nos rios que recebem contribuição de carvão pode ser assim resumida:

- Os baixos pHs encontrados não permitem a sobrevivência dos organismos do tipo coliformes e este parâmetro contribui com 15 % do peso no cálculo do IQA;
- Fosfato, nitrogênio e matéria orgânica têm propriedade de formar complexos em presença de metais, principalmente ferro, precipitando junto com os mesmos, o que provavelmente é a causa dos baixos valores destes parâmetros, principalmente, nos rios Criciúma, Maina e Sangão. Nitrogênio e fósforo somam 20 % do peso no cálculo do IQA;
- Desta maneira, obtivemos nos rios monitorados uma falsa idéia de que se estes parâmetros estão de acordo com os padrões estabelecidos, ou seja, os rios encontram-se em boas condições, pois, coliformes fecais, nitrogênio e fosfato contribuem com 35 % na influência do enquadramento no IQA.
- Os **Gráficos 1 e 2** e as **Tabelas 22 a 27** apresentam a classificação dos recursos hídricos do município de acordo com o IQA;
- Estas deficiências da metodologia de aplicação do IQA, fortalecem a adoção do Índice de Toxicidade. Os parâmetros selecionados para avaliação do IT neste estudo foram manganês, chumbo, cobre, cromo total e zinco.

Tabela 21: Média das 10 campanhas realizadas.

Parâmetro	RC 01	RC02	RC03	RC 04	RC 05	RM 01	RM 02	RS 01	RS 02	RS 03	RLA 01	RLA 02	RLA 03	RRD 01	RRD 02	CE 01	CE 02	CQL 01
pH	3,88	5,60	6,62	6,52	4,56	2,63	2,70	2,68	2,72	2,74	3,14	3,12	3,47	3,54	3,89	6,34	6,69	6,68
Acidez total (mg/l)	39,38	103,81	38,66	26,96	170,22	2.677,87	1.406,55	879,16	1.143,49	871,56	197,80	157,50	153,26	80,31	51,13	19,33	30,68	28,96
Sólidos totais (mg/l)	412,50	1.011,80	889,10	861,50	660,40	5.168,30	3.987,70	1.898,00	2.701,10	2.397,40	602,50	1.367,90	604,33	415,60	250,00	143,38	231,40	174,80
Oxigênio dissolvido (mg/l)	7,90	1,32	1,57	0,89	0,25	0,40	0,30	4,18	0,19	1,55	1,94	3,50	2,58	6,76	6,12	4,82	2,74	4,10
DBO 5 (mg/l)	4,98	235,20	378,24	481,92	69,01	38,31	15,90	8,24	16,73	12,23	21,15	14,64	10,14	12,67	13,53	5,24	18,92	25,16
DQO (mg/l)	31,07	796,34	1.010,97	779,27	287,38	111,31	70,55	35,64	74,69	44,17	45,23	42,24	30,94	35,41	38,12	17,78	50,20	82,60
Detergentes (ABS) (mg/l)	<0,05	2,46	0,05	0,76	0,53	33,00	32,70	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Fosfato total (mg/l)	0,04	0,26	0,41	0,49	0,91	1,02	0,82	0,61	0,63	0,73	0,01	1,01	0,02	0,84	1,05	1,01	1,17	0,04
Nitrogênio (mg/l)	0,58	1,50	4,28	4,82	4,16	0,46	0,53	0,36	0,79	0,78	0,30	0,27	0,76	0,10	0,14	0,00	0,91	0,36
Sulfatos (mg/l)	200,19	193,98	165,42	155,07	280,61	3.095,43	2.171,07	1.489,77	1.683,03	1.572,57	287,99	342,27	306,20	199,94	73,37	8,07	34,45	16,04
Óleos e graxas (mg/l)	2,77	44,27	44,18	73,40	24,92	8,47	11,19	7,05	6,07	4,06	0,50	1,50	NA	0,70	0,60	0,15	7,09	10,34
Cor (mg Pt/l)																		
Manganês (mg/l)	0,83	1,03	1,13	0,42	0,97	4,23	5,31	4,95	4,78	5,47	2,31	1,87	1,60	0,47	0,46	0,00	0,55	1,05
Chumbo (mg/l)	0,16	1,17	0,19	0,14	0,11	0,12	0,10	0,01	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,24	0,85
Cobre (mg/l)	0,20	1,28	0,12	0,05	0,10	0,52	0,50	3,10	1,00	0,28	0,11	0,06	0,12	0,12	0,10	0,01	0,05	0,22
Cromo total (mg/l)	0,04	0,21	0,22	0,57	0,13	0,02	0,00	0,63	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Ferro total (mg/l)	2,72	16,93	13,78	14,82	54,09	252,06	414,76	187,67	227,04	207,46	48,51	35,74	38,00	3,24	2,04	0,73	2,31	3,13
Zinco (mg/l)	0,19	9,68	2,75	2,27	0,73	4,29	4,41	3,63	3,42	3,79	0,50	0,40	0,31	0,41	0,26	0,05	0,38	0,30
Coliformes totais (NMP/100 ml)	156	183	224	234	197	2	8	2	15	2	49	60	132	23	41	49	167	232
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	52	120	142	136	111	2	aus.	aus.	aus.	aus.	30	13	56	13	29	31	109	159
Vazão (l/s)	24,43	57,83	255,22	320,44	456,60	29,58	309,11	457,89	988,11	3247,11	58,68	620,22	210,72	141,37	211,42	NA	122,22	58,91

Tabela 22: Resultado do IQA para o rio Criciúma

Parâmetro	wi	RC 01			RC 02			RC 03			RC 04			RC 05		
		Média	qi	wi x qi	Média	qi	wi x qi	Média	qi	wi x qi	Média	qi	wi x qi	Média	qi	wi x qi
OD	0.17	7.90	83	14.11	1.32	4	0.68	1.57	8	1.36	0.89	4	0.68	0.25	0	0.00
DBO5	0.10	4.98	58	5.80	235.20	2	0.20	378.24	2	0.20	450.22	2	0.20	69.01	2	0.20
Coliformes Fecais	0.15	52.00	79	11.85	130.00	55	8.25	142.00	49	7.35	136.00	52	7.80	111.00	62	9.30
Temperatura	0.10	0.00	92	9.20	0.00	92	9.20	0.00	92	9.20	0.00	92	9.20	0.00	90	9.00
pH	0.16	3.88	10	1.60	5.70	42	6.72	6.64	80	12.80	6.52	75	12.00	4.56	15	2.40
Nitrogênio	0.10	0.58	90	9.00	1.50	80	8.00	4.28	68	6.80	4.82	70	7.00	4.16	73	7.30
Fósforo	0.10	0.01	99	9.90	0.08	97	9.70	0.13	95	9.50	0.16	92	9.20	0.30	70	7.00
Sólidos Totais	0.12	412.50	45	5.40	1 010.00	32	3.84	889.00	32	3.84	862.00	32	3.84	660.00	32	3.84
Total	1,00			66.86			46.59			51.05			49.92			39.04

Tabela 23: Resultado do IQA para o rio Sangão

Parâmetro	wi	RS 01			RS 02			RS 03		
		Média	qi	wi x qi	Média	qi	wi x qi	Média	qi	wi x qi
OD	0.17	4.18	32	5.44	0.19	0	0.00	1.65	6	1.02
DBO5	0.10	8.02	34	3.40	16.73	17	1.70	12.23	24	2.40
Coliformes Fecais	0.15	0.00	100	15.00	0.00	100	15.00	0.00	100	15.00
Temperatura	0.10	0.00	92	9.20	0.00	92	9.20	0.00	92	9.20
pH	0.16	2.68	4	0.64	2.72	4	0.64	2.74	4	0.64
Nitrogênio	0.10	0.36	95	9.50	0.79	90	9.00	0.78	90	9.00
Fósforo	0.10	0.17	93	9.30	0.19	85	8.50	0.24	79	7.90
Sólidos Totais	0.12	1 765.00	32	3.84	2 701.00	32	3.84	2 397.00	32	3.84
Total	1,00			56.32			47.88			49.00

Tabela 24: Resultado do IQA para o rio Maina

Parâmetro	w	RM 01			RM 02		
		Média	qi	w x qi	Média	qi	w x qi
OD	0.17	0.40	2	0.34	0.30	2	0.34
DBO5	0.10	38.31	2	0.20	15.90	18	1.80
Coliformes Fecais	0.15	2.00	100	15.00	0.00	100	15.00
Temperatura	0.10	0.00	92	9.20	0.00	92	9.20
pH	0.16	2.63	4	0.64	2.70	4	0.64
Nitrogênio	0.10	0.46	95	9.50	0.53	95	9.50
Fósforo	0.10	0.28	75	7.50	0.27	74	7.40
Sólidos Totais	0.12	5 168.00	32	3.84	3 988.00	32	3.84
Total	1,00			46.22			47.72

Tabela 25: Resultado do IQA para o rio Linha Anta

Parâmetro	w	RLA 01			RLA 02			RLA 03		
		Média	qi	w x qi	Média	w	w x qi	Média	qi	w x qi
OD	0.17	1.94	12	2.04	3.50	0.17	3.74	2.80	20	3.40
DBO5	0.10	21.15	10	1.00	14.64	0.10	1.90	10.13	31	3.10
Coliformes Fecais	0.15	10.00	83	12.45	13.00	0.15	14.25	56.00	75	11.25
Temperatura	0.10	0.00	92	9.20	0.00	0.10	9.20	0.00	92	9.20
pH	0.16	3.14	6	0.96	3.12	0.16	0.96	3.47	8	1.28
Nitrogênio	0.10	0.30	95	9.50	0.27	0.10	9.50	0.76	92	9.20
Fósforo	0.10	0.00	100	10.00	0.33	0.10	6.80	0.33	68	6.80
Sólidos Totais	0.12	603.00	32	3.84	1 368.00	0.12	3.84	1 232.00	32	3.84
Total	1,00			48.99			50.19			48.07

Tabela 26: Resultado do IQA para o rio Ronco d'Água

Parâmetro	wi	RRD 01			RRD 02		
		Média	qi	wi x qi	Média	qi	wi x qi
OD	0.17	6.76	80	13.60	6.12	60	10.20
DBO5	0.10	13.44	24	2.40	13.53	24	2.40
Coliformes Fecais	0.15	13.00	95	14.25	2.90	85	12.75
Temperatura	0.10	0.00	92	9.20	0.00	92	9.20
pH	0.16	3.57	8	1.28	3.89	9	1.44
Nitrogênio	0.10	0.10	95	9.50	0.14	95	9.50
Fósforo	0.10	0.24	76	7.60	0.00	100	10.00
Sólidos Totais	0.12	416.00	48	5.76	250.00	67	8.04
Total	1,00			63.59			63.53

Tabela 27: Resultado do IQA para os córregos Eldorado e Quarta Linha

Parâmetro	wi	CE 01			CE 02			CQL 01		
		Média	qi	wi x qi	Média	qi	wi x qi	Média	qi	wi x qi
OD	0.17	4.79	32	5.44	2.83	20	3.40	4.33	33	5.61
DBO5	0.10	5.06	57	5.70	18.92	12	1.20	21.07	10	1.00
Coliformes Fecais	0.15	27.00	84	12.60	60.00	71	10.65	139.00	45	6.75
Temperatura	0.10	0.00	92	9.20	0.00	92	9.20	0.00	92	9.20
pH	0.16	6.33	65	10.40	6.69	85	13.60	6.66	80	12.80
Nitrogênio	0.10	0.02	100	10.00	0.98	90	9.00	0.36	95	9.50
Fósforo	0.10	0.33	68	6.80	0.07	97	9.70	0.01	99	9.90
Sólidos Totais	0.12	227.00	70	8.40	231.00	70	8.40	175.00	77	9.24
Total	1,00			68.54			65.15			64.00

Gráfico 1: Classificação dos rios Criciúma, Maina e Sangão, conforme seus IQA's.

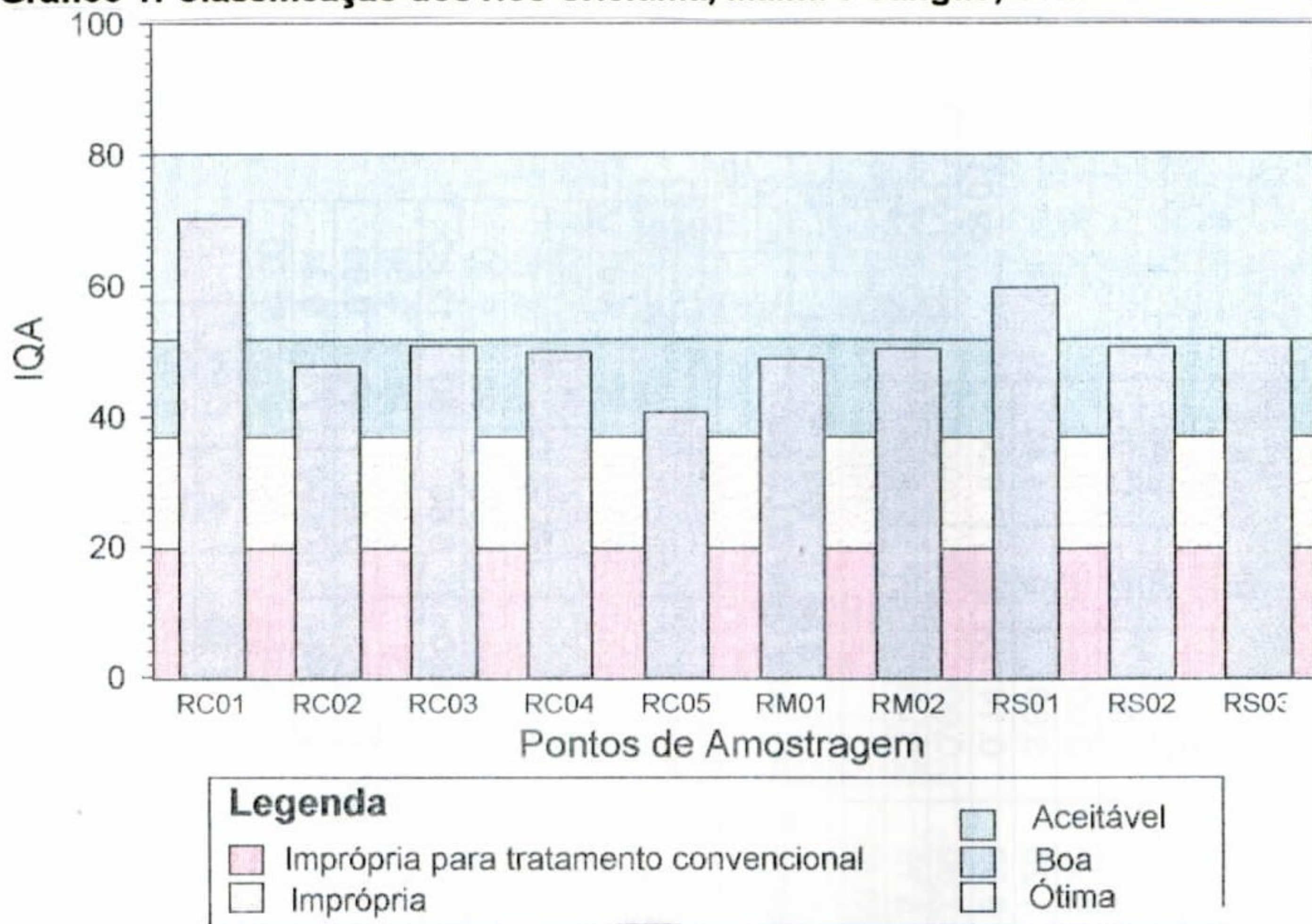
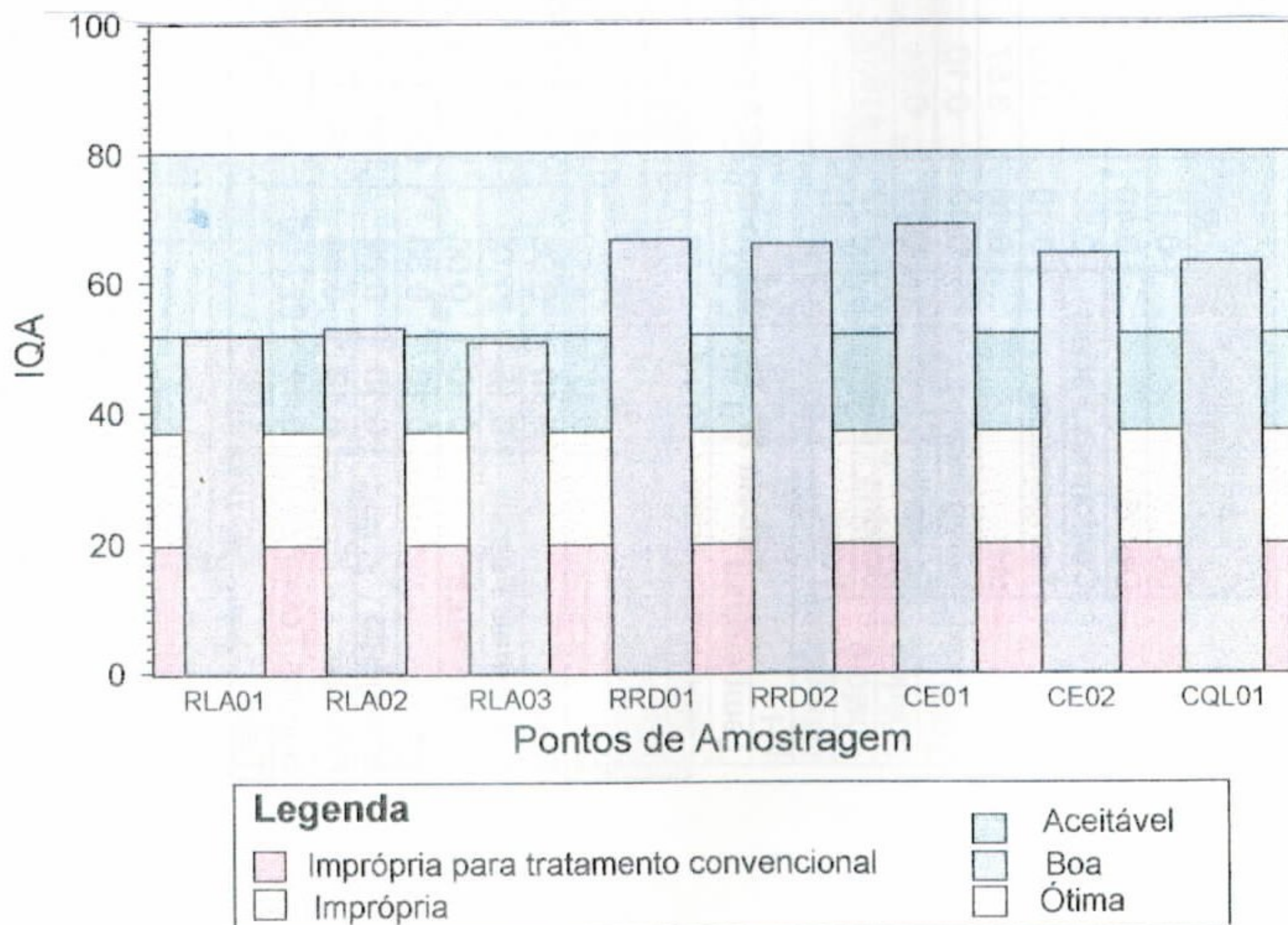


Gráfico 2: Classificação dos rios Linha Anta e Ronco d'Água e córregos Eldorado e Quarta Linha, conforme seus IQA's.



