



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE BALSAS  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

GABRIEL SILVA GUIMARÃES

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA OCUPAÇÃO DE PIVÔS DE IRRIGAÇÃO NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS BALSAS**

BALSAS  
2021.1



GABRIEL SILVA GUIMARÃES

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA OCUPAÇÃO DE PIVÔS DE IRRIGAÇÃO NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS BALSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Maranhão Campus Balsas, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

**Orientador: Profa. Dra. Ana Paula de Melo e Silva Vaz**



GABRIEL SILVA GUIMARÃES

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA OCUPAÇÃO DE PIVÔS DE IRRIGAÇÃO NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS BALSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Maranhão Campus Balsas, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

**Orientador: Profa. Dra. Ana Paula de Melo e Silva Vaz**

Aprovada em 24 de setembro de 2021.

**Banca Examinadora**

---

Profa. Dra. Ana Paula de Melo e Silva Vaz.

---

Prof. Dr. Daniel Silva Jaques

---

Prof. Dra. Maria Laiane do Nascimento Silva

---

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Guimarães, Gabriel.

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA OCUPAÇÃO DE PIVÔS DE IRRIGAÇÃO  
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS BALSAS / Gabriel  
Guimarães. - 2021.

436 f.

Orientador(a): Ana Paula de Melo e Silva Vaz.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental,  
Universidade Federal do Maranhão, Balsas, Maranhão, 2021.

1. Bacia Hidrográfica. 2. Geoprocessamento. 3.  
Irrigação. I. de Melo e Silva Vaz., Ana Paula. II.  
Título.

---

*A Deus todo poderoso, por possibilitar essa oportunidade em minha vida, aos meus familiares, amigos e minha querida mãe acadêmica e orientadora Ana Paula, por todos os conselhos e apoio nos momentos de maior adversidade, ajudando a superá-los.*

---

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. ”

Art. 225º, Constituição Federal

---

## RESUMO

A Bacia Hidrográfica Rio das Balsas é uma das principais contribuintes para a Região Hidrográfica do Parnaíba, apesar do grande potencial hídrico da Bacia em estudo, a falta de precipitação e a expansão das áreas de cultivo de grãos com a utilização de irrigação causam preocupação em relação ao gerenciamento dos recursos hídricos, principalmente quando pensamos nos conflitos gerados pelo uso da água de maneira insustentável. A presente pesquisa tem como objetivo analisar a expansão agrícola irrigada por pivôs centrais entre os anos 2000 e 2019, considerando o manejo sustentável dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica Rio das Balsas, e contribuir para a melhor gerenciamento e planejamento deste recurso tão precioso que é a água. A metodologia foi desenvolvida através do levantamento de dados sobre a área, revisão bibliográfica e utilização do *software* QGIS para o processamento e tratamento dos dados. Com isso, foram obtidos mapas e tabelas com dados quali-quantitativos da área de estudo, permitindo a análise temporal da mesma e auxiliando as organizações competentes no planejamento e gestão dos recursos hídricos.

**Palavras-chaves:** Bacia Hidrográfica. Irrigação. Geoprocessamento.

---

## ABSTRACT

The Rio das Balsas Hydrographic Basin is one of the main contributors to the Parnaíba Hydrographic Region, despite the great water potential of the Basin under study, the lack of precipitation and the expansion of grain cultivation areas with the use of irrigation cause concern regarding the management of water resources, especially when we think about the conflicts generated by the unsustainable use of water. This research aims to analyze the agricultural expansion irrigated by center pivots between 2000 and 2019, considering the sustainable management of water resources in the Rio das Balsas Hydrographic Basin, and to contribute to better management and planning of this precious resource that is the Water. The methodology was developed through data collection on the area, literature review and use of QGIS software for data processing and treatment. With this, maps and tables with quali-quantitative data of the study area were obtained, allowing the temporal analysis of the same and helping the competent organizations in the planning and management of water resources.

**Keywords:** Hydrographic basin. Irrigation. Geoprocessing.

---

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Regiões Hidrográficas do Brasil .....	13
Figura 2: Regiões Hidrográficas inseridas no Estado do Maranhão.....	14
Figura 3: Bacias hidrográficas e sistemas hidrográficos no Estado do Maranhão. ...	15
Figura 4: Quantidade retirada e o consumo dos usos da Água no Brasil em 2017...	19
Figura 5: Área irrigada na RH Parnaíba (ano-base 2012).....	21
Figura 6: Ponto do pivô. ....	22
Figura 7: Aspersores de pressão em funcionamento. ....	23
Figura 8: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas.....	25
Figura 9: Localização da Bacia Hidrográfica Rio das Balsas e suas respectivas sub-bacias.....	26
Figura 10: Mudança do uso do solo na Bacia Hidrográfica Rio das Balsas. ....	28
Figura 11: Mapa de suscetibilidade à erosão da BHRDB. ....	30
Figura 12: Localização dos pivôs centrais na BHRDB, ano 2000. ....	30
Figura 13: Localização dos pivôs centrais na BHRDB, ano 2019. ....	32

---

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Dados quantitativos das Regiões Hidrográficas. ....	14
Tabela 2: Quantidade de água utilizada por cada tipo de uso de água, relação percentual de retirada, consumo e retorno.....	19
Tabela 3: Mudança no uso do solo na BHRDB entre 2000 e 2019. ....	29
Tabela 4: Expansão das áreas irrigadas na BHRDB.....	33
Tabela 5: Aumento do uso do solo para atividades antrópicas. ....	33

---

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1	Justificativa	11
1.2	Objetivo Geral	11
1.3	Objetivos Específicos	11
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>12</b>
2.1	Recursos Hídricos no Brasil	12
2.2	Recursos hídricos no Maranhão	14
2.3	Bacia Hidrográfica	16
2.4	Balanço Hídrico	18
2.5	Usos da Água	18
2.5.1	Uso da água na Agricultura	20
2.5.1.1	Irrigação	20
2.5.1.2	Pivôs Centrais	22
2.6	Dados históricos da plataforma MapBiomass	24
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>36</b>
	APÊNDICE A - LOCALIZAÇÃO DOS PIVÔS CENTRAIS NA BHRDB, ANO 2000.	40
	APÊNDICE B - LOCALIZAÇÃO DOS PIVÔS CENTRAIS NA BHRDB, ANO 2005.	41
	APÊNDICE C - LOCALIZAÇÃO DOS PIVÔS CENTRAIS NA BHRDB, ANO 2010.	42
	APÊNDICE D - LOCALIZAÇÃO DOS PIVÔS CENTRAIS NA BHRDB, ANO 2014.	43
	APÊNDICE E - LOCALIZAÇÃO DOS PIVÔS CENTRAIS NA BHRDB, ANO 2017.	44
	APÊNDICE F - LOCALIZAÇÃO DOS PIVÔS CENTRAIS NA BHRDB, ANO 2019.	45

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a sobrevivência e bem-estar humano, a mesma atua como fator de produção na maioria dos setores econômicos, bem como um ativo ambiental e social. Assim, podemos entender que a água é imprescindível para o desenvolvimento da sociedade, sendo o acesso a água potável um direito humano.

Há pouco tempo a água era considerada um bem livre e inesgotável. Ao longo do desenvolvimento humano e aumento considerável de demanda de água, atrelado aos índices crescentes de poluição e degradação ambiental, forçaram a uma mudança de como se considerar este recurso. Atualmente, a Agência Nacional das Águas (ANA) considera água um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e de domínio público, que tem o desafio de ofertar em quantidade e qualidade apropriada a sociedade.

No intuito solucionar a problemática, como o aumento da demanda de água e diminuição de disponibilidade e qualidade da mesma, é necessário planejar e aplicar o gerenciamento eficiente do recurso em questão. Nessa perspectiva, buscando sempre a sustentabilidade hídrica, a gestão integrada destes recursos tem se mostrado uma estratégia viável para a sociedade, buscando evitar situações de conflito pelo uso inadequado da água.

A utilização de indicadores de sustentabilidade como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são ferramentas que ultimamente são muito utilizadas na avaliação dos recursos hídricos. A simplificação sobre os fenômenos complexos relacionados a água, auxilia na tomada de decisões sobre os recursos hídricos em regiões de grande conflito pela água.

O Sul do Estado do Maranhão é uma região conhecida pelo seu alto potencial agrícola e grande disponibilidade de recursos hídricos fazendo parte das Regiões hidrográficas do Parnaíba e Tocantins. O alto potencial agrícola e disponibilidade hídrica culminou em um aumento da utilização da irrigação, método que se utilizado de forma inadequada ocasiona diversas problemáticas ambientais relacionado ao uso solo e recursos hídricos da região hidrográfica.

## **1.1 Justificativa**

A região Sul do estado do Maranhão apesar do grande potencial hídrico é bastante afetada pela má distribuição da precipitação durante o ano, a expansão das áreas de cultivo de grãos com a utilização de irrigação causa preocupação em relação ao gerenciamento dos recursos hídricos. A exploração inadequada do recurso hídrico, resulta em diversas problemáticas relacionadas a disponibilidade e qualidade da água, e com isso estresse ao meio ambiente, considerando estes fatos, para que exista sustentabilidade hídrica é necessário planejamento e gestão embasado em dados quali-quantitativos da região.

## **1.2 Objetivo Geral**

A presente pesquisa tem como objetivo principal analisar a expansão agrícola irrigada por pivôs centrais considerando o manejo sustentável dos recursos hídricos no Sul do Maranhão, e contribuir para a melhor gerenciamento e planejamento deste recurso tão precioso que é a água.

## **1.3 Objetivos Específicos**

- Através, de SIGs deseja-se realizar uma análise temporal da expansão agrícola com utilização de irrigação e relacionar com a disponibilidade hídrica na região;
- Utilizar a plataforma MapBiomas como ferramenta de auxílio na expansão da utilização do solo para uso agrícola nos últimos anos;

---

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Recursos Hídricos no Brasil

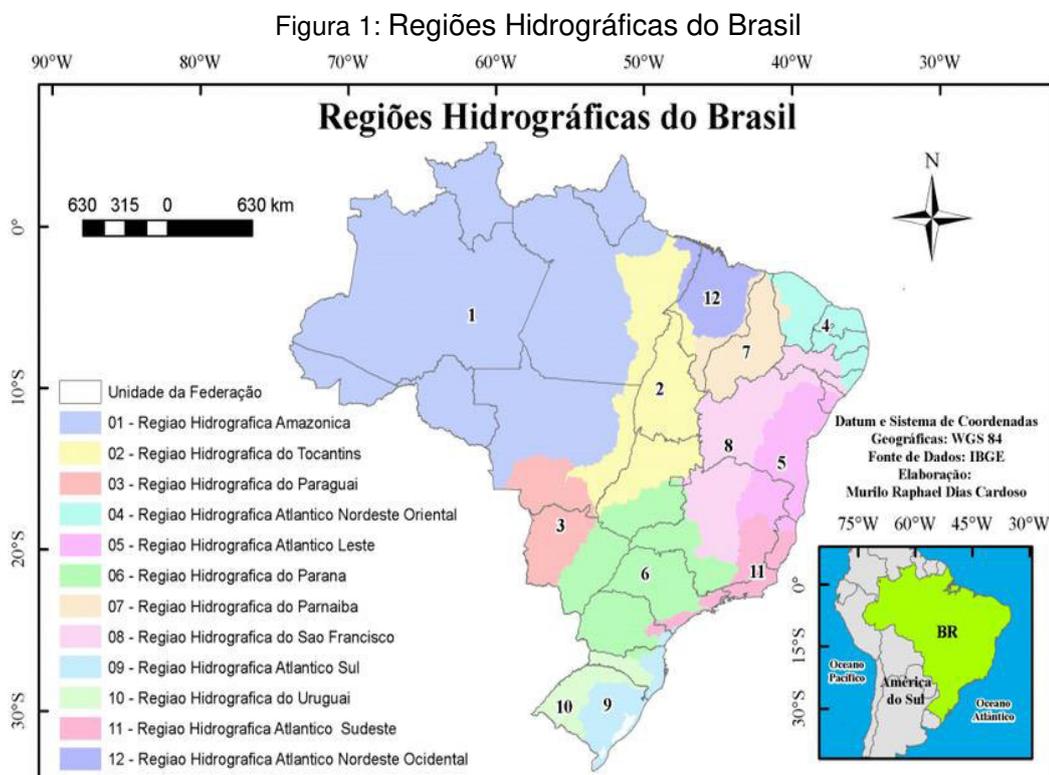
Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA), recurso hídrico pode ser entendido como a água doce que esteja disponível para o uso, podendo se encontrar de forma subterrânea ou superficial. Desde a chegada dos seus primeiros exploradores o Brasil foi caracterizado como um local de grande riqueza em disponibilidade hídrica, como é mencionado na carta de Pêro Vaz de Caminha: “Águas são muitas; infinitas. Em tal maneira é graciosa [a terra] que, querendo-a aproveitar, dar-se-á nela tudo; por causa das águas que tem! ”. (IORIS, 2009).

