

## DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SOBRE LANÇAMENTO DE CLORETO PROVENIENTE DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (ETE)

Joabe Cerqueira Rodrigues (\*), Viviane Freitas Araujo Rodrigues, Virgínia de Jesus Nunes

\* Ambiental Consultoria, e-mail: joabe.fsa@gmail.com.

### RESUMO

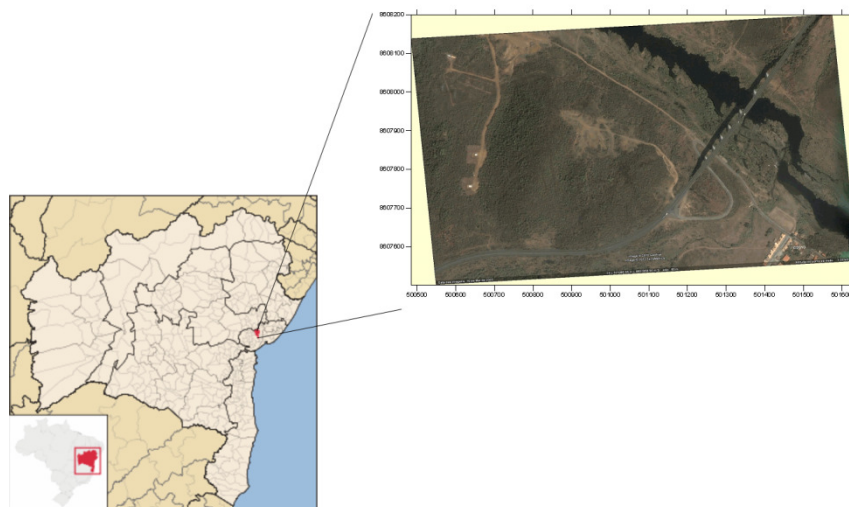
O cloreto é o ânion  $\text{Cl}^-$  que se apresenta em geral nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais as principais fontes deste elemento são as descargas de esgotos sanitários (CETESB, 2010). O efluente da empresa estudada é proveniente de atividades de curtumes, que em geral trabalha com couro bovino fazendo a sua limpeza, estabilização (curtimento) e acabamento. É sabido que os curtumes geram após o seu processo produtivo, efluentes que possuem elevada salinidade, traduzida na presença do íon cloreto (BRAILE, 1979). O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o comportamento do íon cloreto, proveniente da ETE da empresa estudada, após lançamento no Rio Paraguaçu, e seguindo-se a este objetivo, tem-se também identificar o comportamento do parâmetro cloreto à montante e à jusante do ponto de lançamento da ETE; avaliar estatisticamente as concentrações de cloreto no rio ao longo do trecho estudado; elaborar mapas que auxiliem na interpretação do comportamento da substância estudada e; estimar possíveis implicações na possibilidade de aumento da concentração de cloreto para este efluente. Para definição dos pontos de coleta de água no Rio Paraguaçu tomou-se como base a NBR 9897/97 “Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores”, objetivando ter um número mínimo que representasse satisfatoriamente o trecho do corpo hídrico em estudo e, para tanto, foram definidos 40 pontos de coleta. Para a coleta das amostras foram utilizados frascos plásticos com volume superior a 250 mL (coleta entre 15 a 20 cm de profundidade sendo em seguida a amostra fechada e rotulada). No momento das coletas o ponto foi georreferenciado em coordenadas UTM, tendo como Datum horizontal o SAD 69. As análises laboratoriais foram feitas em laboratório da empresa contratante. O método utilizado nas análises laboratoriais foi a espectrometria HACH METHOD 8113 – MercuricThiocyanateMethod. A metodologia foi portanto, baseada em estudos de modelagem ambiental. A aplicação da estatística descritiva neste estudo foi realizada para a descrição do comportamento da variável concentração de cloreto, medida em  $\text{mg.L}^{-1}$ , para tanto, os parâmetros estatísticos comumente usados foram as medidas de tendência central, medidas de posição e medidas de dispersão. Pôde-se concluir que o efluente da ETE lançado no rio Paraguaçu, no tocante ao parâmetro cloreto, aparentemente, não está em concentrações que ultrapassem significativamente a capacidade de diluição do referido corpo d'água, pois o efluente lançado contribui para o ligeiro aumento das concentrações de cloreto a jusante do ponto de descarga do emissário da ETE, mas essas concentrações ainda estão abaixo do limite estabelecido na legislação aplicável para corpos d'água Classe 2.

**PALAVRAS-CHAVE:** Diagnóstico Ambiental, Cloreto, Rio, Tratamento, Efluentes, Georreferenciamento.

### INTRODUÇÃO

O cloreto é o ânion  $\text{Cl}^-$  que se apresenta em geral nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais as principais fontes deste elemento são as descargas de esgotos sanitários (CETESB, 2010). Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, indústrias farmacêuticas, curtumes, etc. (SPERLING, 2005). O efluente da empresa estudada é proveniente de atividades de curtumes, que em geral trabalha com couro bovino fazendo a sua limpeza, estabilização (curtimento) e acabamento. É sabido que os curtumes geram após o seu processo produtivo, efluentes que possuem elevada salinidade, traduzida na presença do íon cloreto (BRAILE, 1979). A partir da identificação do comportamento deste íon, foram estimadas as possíveis implicações quanto à possibilidade futura do aumento das concentrações do cloreto no efluente da ETE da empresa.