Nota: com a aplicação do IT, apenas CE01, RRD01 e RRD02 mantêm a mesma classificação do IQA. Os demais pontos são reclassificados como impróprios para tratamento convencional.

As Tabelas 28 e 29 apresentam os valores médios destes parâmetros em cada estação de monitoramento, comparando com os

padrões estabelecidos para águas de classe III na Resolução nº 20/86 do CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente.

Tabela 28: Parâmetros do IT encontrados nos rios Criciúma, Maina e Sangão

Parâmetro	Resolução CONAMA nº 20/86 Classe III	RC01	RC02	RC03	RC04	RC05	RM 01	RM02	RS01	RS02	RS03
Manganês (mg/l)	0,5	0,83	1,03	1,13	0,42	0,97	4,23	5,31	4,95	4,78	5,47
Chumbo (mg/l)	0,05	0,16	1,17	0,19	0,14	0,11	0,12	0,10	0,01	0,05	0,00
Cobre (mg/l)	0,5	0,20	1,28	0,12	0,05	0,10	0,52	0,50	3,10	1,00	0,28
Cromo total (mg/l)	0,05	0,04	0,21	0,22	0,57	0,13	0,02	0,00	0,63	0,03	0,08
Zinco (mg/l)	5,0	0,19	9,68	2,75	2,27	0,73	4,29	4,41	3,63	3,42	3,79

Tabela 29: Parâmetros do IT encontrados nos rios Linha Anta, Ronco d'Água e córregos Eldorado e Quarta Linha

Parâmetro	Resolução CONAMA nº 20/86 Classe III	RLA 01	RLA 02	RLA 03	RRD 01	RRD 02	CE 01	CE 02	CQL 01
Manganês (mg/l)	0,5	2,31	1,87	1,60	0,47	0,46	0,00	0,55	1,05
Chumbo (mg/l)	0,05	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,24	0,85
Cobre (mg/l)	0,5	0,11	0,06	0,12	0,12	0,10	0,01	0,05	0,22
Cromo total (mg/l)	0,05	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Zinco (mg/l)	5,0	0,50	0,40	0,31	0,41	0,26	0,05	0,38	0,30

Estas tabelas demonstram a contaminação dos recursos hídricos monitorados para metais pesados.

Para aplicação do IT propomos a comparação das médias obtidas das 10 campanhas de amostragem, com os parâmetros fixados no art. 6 da Resolução nº 20/86 do CONAMA (limites estabelecidos para águas de classe III).

Esta resolução prevê em seu art. 1, item IV, que as águas de classe III são destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, o que sugere uma relação com o objetivo do IQA para classificação das águas.

Aplicando-se o IT nas 18 estações de

monitoramento, observa-se que apenas a estação CE01, nascente do córrego Eldorado, e as do Rio Ronco d'Água (RRD01 e RRD02), não têm sua classificação alterada com relação ao IQA. Os demais pontos de monitoramento devem ser reclassificados, um vez que apresentaram pelo menos um dos metais tóxicos selecionados para a aplicação da metodologia do IT.

Através da metodologia do IT todos os pontos monitorados, com exceção do CE 01 e dos trechos monitorados do rio Ronco d'Água, classificaram-se como "CRÍTICA".

A Tabela 30 e os Gráficos 3 e 4 apresentam a disponibilidade de água com relação ao IQA e o IT.

Tabela 30: Classificação dos pontos de coleta de acordo com IQA e IT, ressaltando a disponibilidade de água em cada ponto.

Ponto de Amostragem	Vazão Média (l/s)	%	Classificação IQA	Classificação IT
RC01	24,43	0,32	Boa	Imprópria para tratamento convencional
RC02	57,83	0,76	Aceitável	Imprópria para tratamento convencional
RC03	55,22	3,37	Aceitável	Imprópria para tratamento convencional
RC04	320,44	4,23	Aceitável	Imprópria para tratamento convencional
RC05	456,60	6,03	Aceitável	Imprópria para tratamento convencional
RM01	29,58	0,39	Aceitável	Imprópria para tratamento convencional
RM02	309,11	4,08	Aceitável	Imprópria para tratamento convencional
RS01	457,89	6,06	Boa	Imprópria para tratamento convencional
RS02	988,11	13,05	Aceitável	Imprópria para tratamento convencional
RS03	3247,11	42,90	Aceitável	Imprópria para tratamento convencional
RLA01	58,68	0,78	Aceitável	Imprópria para tratamento convencional
RLA02	620,22	8,20	Boa	Imprópria para tratamento convencional
RLA03	210,72	2,78	Aceitável	Imprópria para tratamento convencional
RRD01	141,37	1,87	Boa	Boa
RRD02	211,42	2,79	Boa	Boa
CE01			Boa	Boa
CE02	122,22	1,61	Boa	Imprópria para tratamento convencional
CQL01	58,91	0,78	Boa	Imprópria para tratamento convencional

Gráfico 3

Disponibilidade de água de acordo com o IQA

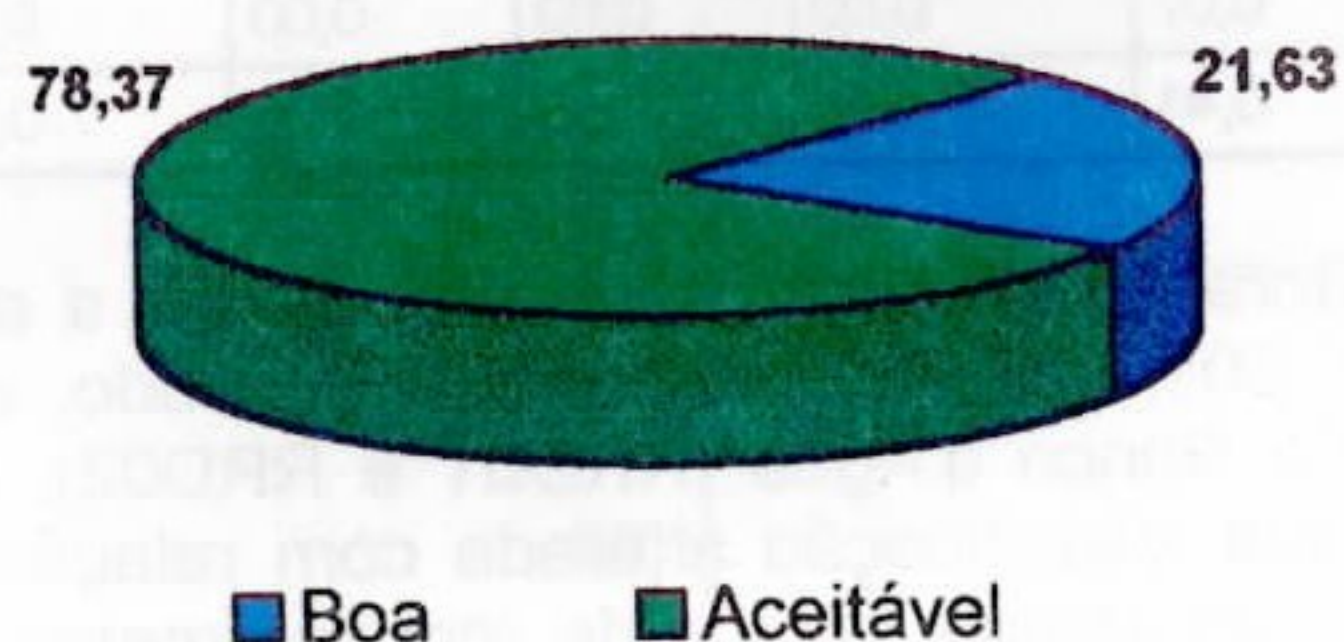


Gráfico 4

Disponibilidade de água de acordo com o IT



O **Gráfico 4** demonstra a fragilidade e o déficit de água própria para consumo após tratamento convencional, que apresenta o município de Criciúma, quando considerado o índice de toxicidade. Além disso, o fato do manganês ser o principal contaminante do IT (77,8 %) en-

contrando-se em desacordo com os padrões estabelecidos para águas de Classe III da Resolução nº 20/86 do CONAMA, torna ainda mais difícil a potabilização da água através de tratamento convencional, devido o seu alto pH de precipitação, como demonstra a **Tabela 31**.

Tabela 31 - Valor mínimo de pH para precipitação de íons metálicos como hidróxidos.

CÁTION	pH
Ferro (Fe^{+3})	4,3
Chumbo (Pb^{+2})	6,3
Cobre (Cu^{+2})	7,2
Zinco (Zn^{+2})	8,4
Ferro (Fe^{+2})	9,5
Manganês (Mn^{+2})	10,6

Nesta tabela, observa-se que o cobre, zinco, manganês e o ferro (quando presente na forma Fe^{+2}) não são removidos pelo tratamento convencional, que prevê a neutralização das águas a $\text{pH} \cong 7,00$.

Em uma análise da frequência da contaminação por metais (com exceção do ferro) nos rios do município temos: 78 % são contaminados por manganês; 50 % contaminados por chumbo; 28 % por cobre; 39 % por cromo e 5,5 % por zinco.

O chumbo e o cromo estão presentes no rio Criciúma, com exceção da RC01, fora dos limites estabelecidos pelo CONAMA. Já o cobre aparece em duas das três estações do rio Sangão, em limites superiores ao estabelecido. Manganês e chumbo são também a causa de toxidade no córrego Quarta Linha que recebe contribuição de efluentes de indústrias cerâmicas e de colorifícios. No rio Linha Anta, onde não há muita variedade na tipologia dos efluentes contribuintes, sendo que a principal, causa de degradação ambiental neste rio é proveniente das atividades relacionadas a mineração e beneficiamento de carvão mineral e, mesmo assim, não de uma forma tão intensa quanto os rios Maina e Sangão, por exemplo, o único parâmetro do IT que apresentou-se em desacordo com a Resolução nº 20/86 do CONAMA foi o

manganês. O rio Ronco d'Água apesar do seu baixo pH, não apresenta parâmetros em desacordo com o IT - índice de Toxidade.

O rio Criciúma mostrou estar degradado já na sua nascente devido a mineração de carvão, apresentando um pH abaixo dos padrões previstos para boa qualidade da água. Esse rio, apesar de receber toda a contribuição dos esgotos domésticos da parte central do município, não apresentou valores elevados de coliformes totais e fecais, como era de se esperar. O parâmetro que mais demonstra a péssima qualidade das águas do rio Criciúma é, sem dúvida, o oxigênio dissolvido, cujo valor médio encontrado é inferior a 2,0 mg O_2/l nas estações RC02, RC03, RC04 e RC05, chegando a zero em várias ocasiões de amostragem. Já a sua nascente apresentou uma boa saturação, com 7,9 mg O_2/l . É evidente a contaminação do rio Criciúma por metais, sendo que as maiores contaminações foram encontradas nos trechos compreendidos entre as estações RC02 e RC05.

A relação DQO/DBO₅ nas estações localizadas no rio Criciúma demonstra que a estação RC01 possui uma poluição eminentemente inorgânica. A medida que o rio começa a receber os esgotos domésticos esta relação diminui, conforme demonstra a Tabela 32.

Tabela 32 - Relação DQO/DBO₅ encontrada no rio Criciúma.

Parâmetro	RC01	RC02	RC03	RC04	RC05
DBO ₅ (mg/l)	4,98	267,69	378,24	481,92	69,01
DQO (mg/l)	31,07	796,34	1.010,97	779,27	287,38
DQO/DBO ₅	6.24	2.97	2.67	1.62	4.16

As Figuras 4 , 5, 6 e 7 resumem o perfil do rio Criciúma ao longo do seu percurso. Os picos encontrados, demonstram a possibilidade

de lançamentos irregulares e/ou intermitentes de efluentes industriais.

Oxigênio Dissolvido

Fonte: Laboratório FATMA/UNESC - CPRM

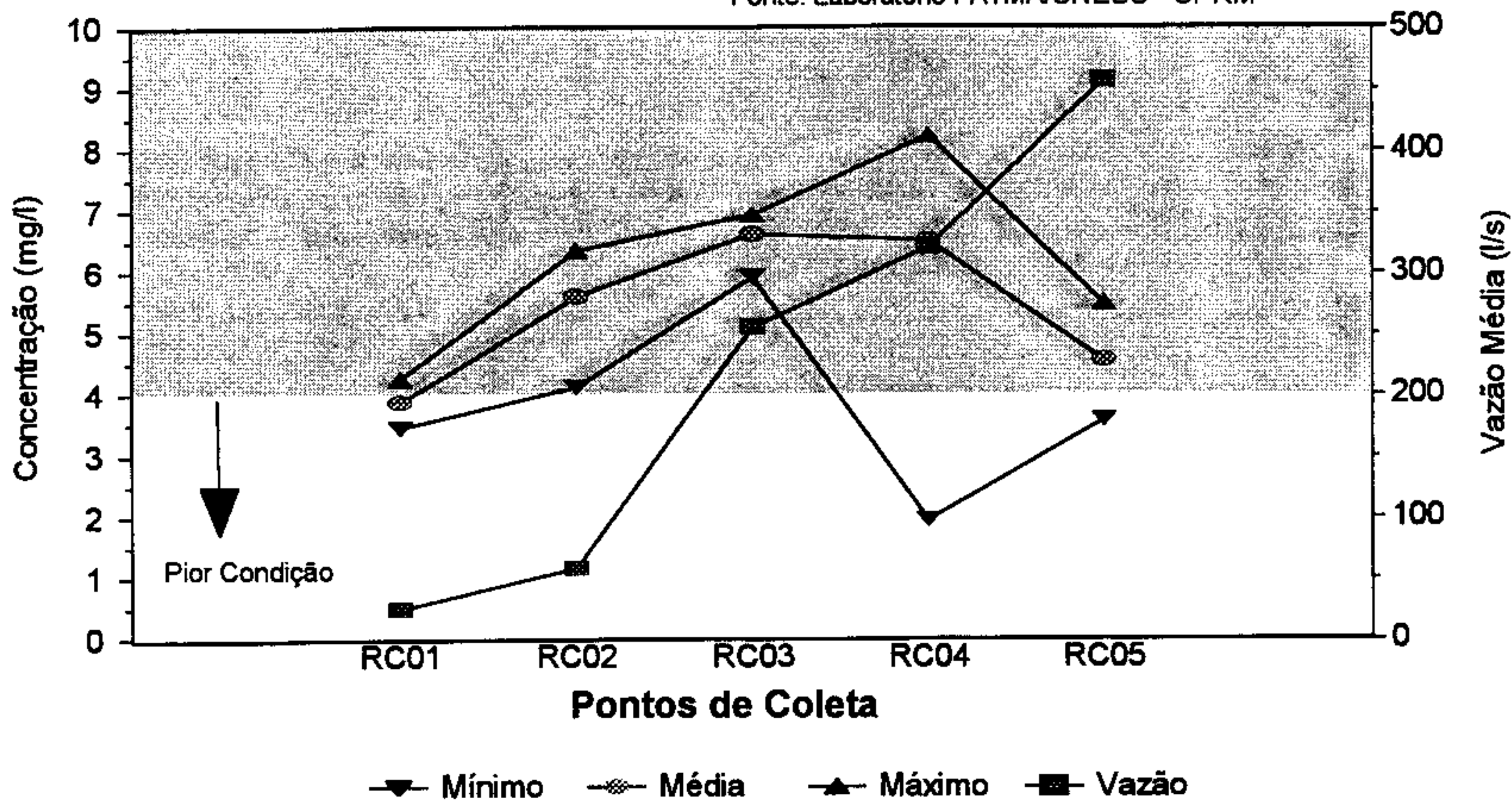
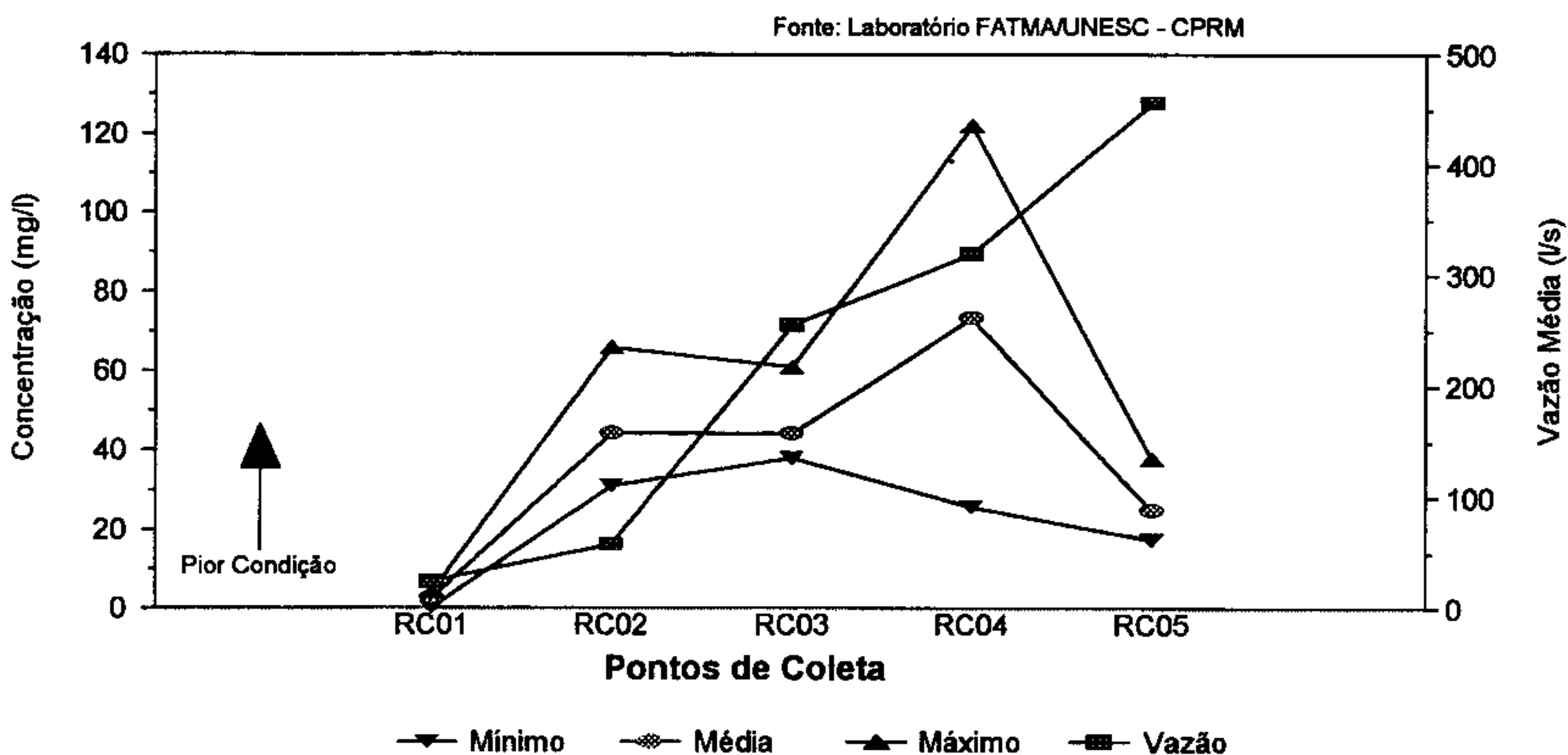