Devido à grande extensão territorial do Brasil e a grande abundância de recursos hídricos, houve a necessidade em dividir o país em regiões hidrográficas e com isso facilitar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos no país. A divisão hidrográfica nacional, foi instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), órgão integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) criado pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997) conhecida como Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH).

A PNRH é a principal regulamentação que rege os recursos hídricos no país, o seu principal objetivo é garantir às futuras gerações a disponibilidade de água em padrões satisfatórios para os seus determinados usos. Um ponto importante a se destacar foi a criação do SINGREH, que possibilitou a descentralização das decisões sobre a gestão dos recursos hídricos em todo país, já que integra estados e União. O SINGREH inovou com a instalação dos comitês de bacias hidrográficas, o que o tornou ainda mais participativo, pois adicionou usuários e sociedade civil na gestão dos recursos hídricos, gerando a facilitação da identificação de conflitos pelo uso das águas (BRASIL, 1997).

O CNRH dividiu o Brasil em doze regiões hidrográficas (RHs) principais, sendo elas: Amazônica, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, Tocantins-Araguaia, Parnaíba, São Francisco, Atlântico Sul, Paraguai, Paraná e Uruguai. As regiões foram delimitadas de acordo com as suas principais bacias e sub-bacias, além da caracterização natural, social e econômicas.

Na Figura 1 é apresentado a distribuição das regiões hidrográficas segundo o CNRH (ANA, 2021).



Fonte: CARDOSO, 2012.

Como é possível observar na Figura 1, a RH Amazônica é a que possui maior extensão, a mesma é responsável por cerca de 73,6% dos recursos hídricos superficiais do país, possuindo uma vazão média quase três vezes maior que a soma das vazões das demais RH. As regiões que também merece destaque é a do Tocantins-Araguaia (Segunda Maior), com 7,6% da disponibilidade hídrica da nação, seguida da região do Paraná, com 6,4%. As regiões com menor vazão são: Atlântico Leste (0,8%), Atlântico Nordeste Oriental (0,4%) e Parnaíba (0,4%) (DIAS, 2018).

A RH Amazônica ainda compreende uma área de 2,2 milhões de Km<sup>2</sup> em território estrangeiro, assim como ela as RH do Uruguai e Paraguai também possui extensão em outros países, com 37 mil Km<sup>2</sup> e 118 mil Km<sup>2</sup> respectivamente, contribuindo para a vazão média destas RHs. Na Tabela 1 é apresentado as médias de vazão e estiagem das RHs segundo Plano Nacional de Recursos Hídricos (PRH) (ANA, 2006).

Tabela 1: Dados quantitativos das Regiões Hidrográficas.

REGIÃO HIDROGRÁFICA	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	VAZÃO MÉDIA (M <sup>3</sup> /S)	VAZÃO DE ESTIAGEM (M <sup>3</sup> /S)
<b>Amazônica</b>	3.869.953	131.947	73.748
<b>Tocantins- Araguaia</b>	921.921	13.624	2.550
<b>Paraná</b>	879.873	11.453	4.647
<b>São Francisco</b>	638.576	2.850	854
<b>Atlântico Leste</b>	388.160	1.492	253
<b>Paraguai</b>	363.446	2.368	785
<b>Parnaíba</b>	333.056	763	294
<b>Atlântico Nordeste Oriental</b>	286.802	779	32
<b>Atlântico Nordeste Occidental</b>	274.301	2.683	328
<b>Atlântico Sudeste</b>	214.629	3.179	989
<b>Atlântico Sul</b>	187.522	4.174	624
<b>Uruguai</b>	174.533	4.121	391
<b>Brasil</b>	8.532.772	179.433	85.495

Fonte: Adaptado, PRH (2006).

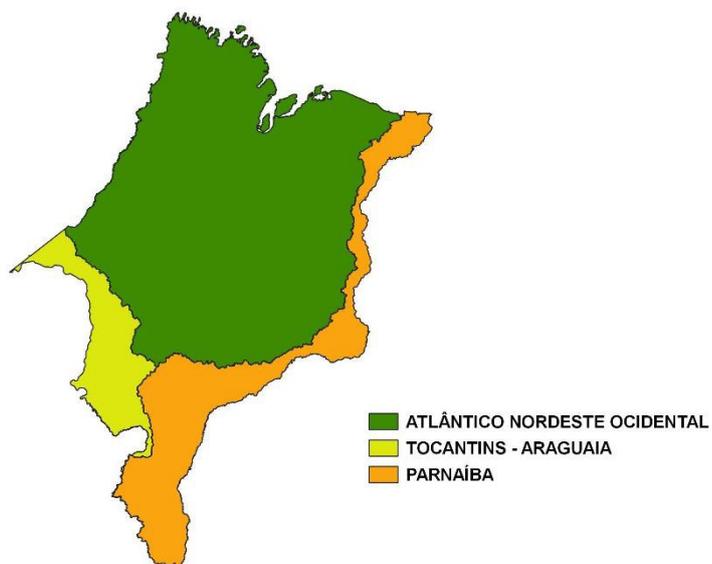
Em aspectos quantitativos, o território Brasileiro possui uma média anual de vazão superior a 179 mil m<sup>3</sup>/s, valor bastante representativo em relação à disponibilidade hídrica de outros países (ANA, 2006).

A área de estudo está localizada na RH do Parnaíba, a mesma abrange 3 estados: Ceará, Piauí e Maranhão, dessa forma, ocupando 3,9% do território brasileiro. A região é caracterizada pela intermitência de chuvas, com precipitação média anual baixa e principal uso da água a irrigação (ANA,2017).

## 2.2 Recursos hídricos no Maranhão

De acordo com a delimitação estabelecida pelo CNRH (, o Estado do Maranhão está inserido em três das doze principais RHs, sendo a RH Atlântico Nordeste Occidental com maior extensão, além dela as RHs do Parnaíba e Tocantins (Anteriormente conhecida como Tocantins-Araguaia) compõem o território do Estado, como é apresentado na Figura 2 (DIAS, 2018).

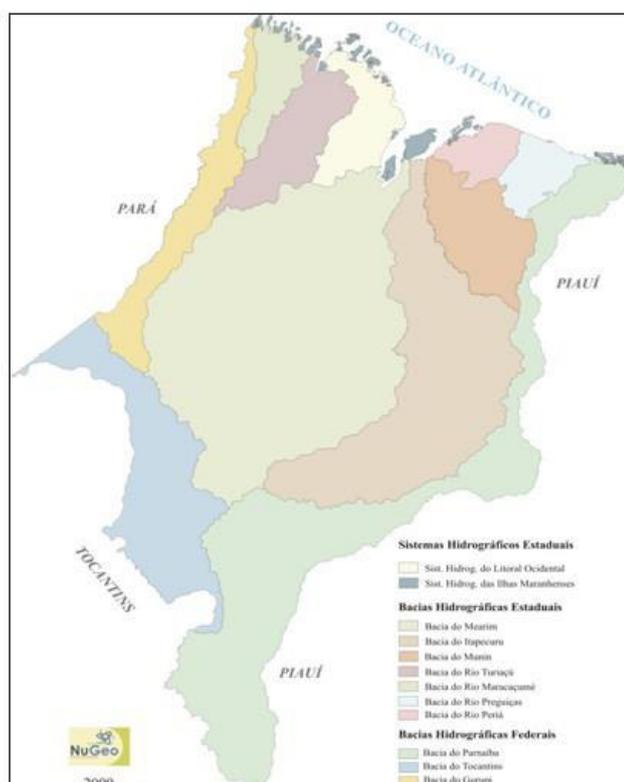
Figura 2: Regiões Hidrográficas inseridas no Estado do Maranhão.



Fonte: IBGE; ANA, 2020.

O Decreto Estadual nº 34.847, de 14 de maio de 2019 (MARANHÃO, 2019), divide o Estado em doze RHs, sendo dez bacias e mais dois sistemas hidrográficos (FIGURA 3), destaca-se que destes, três bacias hidrográficas são de domínio da União: bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, bacia hidrográfica do Rio Tocantins e bacia hidrográfica do Rio Gurupi.

Figura 3: Bacias hidrográficas e sistemas hidrográficos no Estado do Maranhão.



Fonte: NUGEO, 2009.

---

Ainda de acordo com Maranhão (2019), as sete bacias restantes são de domínio estadual e são elas: bacia hidrográfica do Rio Preguiças, bacia hidrográfica do Rio Peria, bacia hidrográfica do Rio Munin, bacia hidrográfica do Rio Mearim, bacia hidrográfica do Rio Itapecuru, bacia hidrográfica do Rio Turiaçu e bacia hidrográfica do Rio Maracaçumé. Além disso, é evidenciado no Decreto a existência dos sistemas hidrográficos: sistema hidrográfico das Ilhas Maranhenses e sistema hidrográfico do Litoral Ocidental.

A situação do Brasil em relação ao gerenciamento de recursos hídricos é bastante delicada, e no caso do Maranhão a situação não é diferente, apesar da PNRH trabalhar de forma a facilitar o gerenciamento desse recurso, é perceptível a fragilidade do sistema principalmente em relação as águas subterrâneas. Segundo a autora Dias (2018), um ponto a ser analisado é o baixo nível de implementação de instrumentos de gestão e a baixa integração existente entre os poucos instrumentos já implantados. Assim, é possível relatar a dificuldade do estado Maranhense em implantar os instrumentos da política da PNRH, gerando um entrave na gestão das águas e apresentando a necessidade de atualização de sua estrutura institucional.

Na literatura é possível encontrar diversas propostas para o fortalecimento da gestão dos recursos hídricos no estado, como por exemplo: elaboração do diagnóstico do estado atual das águas e cenários de usos futuros dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; realização de estudo para estruturação do órgão gestor de recursos hídricos do estado; e estabelecimento de novas unidades hidrográficas no Estado (Revisão de delimitação) (SANTOS; LEAL, 2013).

A carência ou até mesmo ausência dos instrumentos norteadores têm dificultado a gestão eficaz dos recursos hídricos no Maranhão, por exemplo: falta de um plano estadual de recursos hídricos; plano diretores de bacias hidrográficas; fiscalização adequada em relação ao uso da água; incentivo a criação de comitês de bacias, além do investimento em recursos humanos especializados.

### **2.3 Bacia Hidrográfica**

---

As bacias hidrográficas são áreas ou regiões, onde os recursos hídricos se organizam em função das relações entre a estrutura geológica-geomorfológica e as condições climáticas. O conceito de bacia hidrográfica ganhou um novo significado com a PNRH, pelo fato desse território ser considerado uma unidade de gestão. Então, definiu-se bacia hidrográfica como um delineamento territorial que se sobrepõe às divisões político-administrativas tradicionais entre municípios, estados e países (SALES, 2014).

Para Hollanda et al. (2012), as bacias hidrográficas são áreas ideais e preferencias para caracterizar, diagnosticar, avaliar e planejar o uso dos recursos hídricos. A identificação da bacia como unificadora dos processos ambientais e das interferências humanas tem conduzido à aplicação do conceito de gestão de bacias, dando ao recorte destas um novo significado. Esse novo significado é resultado de uma longa evolução da hidrologia (LIMA, 2018).