O local, objeto do estudo, situa-se no município de Cachoeira (Figura 01), distando da mesma cerca de 2,50 km.



**Figura 01:Localização do município de Cachoeira e da área de estudo. Fonte: Joabe Cerqueira Rodrigues**

A área total do estudo compreende um trecho do Rio Paraguaçu, localizado a jusante da barragem de Pedra do Cavalo (cerca de 1.500 metros da mesma). O uso do solo do entorno é caracterizado pela presença de pequenos aglomerados urbanos, a exemplo dos subúrbios do município de São Félix (município vizinho ao município de Cachoeira).

A fauna ali presente está inserida na zona Biogeográfica Neotropical, tendo como maiores representantes a avifauna e a ictiofauna (devido à presença do Rio Paraguaçu).

O trecho do rio onde foram realizadas as coletas de água para análise da concentração de cloreto e demais estudos associados compreende uma área de 37.000 m<sup>2</sup> com uma extensão, em linha reta, de cerca de 300 m.

O uso do solo no entorno do ponto de lançamento da ETE é caracterizado por pastagens e pequenas plantações na porção norte da área, por aglomerado urbano localizado na parte sudoeste (margem oposta do rio Paraguaçu) e por remanescentes da vegetação original na porção ocidental (oeste), o restante da área, como demonstra a figura abaixo (figura 02), é entrecortada por zonas com solo exposto ou com vegetação arbustiva. O local é cortado ainda por uma rodovia federal e por diversos acessos secundários (a maioria não pavimentados, a exceção do acesso principal a sede do município de São Félix).

## **OBJETIVOS:**

### **GERAL:**

Avaliar o comportamento do íon cloreto, proveniente da ETE da empresa estudada, após lançamento no Rio Paraguaçu.

### **ESPECÍFICOS:**

- Identificação do comportamento do parâmetro cloreto à montante e à jusante do ponto de lançamento da ETE;
- Avaliação estatística das concentrações de cloreto no rio Paraguaçu ao longo do trecho estudado;
- Elaboração de mapas de isoconcentrações de cloreto através de interpolação espacial e geração de superfícies contínuas;
- Estimar possíveis implicações na possibilidade de aumento da concentração de cloreto para este efluente.

## **BASE TEÓRICA**

### **O CORTUME**

O processo de transformação de peles em couros é geralmente dividido em três etapas: ribeira, curtimento e acabamento. A etapa da ribeira tem por finalidade a limpeza e a eliminação das diferentes partes e substâncias existentes nas peles que não irão constituir os produtos finais (couro), bem como, prepara sua matriz de fibras colagênicas, para reagir adequadamente com os produtos químicos das etapas seguintes. Em geral, a ribeira compreende as etapas de conservação das peles (salga), remolho (lavagem do sal), descalcinação e purga até o píquel (depilação), realizado antes do curtimento (Relatório de Diagnóstico Ambiental SENAI, 2010).

Em geral os processos que envolvem a atividade dos curtumes são assim classificados:

- Salga: processo que permite ao couro ser transportado e armazenado por vários dias, visto, a vida útil do couro após a esfolagem ser de 6 horas;
- Remolho: retirada do sal utilizado para a conserva e início da transformação da pele em couro;
- Depilação: utilização do enxofre em sua forma de sulfato ou sulfeto de sódio para dissolver os pêlos, substância composta em quase sua totalidade por queratina;
- Caleiro: adição de cal hidratada para provocar o intumescimento das peles, a fim de promover a limpeza entre as fibras;
- Descalcinação: após a limpeza entre fibras, retira-se a cal, e inicia-se a acidificação das mesmas para então iniciar o processo de curtimento. Utiliza-se para tal, alguns tipos de enzimas que auxiliam no processo de retirada de substâncias que resistiram ao caleiro, a este processo dar-se o nome de purga.
- Acidificação e curtimento: adiciona-se aos couros uma quantidade de ácidos inorgânicos para acertar o pH das peles e então inicia-se o processo de curtimento que é a oferta de tanantes minerais (cromo, alumínio, etc.) ou vegetais;
- Acabamento: pode ser subdividido em três etapas: acabamento molhado, pré-acabamento e acabamento final. Estas etapas visam complementar o curtimento anterior, bem como, conferir a base de algumas propriedades físicas e mecânicas desejáveis aos couros, como cor básica, resistência à tração, impermeabilidade, maciez, flexibilidade, toque e elasticidade. No curtimento mineral, o processo realizado através do uso do cromo ainda é o principal processo de curtimento, isso deve-se ao tempo relativamente curto de processo e a qualidade que confere aos couros em suas principais aplicações. A fonte de cromo normalmente utilizada é o sulfato básico de cromo, onde este se encontra no estado trivalente (Relatório de Diagnóstico Ambiental SENAI, 2010).

No caso específico da empresa estudada, após o processo produtivo de curtumização ocorre o processo de tratamento de efluentes que consiste em um tratamento preliminar através de grades mecanizadas e peneiras; tratamento primário por meio de coagulação, floculação e decantação e um tratamento secundário através de lodos ativados.