Figura 4 - Perfil da qualidade das águas do rio Criciúma

Óleos e Graxas



Ferro Total

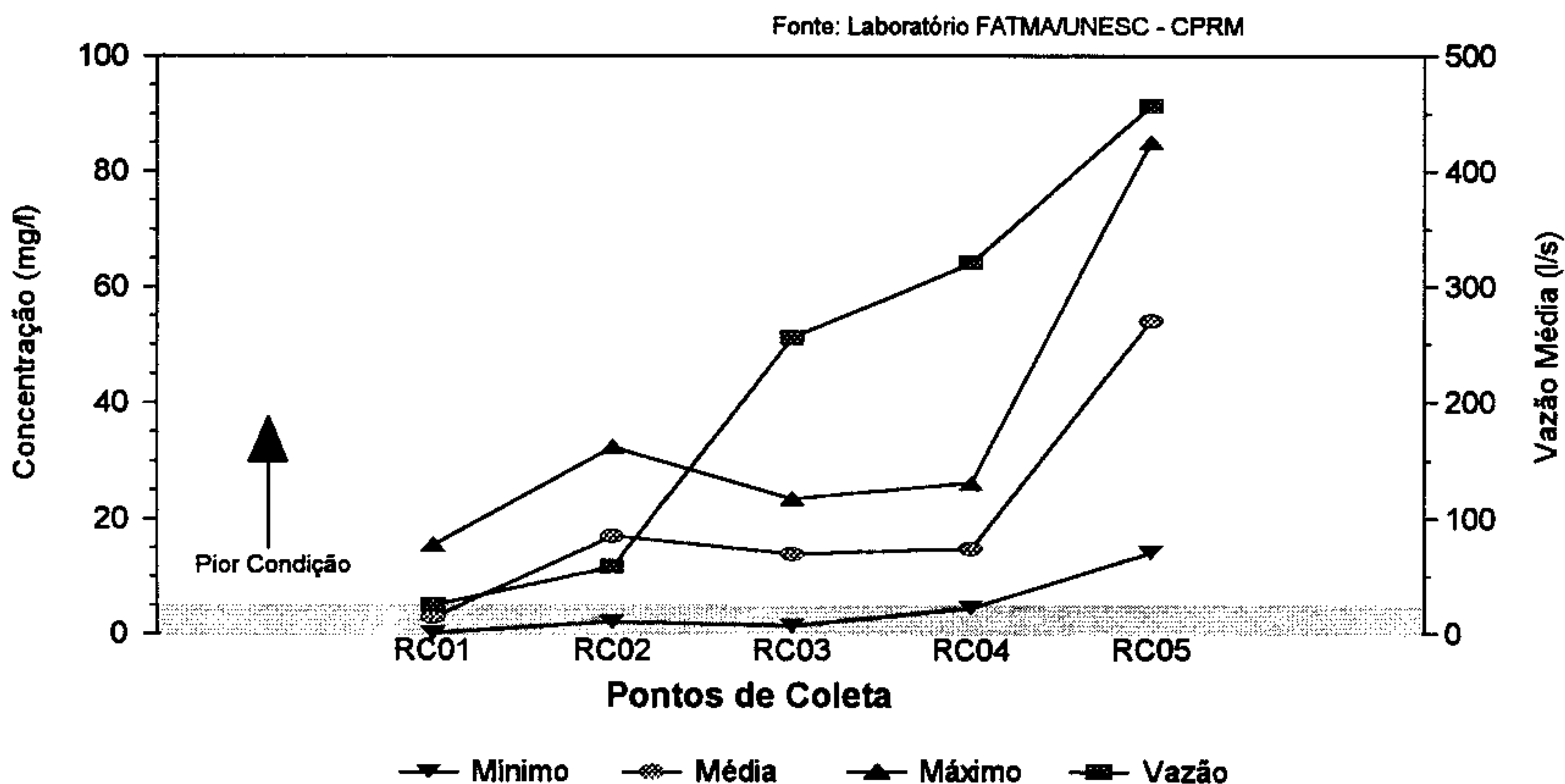
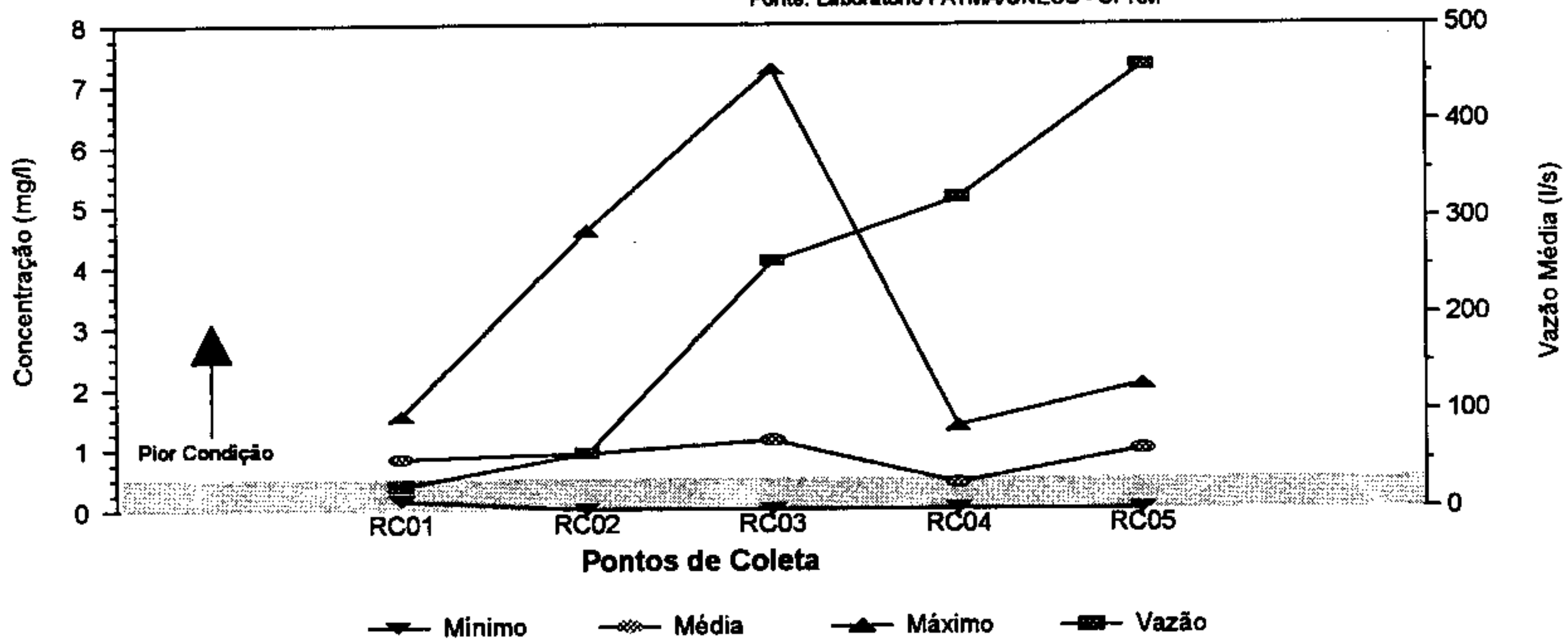


Figura 5 - Perfil da qualidade das águas do rio Criciúma

Manganês

Fonte: Laboratório FATMA/UNESC - CPRM



Cromo

Fonte: Laboratório FATMA/UNESC - CPRM

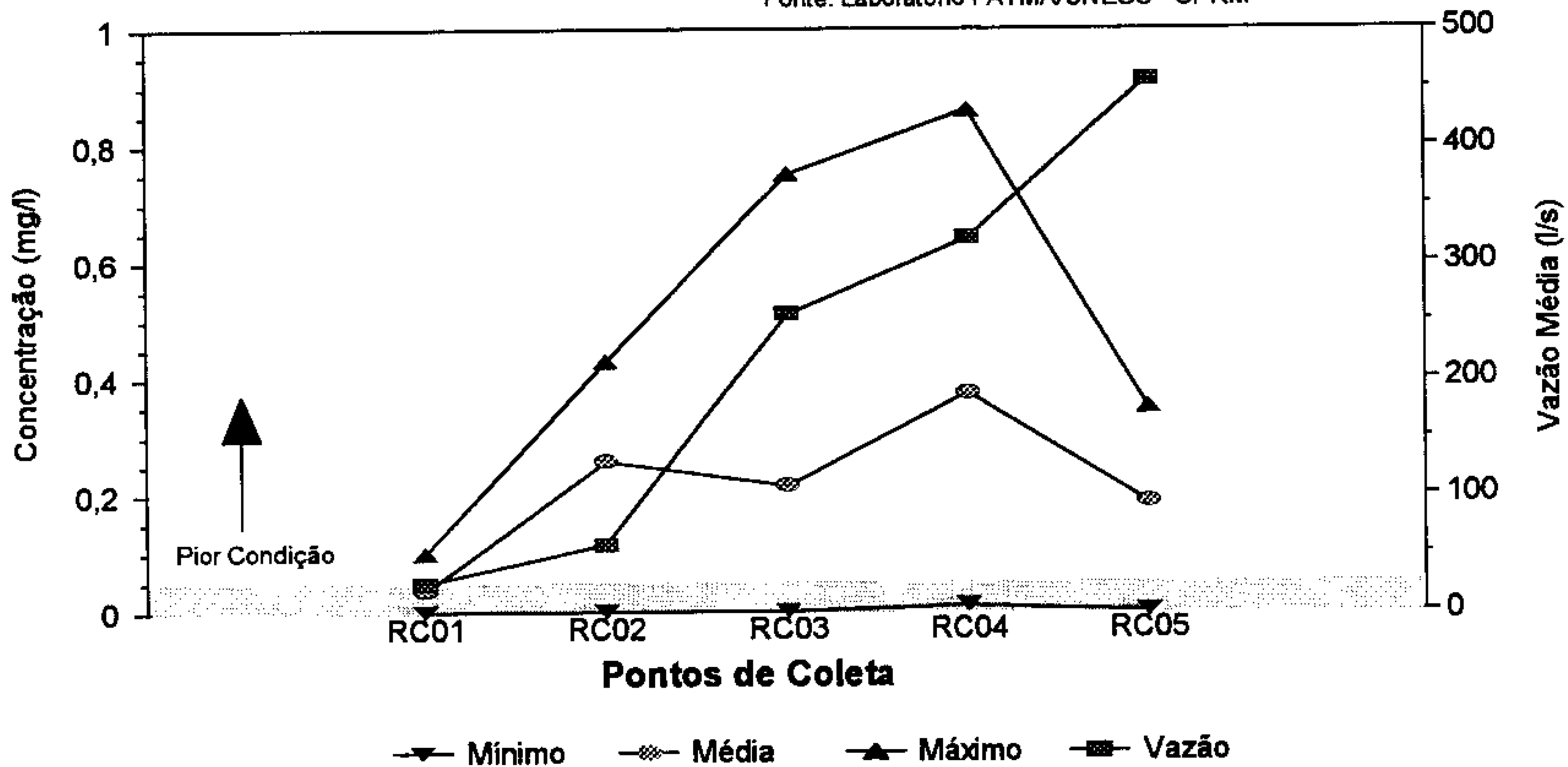


Figura 6 - Perfil da qualidade das águas do rio Criciúma

Chumbo

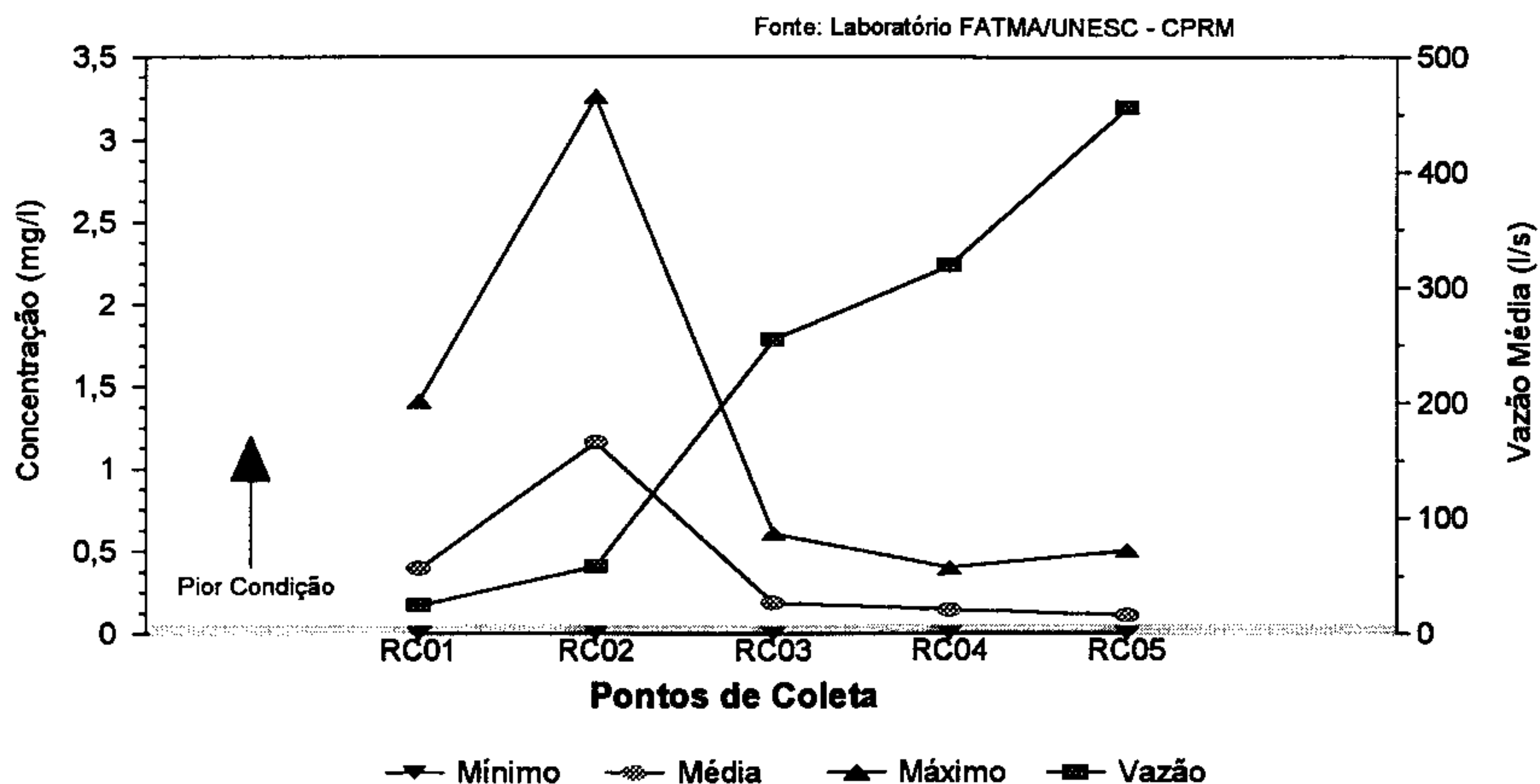


Figura 7 - Perfil da qualidade das águas do rio Criciúma

Os rios Maina e Sangão não apresentaram contaminação por coliformes, apesar de receberem a contribuição de esgotos domésticos. Mesmo nas estações RS 02 e RS 03 do rio Sangão, localizadas à jusante da confluência com o rio Criciúma, que recebe grande parte do esgoto doméstico do município, a presença de coliformes é mínima ou mesmo ausente. Isto se explica pelo pH destes rios apresentar-se abaixo de 3,0 unidades, o que inibe a sobrevivência destes organismos. Os baixos valores de pH e as altas concentrações de acidez, sulfatos e ferro total verificados nas duas estações localizadas no rio Maina e nas três do rio Sangão, demonstram a degradação dos mesmos pelas atividades ligadas à mineração de carvão, fazendo com que estes recursos hídricos apresentem qualidades impróprias para uso doméstico, industrial, irrigação, recreação e dessedentação de animais.

Destacam-se também nos rios Maina e Sangão os baixos níveis de oxigenação, que têm sua origem não só pela contribuição de esgotos domésticos, mas também pela reação de oxidação de ferro, proveniente da alteração da pirita contida nos rejeitos de mineração.

As estações localizadas no rio Linha Anta, de maneira geral, seguem a mesma regra, ou seja, degradação por atividades ligadas à mineração de carvão, principalmente minas a céu aberto que, apesar de paralisadas, contribuem para degradação dos recursos hídricos, e usinas de beneficiamento, acarretando na diminuição do pH, acidez, sulfatos e ferro total elevados. Como consequência, os valores encontrados para coliformes totais e fecais estão abaixo do esperado, sendo que em alguns pontos estão ausentes.