O regime hídrico é essencial para o planejamento de uma bacia hidrográfica, o seu conhecimento serve de base para os respectivos usos da água, tornando-se fator imprescindível para o gerenciamento dos recursos hídricos. O plano de utilização integrada de recursos hídricos é algo particular de cada bacia e deve constituir o referencial para todas as decisões e intervenções relacionadas aos recursos hídricos da bacia (SALES, 2014).

Para melhor gerenciamento das áreas, as bacias de grande extensão são divididas em áreas de drenagem menores, que são afluentes do curso de água principal, denominados como sub-bacias ou microbacias (TEODORO, 2007).

Segundo Martins et al. (2020), são consideradas sub-bacias regiões que possuem entre 20.000 ha e 30.000 ha. Porém, Sales (2014) considera que “Não há definição de área, em termos dimensionais, desde que seus divisores sejam conhecidos, não podendo haver interferência de sub-bacias adjacentes na contribuição para o fluxo superficial”.

Segundo Cruz (2003), apenas com a caracterização das bacias hidrográficas o desenvolvimento sustentável é possível, pois o aprofundamento possibilita a interação dos fatores que condicionam a qualidade e disponibilidade, com seus reais condicionantes físicos e antrópicos. No aspecto ambiental a bacia é uma unidade ecossistêmica e morfológica que reflete muito bem os impactos das interferências antrópicas.

## 2.4 Balanço Hídrico

Uma técnica bastante utilizada na caracterização de uma bacia é o balanço hídrico, o mesmo pode ser entendido como a diferença entre entradas e saídas de água em um sistema, por um determinado tempo. O resultado dessa diferença é a quantidade líquida de água que permanece disponível no solo a ser infiltrado, permitindo estimar a disponibilidade hídrica no solo e possibilitando a compreensão do meio ambiente (ENGELBRECHT, 2020).

Esta ferramenta da hidrologia é muito utilizada devido a sua característica de relacionar a quantidade de os componentes do ciclo hidrológico, como descreve (DE ALMEIDA NETO, et al., 2004).

[...] relaciona a quantidade de cada componente do ciclo, podendo ser efetuado em diversos níveis, de acordo com o volume de controle: uma micro-bacia hidrográfica, por exemplo. Nesse caso, a equação hidrológica fundamental é expressa por:

$$V = Q_e - Q_s \quad (1)$$

Na qual  $Q_e$  a vazão de entrada,  $Q_s$  a vazão de saída e  $V$  o volume armazenado na bacia ou no sistema hídrico (DE ALMEIDA NETO et al. p.3, 2004).

Para a boa representação da vazão de entrada deve-se considerar dados como: precipitação, irrigação, orvalho, escoamento superficial, drenagem lateral. Como também para a vazão de saída, considera-se: a evapotranspiração, escoamento superficial, drenagem lateral, drenagem profunda. Está ferramenta se torna fundamental para a gestão dos recursos hídricos pois através dela é possível avaliar a variabilidade hídrica de determinada região (SALES, 2014).

## 2.5 Usos da Água

Como consequência do aumento populacional e desenvolvimento econômico do Brasil, as demandas hídricas têm se intensificado ao longo dos últimos anos, e consequentemente a variedade dos usos. Outra consequência dessa intensificação foi o aumento de conflitos entre os usuários, principalmente em regiões em que o

recurso água tem suas limitações. O PRH mensura em dados quantitativos as vazões de retirada, consumo e retorno por tipo de uso, considerando que a vazão de retirada está relacionada a vazão que é extraída pelo usuário, vazão de retorno é a parcela que retorna ao manancial e a de consumo a diferença entre as duas anteriores, ou seja, a vazão efetivamente consumida, a Tabela 2 apresenta os valores para cada tipo de uso (DIAS,2018).

Tabela 2: Quantidade de água utilizada por cada tipo de uso de água, relação percentual de retirada, consumo e retorno.

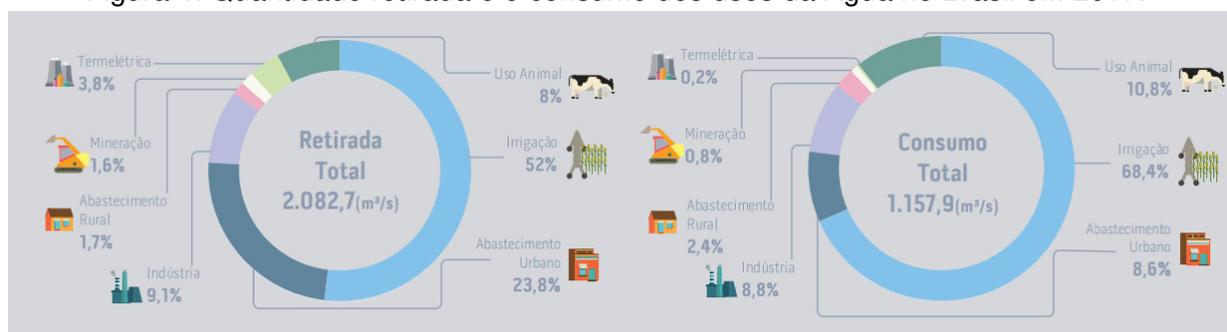
TIPO DE USO	RETIRADA		CONSUMO		RETORNO	
	M <sup>3</sup> /S	% DO TOTAL	M <sup>3</sup> /S	% DO TOTAL	M <sup>3</sup> /S	% DO TOTAL
<b>Urbano</b>	420	26	88	11	332	44
<b>Industrial</b>	281	18	55	7	226	30
<b>Rural</b>	40	3	18	2	22	3
<b>Animal</b>	112	7	89	11	23	3
<b>Irrigação</b>	739	46	591	69	148	20

Fonte: PRH (2006).

É possível observar que a irrigação é a que possui maior demanda de uso, sendo responsável por 46% das vazões de retirada e possuindo 69% de efetivo consumo no Brasil. O abastecimento urbano é o segundo maior uso, e representa 26% do total de água retirada, o mesmo é o que apresenta maior desperdício sendo utilizados apenas 88m<sup>3</sup>/s (20,9%) do total retirado (ANA,2006).

Segundo o Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil elaborado pela ANA, a vazão de água retirada estimada para o Brasil, no ano 2017 foi de 2.082,7 m<sup>3</sup>/s, e para o consumo efetivo um total de 1.157,9 m<sup>3</sup>/s (FIGURA 4).

Figura 4: Quantidade retirada e o consumo dos usos da Água no Brasil em 2017.



Fonte: Adaptado, manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2019).

O uso para irrigação obteve a maior parcela de retirada (52% do total), fatores como a crise hídrica verificadas em diversas regiões do país, assim como a desaceleração do crescimento econômico foram os responsáveis pela pequena diminuição de consumo em relação ao ano anterior (ANA, 2019).

### **2.5.1 Uso da água na Agricultura**

O sistema agrícola é o maior consumidor de água do mundo, consumindo cerca de 75%, a água tem função de solvente universal e é importante aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na natureza. É fundamental para o desenvolvimento dos vegetais, atuando quimicamente como um reagente na fotossíntese, reação química base da cadeia alimentar de vegetais. Independente das espécies, as plantas requerem do solo um volume de água que supere suas necessidades metabólicas, e pelo processo de transpiração as plantas transmitem à atmosfera a maior parte da água absorvida do solo (RODRIGUES, 2020).

A disponibilidade hídrica, para as plantas em sistemas agrícolas, é uma condição essencial para se obter eficiência na produção e qualidade de alimentos. A rotação de culturas, manutenção do solo coberto e não revolvimento do solo aumentam os teores de matéria orgânica e proporcionam maior retenção e infiltração de água no solo. A capacidade de infiltração de água está diretamente relacionada à baixa compactação e à menor agregação do solo (MANCOSU et al., 2015; MORAES et al., 2018;).

A maior eficiência do uso da água, via sistemas de manejo do solo e da irrigação, pode significar o sucesso da atividade agrícola. Uma melhor efetividade em reter a água no solo pode contribuir para superar períodos curtos de ausência de precipitação. Esse fato, em conjunto com a melhoria das características físicas e químicas do solo, proporciona aumento da produtividade das plantas (BONETTI et al., 2019).

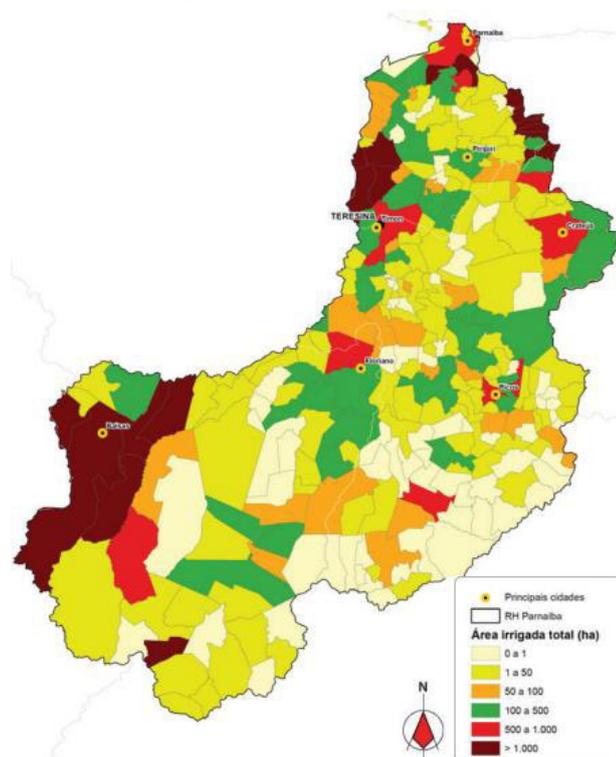
#### **2.5.1.1 Irrigação**

No Brasil, o uso da irrigação aplicada a agricultura começou a se instalar na década de 1930, principalmente na região Sul do país. O estado do Rio Grande do Sul é conhecido como pioneiro nesta prática, utilizando-a na produção de arroz sob inundação. A região Nordeste somente na metade da década de 1990 foi configurada como principal uso, superando o abastecimento urbano. Uma análise geral da

evolução atual da irrigação no Brasil, com base em uma análise de dados do Censo Agropecuário, publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) entre 1960 e 2017, nos mostra que houve um aumento da área irrigada no Brasil em todas as regiões geográficas, atingindo 6,9 mil de hectares em 2017 (ANA, 2017).

Uma das principais RHs da região Nordeste é a do Rio Parnaíba, e o principal uso da água na RH é a irrigação, responsável por 73% da demanda hídrica, seguida do uso urbano, com 16%. A demanda para irrigação concentra-se na região de Tianguá, Ubajara e Coelho Neto, municípios que apresentam as maiores áreas irrigadas na região (FIGURA 5). Assim como na cidade de Balsas localizada no Sul do Maranhão e região do Alto Parnaíba, caracterizada pelo grande potencial agrícola a cidade é conhecida como capital da soja (ANA, 2017).

Figura 5: Área irrigada na RH Parnaíba (ano-base 2012)



Fonte: ANA, 2017

Segundo a ANA, e através do Atlas da Irrigação, até o momento do presente trabalho, o Brasil possui 8.195.391 ha de áreas irrigadas, sendo 35% para a cultura de cana fertirrigada, 17% culturas anuais em pivôs centrais, 16% outras culturas e sistemas, 15% arroz e o restante entre as culturas de café e cana irrigada. A tipologia de irrigação da cidade de Balsas é de culturas anuais em pivôs centrais e tem área total de 1.713 hectares (ha) irrigados.

