



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA**

**JÉSSICA FREIRE GONÇALVES DE MELO**

**USO E OCUPAÇÃO EM ZONAS RIPÁRIAS E SUA IMPLICAÇÃO NA  
QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA DE ECOSISTEMAS  
AQUÁTICOS**

**Natal  
2019**

JÉSSICA FREIRE GONÇALVES DE MELO

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ZONAS RIPÁRIAS E SUA  
IMPLICAÇÃO NA QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA DE  
ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientador: Prof. Dra. Karina Patrícia Vieira da Cunha

Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Angelini

Natal

2019

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Melo, Jéssica Freire Gonçalves de.

Uso e ocupação em zonas ripárias e sua implicação na qualidade do solo e da água de ecossistemas aquáticos / Jéssica Freire Gonçalves de Melo. - 2019.

38 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Pós Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Natal, RN, 2019.

Orientadora: Profa. Dra. Karina Patrícia Vieira da Cunha.

Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Angelini.

1. Qualidade da água - Zona ripária - Dissertação. 2. Semiárido - Dissertação. 3. Eutrofização - Dissertação. 4. Erosão - Zona ripária - Dissertação. 5. Ecossistemas aquáticos - Dissertação. I. Cunha, Karina Patrícia Vieira da. II. Angelini, Ronaldo. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628:504.5

JÉSSICA FREIRE GONÇALVES DE MELO

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ZONAS RIPÁRIAS E SUA  
IMPLICAÇÃO NA QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA DE  
ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação, em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dra. Karina Patrícia Vieira da Cunha – Orientador

---

Dra. Fabiana Oliveira De Araujo Silva – Examinador UFRN

---

Dra. Carolina Malala Martins – Examinador Externo UFRSA

Natal, 29 de março de 2019

## AGRADECIMENTOS

Ao PPGESA (Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) e à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pelo espaço concedido para a realização dessa pesquisa.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos durante o período do mestrado.

À minha orientadora, professora e amiga, Karina Patrícia Vieira da Cunha, pela orientação, cuidado, dedicação, paciência e ensinamentos. Obrigada por acreditar em mim e me incentivar sempre. Permita-me usar suas palavras: obrigada por me ceder um retalho de si para compor minha colcha. Você é um exemplo para mim. Obrigada!

Ao meu coorientador e professor, Ronaldo Angelini, por sempre ser tão solícito. Obrigada pelos seus ensinamentos e dedicação.

Ao professor, Carlos Wilmer, pela sua disponibilidade e ensinamentos de geoprocessamento.

Ao LabSolo e a todos que colaboraram com as coletas e análises da pesquisa, em especial, Amanda Ribeiro, Ana Paula de França, Arthur Miranda, Giulliana Karine, Ingredy Nataly e Rayane Dias por além de me ajudarem, terem feito meus dias de trabalho mais leves, gordos e alegres. Obrigada!

À técnica do laboratório de solos, Radmila Salviano, por toda paciência e disponibilidade.

A todo o corpo docente do PPGES pelos ensinamentos e incentivo à pesquisa e aos funcionários da UFRN, em especial a Pedro Gustavo, Célia e aos motoristas que nos levaram para as coletas.

Aos meus amigos do mestrado, em especial Karol Breckenfeld, que durante o primeiro ano do mestrado foi mais do que uma amiga, uma irmã, com quem dividi o apartamento, a saudade de casa e os momentos de alegria e tristeza. À Alexya Brendha, Maria Helena e Rosa Oliveira por todo companheirismo e amizade.

Ao meu noivo, Petrônio Wanderley, por todo companheirismo, compreensão, incentivo e amor, principalmente, nos momentos difíceis, durante esses dois anos.

À minha família, em especial aos meus pais, Marinaldo Gonçalves e Josilene Freire, sem eles não teria chegado até aqui. Obrigada por todo amor, apoio, ensinamentos e sacrifícios.

À Deus, por sempre estar comigo. Obrigada por todas as bênçãos e por ter me dado forças nas horas que achei que não conseguiria. Obrigada por tudo.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento.

## RESUMO

O uso do solo em zonas ripárias aumenta sua vulnerabilidade a erosão, ampliando o seu potencial como fonte difusa de nutrientes e contaminantes para os corpos hídricos, especialmente em climas semiáridos, cujos solos são naturalmente mais susceptíveis à erosão. O objetivo deste trabalho foi compreender a influência do uso e ocupação de zonas ripárias nos atributos físicos e químicos do solo e na qualidade da água em ecossistemas aquáticos. Para isso, foram estudados os atributos físicos e químicos do solo, densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, areia, silte, argila, pH, matéria orgânica e fósforo disponível, sob diferentes usos antrópicos em dez ecossistemas ripários, juntamente com os dados limnológicos, clorofila a, fósforo total, nitrogênio total e sólidos totais, dos corpos hídricos subjacentes. Nós analisamos o uso e a qualidade do solo nas zonas ripárias de quatro lagoas e seis reservatórios no Estado do Rio Grande do Norte (Brasil) e nossos resultados mostram que: i) há três classes principais de uso e ocupação do solo: vegetação nativa, agricultura e solo exposto, com as duas últimas apresentando degradação na qualidade do solo; ii) o solo exposto é a classe de uso e ocupação que mais contribui com o aporte de sedimentos e nutrientes nos corpos hídricos; iii) zonas ripárias localizadas na região semiárida tropical apresentam maior intensidade de degradação que as zonas ripárias da região tropical úmida; iv) a medida que se amplia a ocupação antrópica do solo, especialmente pela classe de solo exposto, a degradação do solo das zonas ripárias da região tropical úmida se aproxima da zona ripária do semiárido; v) os teores de areia, silte e argila, bem como pH, matéria orgânica e fósforo disponível são indicadores da qualidade dos solos das zonas ripárias.

**Palavras-chave:** Semiárido; Eutrofização; Erosão; GIS.

## **ABSTRACT**

Land use in riparian zones increases their vulnerability to erosion, expanding their potential as a diffuse source of nutrients and contaminants to water bodies, especially in semi-arid climates, whose soils are naturally more susceptible to erosion. The objective of this work was to understand the influence of the use and occupation of riparian zones on the physical and chemical attributes of soil and water quality in aquatic ecosystems. The soil physical and chemical attributes, soil density, particle density, total porosity, sand, silt, clay, pH, organic matter and available phosphorus were studied under different anthropic uses in ten riparian ecosystems, together with the limnological data, chlorophyll a, total phosphorus, total nitrogen and total solids of the underlying water flakes. We analyzed soil use and quality in the riparian zones of four lagoons and six reservoirs in the State of Rio Grande do Norte (Brazil) and our results show that: i) there are three main classes of land use and occupation: native vegetation, agriculture and exposed soil, with the last two showing degradation in soil quality; ii) the soil exposed is the class of use and occupation that contributes most to the contribution of sediments and nutrients in the water bodies; iii) riparian zones located in the tropical semi-arid region present a greater intensity of degradation than riparian zones of the tropical humid region; iv) as soil anthropic occupation increases, especially the soil class exposed, the soil degradation of riparian zones of the humid tropical region approaches the riparian zone of the semiarid; v) the levels of sand, silt and clay, as well as pH, organic matter and available phosphorus are indicators of the quality of riparian soils.

**Keywords:** Semiarid; Eutrophication; Erosion; SIG.

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.</b>	<b>Área de estudo.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.</b>	<b>Delimitação e classificação das zonas ripárias.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.</b>	<b>Coleta do solo e análises dos atributos físicos e químicos.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4.</b>	<b>Qualidade da água.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5.</b>	<b>Análises estatísticas.....</b>	<b>16</b>
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.</b>	<b>Uso e ocupação do solo das zonas ripárias.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.</b>	<b>Qualidade do solo.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.</b>	<b>Dados limnológicos.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4.</b>	<b>Qualidade do solo e dados limnológicos.....</b>	<b>23</b>
<b>4.</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>29</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>35</b>



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Zonas ripárias dos ecossistemas aquáticos o avaliados quanto ao uso e ocupação, qualidade do solo e da água localizados nas regiões tropical úmida e semiárida do Rio Grande do Norte. 1 – Lagoa do Jiqui; 2 – Lagoa do Bonfim; 3 – Lagoa de Extremoz; 4 – Lagoa do Boqueirão; 5 – Dourado; 6 – Boqueirão de Parelhas; 7 – Cruzeta; 8 – Armando Ribeiro; 9 – Passagem das Traíras; 10 – Itans..... 13
- Figura 2 - Análise de Componentes Principais (ACP) de variáveis da qualidade do solo das zonas ripárias sob diferentes usos e ocupação do solo de dez corpos hídricos do Rio Grande do Norte. 1 – Lagoa do Jiqui; 2 – Lagoa do Bonfim; 3 – Lagoa de Extremoz; 4 – Lagoa do Boqueirão; 5 – Dourado; 6 – Boqueirão de Parelhas; 7 – Cruzeta; 8 – Armando Ribeiro; 9 – Passagem das Traíras; 10 – Itans. VN = Vegetação Nativa; AGR = Agricultura; EXP = Solo Exposto. Variáveis: MO = matéria orgânica; P = fósforo disponível.....22
- Figura 3 - Análise de Componentes Principais (ACP1 e ACP2) dos atributos físicos e químicos do solo sob diferentes formas de usos em zonas ripárias do Rio Grande do Norte, as variáveis limnológicas dos corpos hídricos e a % de uso e ocupação do solo. Ambientes: VN = Vegetação Nativa; AGR = Agricultura; EXP = Solo Exposto. Atributos do Solo: Ds = Densidade do Solo; Dp = Densidade de Partículas; MO = Matéria Orgânica; P = Fósforo Disponível; Areia; Silte; Argila; pH. Variáveis Limnológicas: Nitrogênio Total; Sólidos Totais.....26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de solo e sede municipal onde estão localizadas as zonas ripárias de ecossistemas aquáticos em estudo no Rio Grande do Norte .....	14
Tabela 2 - Descrição das classes de uso e ocupação do solo selecionadas para classificação das imagens de satélites das zonas ripárias em estudo .....	15
Tabela 3 - Área e porcentagem das classes (VN: Vegetação Nativa, AGR: área agrícola; EXP: solo exposto) de uso do solo em zonas ripárias de reservatórios da região litoral e semiárida do Rio Grande do Norte- RN .....	17
Tabela 4 - Médias dos atributos físicos e químicos do solo sob diferentes uso e ocupação do solo das zonas ripárias do Rio Grande do Norte. VN = Vegetação Nativa; AGR = Agricultura; EXP = Solo Exposto. Atributos: Ds = Densidade do Solo; Dp = Densidade de Partículas; PT = Porosidade Total; MO = Matéria Orgânica; P = Fósforo .....	19
Tabela 5 - Valores dos Coeficientes de Correlação Pearson entre os dados de solo da vegetação nativa com os de usos antrópicos. As correlações significativas ( $p < 0,05$ ) foram marcadas em negrito.....	20
Tabela 6 - Valores dos Coeficientes de Correlação Pearson entre os dados de solo dos usos antrópicos. As correlações significativas ( $p < 0,05$ ) foram marcadas em negrito .....	21
Tabela 7 - Dados Limnológicos dos corpos hídricos do Rio Grande do Norte. LD = limite detectável.....	23
Tabela 8 - Valores dos Coeficientes de Correlação Pearson entre os dados limnológicos e dos dados do solo sob uso da agricultura (AGR). As correlações significativas ( $p < 0,05$ ) foram marcadas em negrito.....	24
Tabela 9 - Valores dos Coeficientes de Pearson entre os dados limnológicos e dos dados do solo exposto (EXP). As correlações significativas ( $p < 0,05$ ) foram marcadas em negrito .....	24

## 1. INTRODUÇÃO

As zonas ripárias desempenham múltiplas funções hidrológicas como, a estabilidade das margens dos rios, a atenuação das inundações, a filtragem de água e nutrientes, promovendo a manutenção da qualidade da água e evitando o assoreamento dos corpos hídricos (ATTANASIO *et al.*, 2006). Apesar de ser amplamente conhecida a importância e a necessidade de preservação das zonas ripárias (COELHO; BUFFON; GUERRA, 2011; ATTANASIO *et al.*, 2012; OU *et al.*, 2016), a ocupação e o uso dessas áreas, com atividades de alto potencial de degradação ambiental, são muito comuns especialmente em países em desenvolvimento (GONZÁLES *et al.*, 2017). Entretanto, a proteção e restauração dessas áreas são essenciais na busca de um ambiente ecologicamente equilibrado (ATTANASIO *et al.*, 2006).

Dentre os processos de degradação do solo em zonas ripárias, a erosão tem sido amplamente pesquisada pois além de afetar o ecossistema terrestre, acarreta diversos problemas ambientais dentro da bacia hidrográfica, como inundações, assoreamento e perda da qualidade e disponibilidade da água (BING *et al.*, 2013; VALLE JUNIOR *et al.*, 2014; MENESES *et al.*, 2015).