O rio Ronco d'Água apresenta uma condição melhor. Não apresenta índice de toxicidade (nos parâmetros estudados) e pode ser considerado uma reserva de abastecimento alternativo. A vazão média, na foz, é capaz de abastecer aproximadamente 90.000 pessoas.

A estação CE 01, localizada no córrego Eldorado, apresentou valores de fosfato acima dos padrões fixados. A provável causa desta contaminação é o fato desta estação tratar-se de uma nascente localizada em uma área onde se desenvolve cultura de banana.

A estação CE 02 apresentou contaminação por chumbo e, embora em pequenas quantidades, contaminação por manganês. Além disso, os valores de oxigênio dissolvido, DBO₅, fosfato, óleos e graxas encontram-se em desacordo com os limites estabelecidos para águas de classe III de acordo com a Resolução nº 20/86 do CONAMA.

O córrego Quarta Linha, a jusante das indústrias localizadas no distrito industrial, apresenta contaminações por metais pesados, como manganês e chumbo, além de uma coloração um pouco acentuada, provavelmente devido à contribuição das indústrias cerâmicas e químicas.

cas.

Devido a importância dos resultados obtidos pelo presente estudo, decidiu-se estender a mesma metodologia para toda a área da Bacia Carbonífera, que apresenta um comprometimento dos recursos hídricos semelhantes aos encontrados na área estudada.

Concluída a fase de informações e monitoramento inicial das 18 estações, a FATMA, FUCRI-UNESC através do NUPEA e Prefeitura Municipal, através da Secretaria do Meio Ambiente, passarão a operar de forma permanente esta rede de monitoramento.

6 - Conclusões e Recomendações

O monitoramento realizado durante 1 ano, demonstrou claramente a fragilidade em que se encontram os recursos hídricos do município. A classificação das águas de acordo com o IQA e IT mostra que somente o rio Ronco d'Água e pequeno trecho do córrego Eldorado, apresentam qualidade "boa". Todos os demais foram classificados como impróprios para uso doméstico, industrial, irrigação, recreação e dessedentação de animais. Além disso, o fato de ser o manganês o principal contaminante do IT (77,8%), torna ainda mais difícil a potabilização da água através de tratamento convencional devido ao seu alto pH de precipitação

O rio Criciúma mostrou estar degradado já na sua nascente devido a mineração de carvão, apresentando um pH abaixo dos padrões previstos para boa qualidade da água. Esse rio, apesar de receber toda a contribuição dos esgotos domésticos da parte central do município, não apresentou valores elevados de coliformes totais e fecais, como era de se esperar. O parâmetro que mais demonstra a péssima qualidade das águas do rio Criciúma é, sem dúvida, o oxigênio dissolvido, cujo valor médio encontrado é inferior a 2,0 mg O₂/l nas estações RC02, RC03, RC04 e RC05, chegando a zero em várias ocasiões de amostragem. Já a sua nascente apresentou uma boa saturação, com 7,9 mg O₂/l. É evidente a contaminação do rio Criciúma por metais, sendo que as maiores contaminações foram encontradas nos trechos compreendidos entre as estações o RC02 e RC05.

Os baixos valores de pH e as altas concentrações de acidez, sulfatos e ferro total verificados nas duas estações localizadas no rio Maina e nas três do rio Sangão, demonstram a degradação dos mesmos pelas atividades ligadas à mineração de carvão, fazendo com que estes recursos hídricos apresentem qualidades impróprias para uso doméstico, industrial, irrigação, recreação e dessedentação de animais. As estações localizadas no rio Linha Anta, de maneira geral, seguem a mesma regra.

O córrego Quarta Linha, a jusante das indústrias localizadas no distrito industrial, apresenta contaminações por metais pesados, como manganês e chumbo, além de uma coloração

um pouco acentuada, provavelmente devido à contribuição das indústrias cerâmicas e químicas.

A vazão média obtida no ponto de amostragem RRD02 corresponde 1/3 da vazão captada pela CASAN para abastecimento dos municípios de Criciúma, Forquilha e Nova Veneza.

No caso do rio Criciúma, que recebe grande parte dos despejos domésticos e industriais, e apresenta uma péssima qualidade das águas, é fundamental que se instale uma estação de tratamento de despejos domésticos. Esta estação poderá situar-se entre os pontos RC04 e RC05, isto é próximo à sua foz com o rio Sangão, onde a densidade populacional é menor que nos demais trechos. Este procedimento permitirá melhorar sensivelmente a qualidade das águas, no que diz respeito a padrões sanitários, que serão lançadas no rio Sangão.

Com relação a contaminação por metais, as Figuras 5, 6 e 7 permitem a identificação dos elementos nocivos, com teores acima dos padrões aceitáveis. Pela localização da estação que apresentou cargas elevadas de um determinado elemento, será possível chegar aos responsáveis pelo seu lançamento, permitindo aos órgãos de fiscalização a tomada de decisões corretivas cabíveis.

Além destas, as informações obtidas ao longo deste trabalho permitem tecer as seguintes recomendações:

- Preservar os mananciais que revelaram "boa" qualidade para abastecimento de água após tratamento convencional, principalmente o rio Ronco D'água que pela vazão apresentada durante o período do monitoramento, é capaz de suprir as necessidades de aproximadamente 90.000 habitantes.

- Recuperar os cursos d'água mais comprometidos, tais como rio Sangão, Criciúma e Maina, visando sua utilização futura para fins industriais ou agrícolas.

- Implantar um banco de dados sobre as condições dos recursos hídricos do município,

com programas de recuperação e/ou melhoria da qualidade das águas, além de avaliar a capacidade de autodepuração e regeneração.

- Manter em operação contínua uma rede mínima de monitoramento da qualidade das águas superficiais do município. Esta rede deverá operar com frequência trimestral, monitorando as estações RC02 e RC05 no rio Criciúma; RM02 no rio Maina; RS01 e RS02 no rio Sangão; RLA02 no rio Linha Anta, RRD01 e RRD02 no rio Ronco D'água, CE01 como ponto branco, CE02 e CQL nos córregos Eldorado e Quarta Linha (visando monitorar a influência da zona industrial do município). Sua operação ficará a cargo da FATMA/FUCRI e Secretaria do Meio Ambiente/Prefeitura Municipal de Criciúma.

Recomenda-se como parâmetros da rede contínua de monitoramento: pH, acidez, sólidos totais, sulfatos e ferro total (como parâ-

metros ligados a mineração), somados aos parâmetros do IQA e do IT.

Existe a necessidade de adaptação de uma metodologia própria para aplicação em áreas onde há contribuição de mineração de carvão, uma vez que os resíduos e despejos oriundos desta atividade interferem nos parâmetros do IQA - Índice de Qualidade da Água.

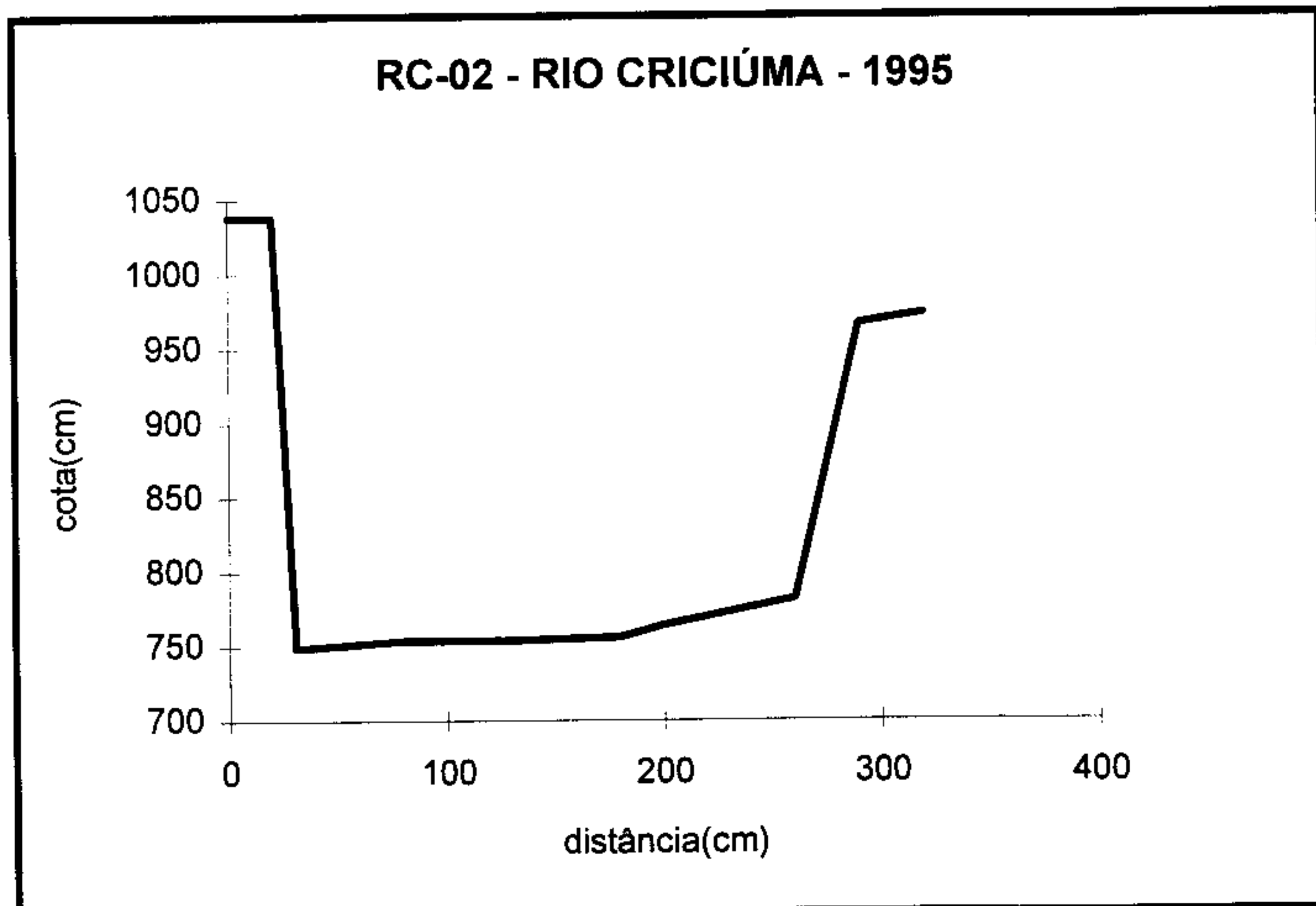
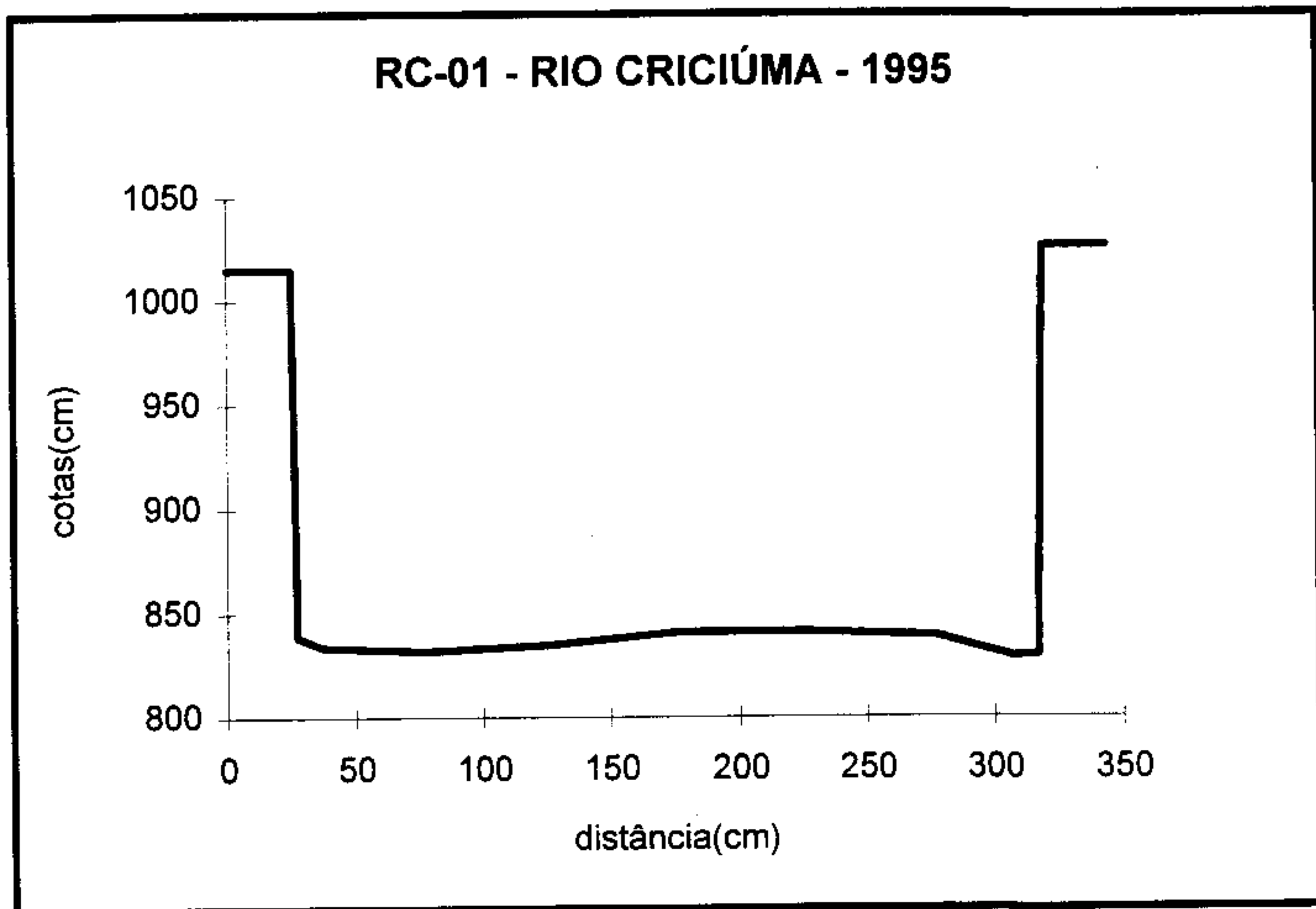
Esta metodologia já adequada, poderá ser estendida para toda a região carbonífera, abrangendo as bacias dos rios Araranguá, Urusanga e Tubarão.