Ao chegar na Estação de Tratamento de Efluentes – ETE, o efluente é encaminhado para o tanque pulmão, que tem por finalidade absorver as vazões de pico e armazenar o efluente temporariamente, evitando que exista uma sobre vazão na etapa posterior do tratamento. No tratamento preliminar para a remoção de sólidos grosseiros é empregado grade do tipo cremalheira ou grade mecanizada de barras retas, instaladas em canais da ETE em uma inclinação de 80° com a horizontal. Os detritos retidos pelas barras são raspados e retirados por meio de rastelo operado mecanicamente, e descarregados em caçambas ou correias transportadoras. Após passar pela grade, o efluente passa ainda pelas peneiras para a remoção do material grosseiro, antes da chegada do efluente no tanque de homogeneização, evitando que estes resíduos venham a prejudicar o funcionamento dos equipamentos e que se acumulem no tanque, evitando odores.

Após o tratamento preliminar, o efluente é enviado ao tanque de equalização, que tem a finalidade de receber todo efluente peneirado e homogeneizá-lo com auxílio de aeradores que funcionam de forma contínua para ter-se um efluente com características constantes, o que irá permitir uma dosagem eficiente de produtos. Uma vez homogeneizado, o efluente, com a vazão medida na calha Parshal e ajustada pela válvula globo, é encaminhado para o tanque de mistura rápida, onde a cal hidratada é adicionada para elevar o pH na faixa de 8,5 - 9,0 (pH ideal para a precipitação do cromo e para a coagulação dos poluentes em suspensão).

Logo após o ajuste do pH, são adicionados os agentes coagulantes: sulfato de alumínio líquido, policloreto de alumínio e polímero AW 8 – coagulante orgânico. O coagulante tem por função formar flocos capazes de serem retidos na fase posterior do tratamento, a clarificação no decantador primário. Ao adicionar o polímero, os flocos que estão em suspensão no efluente irão “inchar”, aumentando de tamanho e ficando mais pesados, facilitando a sedimentação do lodo no decantador primário, onde ocorrerá a separação do lodo do efluente clarificado.

Depois do tratamento primário, o efluente é tratado pelo processo biológico de lodos ativados, visando remover a matéria orgânica dissolvida e coloidal contida no efluente líquido, através da ação de microrganismos aeróbios que degradam e estabilizam as substâncias orgânicas e oxidam compostos inorgânicos e orgânicos contendo amônia até nitratos. O processo de lodos ativados consiste em um tanque de aeração onde a biomassa fica em contato com os compostos a serem biodegradados e, de um decantador secundário, onde os flocos de lodos ativados sedimentam e são

separados do efluente tratado, retornando ao tanque de aeração. O excesso de lodos produzido é encaminhado aos leitos de secagem de lodo (Relatório de Diagnóstico Ambiental SENAI, 2010).

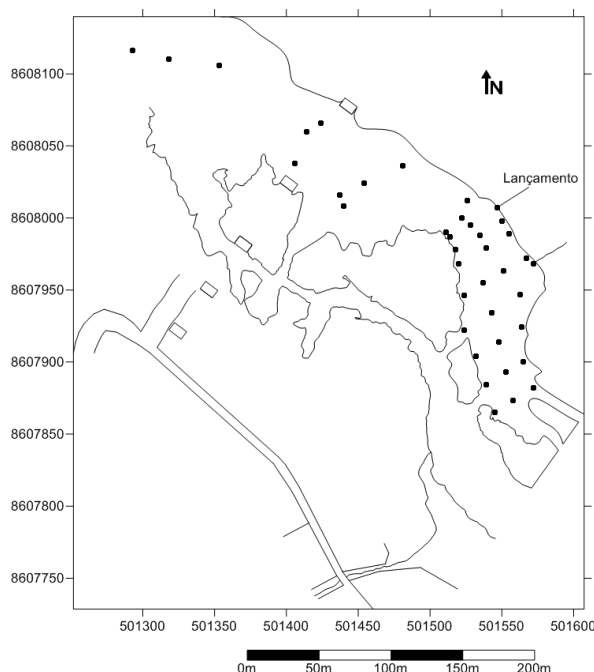
## CLORETO

O cloreto é o ânion  $Cl^-$  que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais são fontes importantes as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 6g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/L (CETESB, 2010). Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, indústrias farmacêuticas, curtumes, etc. Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da cunha salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto. Nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água.

Para as águas de abastecimento público, a concentração de cloreto constitui-se em padrão de potabilidade, segundo a Portaria 1.469 do Ministério da Saúde. O cloreto provoca sabor “salgado” na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250 mg/L, valor este que é tomado como padrão de potabilidade (CETESB, 2010). O cloreto apresenta também influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos (SPERLING, 2005).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os pontos de coleta de água no Rio Paraguaçu foram definidos conforme a NBR 9897/97 “Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores”, objetivando ter um número mínimo que representasse satisfatoriamente o trecho do corpo hídrico em estudo, para tanto, foram definidos 40 pontos de coleta, conforme figura abaixo:



**Figura 2: Localização dos pontos de coleta de amostras de água do Rio Paraguaçu. Fonte: Joabe Cerqueira Rodrigues.**

Foram determinados 13 pontos de coleta a montante do local do emissário, 03 pontos em uma linha perpendicular a margem do rio (no ponto do emissário) e 23 pontos a jusante do lançamento e 01 ponto na saída do emissário. Tais pontos foram locados em mapa georreferenciado para acompanhamento de campo. Esses pontos foram escolhidos de acordo com os seguintes critérios (SPERLING, 2007):

- evitando áreas com água estagnada;
- evitando áreas localizadas próximas à margem interna de curvas e;
- evitando locais de refluxo de água.