Ao analisar os estudos realizados entre os anos de 2006 e 2017 é possível constatar que entre os métodos de irrigação o de aspersão é o mais utilizado com 48% da área irrigada, seguida da irrigação localizada (24,4%) e superficial (22,3%). Entre os sistemas de irrigação, o gotejamento é o mais utilizado em áreas de até 50 ha (617.423 ha), seguido pela aspersão convencional (514.893 ha), enquanto que o pivô central é o que se destaca em áreas acima de 50 ha (1.362.828 ha) (PADRÓN, 2021).

### 2.5.1.2 Pivôs Centrais

O sistema de irrigação através de pivôs é uma tecnologia atual e muito utilizada no cultivo de grãos, por meio da aspersão esses sistemas são bastante utilizados devida a alta eficiência de irrigação (ALVES, 2021).

Segundo Rodrigues (2020) o sistema é caracterizado por uma área circular que recebe uma estrutura devidamente projetada, onde no seu centro está localizado o ponto de alimentação de água (conhecido como ponto do pivô), de forma fixa o ponto central é apoiado em torres metálicas triangulares (FIGURA 6). O restante da estrutura é composto de uma tubulação central que fornece água aos aspersores, além de rodas e motor responsáveis pela locomoção da estrutura.

Figura 6: Ponto do pivô.



Fonte: Central da Irrigação, 2021.

A estrutura move-se continuamente no acionar de dispositivos elétricos e hidráulicos, e a água é aspergida por meio da tubulação de forma a regar a plantação (FIGURA 7), realizando um movimento concêntricos ao redor do ponto de pivô (GUIMARAES; LANDAU, 2020).

Figura 7: Aspersores de pressão em funcionamento.



Fonte: EMBRAPA, 2014.

A classificação quanto ao uso dos aspersores é feita por Padrón (2021), o sistema é considerado de Baixa Pressão no Dossel (LPIC), quando os aspersores de pressão são mantidos na cultura entre 30 cm a 90 cm da superfície do solo, outra modalidade é quando os aspersores são mantidos a 45 cm da superfície do solo o sistema é considerado Aplicação de Pulverização de Baixa Elevação (LESA) obtendo uma eficiência entre 85 % e 90 %. O sistema que possui a maior eficiência é classificado como LEPA do inglês “*Low Energy Precision Application*”, nesta sistemática os aspersores ficam a apenas 20 cm da superfície, necessitando de menor energia de aplicação, como o próprio nome diz. Essa técnica quando utilizada em conjunto com sulcos no solo, pode-se obter a eficiência de até 95% de irrigação (COSTA, 2019)

A estrutura desse equipamento reúne fatores de complexidade, e para uma boa eficiência necessita ser calibrada corretamente. Os aspersores e os componentes elétricos precisam trabalhar corretamente para garantir o funcionamento da máquina

---

no campo, e com isso melhor aproveitamento do recurso hídrico (RODRIGUES, 2020).

## **2.6 Dados históricos da plataforma MapBiomias**

Segundo Silva (2020), o sensoriamento remoto é um dos meios mais viáveis para obter informações regionais de evapotranspiração e uso da água na agricultura. Quando utilizado em conjunto a dados agrometeorológicos, torna-se um instrumento de manejo e gerenciamento da água em larga escala, seja a agricultura dependente precipitação, culturas irrigadas, ou recursos hídricos em geral. A utilização dessa ferramenta permite a análise temporal das mudanças ambientais, causadas ou não por uma atividade antrópica em determinado local, como por exemplo atividades da agropecuária intensiva e do consumo hídrico incremental das culturas.

O Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomias), teve início no ano de 2015, onde especialistas em sensoriamento remoto e mapeamento de vegetação se reuniram com o objetivo de produzir mapas anuais de uso e cobertura do solo de forma barata, rápida e atualizada. O projeto MapBiomias realizou o mapeamento anual do uso da terra em todo o Brasil com imagens dos satélites Landsat-5, 7 e 8 entre os anos de 1985 a 2019 (MAPBIOMAS, 2019).

O monitoramento ambiental quando em conjunto com sensoriamento remoto, gera subsídios para o manejo racional dos recursos hídricos, pois através das informações produzidas é possível um melhor aproveitamento da água das chuvas e a minimização das deficiências e desperdícios da água, por exemplo no uso para a irrigação e com isso a redução do impacto ambiental provocado pela lixiviação de produtos químicos para os corpos hídricos (DE BARROS, 2020).

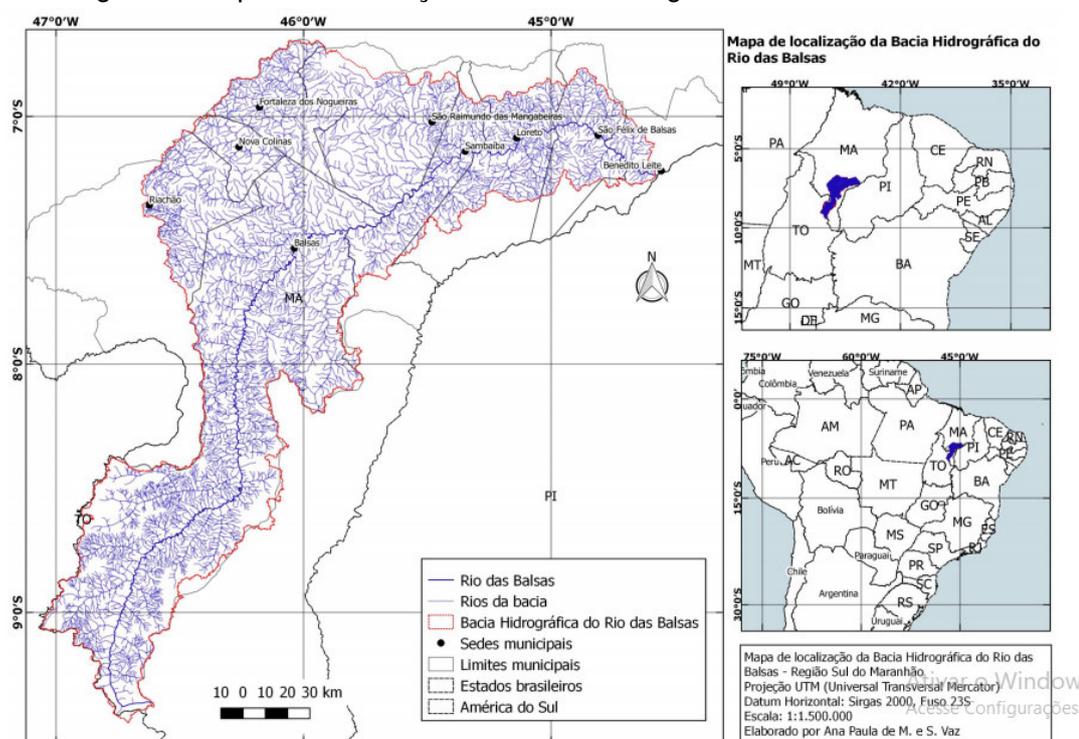
O planejamento hídrico é um instrumento fundamental para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, assim, o balanço hídrico permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo para as culturas agrícolas ao longo do tempo, sendo a base para executar o planejamento hidro-agrícola e ambiental, priorizando o uso racional dos recursos naturais (DIAS, 2018).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da Área de estudo

A Bacia Hidrográfica estudada está situada no sul do estado do Maranhão e é conhecida como Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas (BHRDB), com nascente localizada no município de Balsas, e Foz no município de Benedito Leite, como é apresentado na Figura 8 (VAZ; RAMOS e FROEHNER, 2020).

Figura 8: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas.

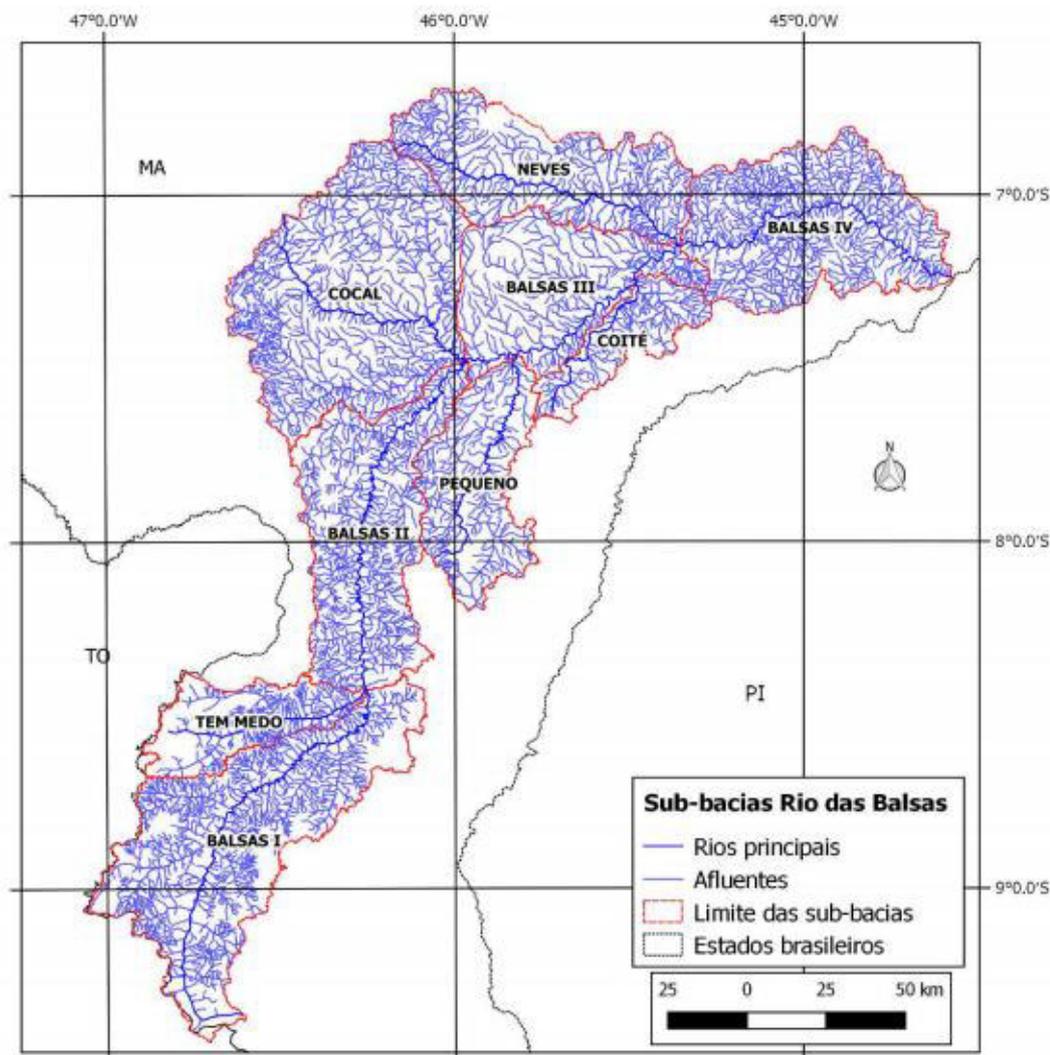


Fonte: VAZ; RAMOS; FROEHNER, 2020.

A área de estudo possui cerca de 25.481 km<sup>2</sup> e perímetro de 3.055,95 km, sendo o Rio das Balsas o curso principal com 533,48 km de extensão, Segundo Vaz, Ramos e Froehner, 2021 o clima da região é considerado tropical com inverno seco com dois períodos bem definidos, o período chuvoso de janeiro a junho, com médias mensais superiores a 132,6 mm, período de estiagem entre julho e dezembro, com pico entre os meses de maio a julho, quando a precipitação varia de 3,4 a 159,8 mm e precipitação total anual média de 1.216,3 mm. A bacia se distribui em nove sub-bacias

sendo elas Balsas I, Balsas II, Balsas III, Balsas IV, Cocal, Coité, Neves, Pequeno e Tem medo, como é apresentado na Figura 8 (VAZ; RAMOS; FROEHNER, 2021).

Figura 9: Localização da Bacia Hidrográfica Rio das Balsas e suas respectivas sub-bacias.



Fonte: VAZ; RAMOS; FROEHNER, 2020.