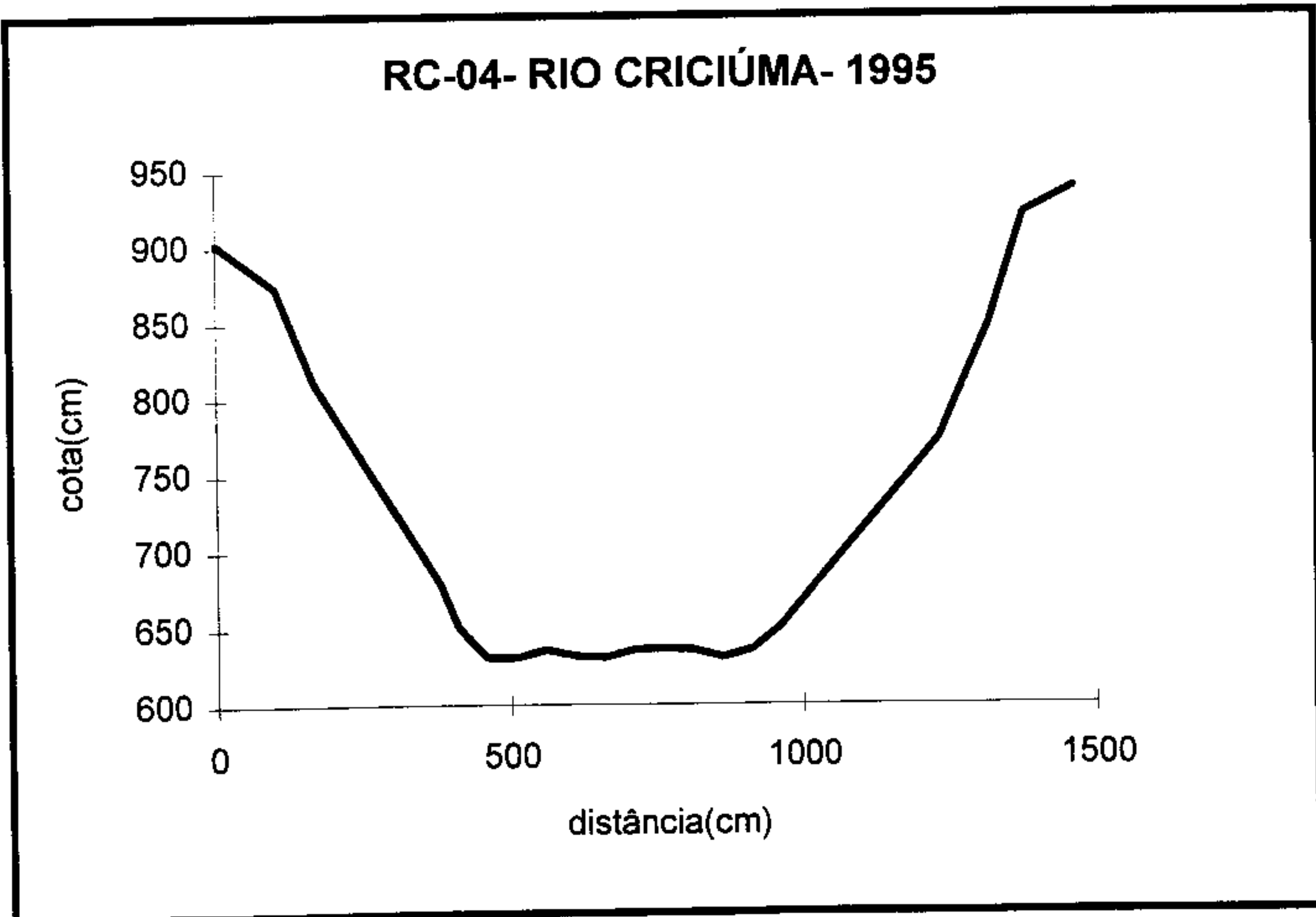
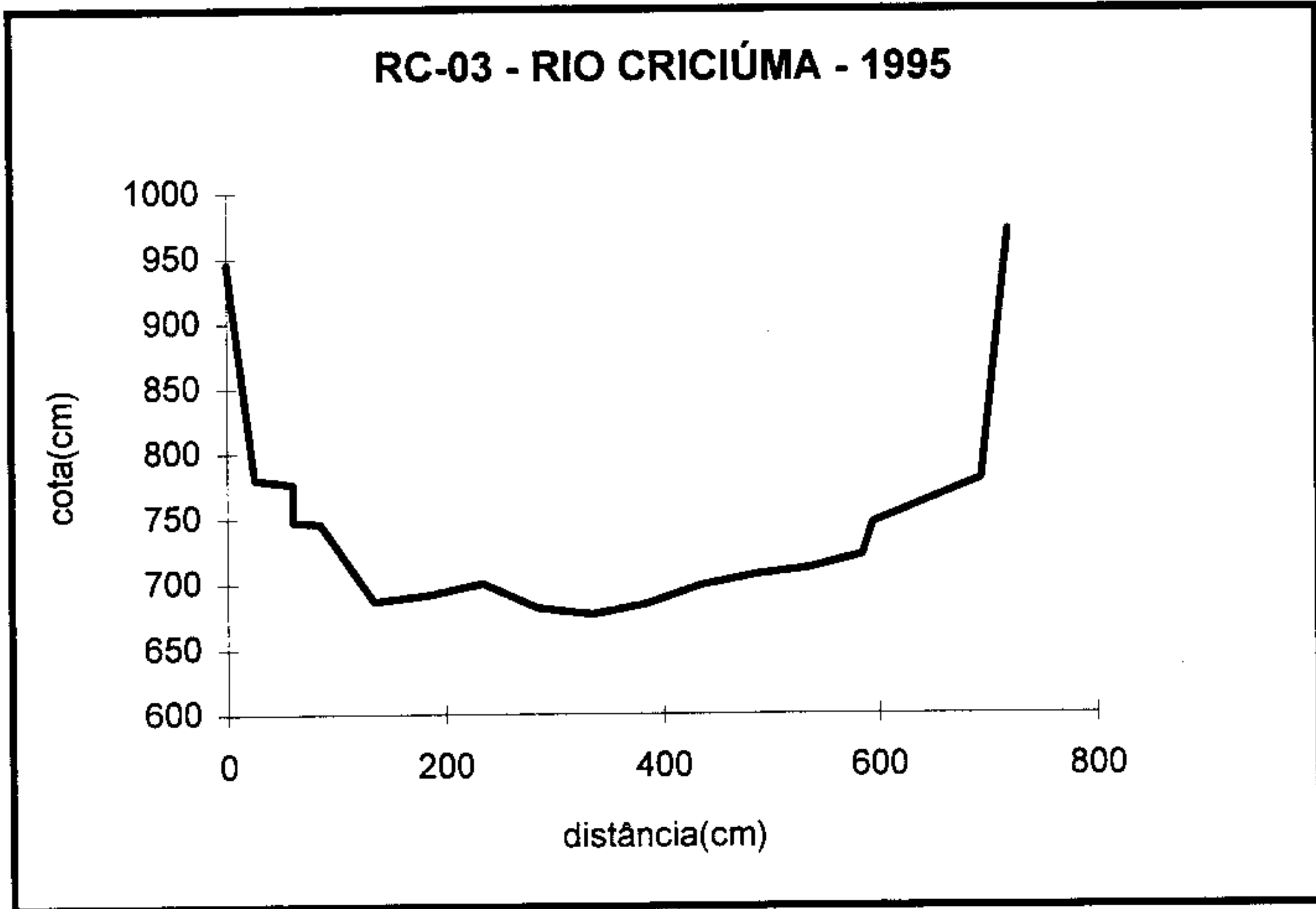
Recomenda-se ainda, quando da operação da rede mínima de monitoramento, operar-se em paralelo através de bioindicadores, visando estabelecer uma metodologia apropriada também para este parâmetro em áreas onde há comprometimento com carvão.

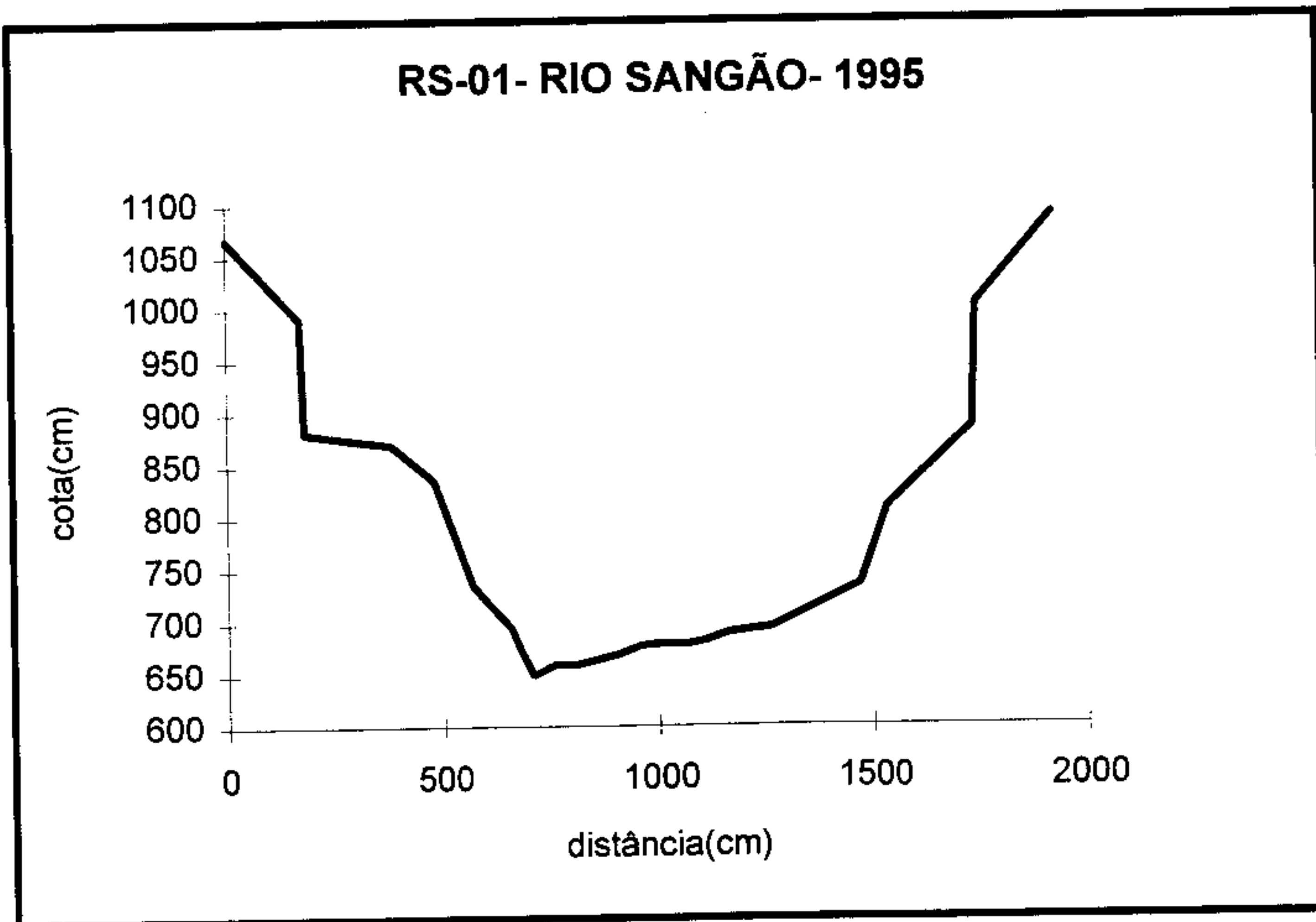
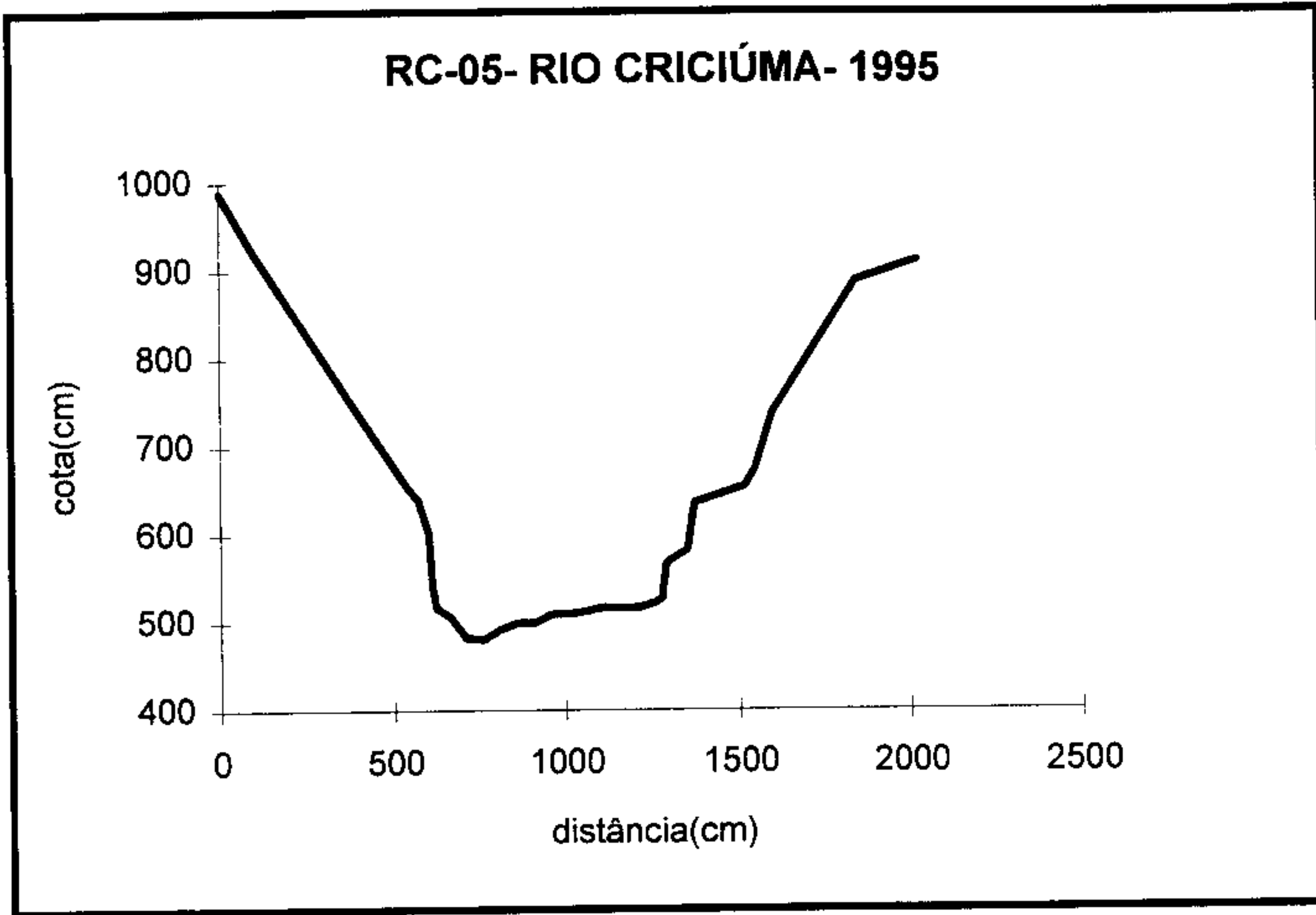
7 - Referências Bibliográficas

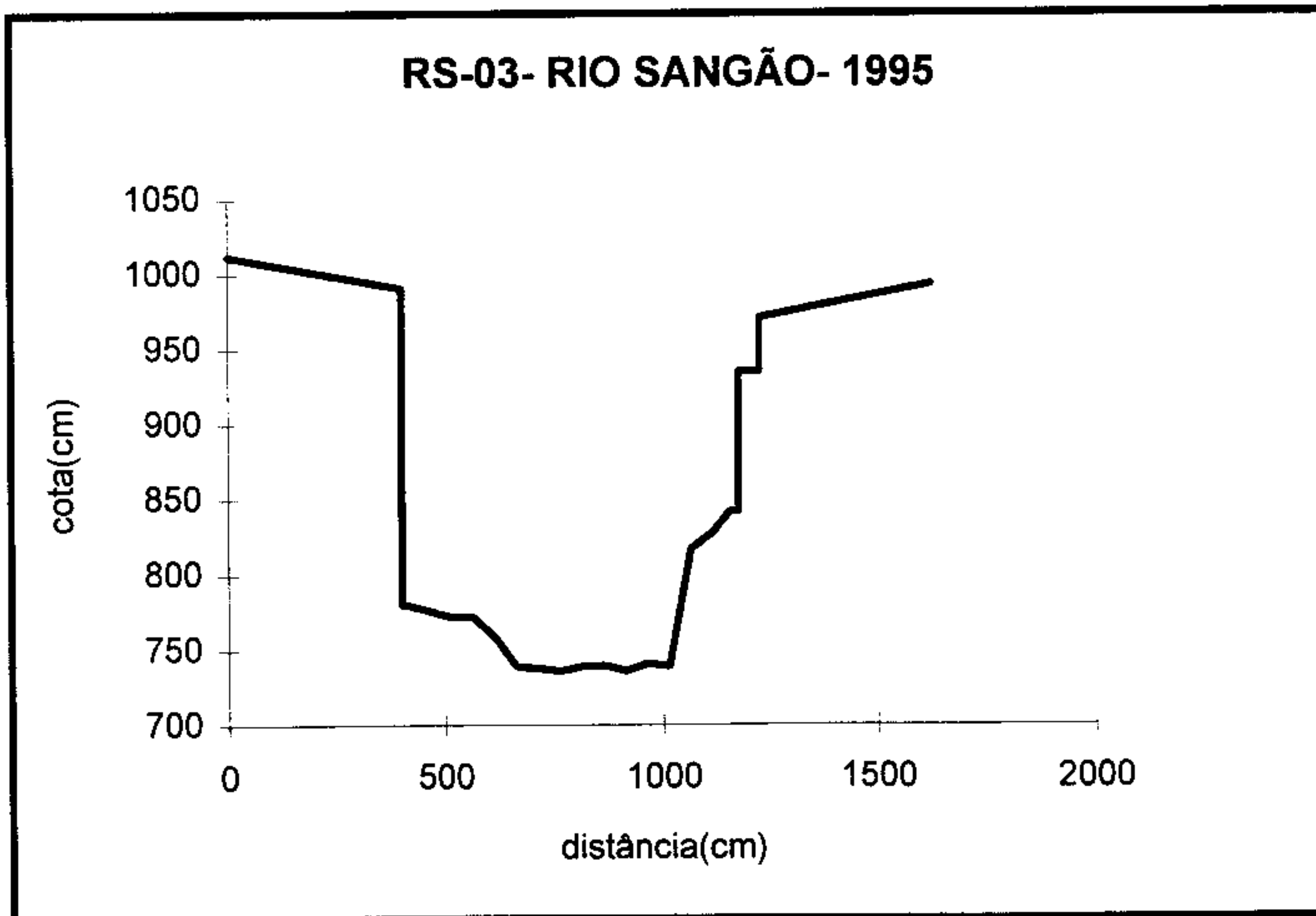
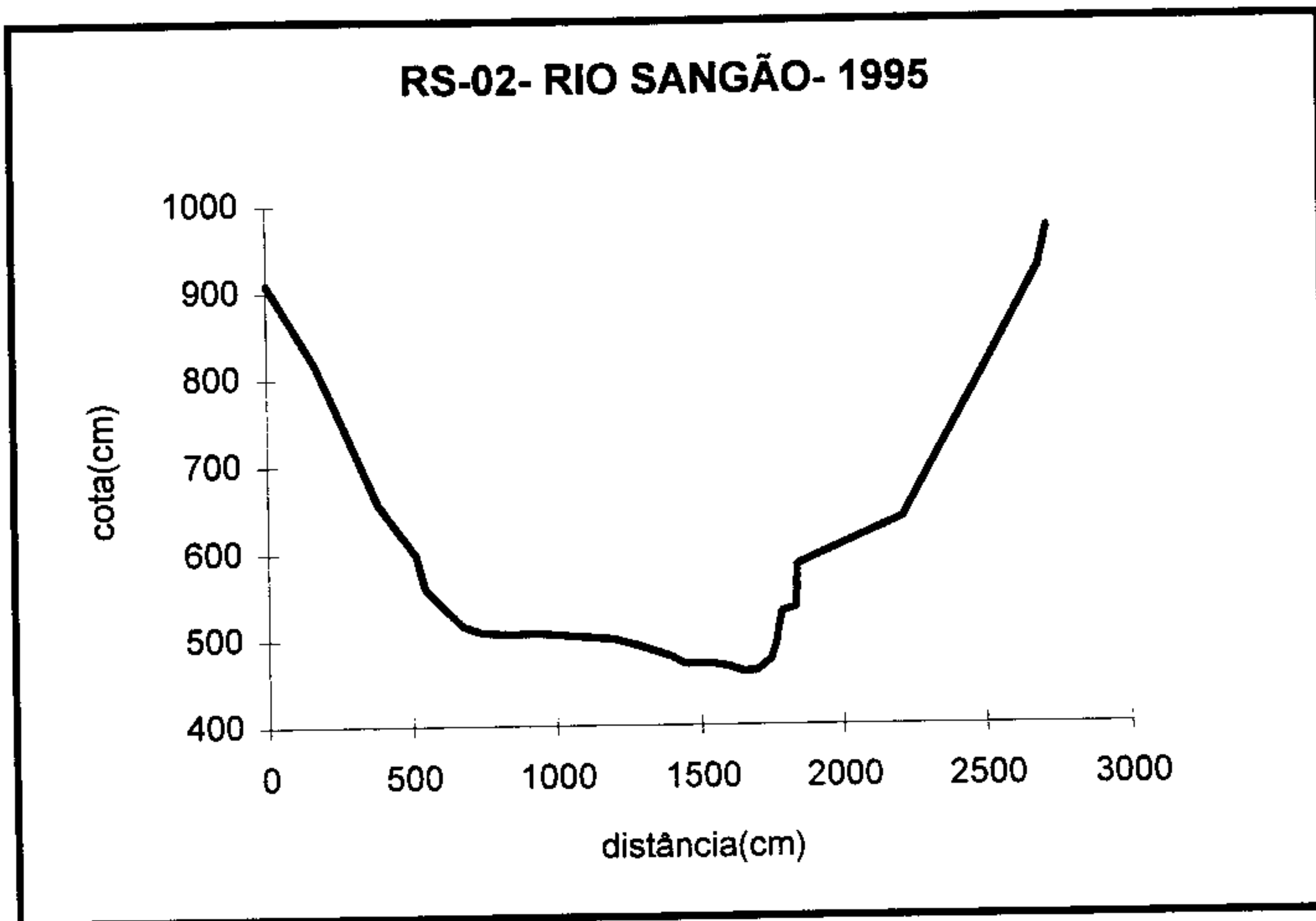
- ABNT. 1987. **Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores**. Rio de Janeiro. (NBR 9898)
- AMERICAM PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1989. **Standart Methods for Examination of Water and Wastewater**. Washington. 170p.
- CETESB. 1975. **Poluição Industrial na Bacia do Rio Araranguá, Estado de Santa Catarina**. São Paulo. 109 p.
- CETESB. 1978. **Poluição das Águas no Estuário e Bacia de Santos**. São Paulo. v.2.
- CETESB. 1985. **Carta do Meio Ambiente e de sua Dinâmica, Baixada Santista: memorial descritivo**. São Paulo. 33 p.
- CETESB. 1985. **Qualidade de Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo. 1v.
- CONAMA. 1992. **Resoluções CONAMA 1984 a 1991**. 4. ed. Brasília. 1v.
- GUAZZELLI, M. R. & OTTA, H. 1979. **Rede de Amostragem e Indicadores de Água**. São Paulo: CETESB.
- PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DA REGIÃO SUL DE SANTA CATARINA - s.d. **Monitoramento Ambiental - Qualidade da Água: projeto I A**. s.n.t.
- PROJETO DE MONITORAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE. 1986. Santa Catarina : MDU/SEMA/GAPLAN/FATMA. 70p.