A data da coleta foi condicionada à uma pluviosidade e regimes de marés constantes por no mínimo três dias anteriores à data da coleta das amostras além deste também ter sido um dia típico de produção da empresa (volume e parâmetros dos efluentes típicos de um dia normal de trabalho).

A realização das coletas foi feita de acordo com a NBR 9898/97 “Preservação e amostragem em corpos receptores”, atendendo os requisitos para o parâmetro cloreto, quais sejam: volume mínimo 250 mL, e tempo de realização das análises inferior a sete dias. Foram utilizados frascos plásticos com volume superior a 250 mL para as amostras sendo a coleta realizada sob os seguintes critérios:

- o frasco foi seguro pela base e mergulhado rapidamente com a boca para baixo, a cerca de 15 a 20 cm de profundidade;
- o recipiente de coleta foi direcionado de modo a ficar no sentido contrário à correnteza do rio;
- uma vez voltado o frasco, o mesmo foi lentamente inclinado para a posição vertical no intuito da retirada de ar e conseqüente enchimento pleno do mesmo pela água do rio;
- uma vez retirado o recipiente da água foi desprezada uma pequena quantidade da amostra no intuito de permitir um espaço vazio suficiente para a homogeneização da amostra antes do início das análises;
- uma vez coletada a amostra o recipiente foi imediatamente fechado e devidamente rotulado.

No momento das coletas o ponto foi georreferenciado em coordenadas UTM, tendo como Datum horizontal o SAD 69. As análises laboratoriais foram feitas em laboratório apropriado para esse tipo de análise. O método utilizado foi a espectrometria HACH METHOD 8113 – MercuricThiocyanateMethod.

A análise dos dados foi realizada através da aplicação da estatística descritiva, da verificação da presença de valores aberrantes “outliers” (utilizando-se o teste Z modificado), da presença de normalidade na distribuição (utilizando-se o teste D’Agostino) e da análise de continuidade espacial (utilizando o Índice Residual Normalizado- IRN) (SILVA, 2003).

Segundo Sperling (2007) uma das formas de caracterizar uma amostra de dados referente a estudos de modelagem da qualidade de rios é a utilização da estatística descritiva, pois esta permite descrever numericamente variáveis quantitativas (discretas ou contínuas). A aplicação neste estudo foi realizada para a descrição do comportamento da variável concentração de cloreto, medida em  $\text{mg.L}^{-1}$ , para tanto, foram utilizados os parâmetros estatísticos comumente usados (medidas de tendência central, medidas de posição e medidas de dispersão), conforme proposto pelo autor e de acordo com os valores que seguem na tabela abaixo:

Tabela 1: Variáveis quantitativas, tamanho da amostra, valores mínimos e máximos para o cloreto.

Informações relevantes		Variáveis quantitativas			
		Variáveis	Valores	Variáveis	Valores
Tamanho da amostra	40	Amplitude total( $\text{mg.L}^{-1}$ )	1249.00	Primeiro quartil( $\text{mg.L}^{-1}$ )	56.00
		Mediana ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	66.00	Terceiro quartil( $\text{mg.L}^{-1}$ )	74.25
Valor mínimo para cloreto	41.00	Média aritmética( $\text{mg.L}^{-1}$ )	99.90	Desvio interquartílico	18.25
		Variância ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	38152.19	Assimetria (g1)	6.11
Valor máximo para cloreto	1290.00	Desvio padrão( $\text{mg.L}^{-1}$ )	195.33	Curtose (g2)	37.98
		Erro padrão	30.88	Média harmônica	65.6139
		Coefficiente de variação (%)	195.52	Média geométrica	71.1693

Valores aberrantes, ou também chamados outliers, podem “contaminar” resultados estatísticos, principalmente no tocante à estatística espacial, eles podem ser: anomalias presentes na amostra, objeto do estudo; podem ser causados por

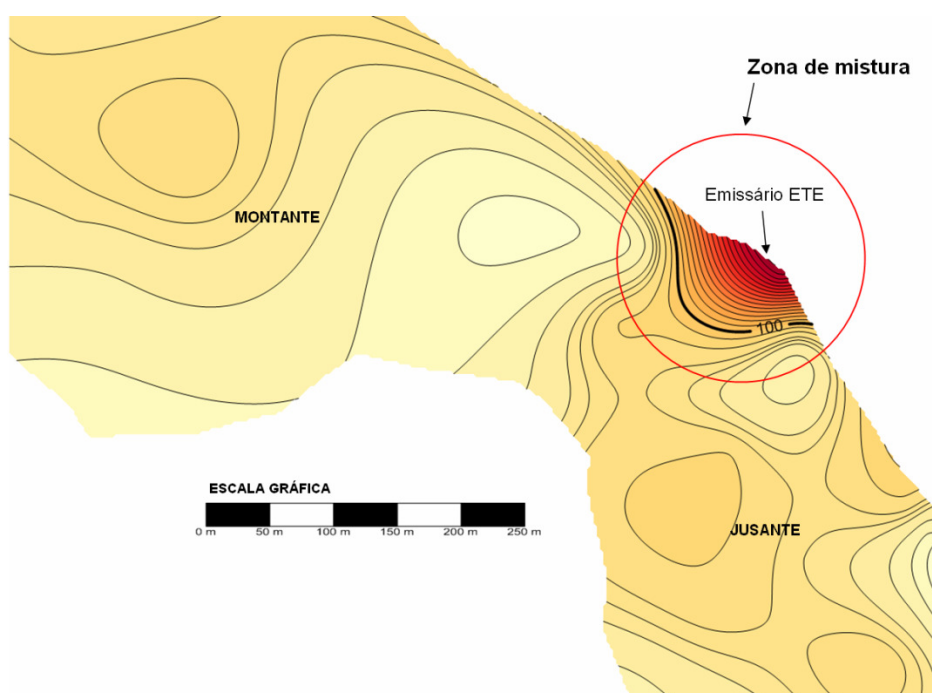
falhas na coleta; bem como, por erros humanos ou instrumentais durante a análise laboratorial, etc. Por estes motivos a análise da presença desses valores aberrantes se faz necessário. O método de determinação dos outliers aqui utilizado foi o proposto por Silva (2003) e consiste na aplicação do Teste Z modificado.