A erosão do solo é um processo natural que transforma o solo em sedimentos, mas que pode ser acelerada pela ocupação desordenada. Com a retirada da vegetação nativa o solo é comumente arrastado pela água e vento, em um processo bem mais rápido e intenso do que o natural, gerando grandes impactos no ambiente, pois retira a matéria orgânica e a argila do solos e os carregam para a água (HERNANI; KURIHARA; SILVA, 1999; LIEBENS, 2001; WARRINGTON *et al.*, 2009). A matéria orgânica e a argila apresentam maior área de superfície específica e elevada densidade de cargas, aumentando assim o potencial de adsorção de nutrientes e contaminantes nos sedimentos (RICKSON, 2014). Assim, os nutrientes e contaminantes adicionados por atividades antrópicas aos sistemas terrestres acabam alcançando os corpos hídricos na forma solúvel e, também adsorvidos aos sítios de ligação da matéria orgânica e argila, sendo o gatilho para o processo de eutrofização (LE *et al.*, 2010; GUO; HAO; LIU, 2015). A eutrofização torna-se mais problemática quando a água é para abastecimento humano, devido à potencial presença de formação de florações de cianobactérias produtoras de toxinas (CARPENTER *et al.*, 1998).

Os sedimentos, quando arrastados para os corpos hídricos, também trazem outros prejuízos a qualidade da água, tornando-as mais turvas, reduzindo a penetração de luz na água, afetando o processo de fotossíntese, acarretando em maior decomposição de matéria orgânica e, conseqüentemente, diminuição do oxigênio dissolvido (DAVIES-COLLEY; SMITH, 2001). Por sua vez, essas alterações trazem grandes impactos ambientais a biodiversidade aquática (BILOTTA; BRAZIER, 2008; VALLE JUNIOR *et al.*, 2015). Além disso, o aumento do

transporte de sedimentos para os corpos d'água, causa o assoreamento (MOURI; TAKIZAWA; OKI, 2011), reduzindo a capacidade de armazenamento do corpo hídrico e tornando as inundações mais frequentes e graves.

Diferentes usos e ocupação do solo colaboram neste processo erosivo de maneira diferenciada. Por exemplo, os solos expostos são facilmente desagregados e carregados pelo processo de erosão, uma vez que a menor taxa de infiltração do solo favorece o escoamento superficial. A ausência de cobertura vegetal reduz a taxa de infiltração, aumenta a taxa de escoamento superficial no solo que vai lavando a superfície das demais áreas com classes de uso distintos ao longo das sub-bacias em direção ao corpo hídrico (MORAIS NETO, 2018).

Além dos fatores antrópicos, os fatores pedogenéticos, como o clima também interferem nos processos erosivos. Por exemplo, os solos da região semiárida tropical, geralmente caracterizada por regime pluviométrico com secas periódicas, são arenosos e menos desenvolvidos do que os solos da região tropical úmida (CAMMERAAT *et al.*, 2010). Devido a essas características, os solos das regiões semiáridas tropicais apresentam maior vulnerabilidade aos processos erosivos do que os solos das regiões tropicais úmidas.

É crescente o número de trabalhos que avaliam o efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água em ecossistemas aquáticos (YU *et al.*, 2016; GARCIA *et al.*, 2018; HÁ *et al.*, 2018; XIE *et al.*, 2018). Porém, ainda é incipiente o número de trabalhos que abordam de maneira integrada a relação do uso e ocupação de zonas ripárias com a qualidade do solo e seus efeitos na qualidade da água (VALERA *et al.*, 2016; SAAD *et al.*, 2018; SOSA *et al.*, 2018). Essa lacuna encontrada nesses estudos é maior quando se leva em consideração regiões semiáridas. Além disso, a maioria desses estudos se refere à casos específicos, onde se trabalha com grande número de variáveis num pequeno universo amostral, por exemplo, contemplando apenas um corpo hídrico (VALERA *et al.*, 2016; SAAD *et al.*, 2018; SOSA *et al.*, 2018), o que resulta na fragmentação do conhecimento dificultando a interpretação dos efeitos integrados.

O objetivo desse trabalho é estudar a influência do uso e ocupação de zonas ripárias nos atributos físicos e químicos do solo e na qualidade da água de quatro lagoas e seis reservatórios na região tropical e semiárida brasileira, servindo como base para a implementação de estratégias de manejo sustentável desses ecossistemas.

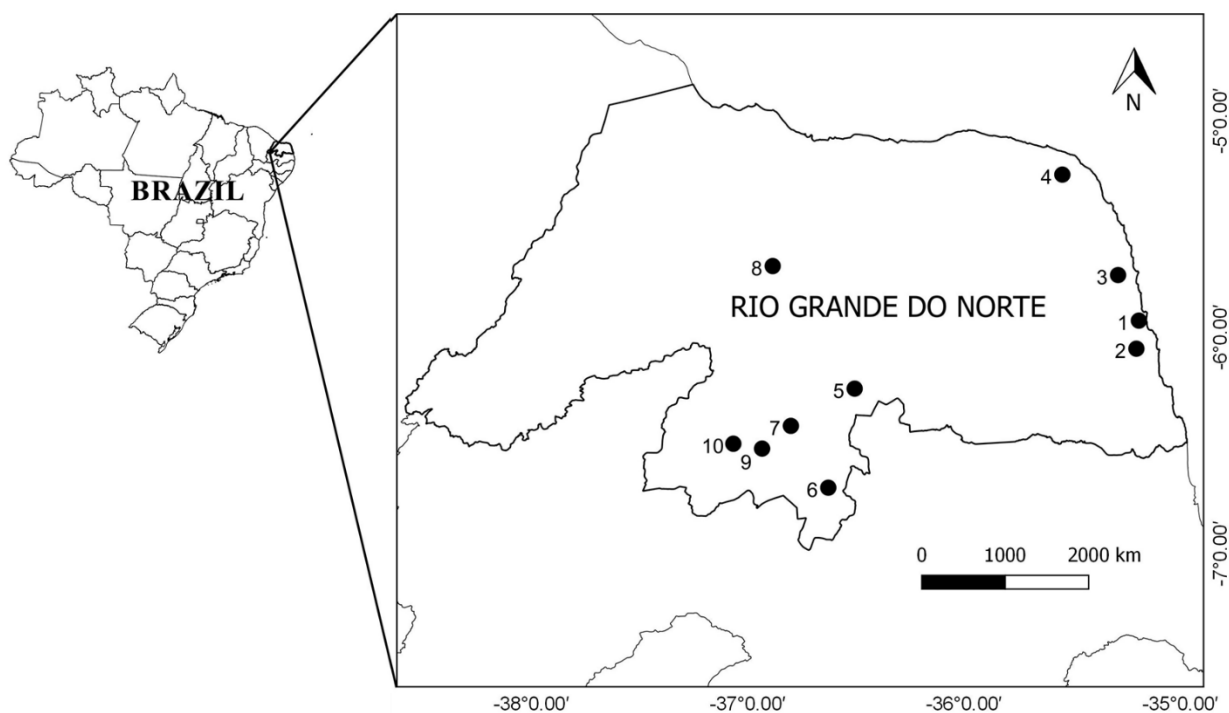
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em dez zonas ripárias de corpos hídricos usados para irrigação ou abastecimento humano do estado do Rio Grande do Norte (Figura 1). Os reservatórios Boqueirão de Parelhas, Cruzeta, Dourado, Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, Itans e Passagem das Traíras estão localizados na região semiárida tropical do estado. As lagoas naturais, Lagoa de Boqueirão, Lagoa de Extremoz, Lagoa do Bonfim e Lagoa do Jiqui, estão localizados na região tropical úmida do Rio Grande do Norte (Figura 1).

As zonas ripárias localizadas na região semiárida apresentam clima BSh, da classificação climática de Köppen, caracterizado por um clima muito quente e árido (ALVARES *et al.*, 2013). As zonas ripárias na região tropical úmida, localizadas no litoral do estado, apresentam clima, de acordo com a classificação climática de Köppen, do tipo As, clima tropical chuvoso com verão seco (ALVARES *et al.*, 2013).

Figura 1 - Zonas ripárias dos ecossistemas aquáticos o avaliados quanto ao uso e ocupação, qualidade do solo e da água localizados nas regiões tropical úmida e semiárida do Rio Grande do Norte. 1 – Lagoa do Jiqui; 2 – Lagoa do Bonfim; 3 – Lagoa de Extremoz; 4 – Lagoa do Boqueirão; 5 – Dourado; 6 – Boqueirão de Parelhas; 7 – Cruzeta; 8 – Armando Ribeiro; 9 – Passagem das Traíras; 10 – Itans



As zonas ripárias em estudo (Tabela 1) estão localizadas em diferentes municípios do Rio Grande do Norte e apresentam diferentes classes de solo (IBGE/EMBRAPA, 2001).

Tabela 1 – Classes de solo e sede municipal onde estão localizadas as zonas ripárias de ecossistemas aquáticos em estudo no Rio Grande do Norte

<b>Código Numérico</b>	<b>Zona Ripária</b>	<b>Município</b>	<b>Tipo de Solo *</b>
01	Lagoa do Jiqui	Parnamirim	Neossolo Quartzarênico
02	Lagoa de Bonfim	Nísia Floresta	Latossolo Amarelo + Neossolo Quartzarênico
03	Lagoa de Extremoz	Extremoz	Latossolo Amarelo + Neossolo Quartzarênico
04	Lagoa de Boqueirão	Touros	Neossolo Quartzarênico + Latossolo Amarelo + Argissolo Vermelho-Amarelo
05	Dourado	Currais Novos	Neossolo Litólico + Afloramento de Rochas
06	Boqueirão de Parelhas	Parelhas	Neossolo Litólico + Afloramento de Rochas
07	Cruzeta	Cruzeta	Luvissole Crômico + Neossolo Litólico + Planossolo Nátrico
08	Eng. Armando Ribeiro Gonçalves	Assu	Neossolo Litólico + Afloramento de Rochas + Neossolo Regolítico
09	Passagem das Traíras	São José do Seridó	Luvissole Crômico + Neossolo Litólico + Planossolo Nátrico
10	Itans	Caicó	Luvissole Crômico + Neossolo Litólico + Planossolo Nátrico

Fonte: \* IBGE/EMBRAPA, 2001.

## **2.2. Delimitação e classificação das zonas ripárias**

A legislação brasileira delimita como Área de Preservação Permanente (APP) uma faixa de 30 a 100 metros no entorno de reservatórios artificiais de abastecimento em área rural e faixa mínima de 15 metros em área urbana (BRASIL, 2012). Para os corpos hídricos naturais, em zonas rurais ou urbanas, a legislação brasileira estabelece a APP conforme a largura da lâmina dos corpos d'água (BRASIL, 2012). Neste estudo, foi utilizada para todos os ecossistemas aquáticos em estudo, a delimitação de zona ripária como sendo a faixa máxima de APP para reservatórios artificiais de abastecimento, de acordo com o Código Florestal (BRASIL, 2012), portanto, uma faixa de 100 metros (BRASIL, 2012). As delimitações dessas áreas foram feitas com o auxílio dos softwares ArcGis (versão 10.3 de 64 bits) e Google Earth Pro.

A análise das classes de uso e ocupação dos solos nas zonas ripárias foi feita através da classificação supervisionadas das imagens do LANDSAT 7 e LANDSAT 8, cedidas pela USGS

(United States Geological Survey). As imagens foram selecionadas pela data de coleta de solo e água de cada área em estudo.

O processo de classificação das imagens e a montagem dos mapas foram feitas no programa ArcGis (versão 10.3 de 64 bits). A interpretação e identificação das feições foi auxiliada pelo uso do programa Google Earth Pro e por visita a campo, para ajudar na confirmação dos tipos de uso e ocupação existentes nas zonas ripárias. Com o auxílio dos mapas de uso e ocupação do solo produzidos das áreas estudadas, foi possível analisar como os diversos usos antrópicos influenciam a degradação do solo em zonas ripárias. As classes de uso e ocupação do solo utilizadas na classificação foram: vegetação nativa, agricultura e solo exposto (Tabela 2). A área de vegetação nativa foi utilizada como classe de referência de qualidade ambiental do solo, permitindo a identificação da alteração na qualidade dos solos antropizados.