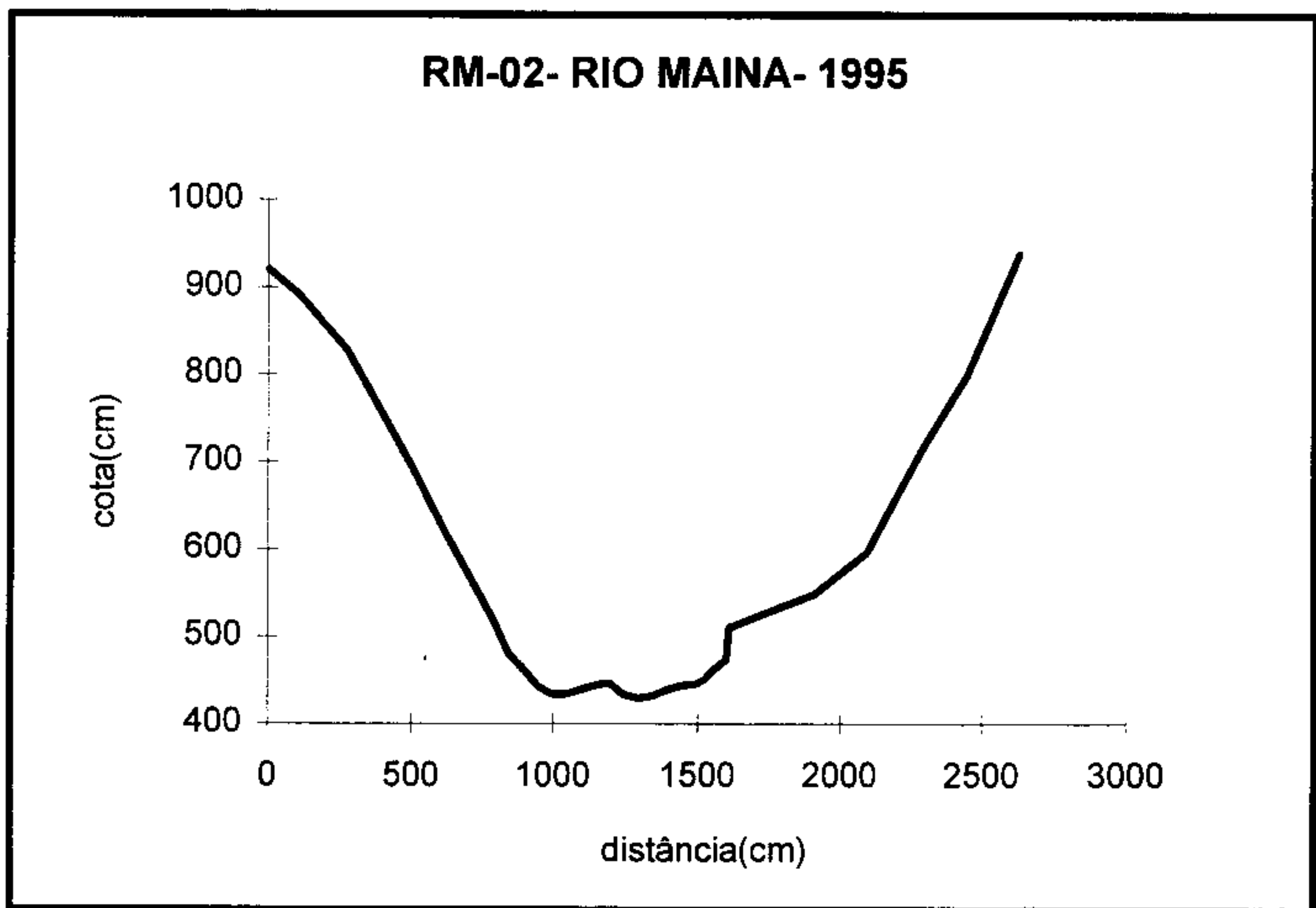
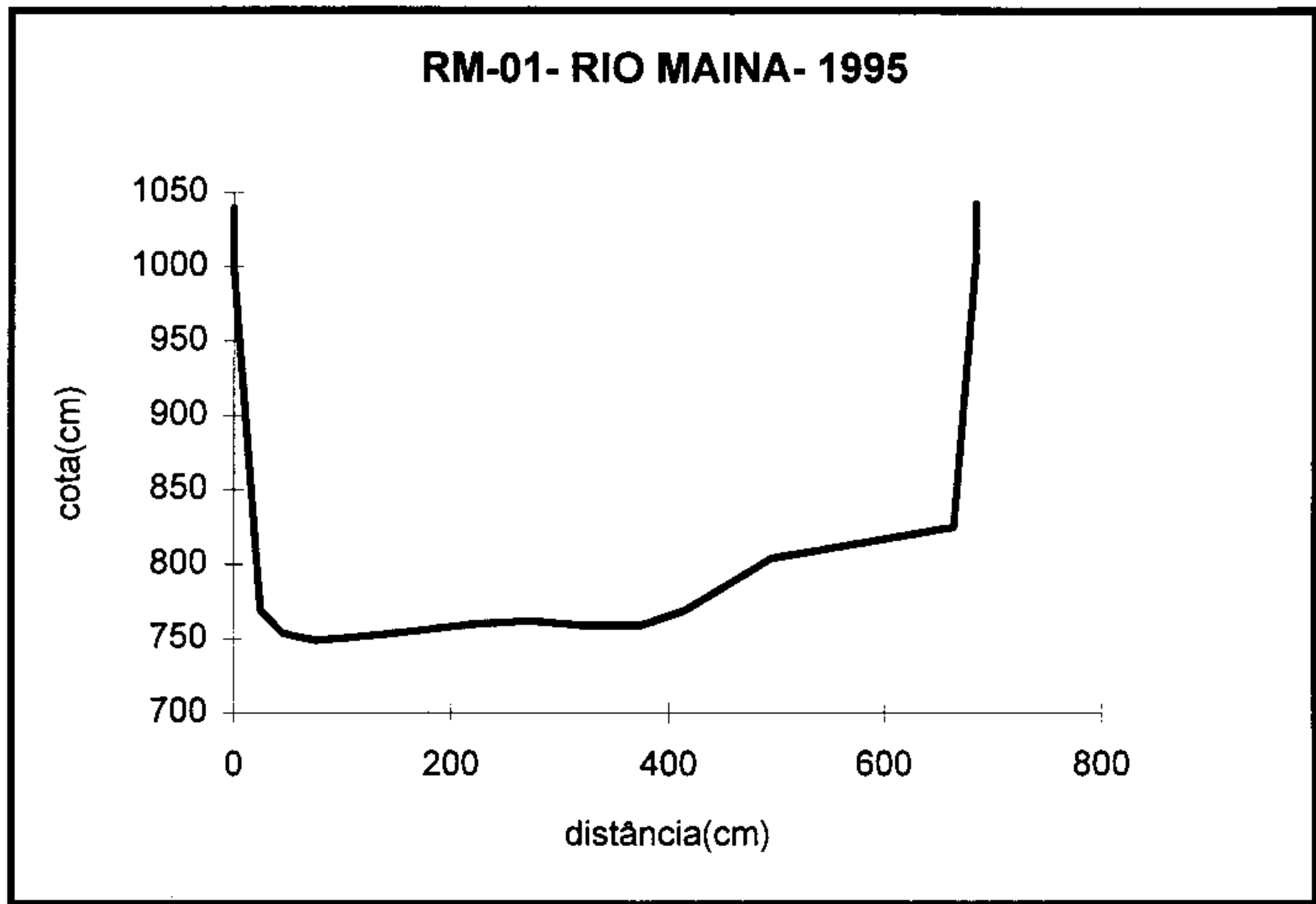
Seções Transversais das Estações

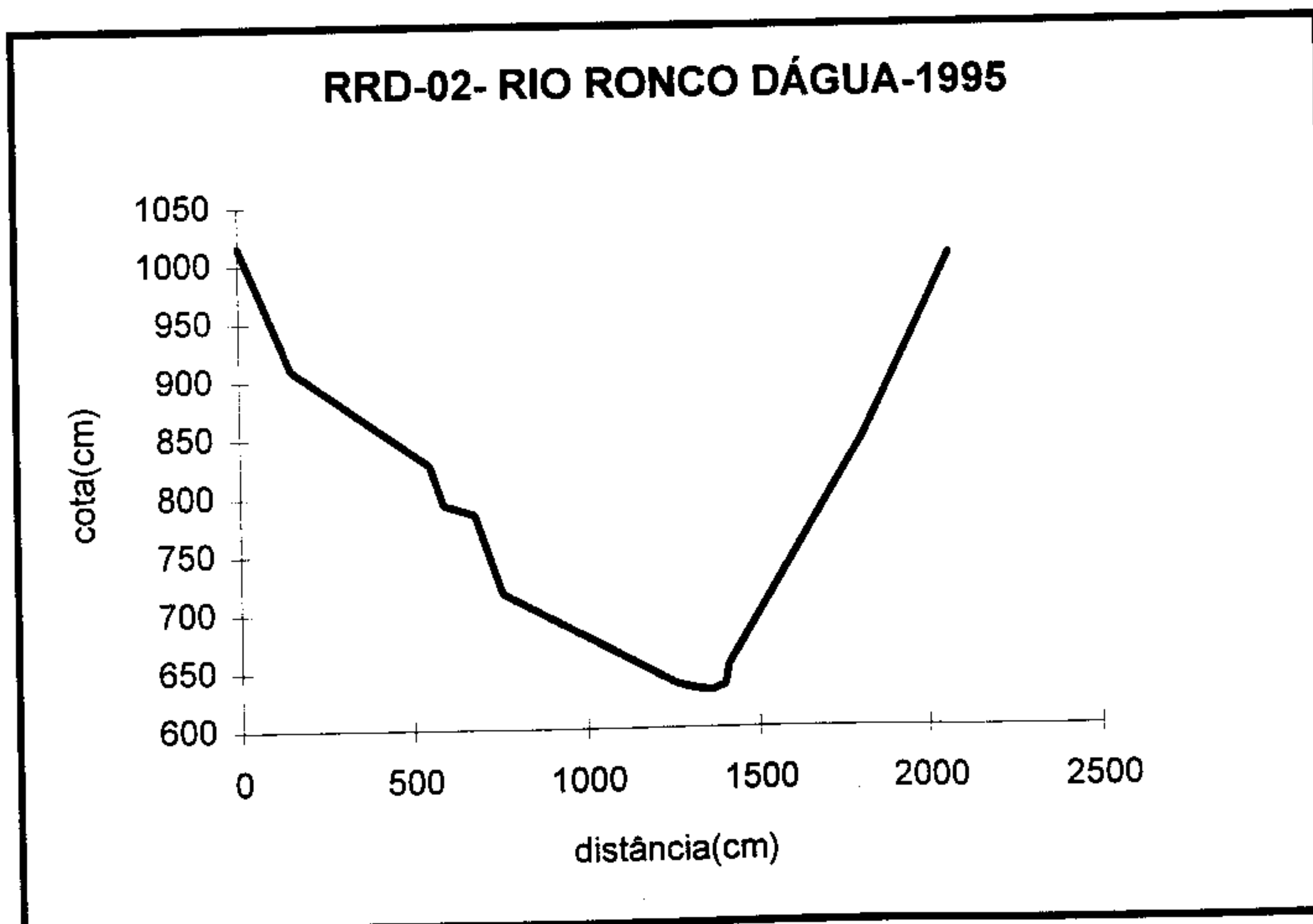
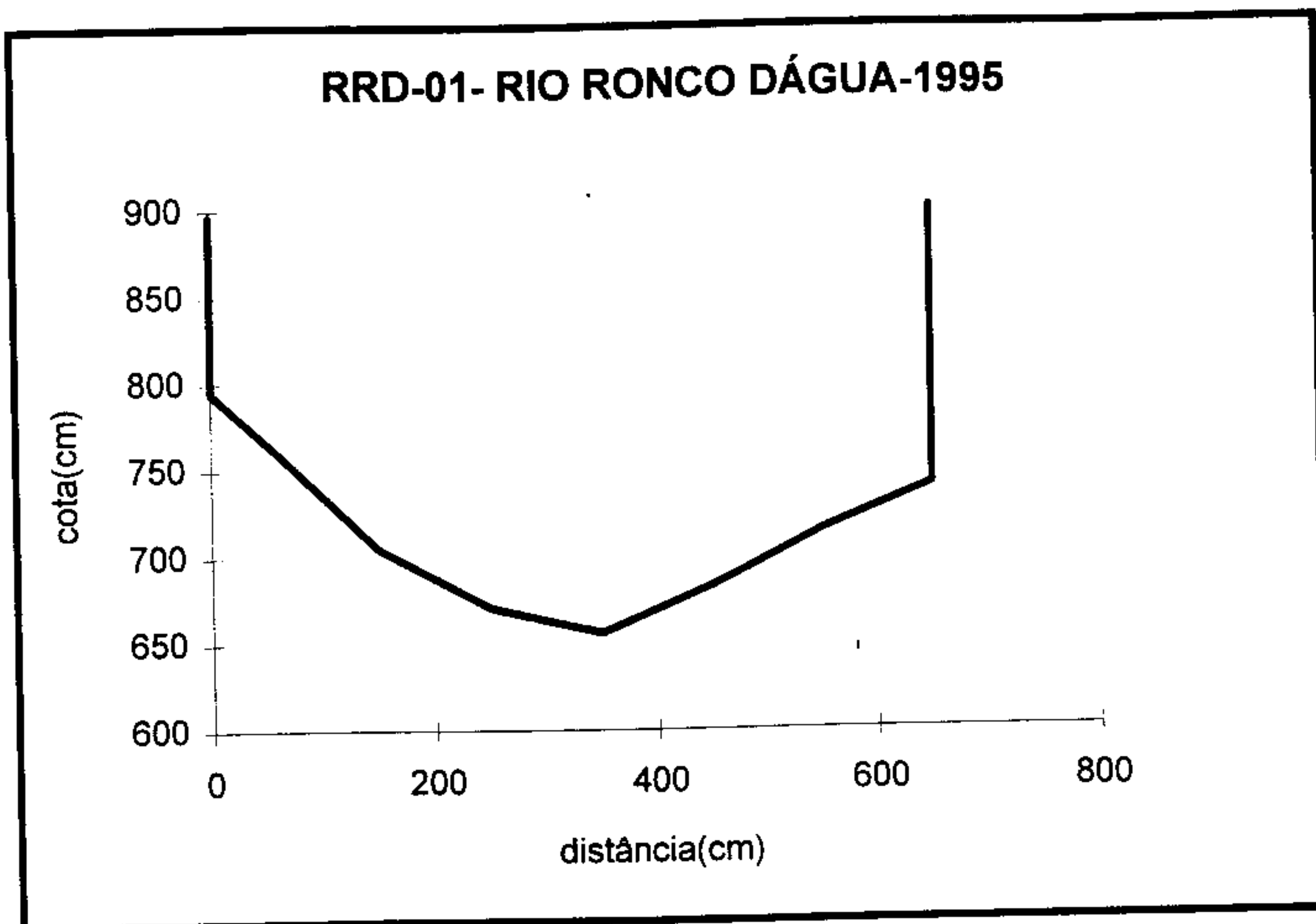


