



**UEPB**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**NAYR THAYS HENRIQUE CALIXTO**

**MODELO DE CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES ALÓCTONES EM  
RESERVATÓRIOS DE ÁGUA DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO  
DO RIO PARAÍBA**

**CAMPINA GRANDE/PB  
2019**

NAYR THAYS HENRIQUE CALIXTO

**MODELO DE CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES ALÓCTONES EM  
RESERVATÓRIOS DE ÁGUA DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO  
DO RIO PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Orientador:** Prof. Dr. Rui de Oliveira

**CAMPINA GRANDE/PB  
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

C154m Calixto, Nays Thays Henrique.

Modelo de concentração de poluentes alóctones em reservatórios de água da Região hidrográfica do médio curso do Rio Paraíba [manuscrito] / Nays Thays Henrique Calixto. - 2019.

23 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2019.

"Orientação : Prof. Dr. Rui de Oliveira, Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."

1. Agrotóxicos. 2. Carbamatos. 3. Reservatórios superficiais. 4. Regressão linear múltipla. I. Título

21. ed. CDD 628.14

NAYR THAYS HENRIQUE CALIXTO

MODELO DE CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES ALÓCTONES EM  
RESERVATÓRIOS DE ÁGUA DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO  
DO RIO PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Sanitária e Ambiental da Universidade  
Estadual da Paraíba, como requisito  
parcial à obtenção do título de bacharel  
em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovado em: 13/06/2019.

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Rui de Oliveira (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Ruth Silveira do Nascimento  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados para a análise de água bruta para o grupo químico piretroide em Boqueirão.....	17
Tabela 2 – Resultados para a análise de água bruta para o grupo químico carbamato em Boqueirão.....	17
Tabela 3 – Resultados para a análise de água bruta para o grupo químico piretroide em Acauã.....	18
Tabela 4 – Resultados para a análise de água bruta para o grupo químico carabamato em Acauã.....	19

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
2	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	9
3	<b>METODOLOGIA</b> .....	12
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	17
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	21
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	22
	<b>APÊNDICE A – EXEMPLO DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS POR REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA</b> .....	25

## MODELO DE CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES ALOCTONES EM RESERVATÓRIOS DE ÁGUA DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO DO RIO PARAÍBA

Nayr Thays Henrique Calixto\*

### RESUMO

O uso crescente de agrotóxicos é uma questão que ameaça várias esferas do meio ambiente, como a qualidade de águas superficiais, expondo a saúde dos usuários a riscos graves. Portanto, é necessária a utilização de ferramentas para o monitoramento contínuo desses mananciais. Este trabalho utiliza a modelagem matemática como uma ferramenta que permite a previsão de concentrações de agrotóxicos, em reservatórios superficiais. O método utilizado foi o dos mínimos quadrados por meio de regressão linear múltipla. Os dados de concentração dos compostos químicos para a formulação do modelo são provenientes de uma dissertação do mestrado produzida pelo Grupo de Pesquisa Saúde Ambiental da UEPB, por esse motivo, os grupos químicos compreendidos neste trabalho, são os grupos carbamato e piretroide. Os dados complementares são fornecidos pela AESA e INMET. O método é satisfatório para a maioria dos compostos em estudo, como a Ciflutrina, que apresentou valores de coeficiente de determinação múltipla de 0,98, indicando que a ferramenta de modelagem é aplicável para prever concentração de agrotóxicos em reservatórios superficiais.

**Palavras-chave:** Princípios ativos de agrotóxicos. Carbamato. Piretroide. Regressão linear.

### ABSTRACT

The increasing use of pesticides is an issue that threatens several spheres of the environment, such as the quality of surface water, exposing the health of users to serious risks. Therefore, it is necessary to use tools for the continuous monitoring of these sources. This work uses mathematical modeling as a tool that allows the prediction of concentrations of pesticides in surface reservoirs. The method used was ordinary least squares by means of multiple linear regression. The concentration data of the chemical compounds for the formulation of the model are derived from a master's thesis produced by UEPB's Environmental Health Research Group, so the chemical groups included in this work are the carbamate and pyrethroid groups. Complementary data are provided by AESA and INMET. The method is satisfactory for most of the compounds under study, such as Cyfluthrin, which presented multiple determination coefficient values of 0.98, indicating that the modeling tool is applicable to predict concentrations of pesticides in surface reservoirs.

**Keywords:** Active principles of pesticides. Carbamate. Pyrethroid. Linear regression.

\*Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Estadual da Paraíba

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável para o desenvolvimento da vida humana, e a preservação desse recurso é um desafio, devido à grande quantidade de fontes poluidoras. Os mananciais superficiais são uma das principais fontes de abastecimento no país, e, por serem superficiais, estão mais suscetíveis à contaminação. As substâncias causadoras da poluição podem ser classificadas como substâncias autóctones, que são produzidas no interior do ecossistema em estudo, ou como substâncias alóctones que são compostos produzidos fora do sistema em estudo, mas que foram carregadas por algum mecanismo de transporte (GIMENES et al., 2010).

Dentre esses poluentes, se destacam os agrotóxicos, cujo consumo cresce devido o aumento progressivo da população, que exige um acréscimo na oferta de alimentos (PERES; MOREIRA, 2003). Esses compostos, além de cumprirem o papel de proteger as culturas agrícolas das pragas, doenças e plantas daninhas, podem oferecer riscos à saúde humana e ao ambiente (SPADOTTO et al., 2004). Esses riscos estão associados ao seu alto poder de contaminação e persistência no meio ambiente, inclusive em corpos aquáticos. O uso de agrotóxicos oferece riscos como contaminação das águas superficiais e subterrâneas, apresentando, riscos de intoxicação humana pelo consumo de água e alimentos contaminados (SPADOTTO et al., 2004). Sendo assim, faz-se necessário seu monitoramento contínuo para avaliar se há risco para a saúde dos indivíduos que fazem uso desse recurso.