Tabela 2 - Descrição das classes de uso e ocupação do solo selecionadas para classificação das imagens de satélites das zonas ripárias em estudo

<b>Classes</b>	<b>Descrição</b>
<b>Água</b>	Corpos Hídricos
<b>Vegetação Nativa</b>	Áreas cobertas por vegetação do bioma típico da região
<b>Agricultura</b>	Áreas que apresentam cobertura vegetal que não são característica do bioma da região e áreas ocupadas por atividades agrícolas
<b>Solo Exposto</b>	Áreas sem cobertura vegetal, áreas urbanizadas ou de pecuária

### **2.3. Coleta do solo e análises dos atributos físicos e químicos**

As coletas de solo para a análise dos atributos físicos e químicos das zonas ripárias dos corpos hídricos de Dourado, e Lagoa de Extremoz, Cruzeta e Passagem das Traíras foram realizadas em estudos anteriores (OLIVEIRA, 2012; FARIA, 2013; FERREIRA, 2015; MEDEIROS, 2016) e as das zonas ripárias do Eng. Armando Ribeiro Coutinho, Boqueirão de Parelhas, Itans, Marechal Dutra, Lagoa do Bonfim e Lagoa do Jiqui foram realizadas durante o presente estudo. As coletas de solo nas zonas ripárias da Lagoa do Jiqui, Lagoa do Bonfim, Lagoa do Boqueirão, Boqueirão de Parelhas, Armando Ribeiro Gonçalves e Itans foram feitas no ano de 2018. As coletas de solo na zona ripária de Passagem das Traíras foram realizadas no ano de 2016, em Cruzeta as coletas de solo foram em 2015, na Lagoa de Extremoz as coletas foram no ano de 2013 e na zona ripária do reservatório de Dourado as coletas de solo foram realizadas em 2012.

Para a determinação dos atributos físicos e químicos do solo das zonas ripárias foram realizadas amostragens para cada classe de uso e ocupação do solo foram retiradas três amostras compostas deformadas, formada pela mistura de cinco amostras simples cada, coletados na

profundidade de 0 a 20 cm e em caminhos percorridos aleatoriamente. Todas as amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados, lacrados e mantidas em temperatura ambiente no transporte até o laboratório. As amostras foram secas em estufa, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm de abertura, para obter a terra fina seca em estufa (TFSE).

Os seguintes atributos físicos foram medidos: densidade do solo (método da proveta), densidade da partícula (método do balão volumétrico), granulometria (método da pipeta) e porosidade total, estimada pela relação entre densidade do solo e de partículas (EMBRAPA, 1999). Os atributos químicos foram determinados, de acordo com métodos preconizados pela EMBRAPA (1999): pH em água (1:2,5) e fósforo disponível (P) por colorimetria após extração com extrator Mehlich-1. A matéria orgânica foi estimada através do produto do valor de carbono orgânico por 1,724, considerando que os húmus contêm aproximadamente 58 % de carbono (EMBRAPA, 1999). Para a obtenção do carbono orgânico total utilizou-se o método do Walkley-Black modificado (SILVA *et al.*, 1999). Esses métodos também foram utilizados nos estudos das zonas ripárias de Dourado, Lagoa de Extremoz, Cruzeta e Passagem das Traíras, analisadas em estudos anteriores (OLIVEIRA, 2012; FARIA, 2013; FERREIRA, 2015; MEDEIROS, 2016).

#### **2.4. Qualidade da água**

Neste estudo foram utilizadas as seguintes variáveis limnológicas: fósforo total, clorofila a nitrogênio total e sólidos totais para avaliar a qualidade da água. Estes dados foram retirados dos relatórios publicados pelo Programa Água Azul, programa que monitora a qualidade das águas do Rio Grande do Norte (PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2011; PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2012; PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2014; PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2015; PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2016). As metodologias utilizadas pelo Programa Água Azul para determinação das variáveis limnológicas foram preconizadas pela APHA: clorofila a (espectroscopia de UV-visível), fósforo total (ICP – OES), nitrogênio total (titulometria) e sólidos totais (gravimetria) (APHA, 2005).

#### **2.5. Análises estatísticas**

A fim de encontrar a intensidade das relações entre os dados analisados para ajudar no entendimento de como os diferentes usos antrópicos nas zonas ripárias interferem na qualidade do solo e da água, foram calculados os coeficientes de correlação linear de Pearson entre os dados de solo, entre os dados de água e com os dados de solo e água.



Com o intuito de reduzir o conjunto de dados para auxiliar na escolha de indicadores e determinar a influência na condição natural do solo bem como identificar a potencialidade dos usos antrópicos em disponibilizar nutrientes para os corpos hídricos, foram feitas duas Análises de Componentes Principais (ACP), uma utilizando-se apenas dos dados de solo e outra com os dados de solo, água e porcentagem de uso e ocupação do solo das zonas ripárias, utilizando o programa PCORD (versão 6.08 de 64 bits).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Uso e ocupação do solo das zonas ripárias

As zonas ripárias apresentaram três classes principais de uso e ocupação do solo: vegetação nativa, agricultura e solo exposto. O uso e ocupação do solo (veja mapas nos Apêndices) têm variabilidade alta entre as zonas ripárias dentro de uma mesma região (Tabela 3). As zonas ripárias de Armando Ribeiro Gonçalves e Lagoa do Jiqui foram as que apresentaram porcentagem de vegetação nativa acima de 50 % (Tabela 3). A agricultura foi a classe de uso predominante em Lagoa do Boqueirão, Lagoa do Bonfim, Cruzeta e Passagem das Traíras. O solo exposto predominou nas zonas ripárias da Lagoa de Extremoz, Itans, Boqueirão de Parelhas e Dourado. Os reservatórios do semiárido apresentaram maiores áreas de solo exposto do que as lagoas litorâneas, com exceção da Lagoa de Extremoz (Tabela 3).

Tabela 3 - Área e porcentagem das classes (VN: Vegetação Nativa, AGR: área agrícola; EXP: solo exposto) de uso do solo em zonas ripárias de reservatórios da região litoral e semiárida do Rio Grande do Norte- RN

Zonas Ripárias	Classes de Uso						
	VN	AGR	EXP	Total	VN	AGR	EXP
	km <sup>2</sup>				%		
<i>Tropical Úmida</i>							
<b>01- Lagoa do Jiqui</b>	0,19	0,06	0,05	0,30	65,12	18,70	16,19
<b>02- Lagoa do Bonfim</b>	0,15	3,57	0,84	4,56	3,34	78,19	18,48
<b>03- Lagoa de Extremoz</b>	0,78	0,19	1,20	2,17	36,06	8,76	55,18
<b>04- Lagoa do Boqueirão</b>	0,12	1,37	0,26	1,75	6,77	78,36	14,87
<i>Semiárido Tropical</i>							
<b>05- Dourado</b>	0,31	0,66	0,96	1,93	16,26	34,31	49,43
<b>06- Boqueirão de Parelhas</b>	1,62	4,55	7,24	13,41	12,07	33,95	53,98
<b>07- Cruzeta</b>	1,32	3,73	2,20	7,25	18,19	51,46	30,35
<b>08- Armando Ribeiro</b>	73,10	39,74	28,81	141,65	51,61	28,05	20,34
<b>09- Passagem das Traíras</b>	1,55	4,20	2,34	8,09	19,17	51,88	28,95
<b>10- Itans</b>	0,17	2,18	6,57	8,92	1,89	24,46	73,65

### 3.2. Qualidade do solo

Os atributos físicos e químicos do solo das zonas ripárias variaram de acordo com as classes de uso e ocupação (Tabela 4). Na condição natural do solo, ou seja, com cobertura da vegetação nativa a fração areia é a predominante, apresentando valores acima de 50 % (com valores de até 908,71 gkg<sup>-1</sup>). Com a ocupação antrópica das zonas ripárias, observou-se a acumulação da areia como resultado das perdas de argila, o que foi mais evidente na região semiárida na classe de solo exposto (Tabela 4). Exceções foram verificadas nos usos antrópicos nas Lagoa de Jiqui e na classe de agricultura em Cruzeta, com menor teor de areia no solo (Tabela 4).

Como esperado, a densidade do solo foi maior nas classes de uso antrópico (Tabela 4). O processo de compactação nas áreas de solo exposto contribuiu para a redução da porosidade, sendo a densidade do solo negativamente correlacionada com a porosidade total ( $r = -0,96$ ;  $p < 0,05$ ). O maior valor médio da densidade do solo foi na área de solo exposto de Dourado (2,22 gcm<sup>-3</sup>), que também apresentou o menor valor médio de porosidade total (13,00 %) (Tabela 4).

Nas zonas ripárias, os solos apresentaram valores de densidade de partículas, característicos de solos minerais (Tabela 4). O maior valor médio da densidade de partículas foi de 2,96 gcm<sup>-3</sup> na vegetação nativa de Cruzeta e o menor valor médio foi de 2,21 gcm<sup>-3</sup> no solo exposto de Passagem das Traíras. No solo exposto de Passagem das Traíras também foram encontrados a menor densidade do solo (0,89 gcm<sup>-3</sup>) e a maior porosidade total (59,97 %).

A substituição da vegetação nativa por usos antrópicos nos solos das zonas ripárias provocou o aumento do pH, do teor de matéria orgânica e de fósforo disponível (Tabela 4). Nas zonas ripárias localizadas na região tropical úmida, exceto na Lagoa do Jiqui, os maiores teores de matéria orgânica foram encontrados nos solos de vegetação nativa. Na região semiárida, com a ocupação antrópica promoveu maiores adições de matéria orgânica do solo (Tabela 4).

O maior teor de matéria orgânica foi encontrado na agricultura de Cruzeta (237,60 gcm<sup>-3</sup>) (Tabela 4). A matéria orgânica esteve negativamente correlacionada com os teores de areia ( $r = -0,65$ ;  $p < 0,05$ ). Assim, as perdas erosivas de argila, que explicam a acumulação de areia nos solos após o uso antrópico, também contribuiu para perdas de matéria orgânica. Além disso, o teor de fósforo no solo ficou correlacionado positivamente com a areia ( $r = 0,39$ ;  $p < 0,05$ ), o que dá uma ideia de reação em cadeia.

Tabela 4 - Médias dos atributos físicos e químicos do solo sob diferentes uso e ocupação do solo das zonas ripárias do Rio Grande do Norte. VN = Vegetação Nativa; AGR = Agricultura; EXP = Solo Exposto. Atributos: Ds = Densidade do Solo; Dp = Densidade de Partículas; PT = Porosidade Total; MO = Matéria Orgânica; P = Fósforo

Zonas Ripárias	Classes	Ds	Dp	PT	Areia	Silte	Argila	pH	MO	P
		g.cm <sup>-3</sup>	g.cm <sup>-3</sup>	%	%	g.kg <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O	g.kg <sup>-1</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>
<i>Tropical Úmida</i>										
01- Lagoa do Jiqui	VEG	1,37	2,61	47,64	908,71	23,02	68,27	4,78	1,67	2,59
	AGR	1,40	2,78	49,51	793,89	67,75	138,37	5,17	2,52	4,71
	EXP	1,41	2,72	48,25	837,06	38,78	124,17	5,72	1,51	33,07
02- Lagoa do Bonfim	VEG	1,32	2,67	50,48	752,70	10,20	237,10	4,91	19,61	19,87
	AGR	1,47	2,63	43,94	818,20	81,13	100,67	6,34	1,53	29,78
	EXP	1,45	2,72	46,87	899,82	40,94	59,23	5,64	1,25	14,52
03- Lagoa de Extremoz	VEG	1,35	2,68	49,44	780,30	107,80	111,30	4,85	15,98	0,21
	AGR	1,40	2,68	47,78	863,80	60,50	76,30	6,47	13,83	9,75
	EXP	1,42	2,62	45,76	803,33	103,70	93,30	7,76	15,11	8,65
04- Lagoa do Boqueirão	VEG	1,06	2,55	58,31	557,01	148,79	294,20	6,47	5,18	2,53
	AGR	1,24	2,75	54,73	725,24	119,83	154,93	6,71	4,25	15,90
	EXP	1,45	2,67	45,66	860,88	42,66	96,47	6,55	0,64	3,05
<i>Tropical Semiárida</i>										
05- Dourado	VEG	1,84	2,55	27,00	770,00	126,00	107,00	6,88	37,46	2,02
	AGR	1,64	2,76	40,00	870,00	47,00	82,00	9,77	32,22	2,54
	EXP	2,22	2,56	13,00	832,00	102,00	69,00	7,56	44,22	58,29
06- Boqueirão de Parelhas	VEG	1,33	2,65	49,89	710,11	159,79	130,10	5,55	3,95	7,39
	AGR	1,42	2,70	47,28	756,39	128,08	115,53	7,47	1,88	10,19
	EXP	1,33	2,64	49,70	859,33	38,17	102,50	8,08	4,17	127,97
07- Cruzeta	VEG	1,48	2,96	49,48	539,00	401,00	60,00	5,41	73,50	3,76
	AGR	1,14	2,61	56,06	460,00	447,00	93,00	6,64	237,60	5,55
	EXP	1,36	2,67	49,32	664,00	290,00	47,00	6,59	176,20	34,50
08- Armando Ribeiro	VEG	1,46	2,75	46,87	811,47	104,90	83,63	6,42	1,58	2,83
	AGR	1,42	2,86	50,36	868,19	45,44	86,37	6,73	0,33	42,02
	EXP	1,53	2,87	46,61	909,29	24,48	66,23	7,82	0,55	122,31
09- Passagem das Traíras	VEG	1,28	2,48	48,26	646,00	309,00	45,00	5,79	40,47	6,43
	AGR	1,30	2,71	51,85	800,75	159,25	40,00	7,78	11,91	3,19
	EXP	0,89	2,21	59,97	796,00	159,00	45,00	7,71	101,08	113,26
10- Itans	VEG	1,42	2,70	47,24	784,79	78,94	136,27	4,85	2,10	4,40
	AGR	1,38	2,82	50,83	894,72	17,35	87,93	7,34	1,31	95,30
	EXP	1,50	2,75	45,34	902,31	38,52	59,17	7,37	0,76	83,52
Média	VEG	1,39	2,66	47,46	726,01	146,94	127,29	5,59	20,15	5,20
	AGR	1,38	2,73	49,23	785,12	117,33	97,51	7,04	30,74	21,89
	EXP	1,46	2,64	45,05	836,40	87,83	76,21	7,08	34,55	59,91