Para a análise de continuidade espacial adotou-se os índices de Geary e Moran que, por meio da análise da variância e da covariância (respectivamente), determinam a relação espacial entre os pontos amostrados (SILVA, 2003). Sendo assim:

- Índice de Moran = -0,091;
- Índice de Geary = 0,91.

Apesar dos valores estarem muito próximos da detecção de um padrão aleatório consideramos pertinente a execução das interpolações espaciais.

Para a definição do limite da zona de mistura efluente/água do rio, considerou-se a média dos valores observados (aproximadamente 100 mg/L). Este limite pode ser evidenciado pela isolinha mais espessa de cor preta no mapa abaixo (Figura 3).



**Figura 3: Mapa contendo a projeção da zona de mistura efluente/água do rio.**  
**Fonte: Joabe Cerqueira Rodrigues.**

## RESULTADOS

A análise dos dados gerou resultados que foram assim baseados:

- na determinação do método de interpolação mais adequado para o conjunto de dados obtidos (variável concentração de cloreto);
- na geração de superfícies contínuas referentes ao método interpolador mais adequado;
- na geração dos mapas de anomalias de 1ª, 2ª e 3ª ordem;
- no teste de hipóteses sobre as médias interpoladas a jusante e a montante do ponto de lançamento da ETE (sendo este último um procedimento estocástico não espacial).

Para escolha do método mais adequado foram testados os três métodos de interpolação espacial mais utilizados para estudos relacionados a diagnósticos ambientais, quais sejam:

- Inverso da potência da distância - com fator de potência igual a dois;
- Krigagem ordinária - com a adoção do modelo de variograma sem patamar e isotrópico;
- Mínima curvatura - sem utilização de filtro de suavização.

Os resíduos de cada interpolação foram gerados pelo software Surfer, versão 9.0 e os cálculos pertinentes foram realizados em software de planilha eletrônica (Microsoft Excel, versão 2003).

Para testar qual dos três métodos interpoladores era o mais adequado para o estudo utilizou-se o índice residual normalizado (IRN), estando correto aquele interpolador que apresentasse o menor IRN associado (SILVA, 2003).

O espaçamento da malha foi adotado mediante o cálculo do RMS (SILVA, 2003). A resolução encontrada foi de 0,50m, as estatísticas referentes ao “grid” estão demonstradas no anexo 01 deste estudo.

Dos métodos de interpolação elencados acima, após o teste do IRN, o que se mostrou melhor adaptado ao conjunto de dados em estudo foi o método de interpolação da **mínima curvatura** sem filtro de suavização.

## MAPA DE ISOCONCENTRAÇÕES DE CLORETO

Uma vez definido o melhor método de interpolação aplicado ao conjunto de dados, ou seja, a mínima curvatura, procedeu-se a interpolação propriamente dita, para tanto, utilizou-se o software Surfer 9.0, alguns ajustes foram necessários para que o grid gerado apresentasse apenas valores positivos, neste caso utilizou-se uma rotina matemática específica que tem por função desprezar qualquer valor negativo predito na malha (grid).

A superfície interpolada foi reamostrada para se ajustar aos limites do corpo d'água receptor, o que veio a gerar um mapa de isoconcentrações limitado às margens do rio. A figura abaixo (figura 09) representa uma vista geral do trecho interpolado, mostrando as suas isolinhas de concentrações de cloreto. A seguir outra imagem (figura 10), mostra apenas o detalhe da área interpolada, com especial atenção às isolinhas bastante próximas, localizadas à altura do ponto de lançamento do emissário.