Os agrotóxicos são encontrados no ambiente em níveis traços, portanto, é necessária a realização de análises que alcancem níveis muito baixos de concentração, como a análise de cromatografia (GUO; LEE, 2012). A partir da obtenção desses dados, é possível relacionar os resultados obtidos, com características e fatores referentes ao reservatório em estudo. A relação entre esses dados pode ser estabelecida através de uma modelagem matemática, que possibilita o ajuste de um modelo nas condições representadas pelos dados. Vários métodos têm sido desenvolvidos para o estudo e a previsão do comportamento e destino de agrotóxicos, que vão desde o uso de parâmetros pré-estabelecidos até modelos matemáticos complexos (SPADOTTO et al., 2004).

Dessa forma, este trabalho utiliza métodos de modelagem matemática para formular uma função que permita prever a concentração de agrotóxicos no reservatório, a partir de dados que interferem no sistema, como, por exemplo, a precipitação total.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Agrotóxicos

A Lei Federal 7802, de 1989, define que agrotóxicos são produtos e os agentes físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos. Também são considerados agrotóxicos substâncias e produtos, empregados como



desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento (BRASIL, 1989).

A utilização de agrotóxicos apresenta vantagens, como o controle de doenças e pragas, resultando no aumento da produtividade agrícola. No entanto, o uso desordenado de agrotóxicos, pode causar problemas graves, como a contaminação de corpos hídricos superficiais, que fornecem água para abastecimento. A lixiviação de agrotóxicos através do solo resulta em contaminação de águas subterrâneas, e o carreamento superficial dessas substâncias favorece a contaminação das águas superficiais, com o agrotóxico adsorvido às partículas do solo erodido ou em solução (SPADOTTO; GOMES). A maioria dos agrotóxicos pode ser sorvida pelo material orgânico do solo, no entanto, essas substâncias, por ocasião das precipitações pluviais, podem atingir as águas superficiais, se esse solo contaminado for carreado pelo escoamento superficial (SOARES; LEÃO, 2015). As propriedades físico-químicas dos agrotóxicos, bem como a quantidade e a frequência de uso, métodos de aplicação, características do ambiente e as condições meteorológicas determinarão qual será o destino dos pesticidas no ambiente (RIBAS; MATSUMURA, 2009). No ambiente aquático, além da hidrólise e da fotólise, os agrotóxicos podem também sofrer a degradação biológica e, ainda, a bioacumulação e a biomagnificação (SPADOTTO et al., 2004). A presença de agrotóxicos em águas de abastecimento eleva os riscos de câncer e causa danos ao fígado e aos sistemas nervoso, cardíaco, endócrino e reprodutor (LIBÂNIO, 2010).

A entrada de agrotóxicos no sistema aquático pode se dar por várias maneiras como por aerossóis, infiltração no solo, irregularidades no armazenamento e estoque e por meio de águas de rejeito, entre outras. Podem afetar o sistema nervoso e causar efeitos tóxicos. As técnicas mais empregadas para identificação desses compostos são cromatografia líquida e gasosa (SHI et al., 2014). Essas substâncias são, possivelmente, cancerígenas e mutagênicas. Também, alguns podem causar mudanças hormonais temporárias em humanos e animais, mesmo em baixas concentrações (YANG, SHING, 2013).

O tratamento de água no Brasil, em sua maioria, é do tipo convencional, ou seja, sem processos avançados. Essa tecnologia de tratamento usualmente não é efetiva na remoção de agrotóxicos (LIBÂNIO, 2010). Sendo assim, faz-se necessária a realização de estudos para a análise da presença desses compostos em mananciais superficiais, para que, a partir dos resultados, seja possível considerar medidas adequadas, tendo em vista a importância de garantir a segurança da água.

Os agrotóxicos podem ser classificados conforme organismo alvo e grupo químico, toxicidade e periculosidade ambiental (EMBRAPA, 2014). Este trabalho utilizou os dados da dissertação "*Ocorrência de princípios ativos de agrotóxicos em águas superficiais da região hidrográfica do médio curso do rio Paraíba - Grupos Carbamato e Piretroide*" que foi produzido pelo Grupo de Pesquisa Saúde Ambiental da UEPB, na linha de pesquisa *Vigilância Ambiental (Vigilância da Qualidade da Água)*, que realizou análises de ocorrência de princípios ativos de agrotóxicos na região do médio curso do Rio Paraíba. Durante a pesquisa, um levantamento feito na região revelou que os agrotóxicos utilizados na região de estudo, se encaixavam nos grupos químicos carbamato e piretroide.

### **2.1.1 Carbamatos**

Pesticidas como carbamatos, são utilizados para substituir os pesticidas organofosforados e organoclorados devido ao baixo potencial bioacumulativo, e

efetividade no alcance de atividade biológica, como insetos, fungos e ervas daninha. Possuem elevada solubilidade em água, podendo, facilmente estarem presentes em sistemas de abastecimento, exigindo atenção no que diz respeito à saúde dos consumidores (MSAGATI; MAMBA, 2012). Para determinação dessas substâncias, se faz necessária a utilização de métodos que tenham a capacidade de detectar baixos níveis de concentração e alta seletividade para reduzir, ao máximo, interferências. Uma característica importante do grupo é a instabilidade térmica, que ocasiona a quebra dessas substâncias em aminas e fenóis (GUO; LEE, 2012). A maioria dos carbamatos tem altos pontos de fusão e baixa pressão de vapor (WU et al., 2009). Carbamatos podem ser dispersos do solo para águas superficiais e subterrâneas devido à sua solubilidade em água (CAVALIERE et al., 2012). Pelo fato de se apresentarem na estrutura a função éster, o seu comportamento em água é importante sob dois aspectos: eles estão sujeitos à reação de hidrólise que pode diminuir a ação inseticida como, também, aumentar a toxicidade pela formação de subprodutos mais tóxicos. (HIRATA et al., 2003). Os carbamatos podem ocasionar, em seres humanos, desde pequenas náuseas e vômitos até violentas contrações intestinais, espasmos musculares e convulsões que podem levar à morte do organismo (MARQUES et al., 2006).