A BHRDB é uma das principais colaboradoras da RH do Parnaíba, uma das principais fontes de irrigação da região Nordeste, a RH é dividida em três grandes unidades hidrográficas, nomeadas de Parnaíba: Alto, Médio e Baixo. A BH em questão encontra-se na região do Paraíba alto, onde predomina o bioma cerrado e tem como limite as cidades de Alto Paraíba, Tasso Fragoso e o Estado do Tocantins (ANA, 2021).

---

### 3.2 Metodologia da Pesquisa

A pesquisa por meio de levantamento bibliográfico sobre o assunto, buscou levantar dados de entrada para o tratamento destes utilizando o *software* QGIS. Uma forma de obtenção de dados é o sensoriamento remoto realizado por satélites disponíveis na *web*, como por exemplo a plataforma gratuita do MapBiomas, que apresenta dados de uso e ocupação do solo do Brasil ao longo dos anos, possibilitando a quantificação do aumento da utilização do solo para agricultura na BHRDB, quando comparado a dados quantitativos da Agência Nacional das Águas (ANA) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) a respeito das áreas irrigadas foi possível obter dados a respeito da expansão de áreas irrigadas na BHRDB correlacionando a bibliografia acerca do balanço hídrico da região, contribuindo para a gestão hídrica da região.

### 3.3 Procedimentos Metodológicos

A fase inicial deste trabalho se dá por meio do levantamento bibliográfico sobre a área em estudo, posterior o levantamento dos dados de interesse, será utilizado o *software* QGIS para o tratamento destes dados.

Na fase de tratamento dos dados, com o auxílio de mecanismos conhecidos como “*plugins*”, que se tratam de ferramentas do QGIS, foi produzido mapas temáticos como dados de saída, que permitiram uma análise descritiva baseada na bibliografia levantada para comparação de dados e descrição das alterações causadas pela agricultura irrigada ao longo do tempo na região em estudo.

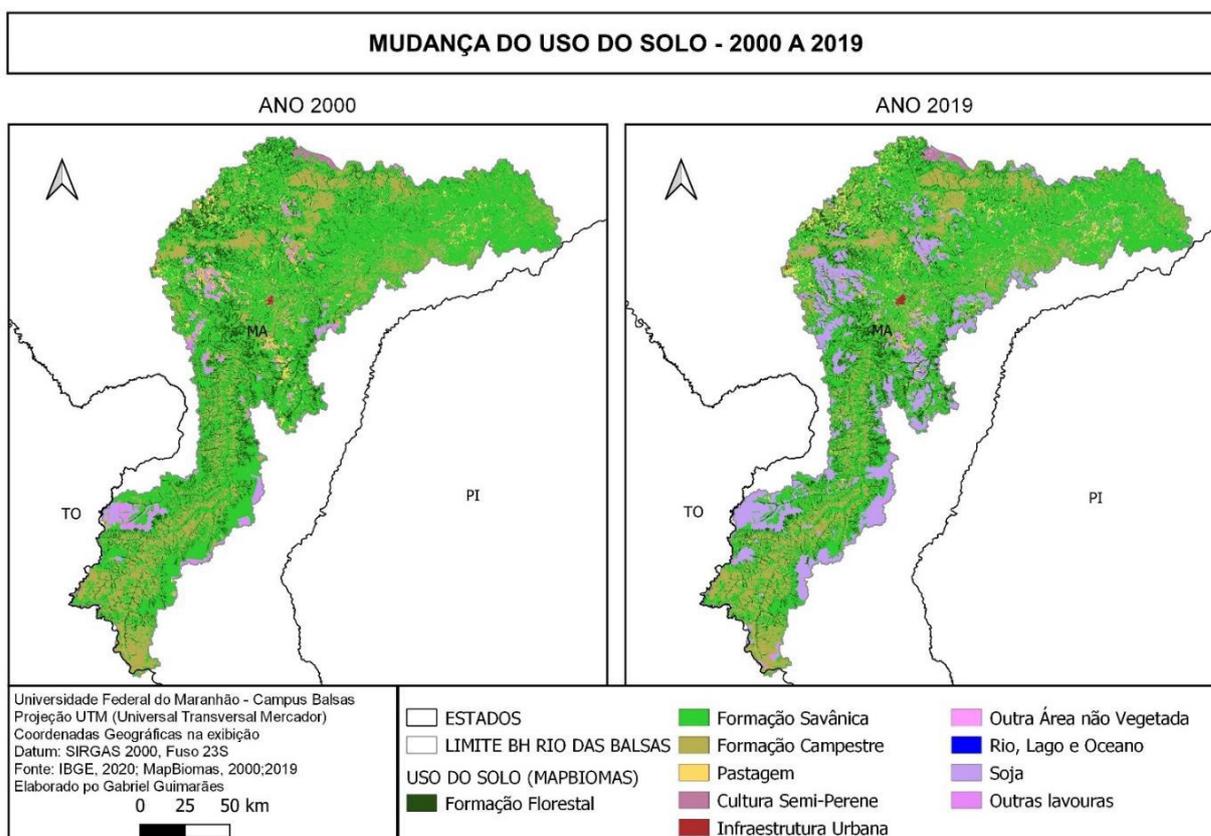
Dessa forma, realizando uma análise temporal da expansão agrícola com utilização de irrigação e seus impactos, auxiliando na gestão hídrica na BHRDS.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos grandes desafios da sociedade, tanto no Brasil quanto no mundo é a gestão dos recursos hídricos de forma sustentável, assim não gerando conflitos entre seus usuários. O cerrado brasileiro é bastante conhecido pelo seu potencial agrícola, e devido aos fatores geográficos e climatológicos, a produção agrícola neste bioma só é possível em épocas chuvosas do ano, durante a estiagem os agricultores são obrigados a pensarem em alternativas para que se torne possível a produção, uma alternativa é a utilização de irrigação por meio de pivôs centrais, porém como toda atividade antrópica a irrigação tem diversos impactos ao meio ambiente.

Utilizando o *software* QGIS, suas ferramentas e os dados obtidos na bibliografia como por exemplo o uso do solo na plataforma MapBiomas, foi possível elaborar mapas temáticos que permitem uma análise temporal qualitativa da expansão do uso do solo para fins antrópicos na BHRDB. A Figura 10 apresenta a mudança entre os anos 2000 a 2019.

Figura 10: Mudança do uso do solo na Bacia Hidrográfica Rio das Balsas.



Fonte: Autoral

É possível observar na Figura 10, que a principal mudança do uso do solo está relacionada a ações antrópicas como por exemplo a prática da agricultura (Cultura Semi-Perene; soja; outras lavouras). A Tabela 3 apresenta a mudança percentual entre os anos de 2000 e 2019.

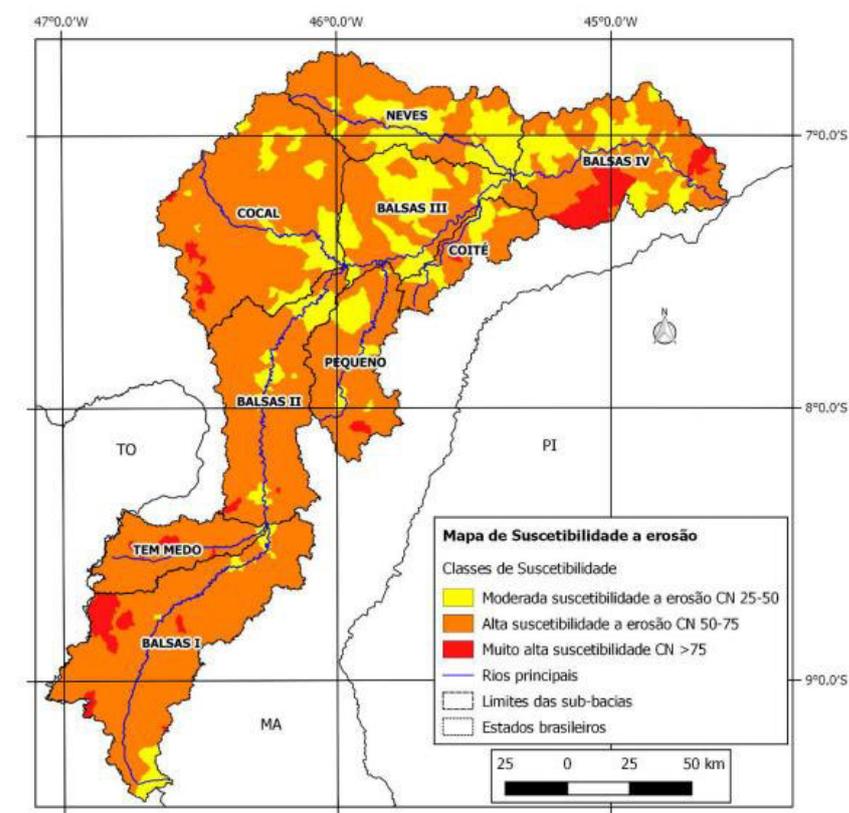
Tabela 3: Mudança no uso do solo na BHRDB entre 2000 e 2019.

CLASSE	Área (Km <sup>2</sup> ) (2000)	Área (Km <sup>2</sup> ) (2019)	Mudança (%)
Formação Florestal	2492,9	2324,0	-6,8
Formação Savânica	15925,1	13795,8	-13,4
Formação Campestre	5050,4	4451,2	-11,9
Pastagem	734,62	1001,1	36,3
Cultura Semi-Perene	88,56	92,5	4,4
Infraestrutura urbana	18,63	33,2	78,0
Área não vegetada	70,07	133,7	90,9
Rios, lagos	14,82	20,4	37,7
Soja	393,98	3134,6	695,6
Outras lavouras	559,61	362,4	-35,2

Ao analisar a Tabela 3, observa-se que houve um decréscimo de 2897,5 Km<sup>2</sup> de formação natural da BHRDB e o aumento de 2897,5 Km<sup>2</sup> relacionados principalmente a cultura de Soja, Outras lavouras, Pastagem para a pecuária, expansão urbana e áreas de obras hidráulicas. Conforme comentado por Oliveira et. al (2020) um dos principais impactos da expansão agrícola desordenada está relacionado a supressão vegetal, diminuindo o poder de infiltração do solo impactando diretamente no poder de absorção das águas pluviais na bacia hidrográfica, intensificando o processo de erosão.

Considerando a suscetibilidade a erosão na BHRDH apresentados por Vaz, Ramos e Froehner (2020), e que grande parte da sua área total (70,79%) é classificada com alta suscetibilidade a este processo, é de fundamental importância a manutenção e cuidado com as Áreas de Proteção Permanentes (APPs) e a conservação das Reservas Legais (RL) propostos pela Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012 (BRASIL,2012), afim de proteger os corpos hídricos da intensificação deste processo natural, que pode causar muitos danos as Sub-bacias. Na Figura 11 podemos observar a suscetibilidade a erosão mencionada anteriormente.

Figura 11: Mapa de suscetibilidade à erosão da BHRDB.