Obteve-se correlações significativas entre os atributos dos solos de vegetação nativa e usos antrópicos (Tabela 5). A areia da vegetação nativa ficou correlacionada positivamente com a areia e densidade do solo da agricultura. A areia da vegetação nativa também ficou correlacionada negativamente com o silte da agricultura. O silte da vegetação nativa ficou correlacionado positivamente com o silte da agricultura e solo exposto e negativamente com a areia da agricultura e matéria orgânica do solo exposto. A densidade do solo de vegetação nativa ficou correlacionado

positivamente com a porosidade total do solo exposto e negativamente com a densidade do solo exposto. A porosidade total da vegetação nativa ficou positivamente correlacionada com a porosidade total da agricultura e solo exposto e negativamente correlacionada com a densidade do solo e pH da agricultura e com a densidade do solo exposto. O pH da vegetação nativa ficou positivamente correlacionado com o pH da agricultura. A matéria orgânica da vegetação nativa ficou correlacionada negativamente com a densidade de partículas da agricultura.

Tabela 5 - Valores dos Coeficientes de Correlação Pearson entre os dados de solo da vegetação nativa com os de usos antrópicos. As correlações significativas ( $p < 0,05$ ) foram marcadas em negrito

Solo	Areia VN	Silte VN	Argila VN	Ds VN	Dp VN	PT VN	pH VN	MO VN	P VN
Areia AGR	<b>0,72</b>	<b>-0,74</b>	0,09	0,14	-0,59	-0,32	0,03	-0,21	0,02
Silte AGR	<b>-0,73</b>	<b>0,85</b>	-0,24	-0,05	0,60	0,23	-0,03	0,19	-0,01
Argila AGR	-0,01	-0,37	0,58	-0,39	0,01	0,39	-0,01	0,07	-0,03
Ds AGR	<b>0,69</b>	<b>-0,65</b>	0,01	0,60	-0,42	<b>-0,73</b>	0,19	0,02	0,14
Dp AGR	0,51	-0,44	-0,07	0,13	-0,36	-0,23	0,28	<b>-0,64</b>	-0,47
PT AGR	-0,57	0,57	-0,04	-0,60	0,35	<b>0,71</b>	-0,13	-0,22	-0,29
pH AGR	-0,17	0,24	-0,10	0,61	-0,32	<b>-0,73</b>	<b>0,64</b>	-0,13	-0,12
MO AGR	-0,62	<b>0,72</b>	-0,21	0,14	0,73	0,08	-0,03	0,15	-0,12
P AGR	0,25	-0,36	0,19	-0,03	0,20	0,11	-0,25	-0,04	0,12
Areia EXP	0,54	<b>-0,82</b>	0,46	-0,14	-0,43	0,02	0,06	0,06	0,29
Silte EXP	-0,60	<b>0,88</b>	-0,46	0,22	0,47	-0,09	0,00	0,05	-0,17
Argila EXP	0,41	-0,51	0,18	-0,27	-0,27	0,19	-0,16	-0,34	-0,30
Ds EXP	0,29	-0,37	0,15	<b>0,73</b>	0,00	<b>-0,73</b>	0,44	-0,04	-0,20
Dp EXP	0,34	-0,51	0,28	0,06	0,55	0,14	-0,13	0,05	0,00
PT EXP	-0,22	0,26	-0,09	<b>-0,76</b>	0,14	<b>0,82</b>	-0,50	0,07	0,22
pH EXP	-0,04	0,27	-0,36	0,24	-0,11	-0,27	0,37	-0,59	-0,43
MO EXP	-0,63	<b>0,92</b>	-0,50	0,19	0,44	-0,06	0,04	0,08	-0,05
P EXP	0,13	0,19	-0,49	0,19	-0,09	-0,21	0,25	-0,37	-0,04

Foram encontradas correlações significativas entre os atributos das classes de usos antrópicos (Tabela 6). A areia da agricultura ficou correlacionada positivamente com a areia do solo exposto e negativamente com o silte e matéria orgânica do solo exposto (Tabela 6). O silte da agricultura ficou correlacionado negativamente com a areia do solo exposto e positivamente com o silte e matéria orgânica do solo exposto (Tabela 6). A argila da agricultura ficou correlacionada positivamente com a argila do solo exposto (Tabela 6). A densidade do solo da agricultura ficou correlacionada positivamente com a densidade do solo exposto e negativamente com a porosidade total do solo exposto, além disso, a porosidade total do solo de agricultura também esteve correlacionado positivamente com a porosidade total do solo exposto (Tabela 6). A matéria

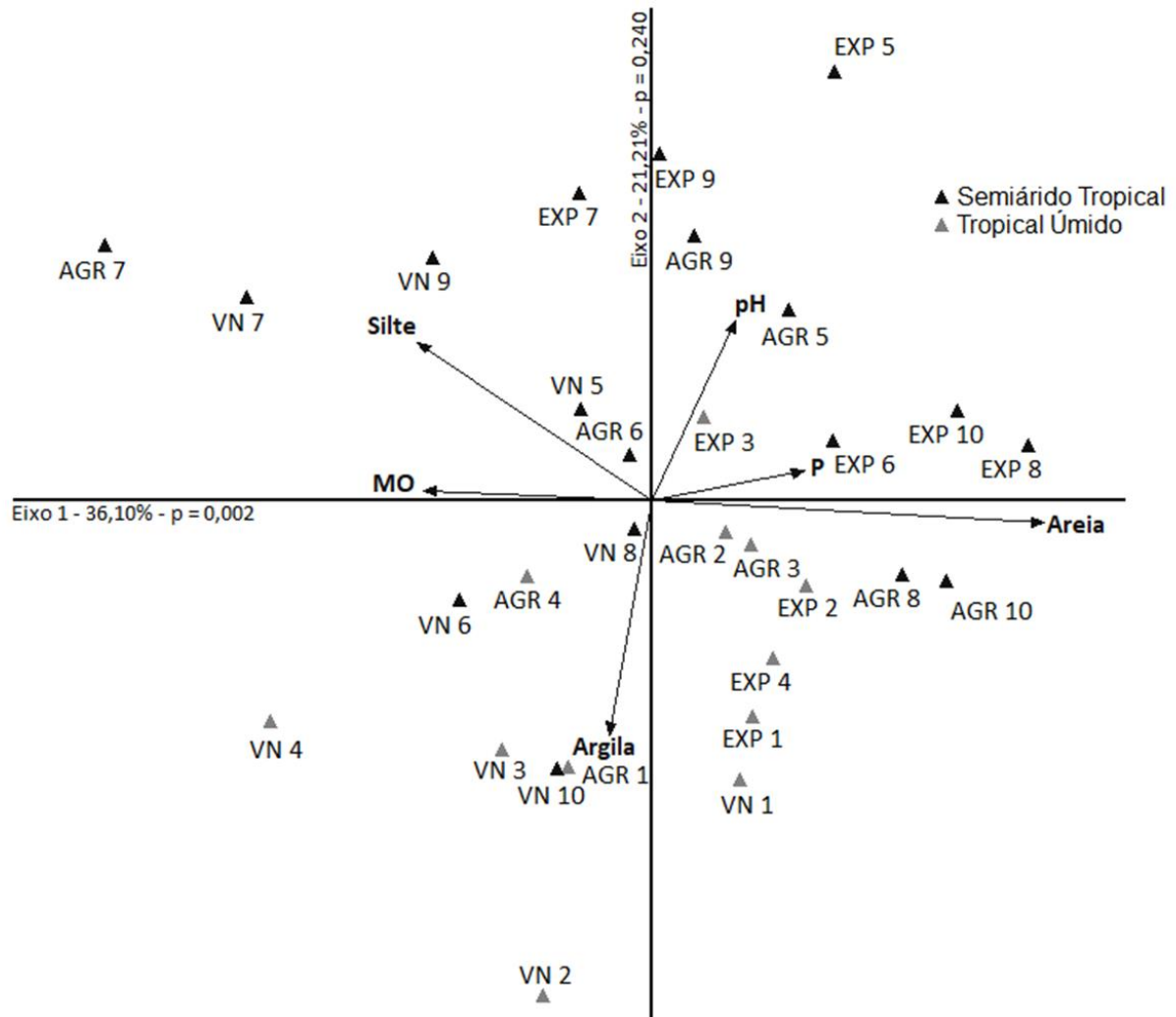
orgânica da agricultura apresentou correlação negativa com a areia do solo exposto e positiva com a matéria orgânica (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores dos Coeficientes de Correlação Pearson entre os dados de solo dos usos antrópicos. As correlações significativas ( $p < 0,05$ ) foram marcadas em negrito

Solo	Areia AGR	Silte AGR	Argila AGR	Ds AGR	Dp AGR	PT AGR	pH AGR	MO AGR	P AGR
Areia EXP	<b>0,80</b>	<b>-0,87</b>	0,21	0,56	0,60	-0,42	0,00	<b>-0,84</b>	0,56
Silte EXP	<b>-0,75</b>	<b>0,87</b>	-0,41	-0,53	-0,61	0,39	0,14	<b>0,84</b>	-0,40
Argila EXP	0,16	-0,35	<b>0,71</b>	0,16	0,26	-0,09	-0,41	-0,32	-0,27
Ds EXP	0,27	-0,32	0,17	<b>0,67</b>	0,28	-0,63	0,50	-0,04	0,06
Dp EXP	0,04	-0,18	0,55	0,09	0,26	-0,02	-0,42	0,04	0,47
PT EXP	-0,27	0,29	-0,05	<b>-0,69</b>	-0,23	<b>0,67</b>	-0,65	0,05	0,07
pH EXP	0,30	-0,16	-0,53	0,18	0,26	-0,11	0,58	-0,25	0,08
MO EXP	<b>-0,80</b>	<b>0,92</b>	-0,37	-0,54	-0,59	0,41	0,16	<b>0,83</b>	-0,41
P EXP	0,22	-0,12	-0,42	0,15	0,37	-0,05	0,37	-0,27	0,22

Os dois primeiros eixos da análise de componentes principais (ACP), com nove atributos do solo para cada classe de uso e ocupação, explicaram 57,31% da variabilidade dos dados (Figura 2). Os atributos mais importantes na ordenação do eixo 1 foram: areia ( $r = 0,922$ ), matéria orgânica ( $r = -0,704$ ) e fósforo disponível ( $r = 0,575$ ). Em relação ao eixo 2, foram argila ( $r = 0,712$ ), pH ( $r = 0,624$ ) e silte ( $r = 0,572$ ).

Figura 2 - Análise de Componentes Principais (ACP) de variáveis da qualidade do solo das zonas ripárias sob diferentes usos e ocupação do solo de dez corpos hídricos do Rio Grande do Norte. 1 – Lagoa do Jiqui; 2 – Lagoa do Bonfim; 3 – Lagoa de Extremoz; 4 – Lagoa do Boqueirão; 5 – Dourado; 6 – Boqueirão de Parelhas; 7 – Cruzeta; 8 – Armando Ribeiro; 9 – Passagem das Traíras; 10 – Itans. VN = Vegetação Nativa; AGR = Agricultura; EXP = Solo Exposto. Variáveis: MO = matéria orgânica; P = fósforo disponível



O eixo 1 da ACP separa os solos de vegetação nativa com os de usos antrópicos (agricultura e solo exposto). A matéria orgânica, o silte e a argila são mais presentes em solos preservados (vegetação nativa), enquanto fósforo disponível, a areia e pH estão mais relacionados com as atividades antrópicas.