### **2.1.2 Piretroides**

Os piretroides são inseticidas sintéticos que são utilizados para substituir pesticidas organoclorados, devido à baixa toxicidade em mamíferos, atividade inseticida seletiva e baixa persistência no ambiente (FEO et al., 2010). Devido ao crescimento da utilização dessas substâncias, atraiu a atenção para o estudo do seu destino e comportamento no meio ambiente (LIN, 2013). No entanto, há a possibilidade de que a substância sofra bioacumulação, apresentando-se em quantidades consideráveis em cultivos e comidas de origem animal. (QIAN et al., 2018). Esse grupo químico apresenta compostos altamente hidrofóbicos que possuem baixa solubilidade em água (FEO et al., 2010). Sua detecção não é fácil, devido à sua concentração ser em níveis traços e interferências de sua matriz complexa (FAN et al., 2017). A dificuldade de monitorar piretroides e substâncias similares, em mananciais superficiais, está no fato de que esses são muito hidrofóbicos, facilmente sorvidos a sólidos suspensos e matéria orgânica dissolvida (XUE et al., 2017). Por suas características como solubilidade em água, os piretroides são facilmente adsorvidos a partículas sedimentadas, resultando em baixas concentrações em águas superficiais (WU et al., 2010). Se comparado com os seus compostos naturais, os piretroides sintéticos são mais estáveis à luz e à temperatura (JIA et al., 2010).

## **2.2 Modelagem matemática**

A utilização de ferramentas, como os modelos matemáticos, é de extrema importância no processo de avaliação do risco de contaminação por agrotóxicos, os quais permitem uma avaliação abrangente dos diferentes cenários em que são inseridos esses compostos (GOMES; BARIZON, 2014).

A modelagem matemática tem como objetivo desenvolver uma equação que expresse as principais características de um sistema ou processo físico em termos matemáticos (CHAPRA, 2011). Para que ocorra essa formulação, define-se a variável dependente, que reflete o comportamento do sistema, e as variáveis

independentes que são dimensões nas quais o sistema é determinado. Os parâmetros são os resultados obtidos do método que representam a composição do sistema. Ou seja, após a definição do problema, o modelo matemático engloba as teorias, dados e ferramentas para a resolução do problema, sendo os resultados numéricos ou gráficos, utilizados na implementação de soluções da problemática inicial.

O ajuste de curvas é uma ferramenta que permite obter estimativas intermediárias a partir do ajuste de um grupo de dados, possibilitando prever o comportamento de um sistema a partir de um conjunto amostral. O método dos mínimos quadrados é utilizado para verificar uma possível associação entre dados experimentais, considerando as oscilações entre os pontos, buscando o melhor ajuste através de linhas curvas ou retas. Baseia-se em determinar uma função aproximada que represente a tendência geral dos dados, minimizando, ao máximo, a quantidade de erros residuais. Existem diferentes aplicações do método, como linear, não linear e polinomial. A regressão linear múltipla é o método que relaciona, através de uma linha, a função com duas ou mais variáveis independentes, ou seja, associar dois ou mais fatores que interferem em um determinado sistema.

Como simplificação da realidade, em um modelo não é possível representar e considerar todas as inter-relações possíveis de ocorrer num sistema complexo. Entretanto, o emprego de modelos na avaliação auxilia na caracterização da exposição e permite melhor conduzir a avaliação. (SANTOS, 2012).

### **3 METODOLOGIA**

Os dados de concentração de agrotóxicos foram obtidos a partir da pesquisa realizada pelo *Grupo de Pesquisa Saúde Ambiental da UEPB*, que analisou a presença de agrotóxicos em águas dos reservatórios Epitácio Pessoa (Figura 1) e Argemiro de Figueiredo (Figura 2), conhecidos como, respectivamente, Açude de Boqueirão e Acauã. Ambos os reservatórios estão situados na região do médio curso do Rio Paraíba (Figura 3). Foram realizadas 5 análises para amostras de água bruta, entre os dias 21 de julho de 2015 e 20 de outubro de 2015. As análises ocorreram no espaço de 15 dias entre si, para ambos os reservatórios, a partir de coletas de água bruta na chegada das Estações de Tratamento de Água de Gravatá de Queimadas e Itatuba. O período em que ocorreu a pesquisa está compreendido entre os anos 2012 e 2016, no qual a pouca quantidade de chuvas provocou a redução da capacidade hídrica armazenada no Estado. Os dados da Aesa demonstram que, fora da faixa litorânea, a falta de recargas significativas fez com que, ao final do período analisado, a capacidade total média dos reservatórios fosse de 19,46% (MEDEIROS; BRITO, 2017)

**Figura 1 - Imagem de satélite do Açude Epitácio Pessoa**



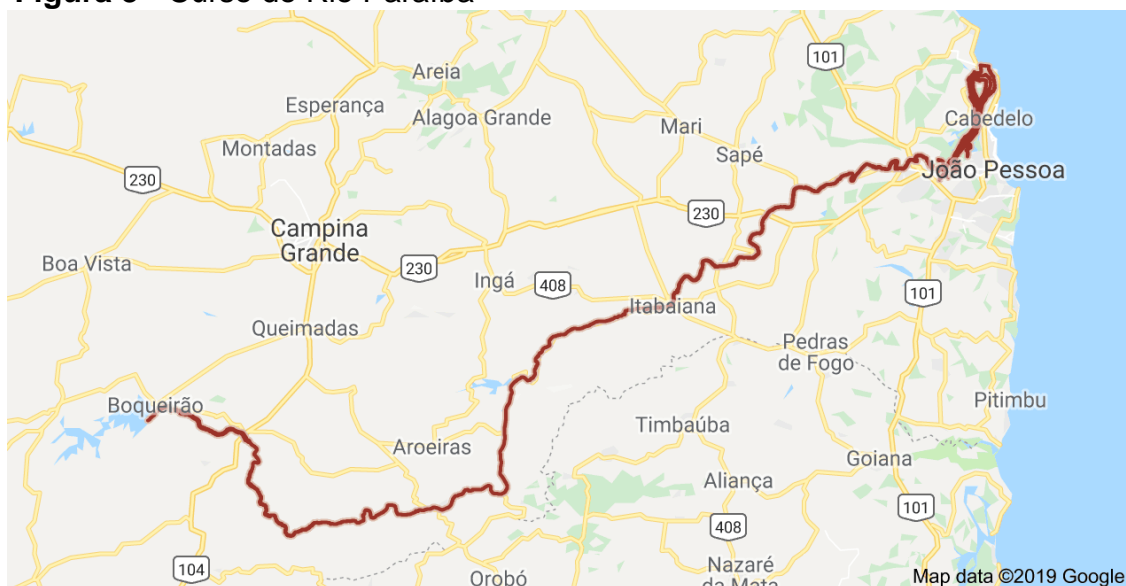
Fonte: Google Earth (2019)