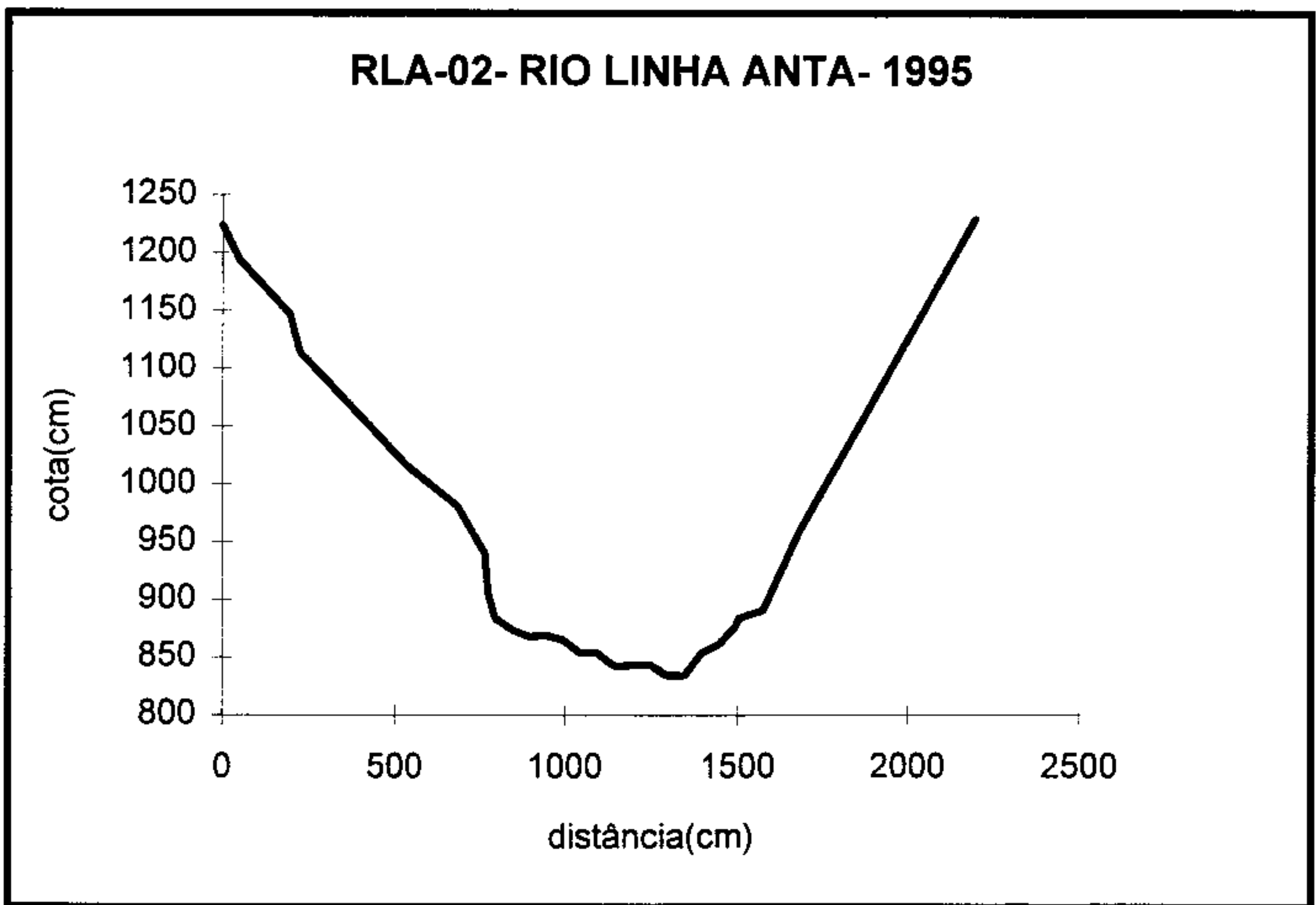
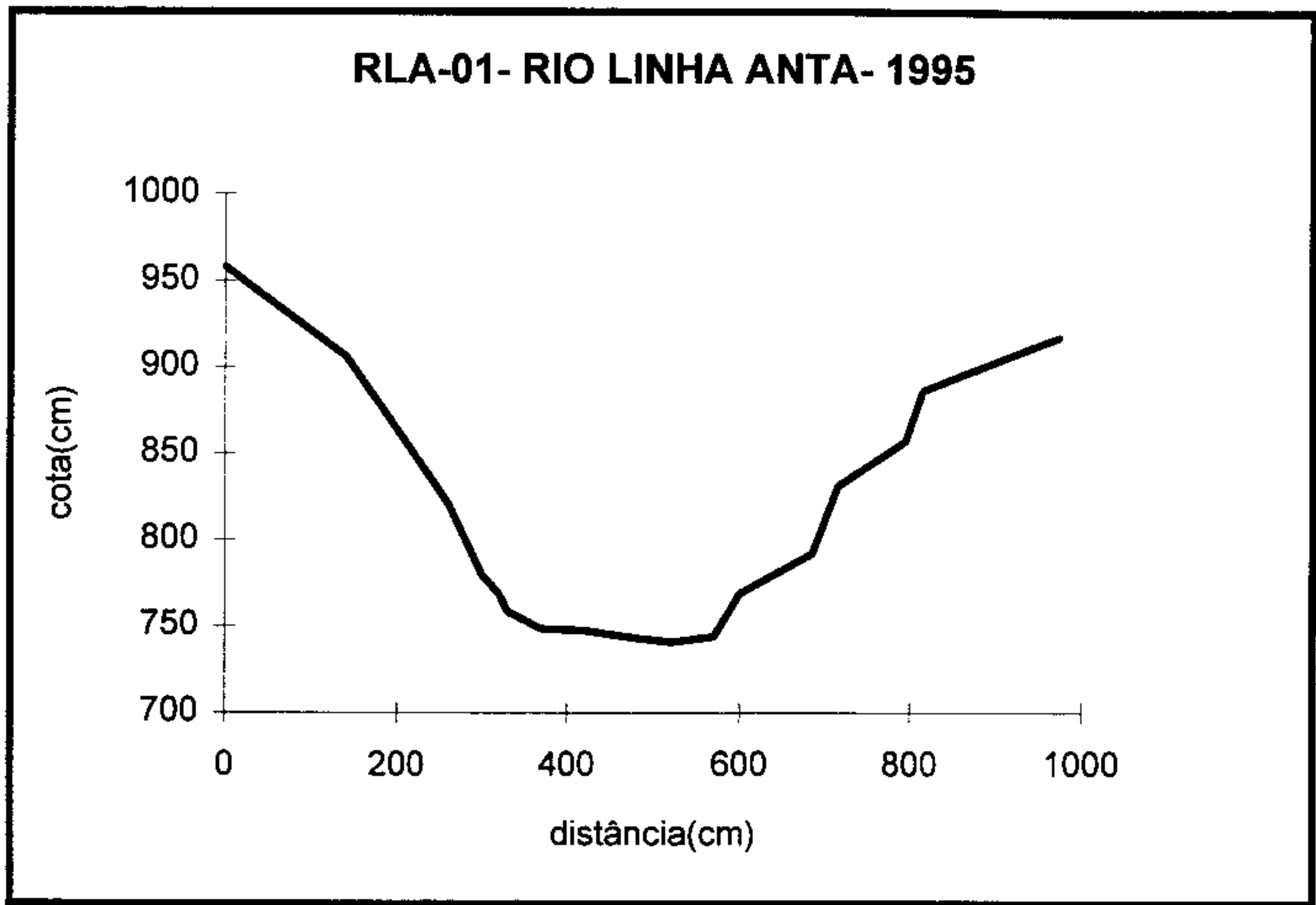


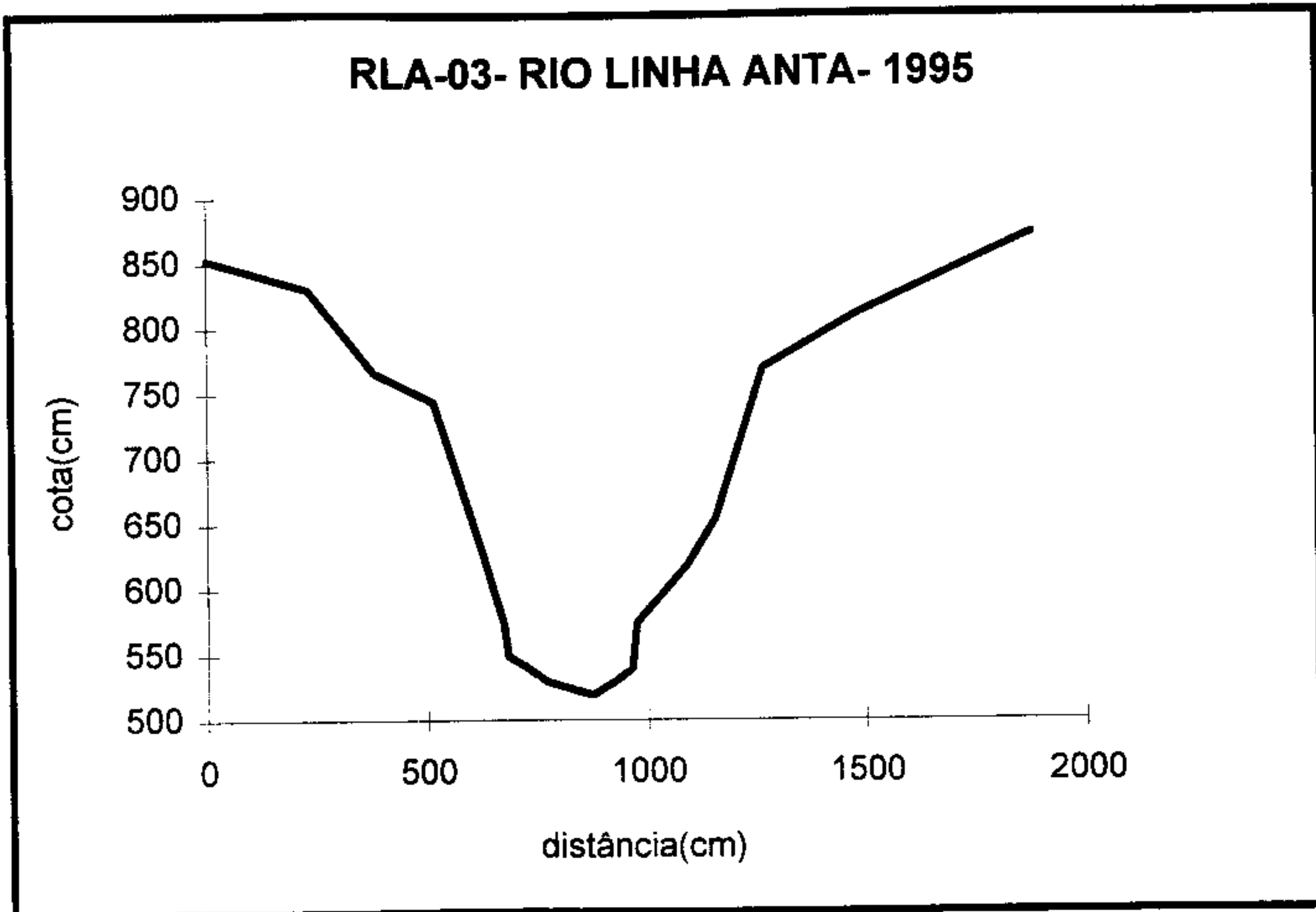


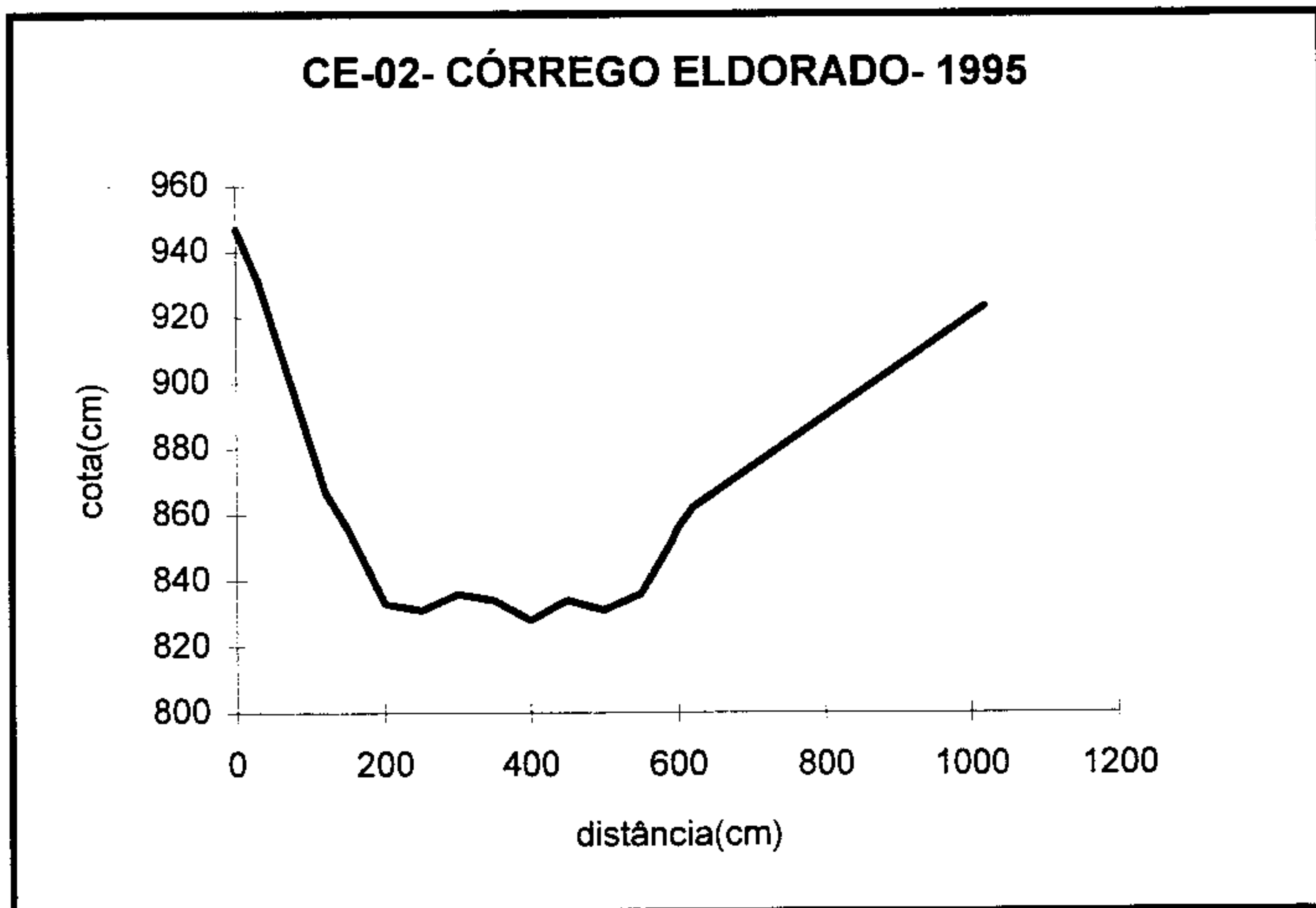
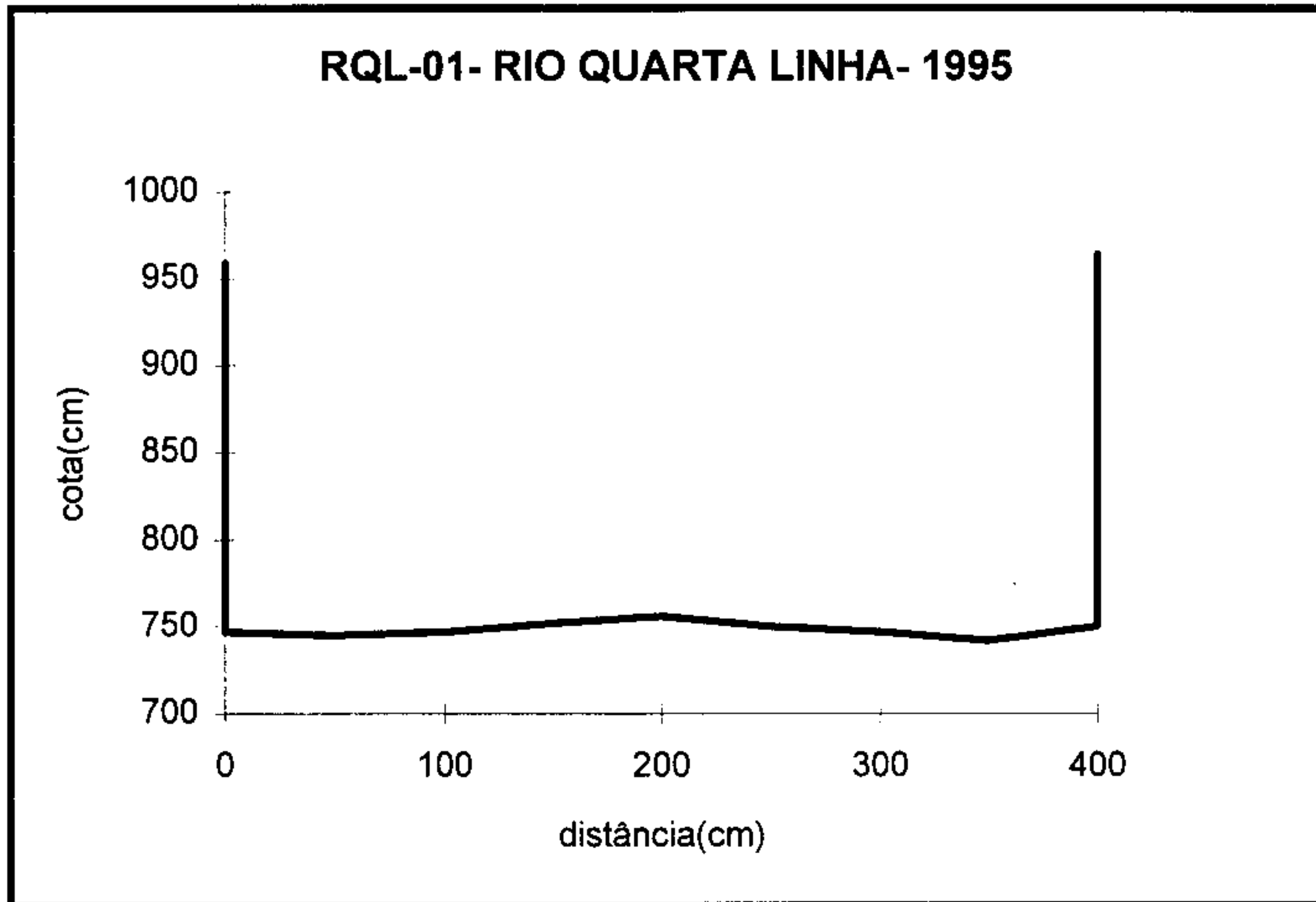












**Mapa da Qualidade das Águas
Superficiais do Município de
Criciúma, SC. Escala 1:100.000**





PROGESC
PROGRAMA
DE INFORMAÇÕES BÁSICAS
PARA A GESTÃO TERRITORIAL
DE SANTA CATARINA

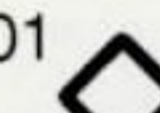


O Serviço Geológico do Brasil

Legenda

Situação dos rios analisados quanto à qualidade da água

-  imprópria ou crítica
-  imprópria para tratamento convencional
-  aceitável
-  boa
-  ótima