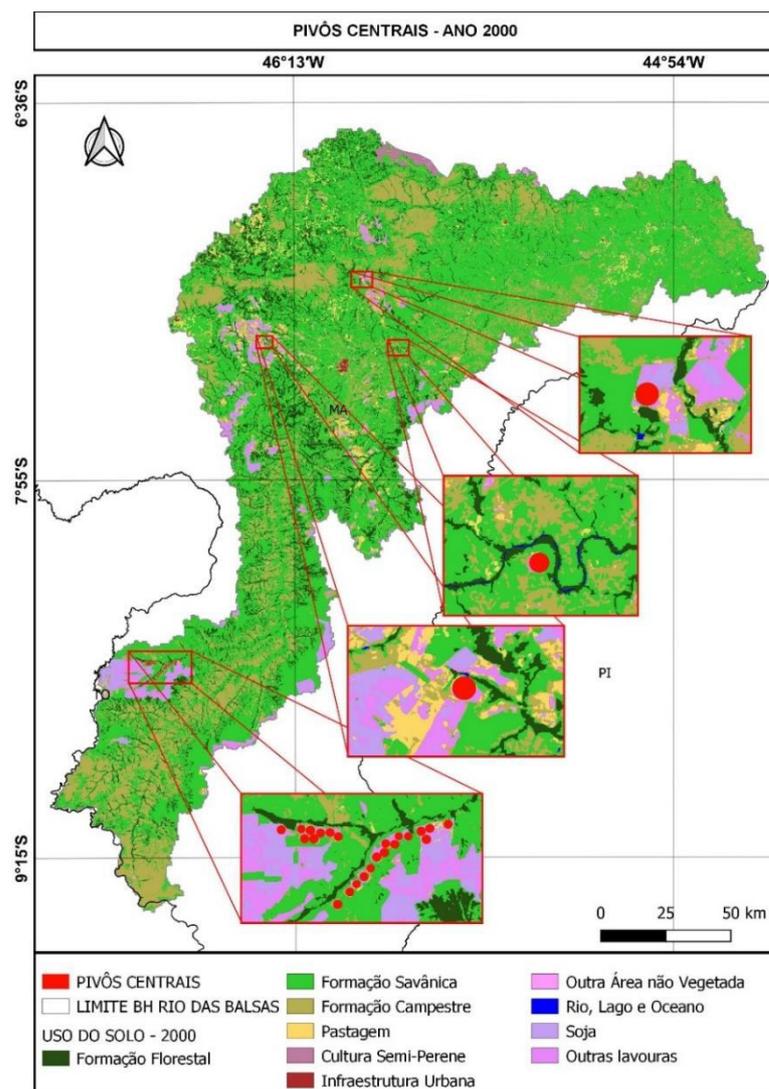


Fonte: VAZ; RAMOS; FROEHNER, 2020.

A alta suscetibilidade ao processo de erosão relatado pelos autores e o aumento do uso do solo para atividades antrópicas (Cerca de 11,37%) em 19 anos, demonstram a necessidade de planejamento para o uso e ocupação do solo na área.

Utilizando os dados obtidos na ANA (2019), EMBRAPA (2000 a 2017), e plataforma MapBiomas (2000 a 2019) foram confeccionados mapas a respeito das áreas que utilizavam irrigação por pivôs centrais na BHRDB, analisando os dados foi possível perceber que a intensificação da utilização do método de irrigação mencionado foi no ano 2000, com 26 pontos identificados, como é apresentado na Figura 12.

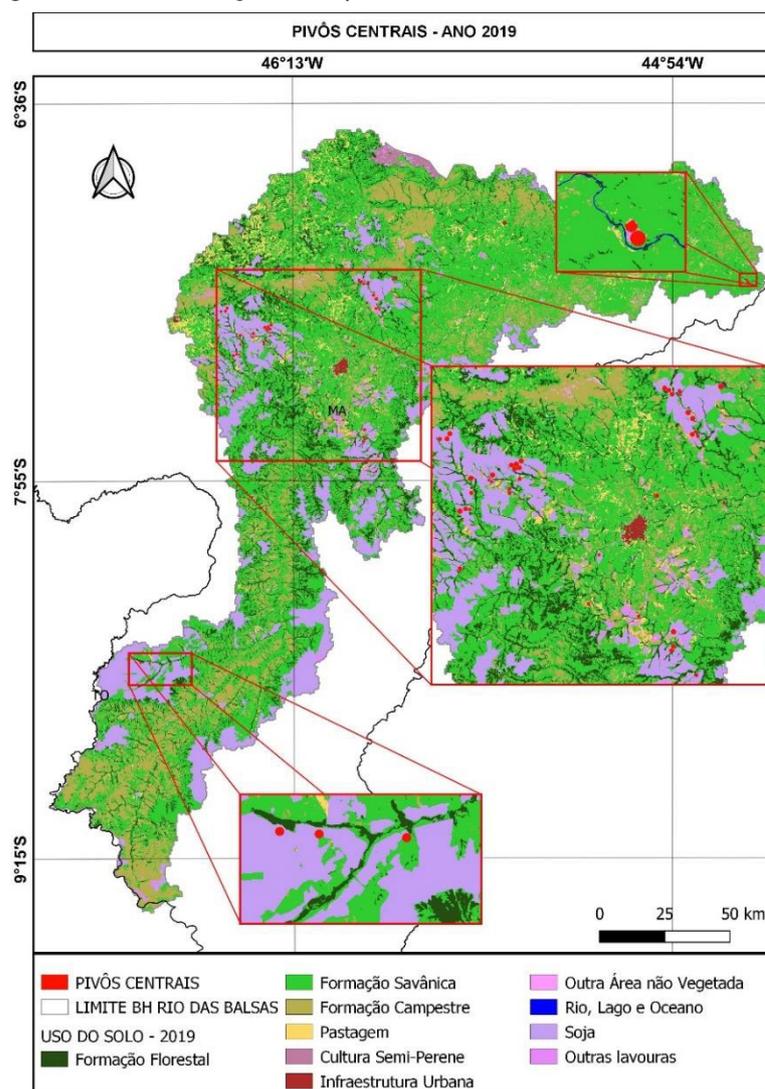
Figura 12: Localização dos pivôs centrais na BHRDB, ano 2000.



Fonte: Autoral

Um local de destaque foi no povoado Batavo, onde diversos pivôs foram instalados próximos as nascentes do rio Mandacaru, totalizando cerca de 1175 ha irrigados (85% das áreas irrigadas por pivô central no ano 2000) na sub-bacia do riacho Tem-Medo. Para entender a evolução temporal do uso e ocupação do solo relacionados a agricultura irrigada, foram confeccionados mapas para os anos 2005 (APÊNDICE B), 2010 (APÊNDICE C), 2014 (APÊNDICE D), 2017 (APÊNDICE E) e 2019, afim de analisar o aumento da utilização de áreas irrigadas pelo método de pivô central. No ano de 2019 foram identificados 48 pontos de irrigação, como mostra a Figura 13.

Figura 13: Localização dos pivôs centrais na BHRDB, ano 2019.



Fonte: Autoral

Ao analisar as Figuras 12 e 13 (disponíveis em melhor nível de detalhe nos apêndices) podemos observar que as sub-bacias que mais houveram alterações tanto em relação ao uso do solo, quanto na instalação de pivôs centrais foram as Tem-medo, com uma diminuição significativa no uso da irrigação para apenas 154,8 ha e Cocal com um aumento de 2143,69 ha irrigados. Um dos motivos da diminuição na quantidade de pivôs na sub-bacia Tem-medo pode ter sido o mau dimensionamento dos projetos de irrigação, o que pode ter causado rebaixamento do lençol freático e consequente redução da vazão do corpo hídrico. Outro fator é a alta suscetibilidade de erosão mencionado por Vaz, Ramos e Froehner (2020) correspondendo a 92,15% da sub-bacia, como as áreas irrigadas eram próximas as APPs, o aumento da velocidade de escoamento ocasionado pela supressão vegetal pode ter intensificado o processo no local.

A expansão das áreas irrigadas também foi mensurada em hectares (ha) utilizando o *software* QGIS, como é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Expansão das áreas irrigadas na BHRDB.

Pivôs Centrais - Bacia hidrografica Rio das Balsas		
Ano	Quantidade	Área (ha)
2000	26	1376,49
2005	38	2561,94
2010	46	2950,77
2014	35	2577,9
2017	39	2939,92
2019	48	3792,98

No presente estudo foi evidenciado que entre os anos 2000 e 2019 houve um aumento de 175,5% nas áreas utilizadas para a irrigação, influenciando diretamente no balanço hídrico da BHRDB. As principais sub-bacias impactadas pela expansão das atividades antrópicas foram a Cocal, Tem-medo, Pequeno e Balsas III, com crescimento considerável do uso do solo para fins antrópicos, como é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Aumento do uso do solo para atividades antrópicas.

Uso do solo antrópico (2000 a 2019)				
Sub-Bacia	Área (Km <sup>2</sup> ) (2000)	Área (Km <sup>2</sup> ) (2019)	Área Total (Km <sup>2</sup> )	Uso antrópico %
Tem-Medo	258,77	469,34	1074,24	43,7
Pequeno	183,39	564,26	1964,50	28,7
Cocal	550,22	1.144,88	4794,45	23,9
Balsas III	90,63	322,88	2497,16	12,9

Como observado anteriormente, uma das sub-bacias mais impactadas pelas atividades da agricultura irrigada por pivôs centrais e por outras atividades antrópicas, foi a Tem-medo possuindo o percentual de 43,7% do uso do solo destinados para fins antrópicos, a sub-bacia do Cocal apresentou maior área utilizada para atividades antrópicas e a Balsas III que houve maior expansão nos últimos 19 anos, com crescimento de 256,26% em relação a área inicial.

---

Segundo Sales (2014), fatores como a irrigação, orvalho, escoamento superficial e drenagem lateral afetam diretamente a vazão de entrada em uma bacia, diante dos fatos apresentados neste documento podemos considerar que o balanço hídrico da região de estudo está sendo afetado diretamente, alterando a disponibilidade hídrica da BHRDB, ainda mais se considerarmos os fenômenos meteorológicos como o *el niño* que diminui a quantidade de precipitação na região.

A análise quantitativa da disponibilidade hídrica relativa da BHRDB é um estudo bastante complexo e trabalhoso, devido ao tamanho da área de estudo, a aplicação da equação do balanço hídrico se torna inviável, pois ao considerarmos o tamanho da área e a possível variação dos dados, o valor retornado pela equação fugiria da real disponibilidade, uma alternativa que viabilizaria a aplicação seria a aplicação da equação do balanço por sub-bacia, designando representantes locais e participantes do comitê de bacia para a realização do estudo, a união destes dados representaria de forma mais precisa a real disponibilidade hídrica da BHRDB, auxiliando no planejamento e gerenciamento da Bacia.

Conforme apresentado em Oliveira et. al (2020) o uso e ocupação desordenado pode causar diversos problemas ambientais no médio e longo prazo, entre eles podemos citar a intensificação da erosão do solo e o assoreamento dos corpos hídricos. Dessa forma, é de fundamental importância a adoção de medidas mitigadoras dos impactos negativos vindos de atividades antrópicas, como por exemplo o zoneamento ecológico-econômico e elaboração de planos de manejo sustentável das Sub-bacias, com objetivo de auxiliar o comitê de bacia na preservação da biodiversidade destes locais fundamentais para o desenvolvimento sustentável.

---

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos apontam que a expansão das atividades antrópicas, em especial da agricultura com auxílio da irrigação por pivôs centrais, entre os anos de 2000 e 2019 que ocasionou alterações na paisagem e no solo da BHRDB, principalmente em função do desmatamento para a monocultura de grãos, que refletem na exposição do solo e desencadeamento de processos erosivos, além da redução da vazão que é absorvida pela bacia, alterando o comportamento hídrico da mesma. Dessa forma, a pesquisa busca contribuir para a melhor gestão da BHRDB ao identificar locais em que houve a expansão exacerbada de áreas irrigadas, apresentando dados quali-quantitativos representados por mapas e tabelas, afim de possibilitar aos órgãos responsáveis as melhores decisões para evitar futuros conflitos a respeito do uso da água na região, dessa maneira cumprindo com o objetivo geral da pesquisa.

Fica evidenciado a funcionalidade e importância da plataforma MapBiomias para futuros trabalhos que necessitem da informação temporal em relação ao uso e ocupação do solo de locais de interesse, além da importância da utilização de SIGs como ferramentas no planejamento e gerenciamentos de locais de interesse, fornecendo inúmeras formas para o tratamento de dados, que no caso da pesquisa foram as áreas com utilização de pivôs centrais.

A BHRDB e suas respectivas sub-bacias possuem extrema importância para manutenção das atividades econômicas e para a população Sul Maranhense, por este motivo sugere-se a continuação de pesquisas relacionadas a demanda hídrica na região, principalmente nas sub-bacias mencionadas, com a utilização da equação do balanço hídrico e o levantamento dos impactos socioambientais nas mesmas, buscando sempre a aplicação de manejo sustentável na bacia hidrográfica como todo, para fins de manutenção do ecossistema para as atividades futuras.