**Figura 2 - Imagem de satélite do Açude Argemiro de Figueiredo**



Fonte: Google Earth (2019)

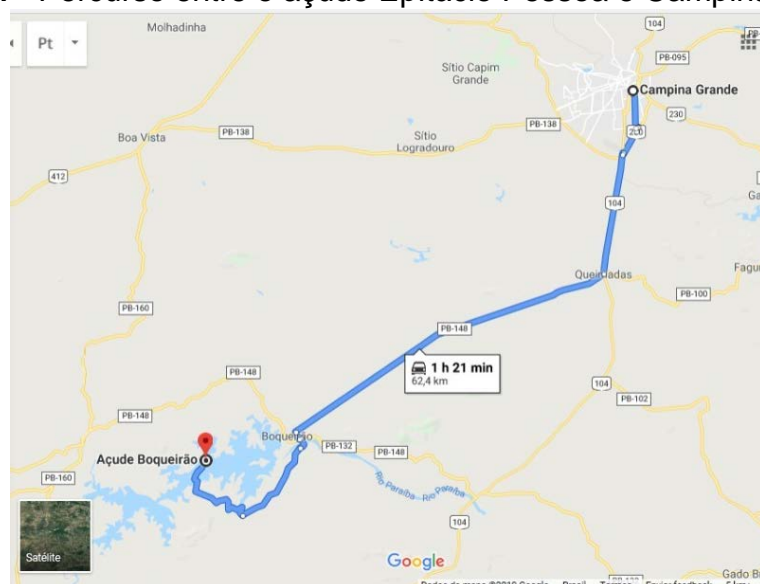
**Figura 3 - Curso do Rio Paraíba**



Fonte: Google Maps (2019)

Para a realização da modelagem matemática, foram utilizados dados de variação de volume do reservatório, fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas (AES/A), e dados de evaporação piché e precipitação total mensal, do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados fornecidos pelo INMET são da estação de Campina Grande, devido ao fato de que esta é a estação que mais se aproxima dos reservatórios em estudo. As Figuras 4 e 5 mostram as distâncias entre os reservatórios e a cidade de Campina Grande. O método utilizado para realização da modelagem foi o método de regressão linear múltipla com determinação dos estimadores com base no critério dos mínimos quadrados.

**Figura 4 - Percurso entre o açude Epitácio Pessoa e Campina Grande**



Fonte: Google Maps (2019)

**Figura 5 - Percurso entre o açude Argemiro de Figueiredo e Campina Grande**



Fonte: Google Maps (2019)

Na regressão linear múltipla,  $y$  é uma função linear de duas ou mais variáveis independentes, que, no caso deste trabalho, é representada pela concentração ( $y$ ).

As variáveis independentes são o volume do reservatório ( $x_1$ ), a precipitação total mensal ( $x_2$ ) e a evaporação piché ( $x_3$ ). Os coeficientes são representados por  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  e Portanto a equação da linha reta é a seguinte:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 \quad (1)$$

Minimizar a soma dos quadrados dos resíduos é o melhor critério para reduzir as falhas apresentadas por outros tipos de abordagens. A soma dos quadrados dos resíduos é dada por:

$$S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_{1i} - a_2x_{2i} - a_3x_{3i})^2 \quad (2)$$

Onde:  $i$  é o índice que representa a sequência dos dados, variando de 1 a  $n$ .

Para obter os valores dos coeficientes, deriva-se a Equação 2 com relação a cada coeficiente:

$$\frac{\partial S_r}{\partial a_0} = -2 \sum (y_i - a_0 - a_1x_{1i} - a_2x_{2i}) \quad (3)$$

$$\frac{\partial S_r}{\partial a_1} = -2 \sum x_{1i} (y_i - a_0 - a_1x_{1i} - a_2x_{2i} - a_3x_{3i}) \quad (4)$$

$$\frac{\partial S_r}{\partial a_2} = -2 \sum x_{2i} (y_i - a_0 - a_1x_{1i} - a_2x_{2i} - a_3x_{3i}) \quad (5)$$

$$\frac{\partial S_r}{\partial a_3} = -2 \sum x_{3i} (y_i - a_0 - a_1x_{1i} - a_2x_{2i} - a_3x_{3i}) \quad (6)$$

Considera-se que todas as somatórias vão de  $i = 1$  a  $n$ . Igualando as derivadas a 0 (zero), temos:

$$0 = \sum (y_i - a_0 - a_1x_{1i} - a_2x_{2i}) \quad (7)$$

$$0 = \sum x_{1i} (y_i - a_0 - a_1x_{1i} - a_2x_{2i} - a_3x_{3i}) \quad (8)$$

$$0 = \sum x_{2i} (y_i - a_0 - a_1x_{1i} - a_2x_{2i} - a_3x_{3i}) \quad (9)$$

$$0 = \sum x_{3i} (y_i - a_0 - a_1x_{1i} - a_2x_{2i} - a_3x_{3i}) \quad (10)$$

Expressando o resultado em forma matricial, temos:

$$\begin{bmatrix} N & \sum x_{1i} & \sum x_{2i} & \sum x_{3i} \\ \sum x_{1i} & \sum x_{1i}^2 & \sum x_{2i} \cdot x_{1i} & \sum x_{3i} \cdot x_{1i} \\ \sum x_{2i} & \sum x_{1i} \cdot x_{2i} & \sum x_{2i}^2 & \sum x_{3i} \cdot x_{2i} \\ \sum x_{3i} & \sum x_{1i} \cdot x_{3i} & \sum x_{2i} \cdot x_{3i} & \sum x_{3i}^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_{1i} \cdot y_i \\ \sum x_{2i} \cdot y_i \\ \sum x_{3i} \cdot y_i \end{Bmatrix}$$

Para mensurar o quão adequado é o método, determina-se a soma dos quadrados dos resíduos ( $S_T$ ) entre a variável e a sua média, e a soma dos quadrados dos resíduos ( $S_R$ ) entre a variável e o modelo.