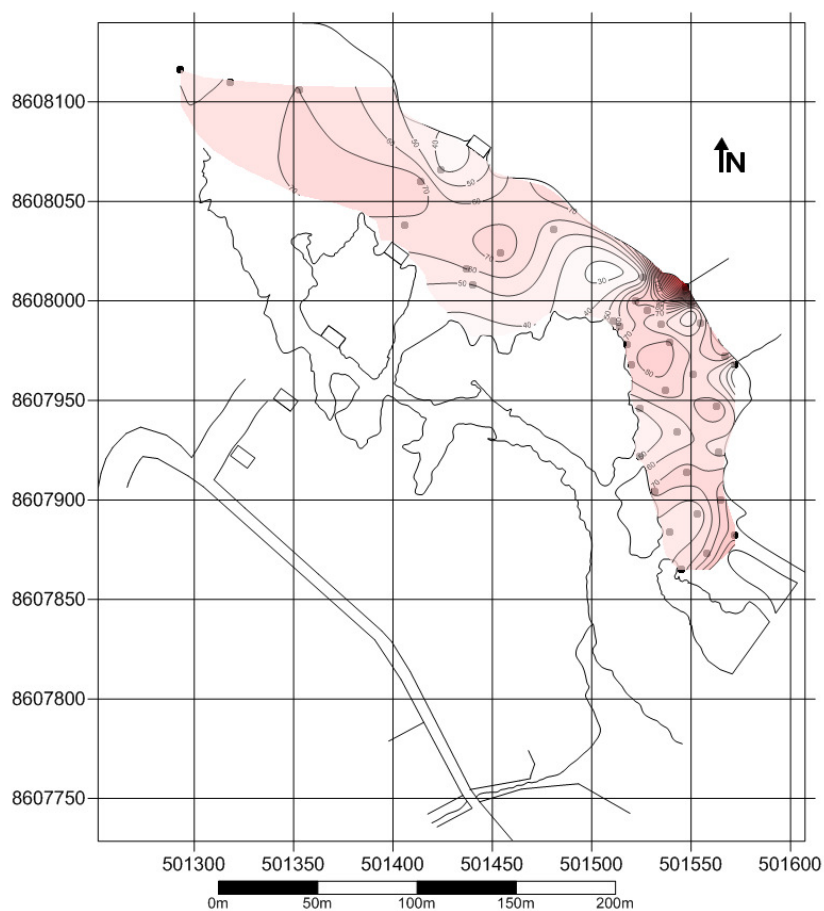
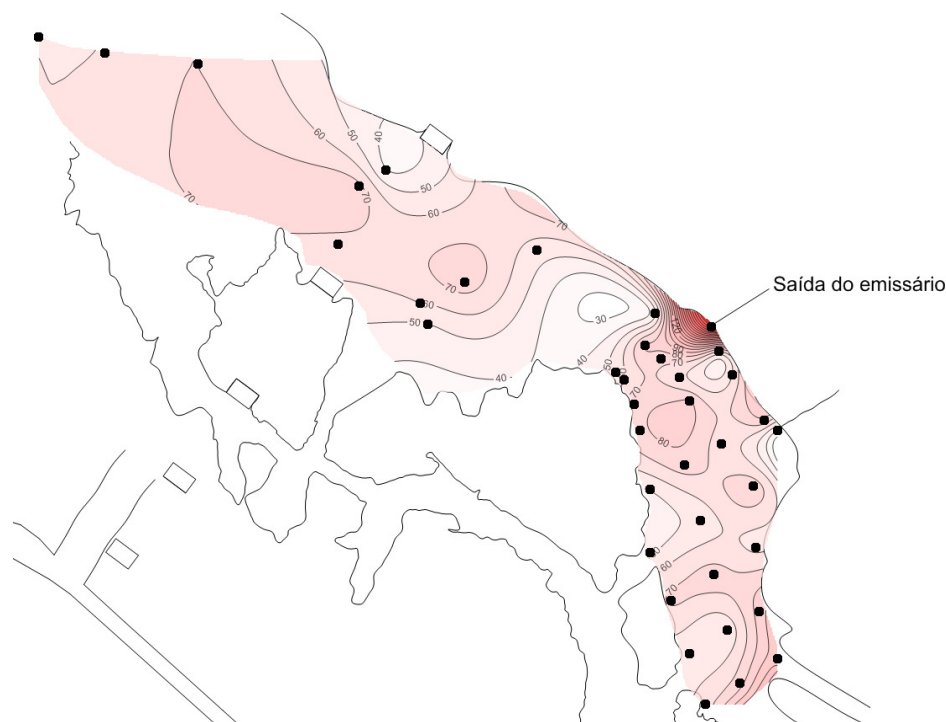


Figura 4: Mapa geral mostrando a superfície contínua interpolada no trecho do rio.  
Fonte: Joabe Cerqueira Rodrigues.



**Figura 5:** Mapa mostrando detalhe da superfície contínua interpolada, com as maiores concentrações de cloreto junto à saída do emissário, representadas em cores mais acentuadas. Fonte: Joabe Cerqueira Rodrigues.

#### **TESTE DE HIPÓTESES SOBRE AS MÉDIAS DOS DADOS INTERPOLADOS (JUSANTE E MONTANTE):**

No intuito de verificar a influência dos lançamentos de efluentes oriundos da ETE nas concentrações médias de cloreto no rio, foi utilizado um teste estatístico de hipóteses, adotando-se como hipótese nula ( $H_0$ ) o fato da média aritmética dos valores observados à jusante ser igual à média dos valores observados à montante do lançamento ( $\mu_0 = \mu_1$ ), considerando assim que, o lançamento do efluente contendo cloreto não está afetando os níveis de cloreto pré-existentes no rio. E, tendo como hipótese alternativa ( $H_1$ ) o fato do lançamento do efluente tratado no rio esteja efetivamente alterando as concentrações de cloreto à jusante do ponto de lançamento ( $\mu_0 \neq \mu_1$ ).