O eixo 2 segregou as regiões tropical úmida e semiárida, evidenciando mais as condições naturais de formação dos solos. No lado positivo do eixo 2 ficaram as unidades amostrais das regiões semiáridas relacionadas com silte e pH. No lado negativo do eixo 2 ficaram as unidades amostrais das regiões tropicais úmidas, relacionadas com a argila.

### 3.3. Dados limnológicos

O reservatório Passagem das Traíras apresentou o maior valor de clorofila a ( $11,80 \mu\text{gL}^{-1}$ ), nitrogênio total ( $9,10 \text{mgL}^{-1}$ ) e sólidos totais ( $2709,60 \text{mgL}^{-1}$ ) (Tabela 7). A correlação entre a clorofila a e sólidos totais foi alta ( $0,87$ ;  $p < 0,05$ ), assim como nitrogênio total e sólidos totais ( $0,77$ ;  $p < 0,05$ ).

Tabela 7 - Dados Limnológicos dos corpos hídricos do Rio Grande do Norte. LD = limite detectável

Corpos Hídricos	Clorofila a	Fósforo Total	Nitrogênio Total	Sólidos Totais
	$\mu\text{g.L}^{-1}$		$\text{mg.L}^{-1}$	
<i>Tropical Úmida</i>				
01- Lagoa do Jiqui	0,56	0,18	4,30	68,40
02- Lagoa do Bonfim	0,09	0,28	1,10	65,20
03- Lagoa de Extremoz**	0,40	<LD	<LD	170,00
04- Lagoa do Boqueirão	0,48	0,30	4,00	348,00
<i>Tropical Semiárida</i>				
05- Dourado*	5,76	0,03	0,00	480,00
06- Boqueirão de Parelhas	1,13	0,53	2,20	938,40
07- Cruzeta***	3,60	0,21	1,40	212,80
08- Armando Ribeiro	0,23	1,02	1,80	224,00
09- Passagem das Traíras****	11,80	0,30	9,10	2709,60
10- Itans	2,90	0,73	1,00	733,20

Fonte: Programa Água Azul, 2011\*; Programa Água Azul, 2012\*\*; Programa Água Azul, 2014\*\*\*; Programa Água Azul, 2015\*\*\*\*; Programa Água Azul, 2016.

A Lagoa de Extremoz foi o corpo hídrico que apresentou o menor teor de fósforo total (<LD) e nitrogênio total (<LD). A Lagoa do Bonfim apresentou o menor valor de clorofila a ( $0,09 \mu\text{gL}^{-1}$ ) e sólidos totais ( $65,20 \text{mgL}^{-1}$ ). De maneira geral, os sistemas aquáticos localizados na região tropical semiárida apresentam maiores teores de clorofila e sólidos totais (Tabela 7).

### 3.4. Qualidade do solo e dados limnológicos

Foram encontradas poucas correlações significativas entre os atributos do solo das áreas ocupadas pela agricultura e solo exposto e as variáveis limnológicas dos corpos hídricos (Tabela 8 e 9). Não houve correlações significativas entre os atributos do solo de vegetação nativa e as variáveis limnológicas. Nas áreas de agricultura, a argila do solo se correlacionou negativamente com a clorofila a e o fósforo disponível no solo se correlacionou positivamente com o fósforo total da água (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores dos Coeficientes de Correlação Pearson entre os dados limnológicos e dos dados do solo sob uso da agricultura (AGR). As correlações significativas ( $p < 0,05$ ) foram marcadas em negrito

Solo - AGR	Água			
	Clorofila a	Fósforo Total	Nitrogênio Total	Sólidos Totais
Areia	-0,04	0,23	-0,09	0,09
Silte	0,23	-0,22	0,13	0,06
Argila	<b>-0,69</b>	-0,02	-0,14	-0,59
Ds	-0,07	-0,06	-0,39	-0,15
Dp	-0,04	0,52	0,07	0,03
PT	0,06	0,21	0,43	0,16
pH	0,57	-0,08	-0,11	0,39
MO	0,07	-0,25	-0,14	-0,20
P	-0,21	<b>0,68</b>	-0,28	-0,10

A densidade de partículas do solo exposto apresentou correlação negativa com as variáveis limnológicas: clorofila a, nitrogênio total e sólidos totais (Tabela 9). O nitrogênio total também apresentou correlação negativa com a densidade do solo (Tabela 9). O fósforo disponível no solo exposto correlacionou positivamente com o fósforo dos corpos hídricos (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores dos Coeficientes de Pearson entre os dados limnológicos e dos dados do solo exposto (EXP). As correlações significativas ( $p < 0,05$ ) foram marcadas em negrito

Solo - EXP	Água			
	Clorofila a	Fósforo Total	Nitrogênio Total	Sólidos Totais
Areia	-0,37	0,54	-0,11	-0,11
Silte	0,50	-0,41	0,11	0,21
Argila	-0,56	-0,19	-0,05	-0,38
Ds	-0,25	-0,15	<b>-0,70</b>	-0,55
Dp	<b>-0,88</b>	0,45	<b>-0,67</b>	<b>-0,86</b>
PT	0,04	0,29	0,58	0,37
pH	0,33	0,31	-0,03	0,45
MO	0,56	-0,27	0,23	0,33
P	0,38	<b>0,67</b>	0,29	0,58

As variáveis de solo dos usos antrópicos também apresentaram correlações significativas entre si (Apêndices). Silte e matéria orgânica da agricultura correlacionaram positivamente com a matéria orgânica do solo exposto ( $r = 0,98$ ,  $p < 0,05$ ;  $r = 0,86$ ,  $p < 0,05$ ).

A análise de componente principal (ACP), realizada utilizando os sete atributos do solo (densidade de partículas, areia, silte, argila, pH, matéria orgânica e fósforo disponível) para cada classe de uso e ocupação, além de quatro variáveis limnológicas (fósforo total, nitrogênio total, clorofila a e sólidos totais) e porcentagem do uso e ocupação do solo (vegetação nativa, agricultura e solo exposto), explicou 50,70 % da variabilidade dos dados nos dois primeiros eixos (Figura 3).

O eixo 1 da ACP foi correlacionado positivamente com a matéria orgânica do solo exposto ( $r = 0,938$ ), silte do solo exposto ( $r = 0,918$ ), clorofila a ( $r = 0,740$ ), silte da agricultura ( $r = 0,773$ ),



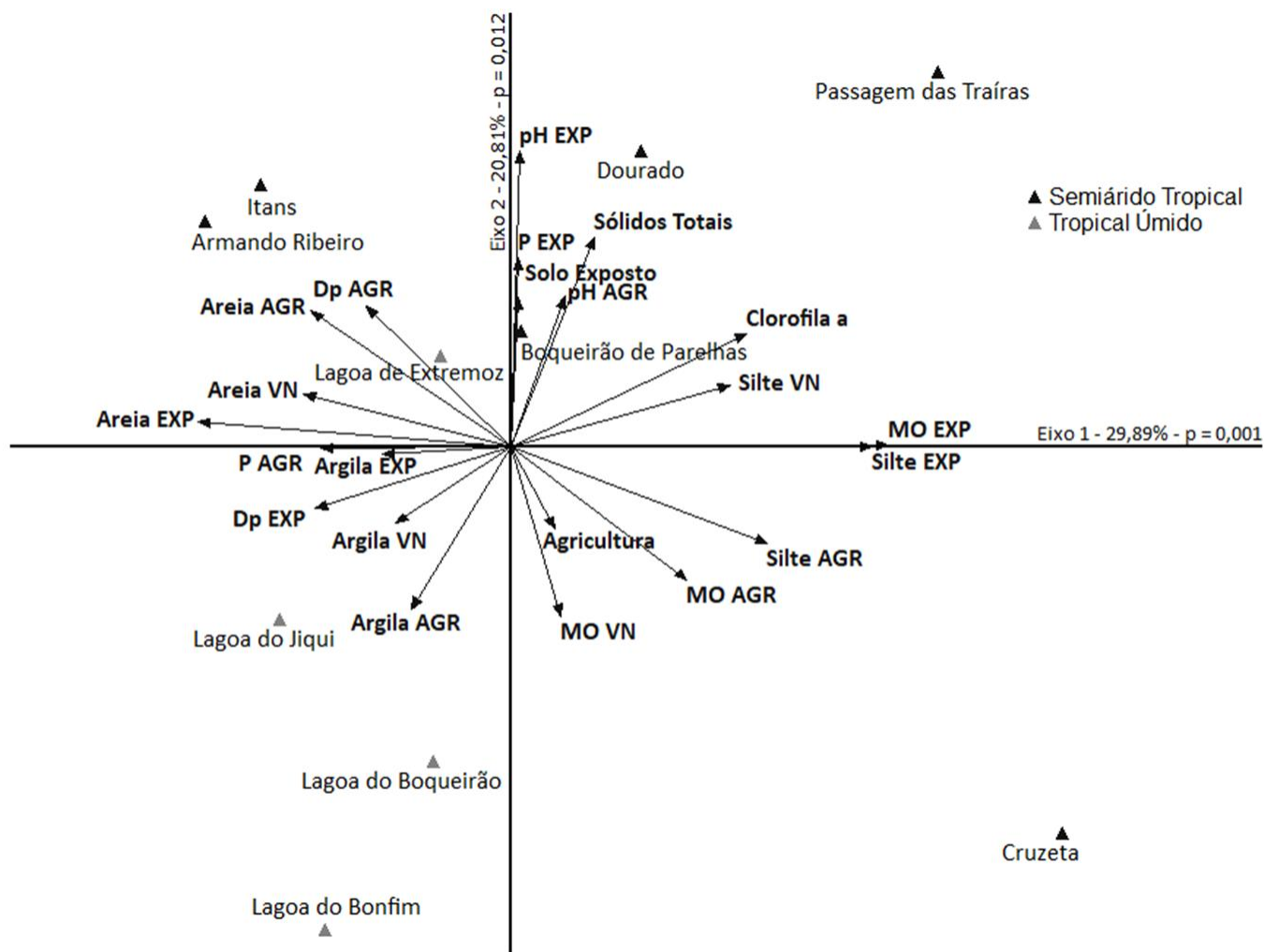
silte da vegetação nativa ( $r = 0,715$ ) e matéria orgânica da agricultura ( $r = 0,640$ ). As variáveis que ficaram correlacionadas negativamente com o eixo 1 foram areia do solo exposto ( $r = -0,855$ ), areia da vegetação nativa ( $r = -0,696$ ), areia da agricultura ( $r = -0,684$ ), densidade de partículas do solo exposto ( $r = -0,677$ ), fósforo disponível na agricultura ( $r = -0,667$ ), densidade de partículas da agricultura ( $r = -0,581$ ), argila do solo exposto ( $r = -0,549$ ) e argila da vegetação nativa ( $r = -0,519$ ).

O eixo 2 da ACP ficou correlacionado positivamente com pH do solo exposto ( $r = 0,830$ ), sólidos totais ( $r = 0,699$ ), fósforo disponível no solo exposto ( $r = 0,665$ ), pH da agricultura ( $0,594$ ) e o uso e ocupação do solo por solo exposto ( $r = 0,589$ ). O eixo 2 da ACP ficou bem correlacionado negativamente com a matéria orgânica da vegetação nativa ( $r = -0,630$ ), argila da agricultura ( $r = -0,616$ ) e com o uso e ocupação do solo por agricultura ( $r = -0,436$ ).

O uso e ocupação do solo por vegetação nativa e o fósforo disponível da vegetação nativa ficaram bem correlacionada com o eixo 3, não aparecendo na ACP dos eixos principais (Figura 3). A densidade de partículas e o pH da vegetação nativa também não apareceram na ACP porque apresentaram baixa correlação com os eixos 1, 2 e 3 da ACP (Figura 3).

A ACP mostrou a relação das áreas de solo exposto das zonas ripárias semiáridas com a intensificação dos processos erosivos e sua influência na qualidade da água (Figura 3). O eixo 2 da ACP segregou as zonas ripárias pelas condições climáticas e antrópicas. As zonas ripárias semiáridas, naturalmente vulneráveis a erosão e as zonas ripárias com maiores áreas de solo exposto, ficaram no lado positivo do eixo 2 indicando que processos erosivos se relacionam com as variáveis limnológicas. As zonas ripárias da região tropical úmida ficaram no lado negativo do eixo 2, e se distanciaram das variáveis limnológicas, exceto a Lagoa de Extremoz, que por apresentar maior área de solos exposto se aproximou das zonas ripárias do semiárido.