$$S_T = \sum (y_i - \bar{y})^2 \quad (11)$$

$$S_R = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (12)$$

A partir das equações anteriores, é possível calcular o coeficiente de determinação múltipla ( $r^2$ ), que quantifica o quanto o modelo linear explica a variação dos dados, ou seja, quanto mais próximo de 1 for o coeficiente, significa que o modelo melhor explica o comportamento do sistema em estudo.

$$r^2 = \frac{S_T - S_R}{S_T} \quad (13)$$

Para a realização dos cálculos utilizou-se o programa Excel, que facilitou a disposição dos dados e seu manuseio. Este programa auxiliou, ainda, na verificação



dos resultados através da ferramenta de análise de dados do tipo regressão. O Apêndice A, deste trabalho, exemplifica o processo realizado no Excel, para um dos compostos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados para os coeficientes, e seus respectivos erros padrões, e, também, os coeficientes de determinação múltipla, estão dispostos nas Tabelas 1 a 4.

**Tabela 1** – Resultados da análise de água bruta para o grupo químico piretroide no Epitácio Pessoa

Reservatório: Epitácio Pessoa				
Tipo de água: Bruta				
Grupo químico: Piretroide				
Composto	Coeficientes		Erro padrão	Coeficiente de determinação múltipla ( $r^2$ )
Ciflutrina	$a_0$	23,767	48,669	0,983
	$a_1$	-0,274	0,630	
	$a_2$	-0,028	0,076	
	$a_3$	0,058	0,011	
Flumetrina	$a_0$	74,927	53,012	0,718
	$a_1$	-0,951	0,687	
	$a_2$	-0,105	0,082	
	$a_3$	-0,005	0,011	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

**Tabela 2** – Resultados da análise de água bruta para o grupo químico carbamato no Epitácio pessoa

Reservatório: Epitácio Pessoa				
Tipo de água: Bruta				
Grupo químico: Carbamato				
Composto	Coeficientes		Erro padrão	Coeficiente de determinação múltipla ( $r^2$ )
Aldicarbe sulfona	$a_0$	65,483	79,513	0,789
	$a_1$	-0,691	1,030	
	$a_2$	-0,127	0,124	
	$a_3$	0,001	0,017	
Sevin	$a_0$	12,318	20,628	0,810
	$a_1$	-0,154	0,267	
	$a_2$	-0,011	0,032	
	$a_3$	-0,004	0,004	
Metiocarbe	$a_0$	1,862	6,080	0,853
	$a_1$	0,009	0,079	
	$a_2$	0,001	0,009	
	$a_3$	0,002	0,001	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

**Tabela 3** – Resultados da análise de água bruta para o grupo químico piretroide no Argemiro de Figueiredo

Reservatório: Argemiro de Figueiredo				
Tipo de água: Bruta				
Grupo químico: Piretroide				
Composto	Coeficientes		Erro padrão	Coeficiente de determinação múltipla ( $r^2$ )
Ciflutrina	$a_0$	165,714	38,714	0,980
	$a_1$	-3,091	0,819	
	$a_2$	-0,276	0,048	
	$a_3$	-0,119	0,020	
Flumetrina	$a_0$	-9,407	2,669	0,997
	$a_1$	0,219	0,056	
	$a_2$	0,017	0,003	
	$a_3$	-0,001	0,001	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

**Tabela 4** – Resultados da análise de água bruta para o grupo químico carbamato no Argemiro de Figueiredo

Reservatório: Argemiro de Figueiredo				
Tipo de água: Bruta				
Grupo químico: Carbamato				
Composto	Coeficientes		Erro padrão	Coeficiente de determinação múltipla ( $r^2$ )
Aldicarbe Sulfona	$a_0$	-98,516	91,898	0,604
	$a_1$	2,309	1,945	
	$a_2$	0,115	0,115	
	$a_3$	0,045	0,049	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Para o reservatório Epitácio Pessoa o menor valor do coeficiente de determinação foi de 0,718 e o maior foi de 0,983. Já para o reservatório Argemiro de Figueiredo, o menor valor do coeficiente de determinação foi de 0,604 e o maior foi de 0,996. Pode-se observar que, para um mesmo composto, o valor do coeficiente de determinação apresentou diferença considerável entre os dois reservatórios, o que indica que cada reservatório possui características próprias que influenciam, de maneira específica, no desenvolvimento do princípio ativo sob análise.

Assim como está exposto na fundamentação teórica, cada grupo químico possui um comportamento particular, que é influenciado por fatores externos como temperatura, luminosidade, quantidade de matéria orgânica e sólidos suspensos no reservatório. Esses fatores variam de acordo com a localidade, e, devido ao fato do trabalho compreender dois reservatórios em diferentes localidades, de capacidades volumétricas distintas, é compreensível que o método se ajuste melhor para o grupo carbamato no açude Epitácio Pessoa, e para o grupo piretroide no açude Argemiro de Figueiredo. Também, fatores hidrológicos relacionados à bacia hidrográfica, a exemplo da declividade média da área de drenagem e a extensão do talvegue, podem ter influência sobre a distribuição das concentrações dos princípios ativos,



mas medidas gerenciais do tipo restrição do uso de água para irrigação podem também ter peso considerável sobre essa distribuição.

É necessário levar em consideração que as variáveis independentes são os dados provenientes do banco de dados do INMET do posto de Campina Grande, portanto, os dados não correspondem, exatamente, à localidade dos reservatórios. Se houvesse postos de coleta de dados nas imediações dos reservatórios, as informações poderiam auxiliar em um melhor ajuste do método.

A quantidade de dados é um ponto que pode ser melhorado, já que foram disponibilizados apenas cinco dados de análise de agrotóxicos. Para um estudo mais acurado, seria necessária uma quantidade maior de dados, que compreendessem fatores como a sazonalidade, ao longo do ano. Outro fator importante na discussão dos resultados é o volume dos reservatórios, os quais se encontravam, em torno de 15% de suas capacidades, indicando que a modelagem feita neste trabalho foi feita para as condições de baixos volumes, ou seja, numa condição de maior concentração dos compostos, apontando, mais uma vez, a necessidade de utilizar dados mais abrangentes, para que a análise seja capaz de compreender outros cenários.