Resultado do teste:

Considerando estas duas hipóteses e considerando como média populacional a média encontrada para os pontos de montante ( $\mu = 60,46 \text{ mg.L}^{-1}$ ), temos:

Para o teste t (Student) com significância  $\alpha = 0,05$  unilateral (adotado), temos:

$p = 0,0023 < 0,05$  portanto...

Rejeita-se a hipótese nula de igualdade entre as médias à jusante e a montante, aceitando-se então a hipótese alternativa ( $H_1$ ), ou seja, considera-se que existe alteração dos níveis de concentração de cloreto a jusante do ponto de lançamento de efluentes tratados pela empresa.

#### **GERAÇÃO DE MAPA DE ANOMALIAS:**

Em virtude do tipo de metodologia de estudo aqui adotado, foram consideradas a média e o desvio padrão com valores respectivamente:  $62,74$  e  $17,00 \text{ mg.L}^{-1}$ , estes extraídos do *grid* interpolado. Adotou-se neste relatório os seguintes limiares de anomalias propostos por Filho et. al (2001) e Licht (1998):

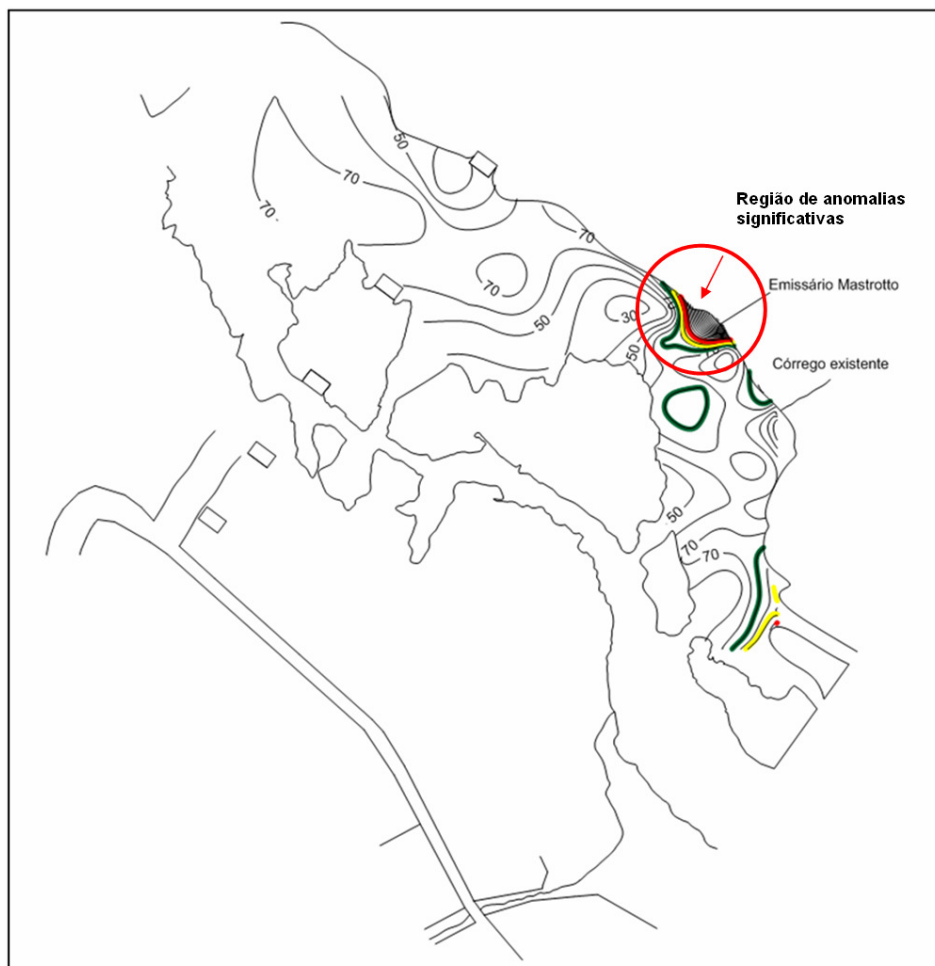
1º limiar – média mais uma vez o desvio padrão =  $79 \text{ mg.L}^{-1}$  – isolinha verde;

2º limiar – média mais duas vezes o desvio padrão =  $96,74 \text{ mg.L}^{-1}$  – isolinha amarela;

3º limiar – média mais três vezes o desvio padrão =  $113,74 \text{ mg.L}^{-1}$  – isolinha vermelha.



A figura abaixo mostra um plano geral da posição das isolinhas referentes aos limiares de anomalias presentes neste estudo. Observa-se que as anomalias efetivas (2º e 3º limiares) se encontram marcadamente nas imediações do ponto de lançamento.



**Figura 7: Mapa geral mostrando as curvas de anomalias das concentrações de cloreto, no trecho estudado do rio.  
Fonte: Joabe Cerqueira Rodrigues.**

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Quanto à pertinência das interpolações, os índices de Geary e Moram apontaram para a existência de continuidade espacial para o conjunto de dados estudado, permitindo assim a realização das interpolações e conseqüente geração de superfícies contínuas, tal fato, demonstra que o método ou metodologia para os trabalhos de campo, bem como, para a análise dos dados possuiu uma espacialidade adequada.

O índice residual normalizado, IRN, apontou para o método da Mínima Curvatura como o melhor algoritmo interpolador, tendo sido necessário a retirada dos valores negativos presentes no grid de interpolação.