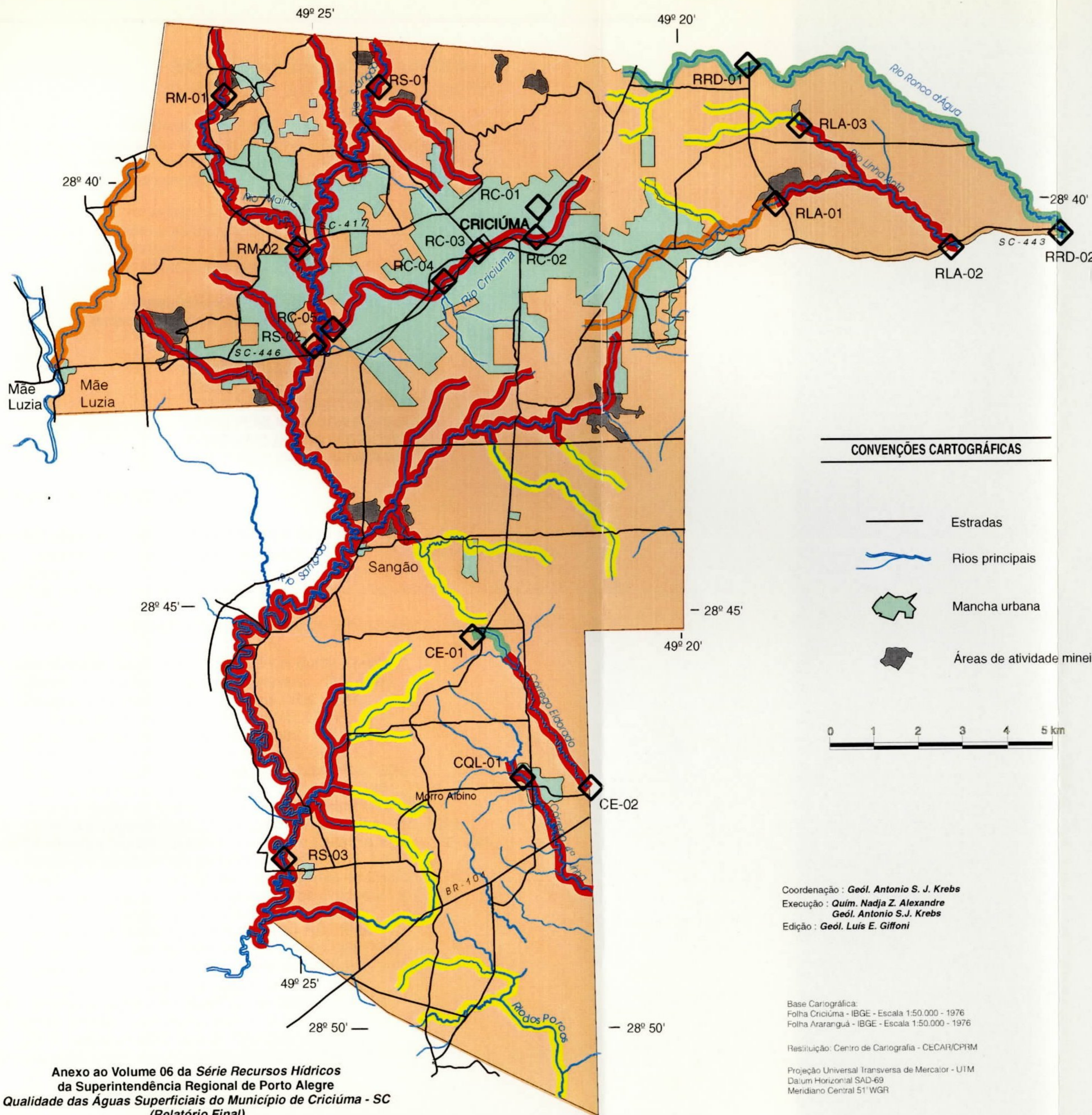
RC-01  ponto de amostragem

República Federativa do Brasil
 Ministério de Minas e Energia
 Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
 PROGRAMA DE INFORMAÇÕES PARA A GESTÃO TERRITORIAL - GATE

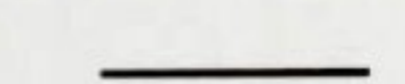



SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE
PROGESC
 Projeto Cartas Temáticas Multidisciplinares para Reavaliação do Plano Diretor do Município de Criciúma - SC

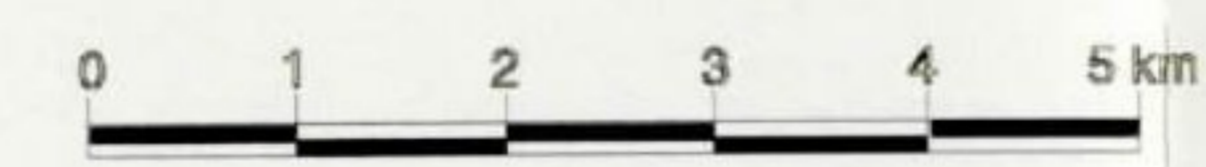
MAPA DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA

Escala : 1:100.000 Data : dez/95



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

-  Estradas
-  Rios principais
-  Mancha urbana
-  Áreas de atividade mineira



Coordenação : *Geól. Antonio S. J. Krebs*
 Execução : *Quím. Nadja Z. Alexandre*
Geól. Antonio S.J. Krebs
 Edição : *Geól. Luís E. Giffoni*

Base Cartográfica:
 Folha Criciúma - IBGE - Escala 1:50.000 - 1976
 Folha Araranguá - IBGE - Escala 1:50.000 - 1976

Restituição: Centro de Cartografia - CECAR/CPRM

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
 Datum Horizontal SAD-69
 Meridiano Central 51° WGR

Anexo ao Volume 06 da *Série Recursos Hídricos*
 da Superintendência Regional de Porto Alegre
Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma - SC
 (Relatório Final)

INFORMAÇÕES BÁSICAS PARA A GESTÃO TERRITORIAL - GATE

Objetivam a criação de produtos relacionados ao meio físico e às gestões ambientais, destinados a subsidiar tecnicamente as decisões dos planejadores e administradores dos diversos tipos de espaços geográficos do território nacional.

As publicações decorrentes dessa linha de atuação da CPRM apontam contribuições das mais diversas áreas do conhecimento ao interesse da ocupação e aproveitamento do meio ambiente, respeitado o condicionamento do meio físico.

Nesse contexto, as publicações foram agrupadas consoante os temas a seguir discriminados:

SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS
SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL
SÉRIE DOCUMENTAÇÃO
SÉRIE ORDENAMENTO TERRITORIAL
SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS
SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS
SÉRIE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS

Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

- Vol. 01 - Caracterização Geomorfológica - Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - MG. 1994.
- Vol. 02 - Caracterização Pedológica - Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - MG. 1994.
- Vol. 03 - Uso da Terra e Caracterização da Cobertura Vegetacional - Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - MG. 1994.
- Vol. 04 - Dinâmica do Processo Erosivo - Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - MG. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Geomorfologia da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
 - Vol. 02 - Pedologia da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
 - Vol. 03 - Geologia do Município de Parobé - RS. 1994.
 - Vol. 04 - Geomorfologia do Município de Parobé - RS. 1994.
 - Vol. 05 - Pedologia do Município de Parobé - RS. 1994.
 - Vol. 06 - Cobertura Vegetal do Município de Parobé - RS. 1994.
 - Vol. 07 - Geologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
 - Vol. 08 - Geomorfologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
 - Vol. 09 - Cobertura Vegetal do Município de Estância Velha - RS. 1994.
 - Vol. 10 - Formações Superficiais do Município de Estância Velha - RS. 1994.
 - Vol. 11 - Pedologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
 - Vol. 12 - Vegetação e Uso Atual do Solo do Município de Criciúma - SC. 1994.
 - Vol. 13 - Áreas de Proteção Legal no Município de Criciúma - SC. 1995.
 - Vol. 14 - Pedologia do Município de Criciúma - SC. 1995.
 - Vol. 15 - Vegetação do Município de Xangri-Lá - RS. 1995
 - Vol. 16 - Cobertura Vegetal do Município de Triunfo - RS. 1995.
 - Vol. 17 - Cobertura Vegetal da Área da Sede do Município de Triunfo - RS. 1995.
 - Vol. 18 - Geologia do Município de Xangri-Lá - RS. 1995.
 - Vol. 19 - Cobertura Vegetal do Município de Eldorado do Sul - RS. 1995.
 - Vol. 20 - Solos do Município de Xangri-Lá - RS. 1995
 - Vol. 21 - Declividade do Município de Criciúma - SC. 1995
 - Vol. 22 - Situação Legal das Áreas Mineradas no Município de Criciúma - SC. 1995
-

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar de Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo de Estância Velha - RS. 1994.

Vol. 02 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo da Zona Norte de Porto Alegre - RS. 1994.

Vol. 03 - Fontes de Poluição e Degradação Ambiental do Município de Estância Velha - RS. 1994.

Vol. 04 - Catástrofe de Igrejinha - RS. 1994.

Vol. 05 - Catástrofe de Nova Hartz - RS. 1994.

Vol. 06 - Avaliação Geofísica da Pluma Poluidora Gerada por um Depósito de Lodo de Curtume - Estância Velha - RS. 1994.

Vol. 07 - Geofísica Aplicada à Detecção da Contaminação das Águas Subterrâneas no Depósito de Lixo de Alvorada - RS. 1995.

Vol. 08 - Fontes de Poluição no Município de Criciúma - SC. 1995.

Vol. 09 - Áreas Degradadas pela Atividade Mineira no Município de Criciúma - SC. 1995.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Os Aterros Sanitários e a Poluição das Águas Subterrâneas - Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

Vol. 01 - Espeleologia, Inventário de Cavidades Naturais, Região de Matozinhos, Mocamboiro - MG. 1994.

SÉRIE DOCUMENTAÇÃO

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Documentação Básica Do Projeto - Estância Velha - RS. 1994.

Vol. 02 - PROTEGER - Sinopse dos Trabalhos Realizados. RS. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana do Recife - PE. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.

Vol. 02 - Subsídios para Caracterização do Meio Físico - Informações Básicas. 1994.

Residência da CPRM de Fortaleza

Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Fortaleza. CE. 1994.

Vol. 02 - Índice de Informações Cartográficas - Região Costeira do Ceará - CE. 1994.

Vol. 03 - Índice de Informações Cartográficas - Região do Cariri - CE. 1994.

SÉRIE ORDENAMENTO TERRITORIAL

Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

- Vol. 01 - Socioeconomia, Zoneamento Geomorfológico, Geologia, Uso da Terra e Cobertura Vegetal, Caracterização dos Solos e Avaliação da Capacidade de Uso das Terras do Município de Capim Branco - MG. 1994.
- Vol. 02 - Hidrologia (Uso das Águas Subterrâneas), Hidrogeologia (Favorabilidade à Exploração de Água Subterrânea), Geotecnia (Zoneamento Geotécnico), Espeleologia e Declividade do Município de Capim Branco - MG. 1994.
- Vol. 03 - Cartografia Geotécnica de Planejamento - Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - MG. 1994
- Vol. 04 - Mapeamento Geológico da Cidade de Sete Lagoas com Vista a Aplicação no Mapeamento Urbano. MG. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Diagnóstico Setorial da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994.
- Vol. 02 - Cobertura Vegetal e Ocupação Atual do Solo da Área de Influência da Barragem Olaria Velha e da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 03 - Suscetibilidade à Erosão da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 04 - Adequação do Uso Agrícola do Solo da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 05 - Isodeclividade da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 06 - Áreas de Inundação, Alagamento e Banhados da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994.
- Vol. 07 - Isodeclividade do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 08 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 09 - Áreas com Restrição à Mineração do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 10 - Áreas com Maior Favorabilidade à Mineração e Menor Risco Ambiental do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 11 - Isodeclividade do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 12 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 13 - Uso e Ocupação do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 14 - Áreas de Proteção do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 15 - Áreas Críticas e com Restrições à Ocupação do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 16 - Adequação do Uso Agrícola do Solo Rural do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 17 - Uso Recomendado do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 18 - Diagnóstico Preliminar dos Aspectos Ambientais do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. 1994.
- Vol. 19 - Seleção Preliminar de Áreas para o Futuro Distrito Industrial do Município de Nova Santa Rita - RS. Estudo Geológico-Geotécnico. 1995.
- Vol. 20 - Alternativas Locacionais para Áreas Industriais e Tratamento de Esgotos Domésticos do Município de Portao - RS. Subsídios à Elaboração do Plano Diretor. 1995.
- Vol. 21 - Subsídios à Avaliação de Áreas Potencialmente Favoráveis à Implantação de Aterros Sanitários no Município de Lauro Müller - SC. 1995.
- Vol. 22 - Diagnóstico da Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos do Litoral Norte e Médio do Estado do Rio Grande do Sul. 1995.
- Vol. 23 - Áreas de Proteção Legal no Município de Xangri-Lá - RS. 1995
- Vol. 24 - Seleção de Áreas para Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos na Região Metropolitana de Porto Alegre, RS - Mapeamento das Áreas Favoráveis - Etapa 1. 1995

Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Metodologia para Estudos Neotectônicos Regionais. Caso João Câmara. RN. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de Salvador

- Vol. 01 - Parque Nacional da Chapada Diamantina - BA. Informações Básicas do Meio Físico. BA. 1994.
 - Vol. 02 - Área de Proteção Ambiental de Mangue Seco. Plano Manejo. BA. 1994.
-

Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

Vol. 01 - Áreas Naturais sob Proteção - Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.

Vol. 02 - Cartas Temáticas de Planejamento da Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.

Residência da CPRM de Fortaleza

Vol. 01 - Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza - CE. 1995.

SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Turismo Geocientífico: Uma Viagem no Tempo - PE. 1994.

SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Hidrogeológico do Município de Estância Velha - RS. 1994.

Vol. 02 - Monitoramento Hídrico da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.

Vol. 03 - Potencial Hídrico Subterrâneo do Município de Nova Hartz - RS. 1994.

Vol. 04 - Avaliação Geofísica das Águas Subterrâneas no Balneário de Capão Novo - RS. 1994.

Vol. 05 - Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma - SC. 1994.

Vol. 06 - Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma - SC. Relatório Final. 1995.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife - PE. 1994.

Residência da CPRM de Fortaleza

Vol. 01 - Vulnerabilidade Natural das Unidades Aquíferas da Região do Cariri - CE. 1995

SÉRIE RECURSOS MINERAIS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Parobé - RS. 1994.

Vol. 02 - Áreas Mineradas para Carvão - Município de Criciúma - SC. 1994.

Vol. 03 - Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Insumos Minerais no Sertão do Pajeú: Calcários e Mármore. PE. 1994.

Vol. 02 - A Mineração na Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

Vol. 03 - A Atividade Extrativa Mineral em Jaboatão dos Guararapes. PE. 1994.

Residência da CPRM de Fortaleza

Vol. 01 - Potencial Mineral para Não Metálicos da Região Metropolitana de Fortaleza - CE. 1994.

Vol. 02 - Diagnóstico Geoeconômico - Acopiara - CE. 1995.

Vol. 03 - Diagnóstico Geoeconômico - Banabuiú - CE. 1995.

Vol. 04 - Avaliação da Potencialidade Mineral do Médio-Baixo Jaguaribe - CE. 1995.

Vol. 05 - Minerais Não Metálicos - Região do Cariri - CE. 1995.

Vol. 06 - Diagnóstico Geoeconômico - Maranguape - CE. 1995.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

Sede

SGAN - 603 - Módulo "I" - 1º andar - Cep: 70830.030 -
Brasília - DF
Telefones: (061)312-5252 - (061)223-5253 (PABX)
Telex: 611355 - Fax: (061)225-3985

Escritório Rio

Av. Pasteur, 404 - Urca - Cep: 22292.240 -
Rio de Janeiro - RJ
Telefone: (021)295-0032 (PABX)
Telex: 2122685 - 2132525 - Fax: (021)295-6347

Diretoria de Geologia e Recursos Hídricos

Telefone: (021)295-6647
Fax: (021)295-6347

Coordenação Nacional do GATE

Telefones: (021)295-6797 - (021)295-6147
Fax: (021)295-6347

Centro de Documentação Técnica

Telefone: (021)295-5897
Fax: (021)295-6347

Superintendência Regional de Belém

Av. Dr. Freitas, 3645 - Marco - Cep: 66095.110 -
Belém - PA
Telefones: (091)226-6512 - (091)226-4020 (PABX)
Telex: 911149 - Fax: (091)246-4020

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Av. Brasil, 1731 - Funcionários - Cep: 30140.002 -
Belo Horizonte - MG
Telefones: (031)261-3037 - (031)261-5977 (PABX)
Telex: 311011 - Fax: (031)226-5585

Superintendência Regional de Goiânia

Rua 148, 485 - Setor Marista - Cep: 74170.110 -
Goiânia - GO
Telefones: (062)281-1709 - (062)281-1522 (PABX)
Fax: (062)281-1709

Superintendência Regional de Manaus

Av. Carvalho Leal, 1017 - Cachoeirinha -
Cep: 69065.001 - Manaus - AM
Telefones: (092)622-4387 - (092)622-4723(PABX)
Telex: 922265 - Fax: (092)622-2977

Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Cep: 90840.030 -
Porto Alegre - RS
Telefones: (051)233-4643 - (051)233-7311 (PABX)
Fax: (051)233-7772

Superintendência Regional de Recife

Av. Beira Rio, 45 - Madalena - Cep: 50610.100 -
Recife - PE
Telefones: (081)228-2988 - (081)227-0277 (PABX)
Telex: 811368 - Fax: (081)228-2142

Superintendência Regional de Salvador

Av. Ulisses Guimarães, 2862
Centro Administrativo da Bahia - Cep: 41213.000 -
Salvador - BA
Telefones: (071)371-4005 - (071)230-9977 (PABX)
Telex: 711182 - Fax: (071)371-4005

Superintendência Regional de São Paulo

Rua Domingos de Morais, 2463 - Vila Mariana -
Cep: 04035.000 - São Paulo - SP
Telefones: (011)570-2094 - (011)549-1133 (PABX)
Telex: 1123758 - Fax: (011)549-1565

Residência de Fortaleza

Av. Santos Dumont, 7700 - 4º andar - Papicu -
Cep: 60150.163 - Fortaleza - CE
Telefone: (085)265-1288 (PABX)
Telex: 851532 - Fax: (085)265-2212

Residência de Porto Velho

Av. Lauro Sodré, 2561 - Bairro Tanques -
Cep: 78904.300 - Porto Velho - RO
Telefone: (069)223-3284 (PABX)
Telex: 0692124 - Fax: (069)221-3465