O método de regressão linear múltipla é um método simples e de fácil aplicação, que apresentou bons resultados para alguns compostos neste trabalho. No entanto, outros métodos, como regressão polinomial e não-linear e softwares, poderiam ser testados para verificar se existe um melhor ajuste para os dados.

A aplicação da modelagem matemática se mostra uma ferramenta importante para a gestão das águas, pois, como exemplificado neste trabalho, é possível obter uma estimativa das concentrações dos agrotóxicos nos reservatórios, após o desenvolvimento de um modelo confiável, sem a necessidade de numerosas análises químicas.

## 5 CONCLUSÃO

O modelo matemático desenvolvido com base no método dos mínimos quadrados de regressão linear múltipla se mostrou apropriado para alguns compostos, a exemplo da Ciflutrina. A partir dos resultados obtidos, é possível afirmar que a modelagem matemática é uma ferramenta aplicável para estimar a concentração dos compostos nos reservatórios, a partir de um conjunto de dados que interfiram diretamente no sistema.

Para que isso seja possível é necessário formular um modelo de alta confiabilidade, a partir de uma quantidade considerável de dados históricos de concentração dos compostos químicos e dados específicos coletados em postos locais, como evaporação piché e precipitação total mensal. Assim é possível obter um modelo que apresente confiabilidade suficiente para assumir a função de estimar as concentrações de agrotóxicos em um determinado reservatório, que forneça resultados próximos dos reais.

Esta ferramenta se mostra bastante útil para instituições como companhias de abastecimento. Já que, estes estabelecimentos, têm o dever de garantir que a água fornecida aos usuários esteja dentro dos padrões de potabilidade. Garantir a qualidade da água é garantir que a saúde da população não seja exposta aos riscos oferecidos por compostos como agrotóxicos, que podem causar danos graves à saúde humana. E, também, a utilização de métodos de modelagem, evitaria a necessidade de grandes quantidades de análises químicas para detecção de

compostos como os princípios ativos de agrotóxicos, já que o modelo permite a previsão dessas concentrações, facilitando o monitoramento dos mananciais superficiais que fornece água para o abastecimento.

## REFERÊNCIAS

- AESA. **Volume diário dos principais açudes**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-diario/?tipo=atual>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre agrotóxicos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 11459, 12 jul. 1989. PL 1924/1989. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7802.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm). Acesso em: 14 abr. 2019.
- CAVALIERE, B. et. al. A solid-phase microextraction-gas chromatographic approach combined with triple quadrupole mass spectrometry for the assay of carbamate pesticides in water samples. **Journal of Chromatography A**, v. 1257, p. 149-157, set. 2012. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez121.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0021967312011971>. Acesso em: 18 mar. 2019.
- CHAPRA, S. C.; CANALE, R. P. **Métodos numéricos para engenharia**. 5ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- EMBRAPA. **Agrotóxicos**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117159/1/Agrotoxicos.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2019.
- FAN, C. et. al. In-situ ionic liquid dispersive liquid-liquid microextraction using a new anion-exchange reagent combined Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> magnetic nanoparticles for determination of pyrethroid pesticides in water samples. **Analytica Chimica Acta**, v. 975, p. 20-29, jul. 2017. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez121.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0003267017305081>. Acesso em: 18 mar. 2019.
- FEO, M. L. et. al. Presence of pyrethroid pesticides in water and sediments of Ebro River Delta. **Journal of Hydrology**, v. 393, p. 156-162, nov. 2010. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez121.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0022169410005299>. Acesso em: 18 mar. 2019.
- GIMENES, K. Z. et al. Decomposição de matéria orgânica alóctone e autóctone em ecossistemas aquáticos. **Oecologia Australis** 14(4): 1036-1073, Dezembro 2010. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/viewFile/7130/5711>. Acesso em 17 jun. 2019.
- GOMES, M. A. F.; BARIZON, R. R. M. **Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011**. Jaguariúna, São Paulo: Embrapa Meio Ambiente, 2014. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/987245/1/Doc98.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2019

GOOGLE EARTH. **Mapas**. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/>. Acesso em: 05 mai. 2019.

GOOGLE MAPS. **Mapas**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl>. Acesso em: 05 mai. 2019.

GUO, L.; LEE, H. K. Low-density solvent based ultrasound-assisted emulsification microextraction and on-column derivatization combined with gas chromatography–mass spectrometry for the determination of carbamate pesticides in environmental water samples. **Journal of Chromatography A**, v. 1235, p. 1-9, abr. 2012. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez121.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0021967312003202>. Acesso em: 18 mar. 2019.

HIRATA, R. et al. **Avaliação da degradação de inseticidas, em Função do pH, utilizando drosophila melanogaster E teste de inibição enzimática**. Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.70, n.3, p.359-365, jul./set., 2003. Disponível em: [http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V70\\_3/hirata.PDF](http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V70_3/hirata.PDF). Acesso em: 17 jun. 2019

INMET. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 10 mar. 2019.

JIA, C. et al. Application of SPME Based on a Stainless Steel Wire for the Determination of Pyrethroid Insecticide Residues in Water and Soil. **Chromatographia**, v. 72, p. 1219-1223, dez. 2010. Disponível em: <https://link-springer-com.ez121.periodicos.capes.gov.br/article/10.1365/s10337-010-1766-8>. Acesso em: 25 mar. 2019.

LIN, C. et. al. Fast Analysis of Synthetic Pyrethroid Metabolites in Water Samples Using In-Syringe Derivatization Coupled Hollow Fiber Mediated Liquid Phase Microextraction with GC-ECD. **Chromatographia**, v. 76, p. 75-83, jan. 2013. Disponível em: <https://link-springer-com.ez121.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10337-012-2360-z>. Acesso em: 18 mar. 2019.

MARQUES, C. V. V. C. O. et al., Biossensor amperométrico para detecção screening de inseticidas carbamatos em águas de abastecimento. **Pesticidas: r ecotoxicol. e meio ambiente**, Curitiba, v. 16, p. 81-92, jan./dez. 2006. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/7482/5351>. Acesso em: 17 jun. 2019.