O mapa de limiares de anomalias elaborado demonstrou existirem anomalias superiores ao 2º limiar, presentes na região próxima ao lançamento da ETE (zona de mistura), o que corrobora com a tese das altas concentrações de cloreto ali despejados, destoando com as concentrações presentes originalmente no rio (montante). De acordo com os mapas gerados (superfícies contínuas e anomalias), existe um pico nas concentrações de cloreto imediatamente após o ponto de lançamento do emissário, porém devido à grande solubilidade do cloreto em água, este pico não tende a se prolongar a jusante do lançamento, ficando como foi dito, a zona de mistura restrita às proximidades do lançamento.

Entretanto, é importante salientar que, mesmo o pico das concentrações situando-se próximo ao ponto de lançamento, o teste de hipóteses entre as médias aritméticas demonstrou não serem oriundas de uma mesma população (rejeição da hipótese nula que previa igualdade entre as médias de jusante e montante), portanto, salvo melhor juízo, os resultados indicam que o lançamento do efluente tratado com as concentrações de cloreto atuais pode contribuir para alterar a

qualidade das águas do rio à jusante do seu ponto de lançamento (mesmo com valores inferiores ao preconizado na resolução CONAMA 357/05 – 250 mg.L<sup>-1</sup>).

## CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia utilizada concluímos que:

- o efluente da ETE lançado no rio Paraguaçu, no tocante ao parâmetro cloreto, aparentemente, não está em concentrações que ultrapassem significativamente a capacidade de diluição do referido corpo d'água, fato este demonstrado quando se compara a média dos valores interpolados (62,74 mg.L<sup>-1</sup>) com os resultados encontrados nas segunda e quarta campanhas de coletas realizadas pelo programa Monitora (INGÁ/SEMA), datada do ano de 2008 para o ponto PRG-PRG-800 (Relatório de Qualidade das Águas da RPGA do Rio Paraguaçu), que apresentaram valores iguais a 88,7 e 83,3 mg.L<sup>-1</sup> (em ponto de coleta localizado após a ponte D. Pedro II, defronte ao Tiro de Guerra de Cachoeira – a montante dos pontos coletados);
- o efluente lançado contribui para o ligeiro aumento das concentrações de cloreto a jusante do ponto de descarga do emissário da ETE, embora essas concentrações ainda estejam abaixo do limite estabelecido na legislação aplicável para corpos d'água Classe 2;
- as concentrações atuais de lançamento do efluente da ETE (medidas no emissário) não atendem a legislação em vigor, quais sejam: 250 mg.L<sup>-1</sup> segundo a Portaria 1.469/00 do Ministério da Saúde (padrão de potabilidade da água) e Resolução CONAMA nº 357/05, pois o valor encontrado no emissário foi de 1.290 mg.L<sup>-1</sup>;
- as atividades hora existentes no entorno do ponto de lançamento dos efluentes não contribuem significativamente para o aumento na concentração de cloreto no trecho do rio imediatamente após o ponto de lançamento da ETE (após a zona de mistura);
- caso seja necessário o aumento das concentrações de cloreto no efluente da ETE (devido a futuras ampliações e conseqüente aumento de produção) esforços deverão ser olvidados para aumentar a eficiência do tratamento no tocante ao atendimento dos parâmetros estabelecidos na legislação em vigor.

## REFERÊNCIAS

1. Braile, Pedro Marcio; Cavalcanti, Jose Eduardo W. A. Manual De Tratamento De Águas Residuárias Industriais. São Paulo: Cetesb, 1979. 764 P.;
2. Burrough, P. A.; Mcdonnell, R. A. Principles Of Geographical Information Systems. Oxford: Oxford University Press, 1998. 333 P.;
3. Sperling, Marcos Von. Introdução A Qualidade Das Águas E Ao Tratamento De Esgotos. 3.Ed. Belo Horizonte: Desa - Ufmg, 2005. 252p. (Princípios Do Tratamento Biológico De Águas Residuárias; V.1);
4. Sperling, Marcos Von. Estudos E Modelagem Da Qualidade Da Água De Rios. Belo Horizonte: Desa - Ufmg, 2007. 588p. (Princípios Do Tratamento Biológico De Águas Residuárias; V.7);
5. Filho, O. M.; Leal, R. A.; Moraes, L. C. 2001. Chumbo De Nova Redenção: Estado Da Bahia. Salvador, Cprm, Informe De Recursos Minerais, Série Oportunidades Minerais – Exame Atualizado De Projeto, 05, 31 P. Disponível Em: <Http://Www.Cprm.Gov.Br/Opor/Pdf/Novarede.Pdf>. Acesso Em 18 Out. 2008;
6. Ingá - Http://Www.Inga.Ba.Gov.Br/Modules/Pico/Index.Php?Content\_Id=137 - Relatório De Qualidade Das Águas Da Rpga Do Rio Paraguaçu.
7. Licht, O. A. B. Prospecção Geoquímica – Princípios, Técnicas E Métodos. Rio De Janeiro: Cprm, 1998. 236 P.;
8. Planejamento De Amostragem De Efluentes Líquidos E Corpos Receptores: Nbr 9897. Rio De Janeiro: Associação Brasileira De Normas Técnicas, 1997.;
9. Preservação E Amostragem Em Corpos Receptores: Nbr 9898. Rio De Janeiro: Associação Brasileira De Normas Técnicas, 1997.