## 6 REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2019. 75 p.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Plano Nacional de Recursos Hídricos (PRH)**. Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2006.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Divisões hidrográficas do Brasil**. Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2021. Disponível em: [https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/copy\\_of\\_divisoes-hidrograficas](https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/copy_of_divisoes-hidrograficas). Acesso em: 26 de jun. 2021.

ALVES, R. G. **Fazenda inteligente: desenvolvimento de um gêmeo digital para um sistema de irrigação**. 2021. Disponível em: <https://repositorio.fei.edu.br/handle/FEI/3203>. Acesso em: 26 de jun. 2021.

BRASIL, **Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/1997 –Política Nacional de Recursos Hídricos**, Planalto, 8 de janeiro de 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm). Acesso em: 26 de jun. 2021.

BONETTI, João de Andrade; FINK, Jessé Rodrigo; PITTA, Christiano Santos Rocha. **A importância da água para a produção de alimentos e o meio ambiente**. Manejo e conservação da água e do solo, p. 10.

COELHO, Eugênio Ferreira; COELHO FILHO, Maurício Antônio; OLIVEIRA, SL de. **Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água**. Bahia Agrícola, v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005.

CARDOSO, **Regiões Hidrográficas do Brasil**. Disponível em: <http://murilocardoso.com/2012/01/23/mapas-regioes-hidrograficas-bacias-hidrograficas-e-sub-bacias-dobradi>. Acesso em: 15 de jun. 2021.

COSTA, Raimundo Nonato Távora et al. **MÉTODOS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR SULCOS**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 13, n. 1, p. 3262-3274, 2019.

CRUZ, Leila Beatriz Silva. **Diagnostico ambiental da bacia hidrografica do Rio Uberaba-MG**. 2003. 182p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/257301>>. Acesso em: 06 jun. 2021.

DE ALMEIDA NETO, Paulino et al. **Análise dos componentes do balanço hídrico em uma bacia urbana experimental**. p.3 2004.

DE BARROS, Ana Clara et al. **Identificação de terras potenciais para irrigação por pivô central mediante técnicas de geoprocessamento**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 5, p. 32329-32343, 2020.

DIAS, Isabel Cristina Lopes et al. **Indicadores de sustentabilidade de bacia hidrográfica e hidroquímica de poços no estado do Maranhão: subsídios ao gerenciamento e conservação dos recursos hídricos**. 2018.

ENGELBRECHT, Bruno Zanon et al. **Disponibilidade hídrica e balanço hídrico da Bacia do Rio Cachoeira na Região de Itabuna/BA**. *Geociências (São Paulo)*, v. 38, n. 3, p. 731-740, 2020.

GUIMARAES, D. P.; LANDAU, E. C. **Georreferenciamento dos pivôs centrais de irrigação no Brasil: ano base 2020**. Embrapa Milho e Sorgo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2020.

HOLLANDA, M. P. de ; CAMPANHARO, W. A. ; CECÍLIO, R. A. **Manejo de Bacias Hidrográficas e a Gestão Sustentável dos Recursos Naturais**. In: MARTINS, L.D.; HANNAS, T.R.; VENTURA, R.C.M.O.; ALVIM-HANNAS, A.K.; MENDONÇA, J.A.; FÚCIO, L.H.; LONGO, L.B.F.; LAMAS, L.P.A.; SILVA, L.B.; FURTADO, L.B.; COSTA, M.O.; SILVA, R.C.S.. (Org.). *Atualidades em desenvolvimento sustentável*. Manhuaçu: FACIG, 2012, v. 1, p. 57-66.

IORIS, Antônio. **Desenvolvimento nacional e gestão de recursos hídricos no Brasil**. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, n. 85, p. 23-41, 2009.

LIMA, Angelo José Rodrigues et al. **As percepções de diferentes atores da gestão de recursos hídricos na proposta de construção de um sistema de monitoramento da governança das águas**. 2018.

MANCOSU, Noemi et al. **Water scarcity and future challenges for food production**. *Water*, v. 7, n. 3, p. 975-992, 2015.

MARANHÃO. Decreto nº 34.847, de 14 de maio de 2019. **Regulamenta a Lei nº 8.149 de 15 de junho de 2004, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e sobre o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, e dá outras providências**. São Luis, 2019.

MARTINS, Raryssa Hellem Cardoso et al. **Mapas temáticos da qualidade da água da Bacia hidrográfica do Córrego Mumbuca de Monte Carmelo-MG**. 2020.

MANKE, Emanuele Baifus et al. **Identificação de áreas irrigadas por pivô central e linear móvel no estado do Rio Grande do Sul**. *Irriga*, v. 22, n. 2, p. 343-352, 2017.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 325p.

MENEZES, Barbosa de. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brasil): Pivô de irrigação**, EMBRAPA, 2014.

MORAIS, José Luciano Mendonça; FADUL, Élvia; CERQUEIRA, Lucas Santos. **Limites e desafios na gestão de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas: um estudo nos estados do nordeste do Brasil**. *REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)*, v. 24, n. 1, p. 238-264, 2018.

NUGEO – Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. (2010): **Estimativas das demandas e da disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas do Estado do Maranhão**. – UEMA: São Luís

O QUE É A INICIATIVA MAPBIOMAS, O. MapBiomas-Mapeando as transformações do território brasileiro nas últimas três décadas. **Restauração Ecológica: Desafio do processo frente à crise ambiental** Coordenação geral: Luiz Mauro Barbosa, p. 95.

OLIVEIRA, Livanía Norberta; DE AQUINO, Cláudia Maria Saboia. Dinâmica Temporal do uso e cobertura da terra na fronteira agrícola do MATOPIBA: Análise na sub-bacia hidrográfica do rio Gurguéia-Piauí. **Revista Equador**, v. 9, n. 1, p. 317-333, 2020.

PADRÓN, Richard A. Rodríguez. **Manejo, gestão e técnicas em irrigação**[livro eletrônico]/ Richard Alberto Rodriguez Padrón (Ed). – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2021.

RODRIGUES, L. N. **Quantidade de água utilizada na agricultura irrigada: certezas e incertezas nas estimativas**. Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2020.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental**: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013. 370 p.

Secretaria de Agricultura, Pecuária e Pesca do Estado do Maranhão (SAGRIMA). **Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <https://sigite.sagrma.ma.gov.br/mapa-tematico-leste/bacias-hidrograficas/>. Acesso em: 26 de jun. 2021.

SALES, Mariana Alexandre de Lima. **Balanço hídrico na sub-bacias hidrográfica do Boi Branco – SP para gestão sustentável da agricultura irrigada**. 2014. xv, 120 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/110962>> Acesso em: 06 jun. 2021.

SILVA, Cesar de Oliveira Ferreira. **CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DE ÁREA IRRIGADA UTILIZANDO ÍNDICES ESPECTRAIS DE IMAGENS LANDSAT-8 COM GOOGLE EARTH ENGINE**. IRRIGA, v. 25, n. 1, p. 160-169, 2020.

SANTOS, L. C. A.; LEAL, A. C. **Gerenciamento de recursos hídricos no estado do Maranhão-Brasil**. OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia, v.5, n. 13, p.39 - 65, 2013.

TEODORO, Valter Luiz Iost et al. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista Brasileira Multidisciplinar, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.

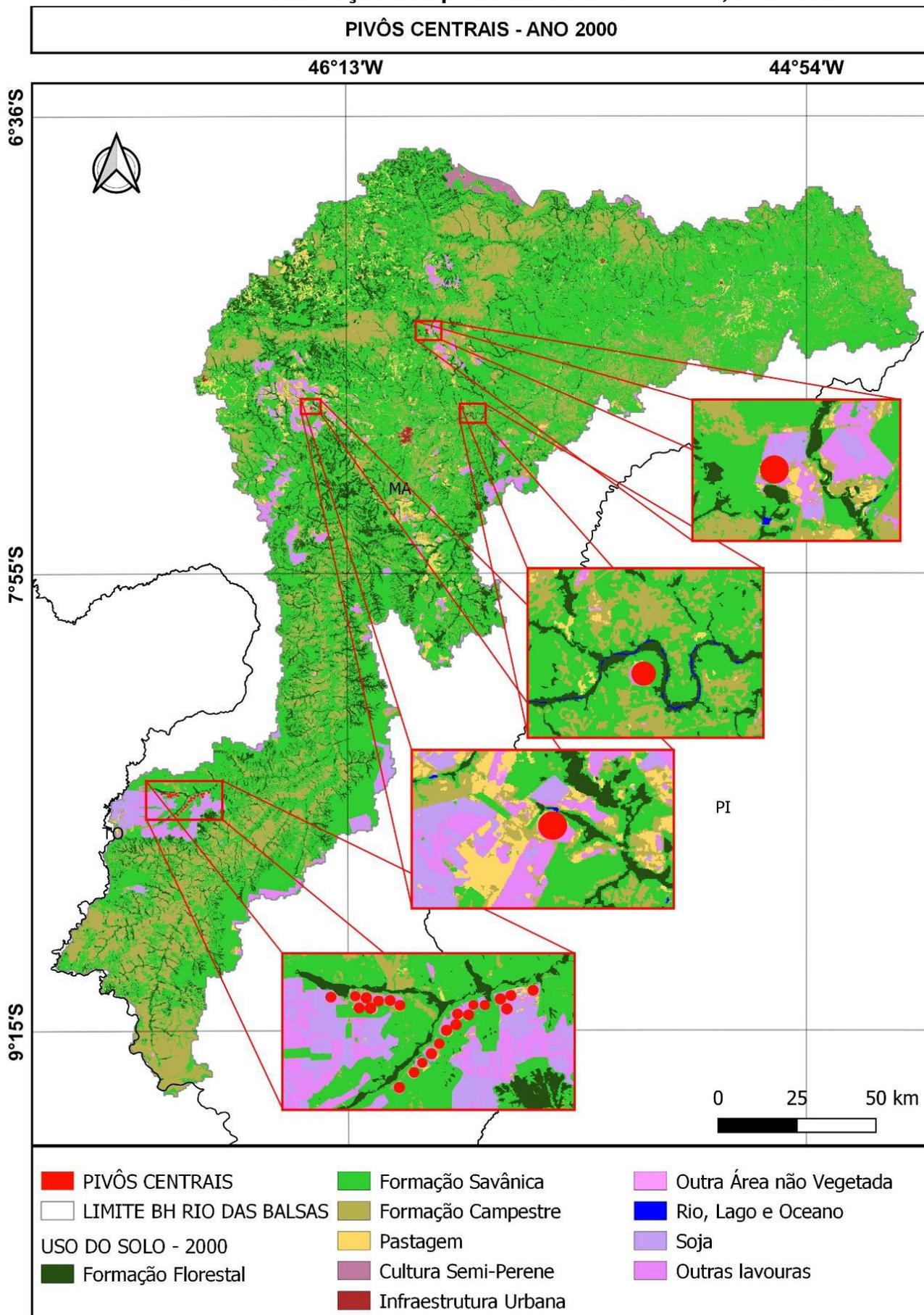
VAZ, Ana Paula de Melo e Silva, Ramos, Sandra Martins e Froehner, Sandro José **Bacia hidrográfica do rio Balsas: diagnóstico físico e avaliação qualitativa de áreas suscetíveis à erosão**. Engenharia Sanitária e Ambiental [online]. 2021, v. 26, n. 1 [Acessado 4 Setembro 2021] , pp. 77-87. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1590/S1413-415220190257>>. Epub 17 Mar 2021. ISSN 1809-4457. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190257>.