MEDEIROS, A. M. T. de; BRITO, A. C. de. **A seca no Estado da Paraíba – Impactos e ações de resiliência**. Parc. Estrat. • Brasília-DF • v. 22 • n. 44 • p. 139-154 • jan-jun • 2017. Disponível em: [http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/849/777](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/849/777). Acesso em: 17 jun. 2019.

MSAGATI, T. A. M.; MAMBA, B. B. Monitoring of N-methyl carbamate pesticide residues in water using hollow fibre supported liquid membrane and solid phase extraction. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 50-52, p. 149-156. 2012. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez121.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1474706512001064>. Acesso em: 20 mar. 2019.

NASCIMENTO, Dayvison José Nunes do. **Ocorrência de princípios ativos de agrotóxicos em águas superficiais da região hidrográfica do médio curso do rio Paraíba - Grupos Carbamato e Piretroide**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2016.

PERES, F.; MOREIRA, J. C. **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003. 384 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=UtkXAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=agrototoxicos&ots=V7BaUqh1Wk&sig=Q3QL4ZwMujD4CzfX05N7AOlpo4#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 17 jun. 2019.

QIAN, H. et al. Determination of four pyrethroid insecticides in water samples through membrane emulsification-assisted liquid–liquid microextraction based on solidification of floating organic droplets. **Journal of Chromatography A**, v. 1559, p. 86-94, jul. 2018. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez121.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0021967318304643>. Acesso em: 18 mar. 2019.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 10, n. 14, p. 149-158, jul./dez. 2009. Disponível em: [http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista\\_SIER/v.%2010,%20n.%2014%20\(2009\)/3.%20A%20qu%EDmica%20dos%20agrot%F3xicos.pdf](http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2010,%20n.%2014%20(2009)/3.%20A%20qu%EDmica%20dos%20agrot%F3xicos.pdf). Acesso em: 30 mai. 2019.

SANTOS, M. M. dos. **Avaliação de risco ambiental de agrotóxicos no Ibama**. Coordenação de Avaliação de Substâncias e Produtos Perigosos – Ibama-Sede. Set. 2012. Disponível em: [http://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrototoxicos/avaliacao/2017/2017-07-25-avaliacao\\_risco\\_ambiental\\_agrototoxicos\\_ibama\\_2012-ARA.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrototoxicos/avaliacao/2017/2017-07-25-avaliacao_risco_ambiental_agrototoxicos_ibama_2012-ARA.pdf). Acesso em: 17 jun. 2019.

SHI, Z. et al. Graphene based solid phase extraction combined with ultra high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry for carbamate pesticides analysis in environmental water samples. **Journal of Chromatography A**, v. 1355, p. 219-227, ago. 2014. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez121.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0021967314009157>. Acesso em: 18 mar. 2019.

SOARES, A. F. S.; LEÃO, M. M. D. Contaminação dos mananciais por micropoluentes e a precária remoção desses contaminantes nos tratamentos convencionais de água para potabilização. **Revista Jurídica do Ministério Público do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 14, n. 24, p. 38-87, jan./jun. 2015. Disponível em: <http://bdjur.stj.jus.br/jspui/handle/2011/94438>. Acesso em: 30 mai. 2019

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F. **Perdas de agrotóxicos**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura\\_e\\_meio\\_ambiente/arvore/CONTAG01\\_39\\_210200792814.html#](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTAG01_39_210200792814.html#). Acesso em: 30 mai. 2019

WU, J. et. al. Effective liquid–liquid extraction method for analysis of pyrethroid and phenylpyrazole pesticides in emulsion-prone surface water samples. **Journal of Chromatography A**, v. 1217, p. 6327-6333, out. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez121.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0021967310010526>. Acesso em: 18 mar. 2019.

WU, Q. et. al. Application of dispersive liquid–liquid microextraction combined with high-performance liquid chromatography to the determination of carbamate pesticides in water samples. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 393, p. 1755-1761, mar. 2009. Disponível em: <https://link-springer-com.ez121.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s00216-009-2625-z>. Acesso em: 18 mar. 2019.

XUE, J. et. al. Development of passive samplers for in situ measurement of pyrethroid insecticides in surface water. **Environmental Pollution**, v. 224, p. 516-523, mai. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez121.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0269749116326100>. Acesso em: 18 mar. 2019

YANG, E.; SHIN, H. Trace level determinations of carbamate pesticides in surface water by gas chromatography–mass spectrometry after derivatization with 9-xanthidrol. **Journal of Chromatography A**, v. 1305, p. 328-332, ago. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez121.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0021967313011151>. Acesso em: 18 mar. 2019.

## APÊNDICE A – EXEMPLO DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS POR REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

**Figura 4** - Disposição dos dados em forma de tabela.

Grupo químico: Piretroide					
Reservatório: Boqueirão					
	Data	Ciflutrina (µg/L)	Volume do reservatório (milhões de m³)	Evaporação Piche (mm)	Precipitação total mensal (mm)
		Y	X1	X2	X3
1	21/07/2015	14,41	71,75	46,4	201,4
2	11/08/2015	4,99	69,96	61,6	24,8
3	01/09/2015	2,58	67,33	98,2	11,2
4	22/09/2015	3,25	64,49	98,2	11,2
5	20/10/2015	4,02	60,54	144,2	7,4
Soma		29,25	334,07	448,6	256
Média		5,85			

Fonte: O autor, 2019.

**Figura 6** - Cálculo dos valores que são aplicados na forma matricial.

	x1 . X1	x1 . x2	x1 . X3	x2 . x2	x2 .x3	x3 .x3	Y . X1	Y . X2	Y . X3	
	5148,063	3329,2	14450,45	2152,96	9344,96	40561,96	1033,918	668,624	2902,174	
	4894,402	4309,536	1735,008	3794,56	1527,68	615,04	349,1004	307,384	123,752	
	4533,329	6611,806	754,096	9643,24	1099,84	125,44	173,7114	253,356	28,896	
	4158,96	6332,918	722,288	9643,24	1099,84	125,44	209,5925	319,15	36,4	
	3665,092	8729,868	447,996	20793,64	1067,08	54,76	243,3708	579,684	29,748	
Soma	22399,84	29313,33	18109,84	46027,64	14139,4	41482,64	Soma	2009,693	2128,198	3120,97

Fonte: O autor, 2019.