Figura 3 - Análise de Componentes Principais (ACP1 e ACP2) dos atributos físicos e químicos do solo sob diferentes formas de usos em zonas ripárias do Rio Grande do Norte, as variáveis limnológicas dos corpos hídricos e a % de uso e ocupação do solo. Ambientes: VN = Vegetação Nativa; AGR = Agricultura; EXP = Solo Exposto. Atributos do Solo: Ds = Densidade do Solo; Dp = Densidade de Partículas; MO = Matéria Orgânica; P = Fósforo Disponível; Areia; Silte; Argila; pH. Variáveis Limnológicas: Nitrogênio Total; Sólidos Totais



#### 4. DISCUSSÃO

Nossos principais resultados indicam que o uso e ocupação do solo por atividades antrópicas em zonas ripárias degradam a qualidade do solo. Sendo a intensidade da degradação do solo entre zonas ripárias de regiões úmidas e semiáridas diferente e dependente dos fatores e processos pedogenéticos envolvidos na formação do solo em cada região. As zonas ripárias localizadas na região semiárida tropical, devido a vulnerabilidade natural desses solos, apresentaram maior intensidade de degradação que as zonas ripárias da região tropical úmida. De fato, os solos mais jovens (semiárido) apresentam maior vulnerabilidade natural (CREPANI et al., 2001; VAEZI; HASANZADEH; CERDÀ, 2016). Esse resultado foi evidenciado no estudo da qualidade da água, sendo as zonas ripárias com solos menos desenvolvidos as que apresentaram maior degradação na qualidade da água, indicando que nessas áreas houve maior aceleração dos processos erosivos que contribuiu com uma maior entrada de sedimentos e nutrientes nos corpos hídricos. Os solos das regiões tropicais, mais desenvolvidos, conseqüentemente, menos susceptíveis naturalmente a erosão, não se relacionaram com as variáveis limnológicas indicadoras de entrada de sedimentos e nutrientes nos corpos hídricos, fósforo total, nitrogênio total, clorofila a e sólidos totais. Ou seja, quanto mais os solos antropizados forem naturalmente vulneráveis aos processos erosivos, maior será a sua contribuição de sedimentos para os corpos hídricos.

Os nossos resultados também indicaram que as zonas ripárias de menor vulnerabilidade natural do solo, como as localizadas na região tropical úmida, podem apresentar intensidade de degradação do solo semelhantes as zonas ripárias das áreas mais vulneráveis do semiárido basta que ocorra um aumento na ocupação da classe de solo exposto. Ou seja, mesmo regiões de baixa vulnerabilidade natural podem apresentar elevada vulnerabilidade ambiental após a ocupação antrópica, principalmente, pela expansão do solo exposto (CHOUDHARY; SINGH; KUPRIYANOV, 2018), o que explica a aproximação da zona ripária da Lagoa de Extremoz as zonas ripárias da região semiárida. Dessa forma, a intensidade de degradação é dependente não apenas de características naturais de formação do solo, podendo se igualar as áreas mais vulneráveis à medida que se amplia a sua ocupação, especialmente pela classe de uso solo exposto. A relação do uso e ocupação do solo por usos antrópicos com o aumento da erosão é enfatizada em vários estudos (PACHECO *et al.*, 2014; VALLE JUNIOR *et al.*, 2014; VILMIN *et al.*, 2015; LÓPEZ *et al.*, 2016; VALERA *et al.*, 2016).

Na região tropical úmida, diferente da região semiárida, a classe de uso solo exposto foi representada pela urbanização, e não pela pecuária. Nas regiões em que o solo exposto foi representado pela pecuária, houve maior teor de matéria orgânica após a ocupação antrópica. Provavelmente, devido ao caráter extensivo das práticas pecuárias do semiárido, a compactação do solo pelo pisoteio é minimizada através do aporte de matéria orgânica via excretas desses animais. Além de adicionar matéria orgânica ao solo, os excretas também elevam os teores de nutrientes (CERETTA *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2015). Essa resposta do solo sob pecuária extensiva acaba levando a interpretações equivocadas quando não é vista no contexto do ambiente e de forma integrada as demais variáveis, visto que a matéria orgânica desempenha funções importantes para conservação do solo. Em solos expostos de zonas ripárias, a matéria orgânica e os nutrientes adicionados pela agricultura e pecuária, acabam sendo levados aos ecossistemas aquáticos por erosão, podendo ser o condicionador para o processo de eutrofização.

As atividades agrícolas e os solos expostos tornam-se fonte de poluição difusa aos corpos hídricos. As áreas de agricultura apresentaram menor teor de argila, e maiores teores de clorofila a e do fósforo da água, indicando que a erosão das partículas de argila está favorecendo o processo de eutrofização dos corpos hídricos através do aporte de nutrientes. De fato, os sedimentos erodidos nas áreas agrícolas são altamente concentrados com os nutrientes disponibilizados para as culturas implantadas (BASHAGALUKE *et al.*, 2018), favorecendo a proliferação de algas. A classe de solo exposto nas zonas ripárias se caracterizou como uma das principais fontes de poluição difusa para os corpos hídricos, apresentando os maiores teores de fósforo, bem como correlações que indicam a contribuição dessa classe com o aumento dos teores de nitrogênio total, fósforo total, clorofila a e sólidos totais na água.

Portanto, os solos expostos em regiões semiáridas aceleram o processo de erosão dos solos naturalmente vulneráveis e aumentam o escoamento superficial pelo aumento de áreas impermeáveis, aumentando o aporte de sedimentos e nutrientes aos corpos hídricos. Além das atividades exercidas nos solos expostos das zonas ripárias semiáridas, como a pecuária e ocupação urbana, essas áreas também favorecem a lavagem em áreas agrícolas, contribuindo para um maior aporte de nutrientes e sedimentos aos corpos hídricos (MORAIS NETO, 2018). De fato, foram encontradas correlações significativas positivas da matéria orgânica do solo exposto com a matéria orgânica e o silte da agricultura, da argila da agricultura com a argila do solo exposto e do silte da agricultura com o silte do solo exposto,

ou seja, indicando o aporte contínuo de matéria orgânica, silte e argila da agricultura, partículas do solo facilmente erodidas, para as áreas de solos exposto.

Outros estudos também mostraram que o impacto do uso do solo por atividades antrópicas em bacias hidrográficas impacta a qualidade das águas superficiais, sendo expresso pelo aumento das concentrações de nutrientes na água, causado pelo aumento da erosão e do escoamento superficial (MENESES *et al.*, 2015; VALLE JUNIOR *et al.*, 2015; PACHECO; FERNANDES SANCHES, 2016). Os corpos hídricos que apresentam seu entorno com maior ocupação de vegetação nativa apresentam uma maior proteção da qualidade da água (MENESES *et al.*, 2015).

Os resultados deste trabalho indicam que apesar das zonas ripárias serem áreas de preservação permanente, protegidas pelo código florestal (BRASIL, 2012), as vegetações nativas estão sendo substituídas por atividades antrópicas, reduzindo a qualidade do solo e da água subjacente. Em zonas ripárias semiáridas, naturalmente vulneráveis a erosão, e as zonas ripárias com grandes áreas de solo exposto a intensidade de degradação é maior. Esses resultados são importantes no monitoramento e avaliação dos impactos ambientais nos recursos naturais, a fim de permitir o controle e mitigação dos efeitos do uso e ocupação do solo de zonas ripárias por atividades antrópicas na qualidade do solo e da água.

## 5. CONCLUSÕES

- A degradação do solo de zonas ripárias é dependente dos fatores naturais de formação do solo: zonas ripárias localizadas na região semiárida tropical apresentam maior intensidade de degradação que as zonas ripárias da região tropical úmida;
- À medida que se amplia a ocupação antrópica do solo, especialmente pela classe de solo exposto, a degradação do solo das zonas ripárias da região tropical úmida se aproxima da zona ripária do semiárido;
- Quanto maior a percentagem de solo exposto maior a contribuição da zona ripária na degradação da qualidade dos corpos hídricos;
- Os teores de areia, silte e argila, bem como pH, matéria orgânica e fósforo disponível são indicadores da qualidade dos solos das zonas ripárias. O pH e os teores de argila e silte são atributos sensíveis na diferenciação do solo da zona ripária entre as regiões úmida e semiárida, enquanto, teor de fósforo, areia e matéria orgânica são atributos sensíveis a distinção de solos sob usos antrópicos e cobertura natural do solo.

- É necessário que as estratégias de manejo sustentável das zonas ripárias sejam implementadas de acordo com as características de cada região. A região semiárida, devido a sua vulnerabilidade natural, necessita de estratégias mais restritivas de conservação das suas zonas ripárias.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [s.l.], v. 22, n. 6, p.711-728, 1 dez. 2013.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21<sup>a</sup> ed. Washington: APHA, p. 526, 2005.
- ATTANASIO, Cláudia Mira *et al.* A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. **Bragantia**, [s.l.], v. 71, n. 4, p.493-501, 8 jan. 2012.
- ATTANASIO, Cláudia Mira *et al.* Método para identificação da zona ripária: microbacia hidrográfica do Ribeirão São João (Mineiros do Tietê, SP). **Scientia Forestalis**, v.71, p.131-140, 2006.
- BASHAGALUKE, Janvier Bigabwa *et al.* Soil nutrient loss through erosion: Impact of different cropping systems and soil amendments in Ghana. **Plos One**, [s.l.], v. 13, n. 12, 19 dez. 2018.
- BILOTTA, G.S.; BRAZIER, R.E. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. **Water Research**, [s.l.], v. 42, n. 12, p.2849-2861, jun. 2008.
- BING, Haijian *et al.* Assessment of heavy metal enrichment and its human impact in lacustrine sediments from four lakes in the mid-low reaches of the Yangtze River, China. **Journal Of Environmental Sciences**, [s.l.], v. 25, n. 7, p.1300-1309, jul. 2013.
- BRASIL. **Lei nº 12.727 de 17 de outubro de 2012**. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, 2012.
- CAMMERAAT, Erik L. H.; CERDÀ, Artemi; IMESON, Anton C. Ecohydrological adaptation of soils following land abandonment in a semi-arid environment. **Ecohydrology**, [s.l.], v. 3, n. 4, p.421-430, 24 ago. 2010.
- CARPENTER, Stephen R. *et al.* Center for Limnology, University of Wisconsin, 680 N. Park St., Madison, Wisconsin 53717. **Limnology And Oceanography**, [s.l.], v. 43, n. 1, p.73-80, jan. 1998.
- CERETTA, Carlos Alberto *et al.* Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 38, n. 6, p.729-735, jun. 2003.
- CHOUDHARY, Komal; BOORI, Mukesh Singh; KUPRIYANOV, Alexander. Spatial modelling for natural and environmental vulnerability through remote sensing and GIS in Astrakhan, Russia. **The Egyptian Journal Of Remote Sensing And Space Science**, [s.l.], v. 21, n. 2, p.139-147, set. 2018.

COELHO, R. C. T. P.; BUFFON, I.; GUERRA, T. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água: um método para avaliar a importância da zona ripária. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 104-117, 2011.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial**. Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos - SP. 124 p. 2001.

DAVIES-COLLEY, R. J.; SMITH, D. G.. TURBIDITY SUSPENDED SEDIMENT, AND WATER CLARITY: A REVIEW. **Journal Of The American Water Resources Association**, [s.l.], v. 37, n. 5, p.1085-1101, out. 2001.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia, 370 f. 1999.

FARIA, Bruno Gazola de. **Alteração da qualidade do solo em zona ripária sob diferentes usos: Potencial de poluição para um manancial tropical**. 2013. 41 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

FERREIRA, Radmila Salviano. **Qualidade Da Água De Um Reservatório E Do Solo Da Zona Ripária Sob Diferentes Usos Na Região Semiárida Do Rio Grande Do Norte**. 2015. 42 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

GARCIA, Joice Machado *et al.* Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Sociedade & Natureza**, Urbelândia, v. 30, n. 1, p.228-254, abr. 2018.

GONZÁLEZ, Eduardo *et al.* Integrative conservation of riparian zones. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 211, p.20-29, jul. 2017.

GUO, Qiankun; HAO, Yanfang; LIU, Baoyuan. Rates of soil erosion in China: A study based on runoff plot data. **Catena**, [s.l.], v. 124, p.68-76, jan. 2015.

HA, Miae; ZHANG, Zhonglong; WU, May. Biomass production in the Lower Mississippi River Basin: Mitigating associated nutrient and sediment discharge to the Gulf of Mexico. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 635, p.1585-1599, set. 2018.

HERNANI, L., KURIHARA, C. y SILVA, W. Sistemas De Manejo De Solo E Perdas De Nutrientes E Matéria Orgânica Por Erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 23 (1): 145-154, 1999.

IBGE/EMBRAPA. **Mapa de Solos do Brasil (1:5,000,000)**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2001. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/solos/viewer>>. Acesso em: 10 de abril de 2018.

LE, C. *et al.* Eutrophication of Lake Waters in China: Cost, Causes, and Control. **Environmental Management**, [s.l.], v. 45, n. 4, p.662-668, 23 fev. 2010.