VAZ, A. P. M. S., Ramos, S. M., Froenher, S. J. ( in press b) **Assessing the presence of heavy metals and ecological risk in Brazilian Cerrado: the case of Balsas urban area.** Science of the Total Environment

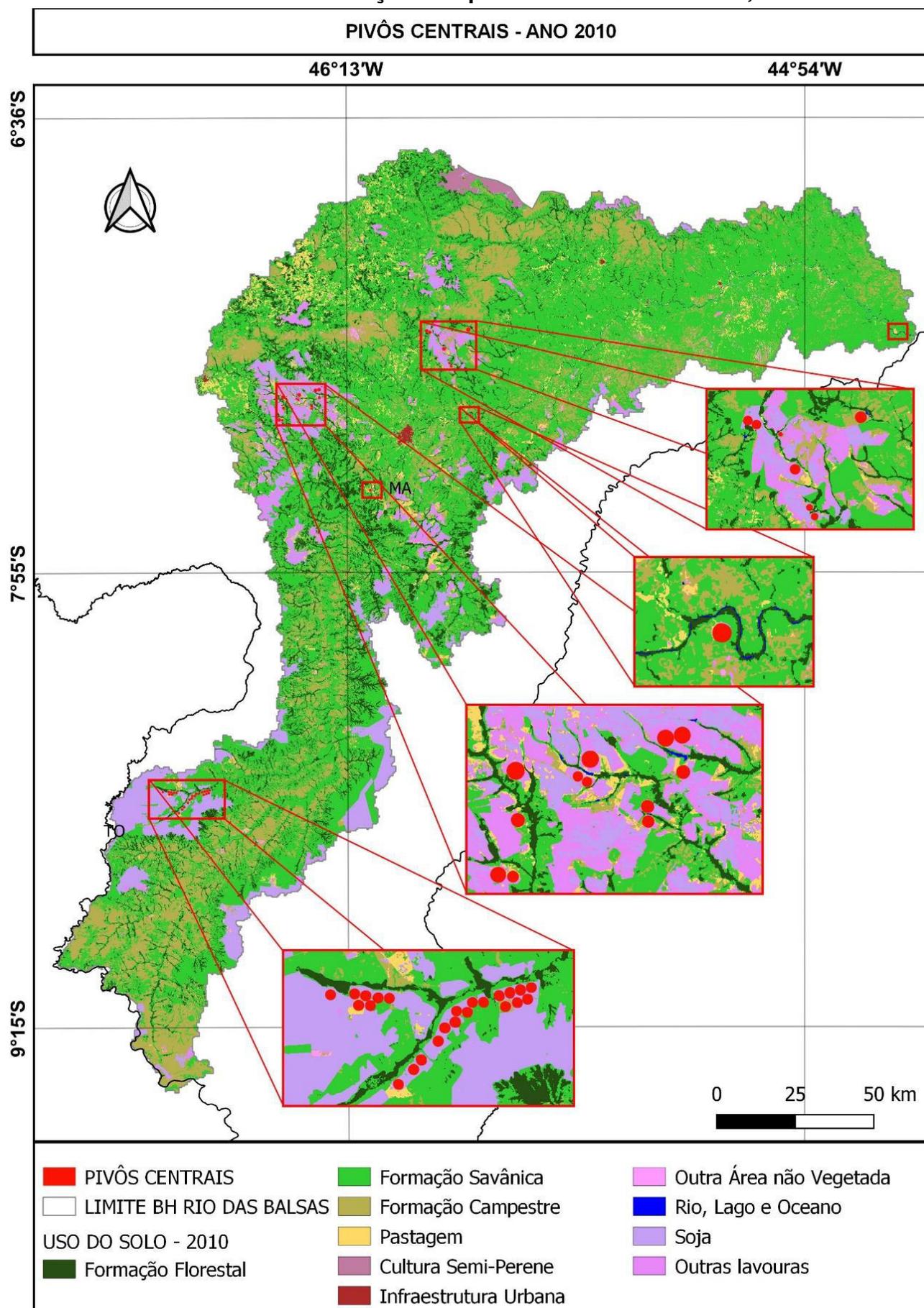
VAZ, Ana Paula de Melo et al. **Relação entre uso e ocupação do solo e características geoquímicas naturais e antrópicas da bacia hidrográfica do Rio Balsas-MA, 2020.**

## APÊNDICE A - Localização dos pivôs centrais na BHRDB, ano 2000.

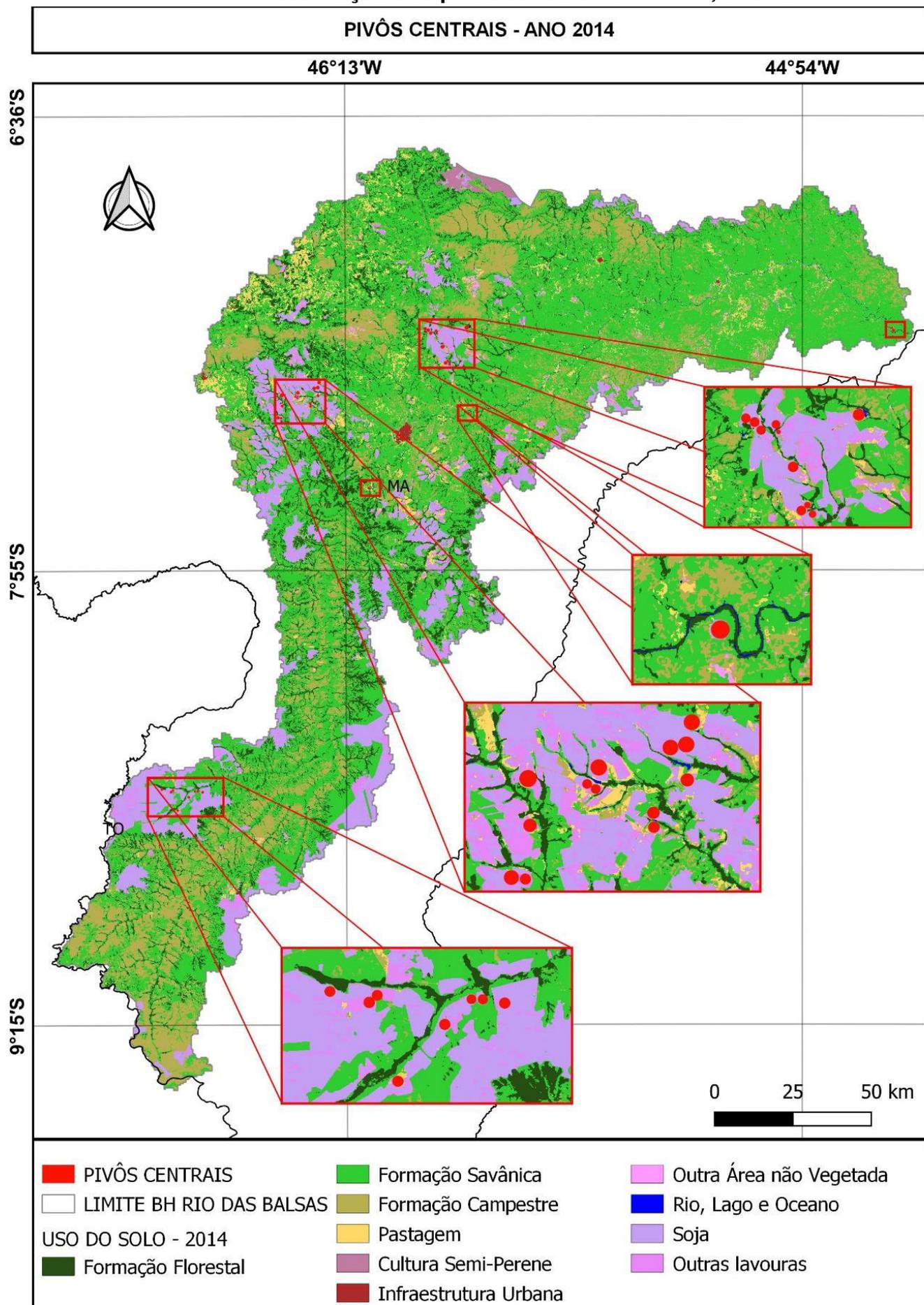




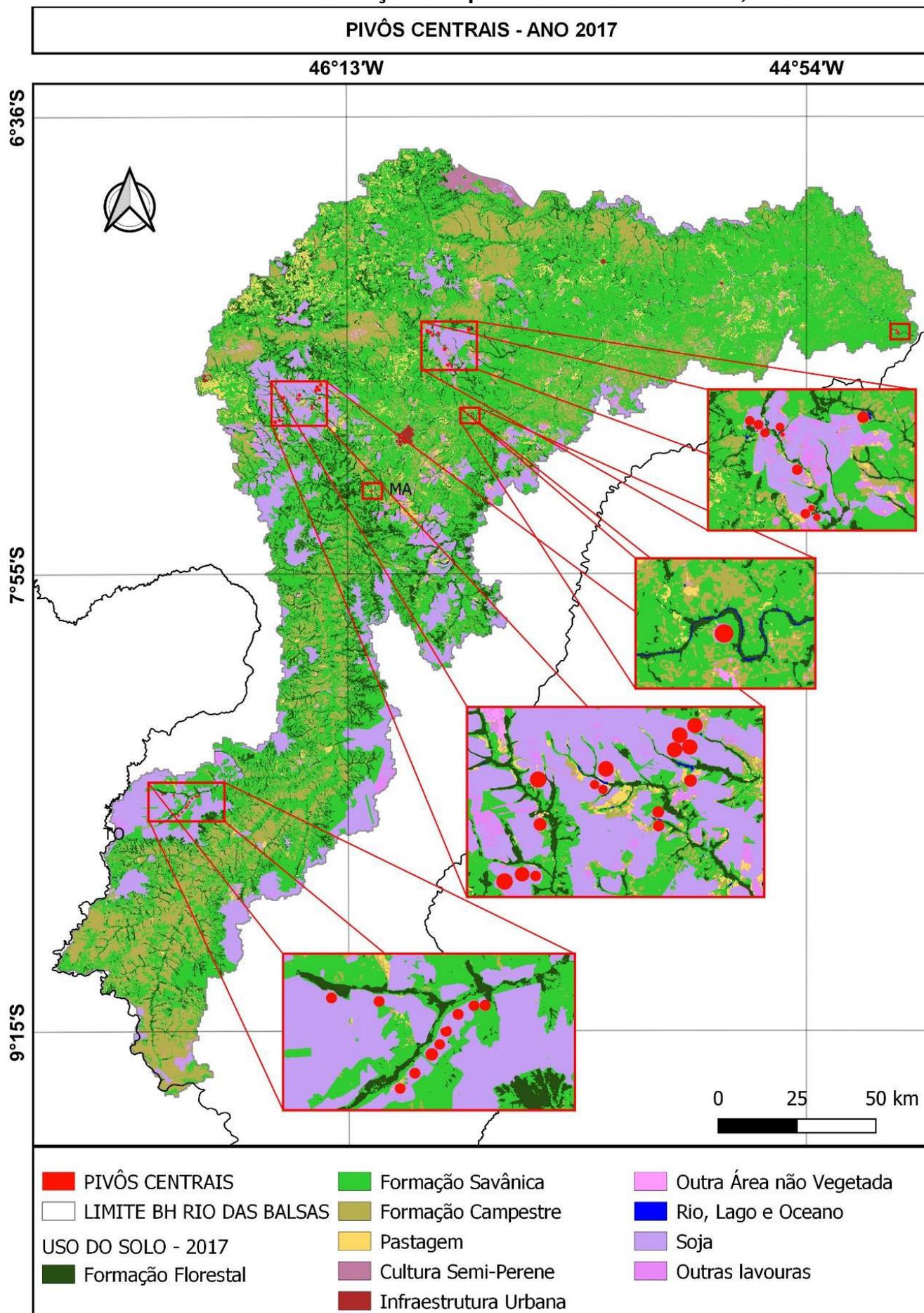
### APÊNDICE C - Localização dos pivôs centrais na BHRDB, ano 2010.



## APÊNDICE D - Localização dos pivôs centrais na BHRDB, ano 2014.



## APÊNDICE E - Localização dos pivôs centrais na BHRDB, ano 2017.



## APÊNDICE F - Localização dos pivôs centrais na BHRDB, ano 2019.