**Figura 7** - Formação da matriz A, a partir dos valores da Figura 6.

5	334,07	448,6	256
334,07	22399,8447	29313,328	18109,838
448,6	29313,328	46027,64	14139,4
256	18109,838	14139,4	41482,64
Matriz A			

Fonte: O autor, 2019

**Figura 8** - Formação do vetor b, a partir dos valores da Figura 6, inversão da matriz A, e obtenção dos valores dos parâmetros.

29,25	1471,573	-19,0409	-2,2113	-0,01515	23,7670016
2009,693	-19,0409	0,24704	0,028238	3,25E-05	-0,274528046
2128,198	-2,2113	0,028238	0,003557	0,000106	-0,028413541
3120,97	-0,01515	3,25E-05	0,000106	6,72E-05	0,058097229
Vetor b	Matriz A inversa				Parâmetros

Fonte: O autor, 2019.

**Figura 9** - Cálculo do y do modelo, das somas dos quadrados dos resíduos e do coeficiente de determinação múltipla.

	Y (calculado)		ST	SR
	14,45200799		73,2736	0,001764671
	4,251556681		0,7396	0,545298535
	3,143507531		10,6929	0,317540738
	3,923167182		6,76	0,453154055
	3,479760616		3,3489	0,291858592
<b>Soma</b>	<b>29,25</b>	<b>Soma</b>	<b>94,815</b>	<b>1,609616591</b>
			<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,983023608</b>

Fonte: O autor, 2019.

**Figura 10** - Dado fornecida pela ferramenta de regressão do Excel

RESUMO DOS RESULTADOS								
Estatística de regressão								
R múltiplo	0,99147547							
R-Quadrado	0,983023608							
R-quadrado ajustado	0,932094433							
Erro padrão	1,268706661							
Observações	5							
ANOVA								
	gl	SQ	MQ	F	F de significação			
Regressão	3	93,20538341	31,06846	19,3017774	0,16542423			
Resíduo	1	1,609616591	1,609617					
Total	4	94,815						
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	23,7670016	48,66896885	0,48834	0,710798834	-594,6308808	642,164884	-594,6308808	642,164884
X1	-0,274528046	0,630587299	-0,43535	0,73859952	-8,286899373	7,737843281	-8,286899373	7,737843281
X2	-0,028413541	0,075671694	-0,37548	0,771329179	-0,989913572	0,933086491	-0,989913572	0,933086491
X3	0,058097229	0,010398323	5,587173	0,112749262	-0,074025995	0,190220454	-0,074025995	0,190220454

Fonte: O autor, 2019.

**APÊNDICE B – DADOS DE CONCENTRAÇÃO DE AGROTÓXICOS  
PROVENIENTES DO TRABALHO DO GRUPO DE PESQUISA SAÚDE  
AMBIENTAL DA UEPB**

**Figura 11** – Dados de concentração de agrotóxicos do grupo químico carbamato

Amostragem/Amostra de água		Açude Boqueirão			Açude Acauã
		<i>Aldicarbe sulfona</i> (µg/L)	<i>Sevin (Carbaril)</i> (µg/L)	<i>Metiocarbe</i> (µg/L)	<i>Aldicarbe sulfona</i> (µg/L)
1 (21/07/2015)	Bruta	10,33	0,00	2,99	8,61
	Tratada	7,93	0,00	2,49	8,29
2 (11/08/2015)	Bruta	8,19	1,12	2,70	7,51
	Tratada	7,20	1,35	2,49	2,04
3 (01/09/2015)	Bruta	7,48	0,63	2,51	12,35
	Tratada	6,85	0,57	3,64	9,07
4 (22/09/2015)	Bruta	9,62	1,02	2,47	9,91
	Tratada	8,32	1,08	2,48	6,26
5 (20/10/2015)	Bruta	4,53	1,66	2,61	7,40
	Tratada	4,23	1,27	2,47	6,27

Fonte: NASCIMENTO, 2016.

**Figura 11** – Dados de concentração de agrotóxicos do grupo químico piretroide

Amostragem/Amostra de água		Açude Boqueirão		Açude Acauã	
		<i>Ciflutrina</i> (µg/L)	<i>Flumetrina</i> (µg/L)	<i>Ciflutrina</i> (µg/L)	<i>Flumetrina</i> (µg/L)
1 (21/07/2015)	Bruta	14,41	0,83	5,02	0,00
	Tratada	4,91	0,91	3,15	0,00
2 (11/08/2015)	Bruta	4,99	1,02	13,61	0,98
	Tratada	4,51	1,84	6,88	0,78
3 (01/09/2015)	Bruta	2,58	1,18	5,10	1,62
	Tratada	0,00	0,94	1,96	1,55
4 (22/09/2015)	Bruta	3,25	4,00	9,75	1,29
	Tratada	0,00	3,97	5,08	0,96
5 (20/10/2015)	Bruta	4,02	1,64	4,68	1,55
	Tratada	2,64	3,81	1,75	1,29

Fonte: NASCIMENTO, 2016.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado forças e ter me guiado durante esta caminhada.

À minha mãe, Maria José, e às minhas primas/irmãs, Albanira, Albanisa e Albaneide (*in memoriam*), por me ensinarem a lutar pelos meus sonhos, e me dar todo o suporte e amor que eu precisei, ao longo da minha vida.

À Igreja Evangélica Avivamento Bíblico, na pessoa do Pastor Fabrício, que me apoiou em todos os momentos e cuida de mim como família.

Aos meus amigos, os de perto e de longe, que tanto se importaram e demonstraram, claramente, o seu suporte.

Em especial, minhas amigas de curso, Andreia, Evelyne, Estephania, Gabriely e Larissa, que me fizeram esses anos melhores, com seu companheirismo e amizade.

Aos professores Celeide Maria, Ruth Silveira e Rui de Oliveira, por me receberem no Laboratório de Eficiência Energética, com tanto carinho. Especialmente professor Rui, por ser meu orientador, e com tanta paciência me ajudar a produzir este trabalho.

Ao professor Fernando Vieira, por, também, auxiliar, com muita prestatividade, na produção deste trabalho.

Ao funcionário da UEPB, Alisson, pela presteza e atendimento sempre que necessário.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste sonho.