



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E SOCIAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO**



ANDREZA GUIMARÃES LINS

**MAPEAMENTO DA PEGADA HÍDRICA TOTAL: NAS SUB-BACIAS
DO ESTADO DA PARAÍBA**

**SOUSA
2022**

L759m

Lins, Andreza Guimarães.

Mapeamento da pegada hídrica total: nas sub-bacias do Estado da Paraíba / Andreza Guimarães Lins. – Sousa, 2022.

24 f. : il. color.

Artigo (Bacharelado em Administração) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências Jurídicas e Sociais, 2022.

"Orientação: Prof. Dr. Allan Sarmento Vieira".

Referências.

1. Sustentabilidade. 2. Pegada Hídrica. 3. QGIS. 4. Consumo Hídrico. I. Vieira, Allan Sarmento. II. Título.

CDU 502.131.1(043)



Universidade Federal
de Campina Grande



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E SOCIAIS - CCJS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS - UACC
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO
COMISSÃO DO TRABALHO DE CURSO

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO

As **10:00** horas do dia **29/agosto/2022**, compareceu a aluna **Andreza Guimarães Lins** para defesa pública do Trabalho de Conclusão em forma de **Artigo** intitulado **MAPEAMENTO DA PEGADA HÍDRICA TOTAL NAS SUB-BACIAS DO ESTADO DA PARAÍBA** – requisito obrigatório para a obtenção do título de bacharel em Administração. Constituíram a banca examinadora os/as professores/as **Allan Sarmiento Vieira** (orientador/a), **Enéas Dantas da Silva Neto** (avaliador/a) e **Isabel Lausanne Fontgalland** (avaliador/a). Após a exposição oral, o/a candidato/a foi arguido/a pelos componentes da banca que, após reunião em caráter reservado, decidiram **aprovar** a produção acadêmica. Para constar, lavramos a presente ata assinada por membros da Comissão de TC, do Curso de Administração da UACC/CCJS/UFCG.

Sousa-PB, **29/agosto/2022**.

Flávio Lemenhe

Mat. SIAPE 1612419

Membro da Comissão de TC do Curso de
Administração (UACC/CCJS/UFCG)

MAPEAMENTO DA PEGADA HÍDRICA TOTAL NAS SUB-BACIAS DO ESTADO DA PARAÍBA

Andreza Guimarães Lins¹
Allan Sarmiento Vieira²

RESUMO: Esta pesquisa tem como objetivo primordial, mapear a pegada hídrica total nas sub-bacias do Estado da Paraíba, para analisar o padrão de consumo hídrico nos setores do abastecimento, agricultura irrigada, pecuária e saneamento. A pegada hídrica apesar de ser uma temática ainda nova e de grande relevância para gestão dos recursos hídricos, deve ser divulgada e avaliada através de métodos precisos e de fácil utilização, que levem em consideração os consumidores da água de uma determinada região, já que água é um recurso natural estratégico e de grande interesse de vários setores da sociedade. Com base neste contexto, as pegadas hídricas totais por sub-bacias foram mapeadas através de uma geotecnologia chamada QGIS, que permitiu a criação de mapas precisos, com base nos dados e estimação que alimentou a tabela de atributos que está atrelados as feições analisadas. Para tanto, a pegada hídrica total é calculada por meio dos somatórios de todas as estimativas das componentes azul, verde e cinza dos principais setores usuários da água. Essa pesquisa utilizou os métodos de investigação quali-quantitativa e dedutivo, dentro dos resultados apurados, ficou evidenciado que a sub-bacia do Rio Paraíba apresentou o maior consumo hídrico do Estado, isso ocorreu devido ao maior número de pessoas, a maior área irrigável e o maior rebanho. Contudo, considerando que o consumo hídrico é necessário para executar as atividades humanas e o desenvolvimento dos produtos entretanto não deveria ultrapassar o saldo do volume armazenado dos reservatórios disponíveis em operação no Estado da Paraíba. Como a pegada hídrica total leva em consideração toda água utilizada no desenvolvimento da vida e na produção de insumos, o valor estimado deste indicador no Estado da Paraíba chega aproximadamente a 732.304.197.396,39 m³/ano, se não fosse as precipitações anuais, o aporte das águas subterrâneas estaríamos num cenário de insustentabilidade ambiental.

Palavras-chaves: Pegada hídrica, sustentabilidade, consumo hídrico, QGIS.

ABSTRACT: This research aims primarily to map the total water footprint in the sub-basins of the State of Paraíba, to analyze the pattern of water consumption in the sectors of water supply, irrigated agriculture, livestock and sanitation. The water footprint, despite being a new theme and of great relevance for the management of water resources, should be disseminated and evaluated through accurate and easy-to-use methods that take into account the water consumers of a particular region, since water is a strategic natural resource and of great interest to various sectors of society. Based on this context, the total water footprints by sub-basins were mapped through a geotechnology called QGIS, which allowed the creation of precise maps, based on the data and estimation that fed the table of attributes that are linked to the analyzed features. For this purpose, the total water footprint is calculated by summing up all estimates of the blue, green and gray components of the main water-using sectors. This research used the methods of qualitative-quantitative and deductive investigation. Within the results obtained, it was evident that the sub-basin of the Paraíba River presented the largest water consumption of the state, due to the largest number of people, the largest irrigable area and the largest herd. However, considering that water consumption is necessary to carry out human activities and product development however it should not exceed the balance of the volume stored in the available reservoirs in operation in the State of Paraíba. As the total water footprint takes into account all the water used in the development of life and in the production of inputs, the estimated value of this indicator in the state of Paraíba reaches approximately 732,304,197,396.39 m³/year, if it were not for the annual precipitation, the contribution of groundwater we would be in scenario of environmental unsustainability.