LIEBENS, J. Heavy metal contamination of sediments in stormwater management systems: the effect of land use, particle size, and age. **Environmental Geology**, [s.l.], v. 41, n. 3-4, p.341-351, 1 dez. 2001.



LÓPEZ, Pilar *et al.* Sediment size distribution and composition in a reservoir affected by severe water level fluctuations. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 540, p.158-167, jan. 2016.

MEDEIROS, Caroline Elizabeth Braz Fragoso de Sousa. **Os impactos do uso e ocupação e evento de seca extrema na qualidade da água e do solo de um manancial tropical do semiárido**. 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Cap. 2.

MENESES, B.M. *et al.* Land use and land cover changes in Zêzere watershed (Portugal) — Water quality implications. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 527-528, p.439-447, set. 2015.

MORAIS NETO, João Vieira de. **Áreas de solo exposto intensificam o processo de eutrofização no semiárido brasileiro**. 2018. 18 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

MOURI, Goro; TAKIZAWA, Satoshi; OKI, Taikan. Spatial and temporal variation in nutrient parameters in stream water in a rural-urban catchment, Shikoku, Japan: Effects of land cover and human impact. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 92, n. 7, p.1837-1848, jul. 2011.

OLIVEIRA, José Neuciano Pinheiro de. **A Influência da poluição difusa e do regime hidrológico peculiar do semiárido na qualidade da água de um reservatório tropical**. 2012. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012. Cap. 3.

OU, Yang *et al.* Landscape influences on water quality in riparian buffer zone of drinking water source area, Northern China. **Environmental Earth Sciences**, [s.l.], v. 75, n. 2, p.75-114, jan. 2016.

PACHECO, F.A.L. *et al.* Soil losses in rural watersheds with environmental land use conflicts. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 485-486, p.110-120, jul. 2014.

PACHECO, F.A.L.; FERNANDES SANCHES, L.F. Environmental land use conflicts in catchments: A major cause of amplified nitrate in river water. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 548-549, p.173-188, abr. 2016.

PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2011. **Rede Compartilhada de monitoramento da qualidade da água: Monitoramento da qualidade das águas superficiais no período de setembro a dezembro de 2011**. 11º relatório trimestral. Natal, julho de 2013. Disponível em: < <http://www.programaaguaazul.ct.ufrn.br/>>. Acesso em: 10 de abril de 2018

PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2012. **Rede Compartilhada de monitoramento da qualidade da água: Monitoramento da qualidade das águas superficiais no período de março a maio de 2012**. 13º relatório trimestral. Natal, agosto de 2014. Disponível em: < <http://www.programaaguaazul.ct.ufrn.br/>>. Acesso em: 10 de abril de 2018.

PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2014. **Rede Compartilhada de monitoramento da qualidade da água: Monitoramento da qualidade das águas superficiais no período de julho a agosto de 2014**. 1º relatório trimestral. Natal, abril de 2015. Disponível em: < <http://www.programaaguaazul.ct.ufrn.br/>>. Acesso em: 10 de abril de 2018.

PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2015. **Rede Compartilhada de monitoramento da qualidade da água: Monitoramento da qualidade das águas superficiais no período de julho a agosto de 2015**. 3º relatório semestral. Natal, novembro de 2016. Disponível em: < <http://www.programaaguaazul.ct.ufrn.br/>>. Acesso em: 10 de abril de 2018.

PROGRAMA ÁGUA AZUL. **Rede Compartilhada de monitoramento da qualidade da água: Monitoramento da qualidade das águas superficiais no período de setembro a novembro de 2016**. 5º relatório semestral. Natal, maio de 2017. Disponível em: < <http://www.programaaguaazul.ct.ufrn.br/>>. Acesso em: 10 de abril de 2018.

RICKSON, R.J. Can control of soil erosion mitigate water pollution by sediments? **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 468-469, p.1187-1197, jan. 2014.

SAAD, Sandra Isay *et al.* Analyzing ecological restoration strategies for water and soil conservation. **Plos One**, [s.l.], v. 13, n. 2, 9 fev. 2018.

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V.; ABREU JR., J. S. Métodos de quantificação de matéria orgânica do solo. **Revista da Universidade de Alfenas**, v. 5, p. 21 – 26, 1999.

SILVA, Gerônimo Ferreira da *et al.* Indicadores De Qualidade Do Solo Sob Diferentes Sistemas De Uso Na Mesorregião Do Agreste Paraibano. **Revista Caatinga**, [s.l.], v. 28, n. 3, p.25-35, set. 2015.

SOSA, Laura L. de *et al.* Quantifying the contribution of riparian soils to the provision of ecosystem services. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 624, p.807-819, maio 2018.

VAEZI, Ali Reza; HASANZADEH, Heidar; CERDÀ, Artemi. Developing an erodibility triangle for soil textures in semi-arid regions, NW Iran. **Catena**, [s.l.], v. 142, p.221-232, jul. 2016.

VALERA, C.A. *et al.* The role of environmental land use conflicts in soil fertility: A study on the Uberaba River basin, Brazil. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 562, p.463-473, ago. 2016.

VALLE JUNIOR, R.f. *et al.* Environmental land use conflicts: A threat to soil conservation. **Land Use Policy**, [s.l.], v. 41, p.172-185, nov. 2014.

VALLE JUNIOR, Renato F. *et al.* Impacts of land use conflicts on riverine ecosystems. **Land Use Policy**, [s.l.], v. 43, p.48-62, fev. 2015.

VILMIN, Lauriane *et al.* Pluri-annual sediment budget in a navigated river system: The Seine River (France). **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 502, p.48-59, jan. 2015.

WARRINGTON, D. N. *et al.* Primary particle size distribution of eroded material affected by degree of aggregate slaking and seal development. **European Journal Of Soil Science**, [s.l.], v. 60, n. 1, p.84-93, fev. 2009.

XIE, Yujing *et al.* Exploring the dynamic correlation of landscape composition and habitat fragmentation with surface water quality in the Shenzhen river and deep bay cross-border watershed, China. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 90, p.231-246, jul. 2018.

YU, Songyan *et al.* Effect of land use types on stream water quality under seasonal variation and topographic characteristics in the Wei River basin, China. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 60, p.202-212, jan. 2016.

## APÊNDICES

Figura 1 – Mapa de uso e ocupação do solo do reservatório de Armando Ribeiro Gonçalves

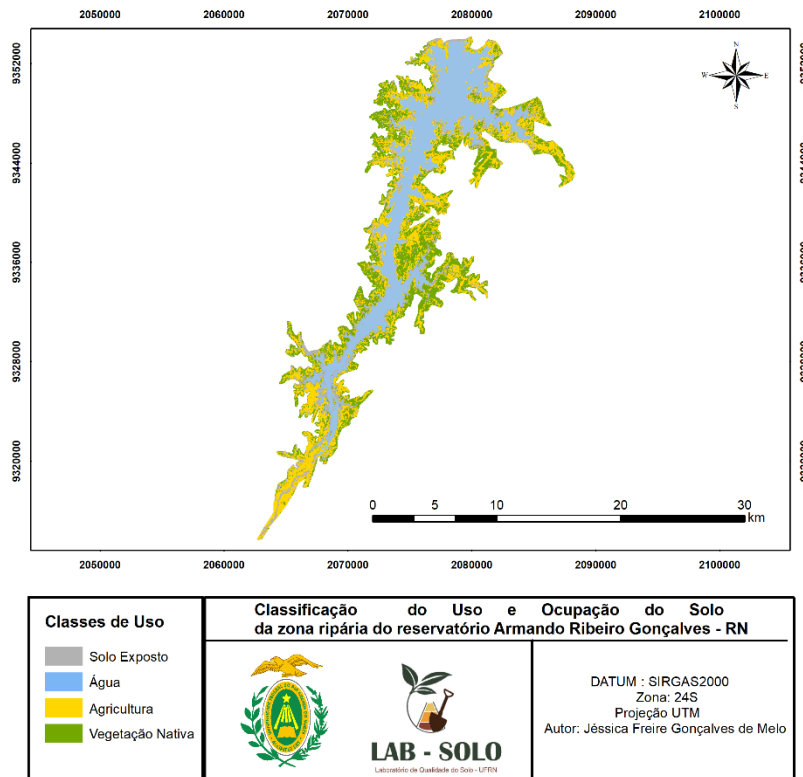


Figura 2 - Mapa de uso e ocupação do solo do reservatório de Cruzeta

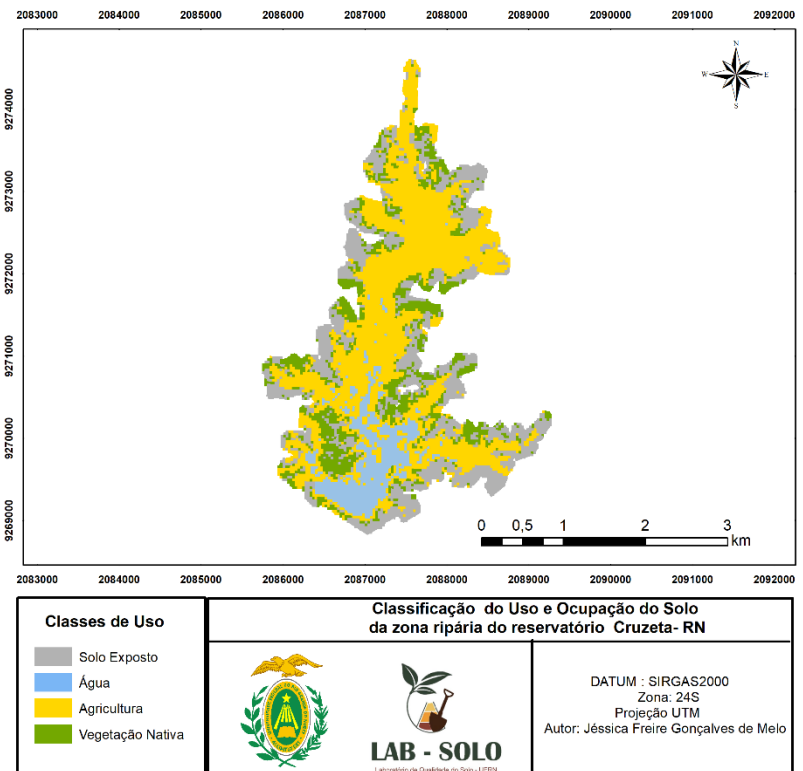


Figura 3 - Mapa de uso e ocupação do solo do reservatório de Dourado

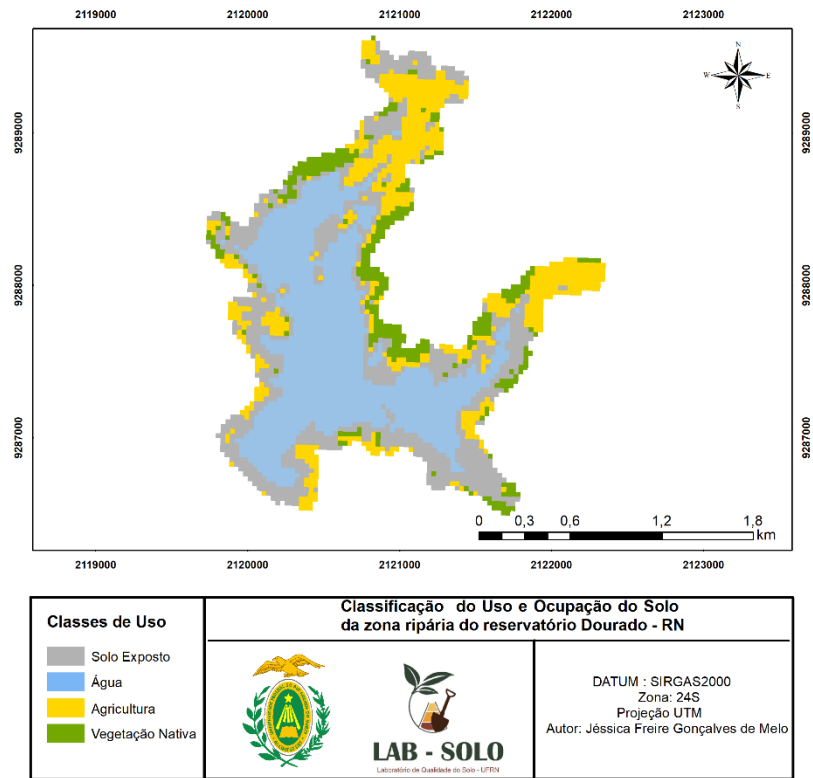


Figura 4 - Mapa de uso e ocupação do solo do reservatório de Itans

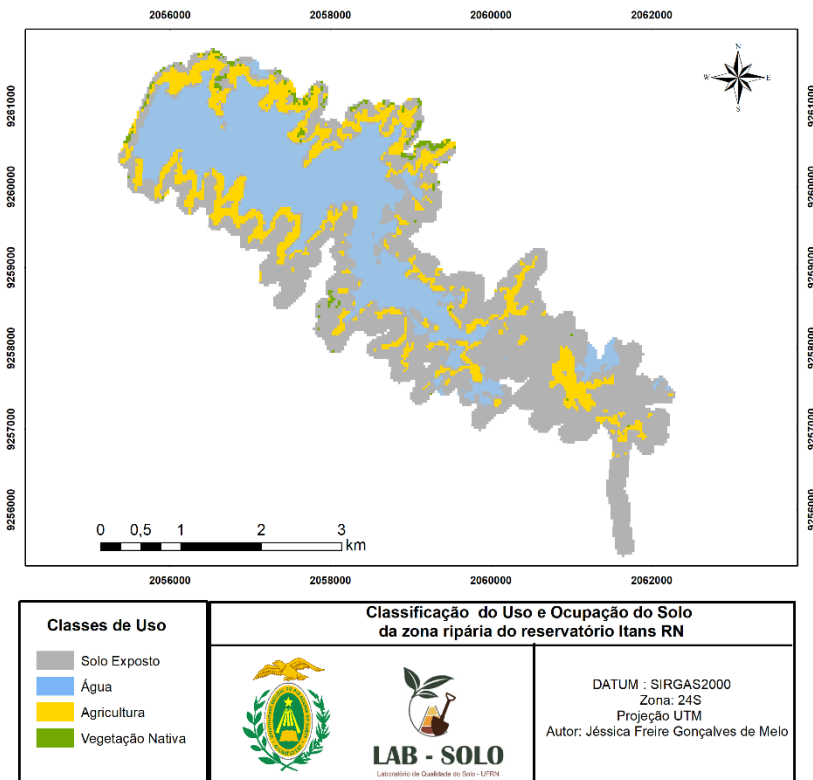


Figura 5 - Mapa de uso e ocupação do solo do reservatório de Boqueirão de Parelhas

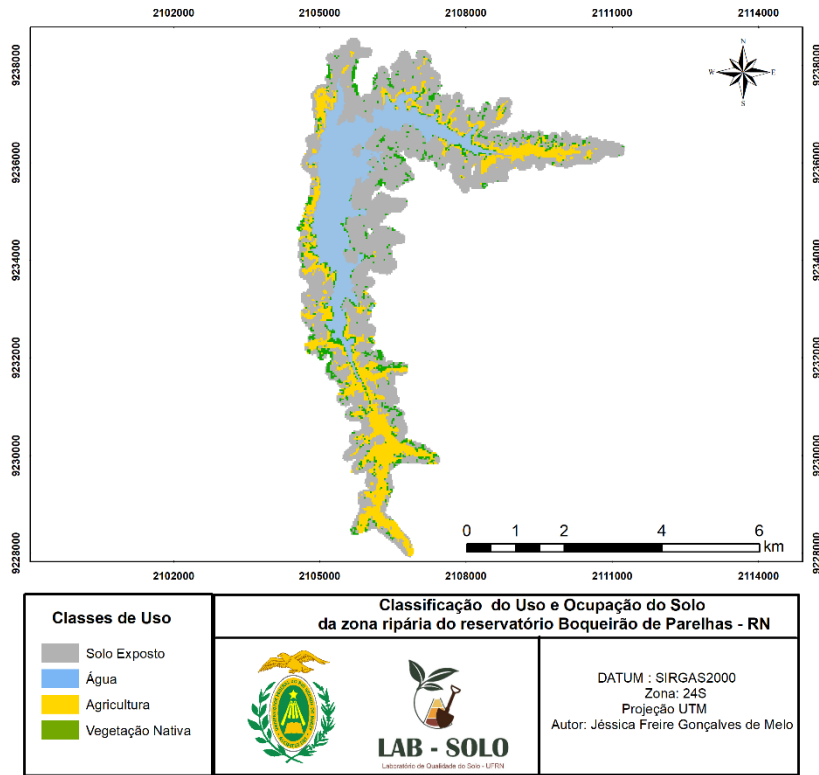


Figura 6 - Mapa de uso e ocupação do solo do reservatório de Passagem das Traíras

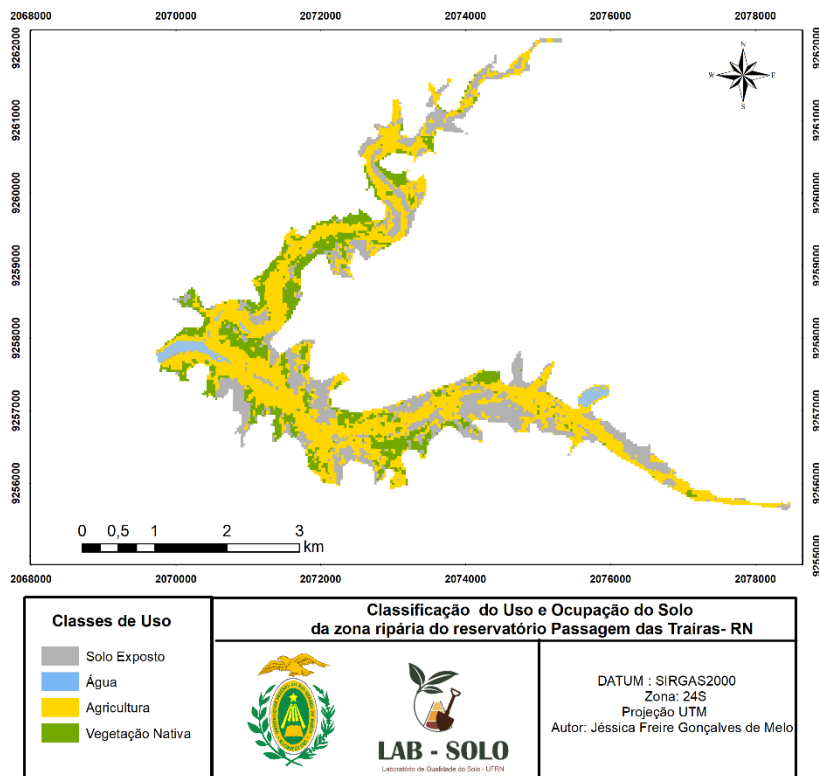


Figura 7 - Mapa de uso e ocupação do solo do reservatório de Lagoa de Extremoz

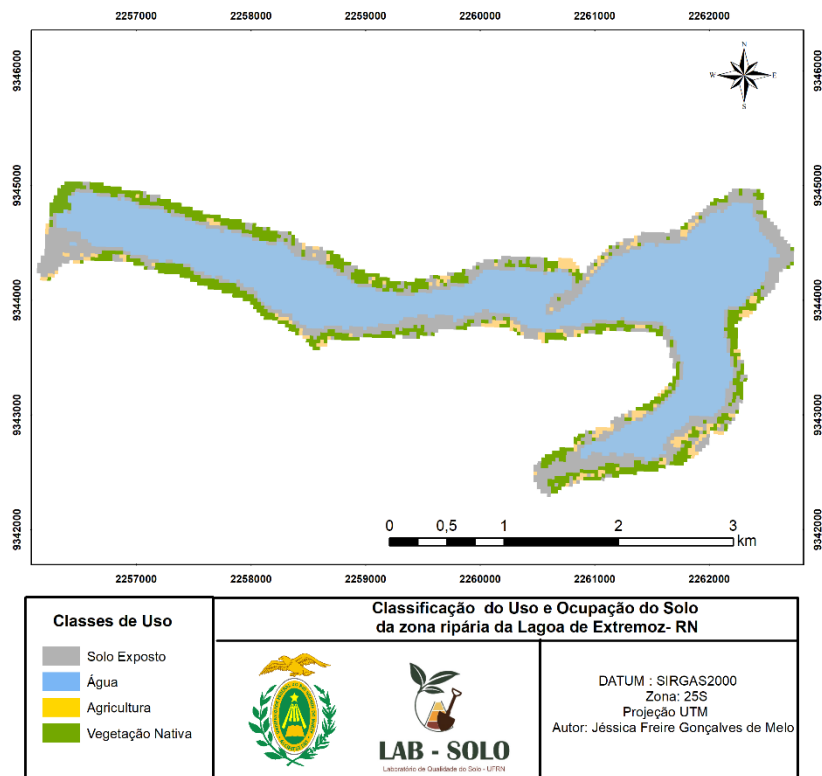


Figura 8 - Mapa de uso e ocupação do solo do reservatório de Lagoa do Boqueirão

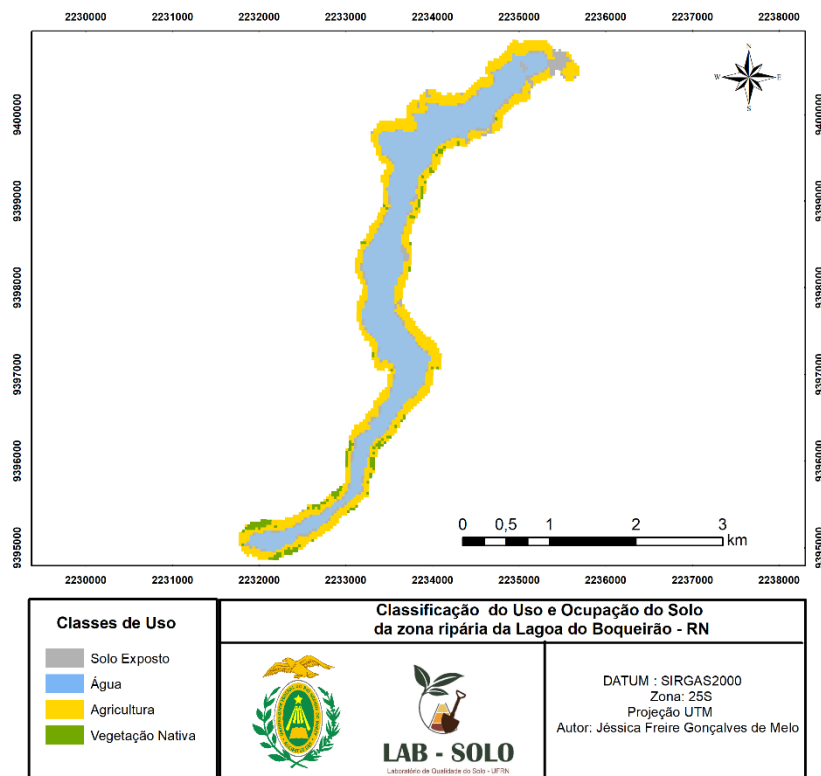


Figura 9 - Mapa de uso e ocupação do solo do reservatório de Lagoa do Bonfim

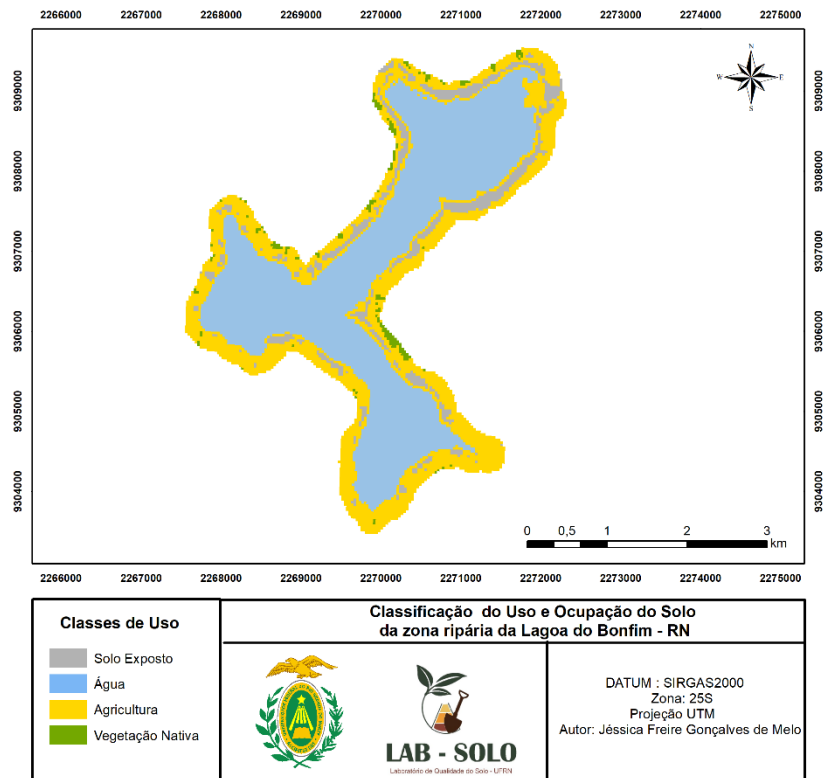


Figura 10 - Mapa de uso e ocupação do solo do reservatório de Lagoa do Jiqui