Keywords: water footprint, sustainability, water consumption, QGIS.

1 INTRODUÇÃO

A escassez de água no mundo é uma preocupação crescente, e vem requisitando cada vez mais uma análise criteriosa, com indicadores precisos que desenhe o mapa da escassez de água e sua sustentabilidade ambiental. Hoekstra *et al* (2012) analisaram o consumo hídrico em 405 bacias hidrográficas em todo o mundo e descobriram que a escassez de água atinge aproximadamente uma população de 2,7 bilhões pelo menos um mês a cada ano. Esta pesquisa foi o primeiro estudo no mundo que avalia a escassez hídrica, numa escala mensal, em nível de bacia hidrográfica.

No Brasil, apesar de possuir a maior reserva hídrica do planeta, existem ainda vários conflitos pelo uso da água, principalmente na região Nordeste, devido à irregularidade das chuvas, que demandam práticas eficientes que promova uma boa governança da água. Sem contar ainda, o crescimento da economia brasileira que vem requerendo volumes maiores de água em quantidade e qualidade nas diversas atividades produtivas. Ficando notória a necessidade de reduzir os níveis de escassez hídrica, com o uso de tecnologias eficientes, e que promova consequentemente o uso racional deste recurso estratégico para a sociedade (LIMA, 2014).

Para Ferreira (2014) vários fatores influenciam na redução da disponibilidade, dentro dos quais, podemos citar: efeitos naturais (altas taxas de evaporação), atividades humanas, degradação do meio ambiente, poluição e a demanda. Para tanto, o estresse hídrico é observado principalmente no semiárido nordestino, onde há pouca disponibilidade natural da água, e uma grande requisição para uso e para diluição dos dejetos das atividades indústrias. Na busca de ter uma ideia do consumo e da apropriação da água doce foi criado um indicador chamado pegada hídrica, é um conceito considerado ainda recente, que tem por finalidade quantificar e qualificar quantos litros de água são utilizados no desenvolvimento das atividades humanas nas diferentes entidades da sociedade.

Segundo Hoekstra e Chapagain (2011), a pegada hídrica pode ser considerada como indicador abrangente que considera a medida tradicional de apropriação, como também, os níveis de escassez, ou seja, um indicador de medida de pressão antrópica sobre os recursos hídricos, que considerada a água que não pode ser vista, denominada de água virtual, que é utilizada na produção dos bens e serviços numa bacia hidrográfica. Esse conceito de água virtual foi introduzido por Allan (1998) quando se desejou analisar a possibilidade importar água virtual para minimizar os problemas de escassez de água no oriente médio.

Nestas perspectivas, a questão da água, tornou-se para o mercado, um insumo estratégico, dotado de valor econômico e que deve ser utilizado de forma eficiente, para que não falte nas atividades produtivas. O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e

Social (BNDES) pretende incentivar o uso responsável e sustentável da água nas empresas, para isso vai criar o índice de mercado da pegada hídrica, como criou em parceria com a Bolsa de Valores de São Paulo (B3) , em 2009, o índice de carbono eficiente. O novo índice será voltado para a fomentação da gestão da água (EMPINOTTI e JACOBI, 2013; BNDES, 2011).

Com base neste contexto, o mapeamento da pegada hídrica total e de seu nível de sustentabilidade com relação ao consumo de água numa bacia hidrográfica contribuem para o desenvolvimento de uma gestão eficiente que visa aumentar a sinergia dos sistemas hídricos. Portanto, o que se pretende nesta pesquisa, é desenvolver mapas da pegada hídrica e sua sustentabilidade dentro das sub-bacias do Estado da Paraíba, considerando a perspectiva ambiental. Para tanto, surge a seguinte problemática: **Será que o mapeamento da pegada hídrica total conseguirá evidenciar o padrão de consumo das sub-bacias localizada no Estado da Paraíba?**

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

Mapear a pegada hídrica total e sua sustentabilidade, no ano de 2020, considerando as componentes azul, verde e cinza, a fim de conhecer o padrão de consumo das sub-bacias localizado no Estado da Paraíba;

1.2.2 Objetivos específicos

Dentre eles, podem ser citados:

- Sistematizar estudos e dados sobre a pegada hídrica total nas sub-bacias do Estado da Paraíba;
- Estudar o sistema de georreferenciamento QGIS;
- Aplicar e apresentar os mapas do padrão de consumo e sua sustentabilidade sob a perspectiva ambiental para cada sub-bacia do Estado da Paraíba.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao longo dos anos, pesquisadores vêm desenvolvendo inúmeros indicadores para ajudar a mapear, avaliar, caracterizar e acompanhar a problemática da água no mundo. Todavia, não existe ainda, um método de consenso para analisar a compatibilidade entre a disponibilidade e a demanda da água (PROCHNOW et al., 2012; DRASTIG et al., 2010). A avaliação da compatibilidade entre a oferta e demanda permite conhecer os níveis de escassez da água no tempo e no espaço, que está exigindo cada vez mais, métodos precisos que

determinem as reais pressões antrópicas ocasionadas pelos consumidores múltiplos da água, merecendo destaque a pegada hídrica.

Leão (2013) afirma que apesar da pegada hídrica, ser um conceito bastante recente, nota-se um grande interesse da sociedade, principalmente do setor empresarial, pela sua aplicação. Para tanto, é importante fazer uma análise teórico-reflexiva sobre as vantagens e desvantagens deste método, já que sabemos que existem outros métodos de contabilização da água numa determinada região geográfica. Entretanto, se for bem utilizado, pode influenciar nas práticas que buscam uma gestão eficiente da água.

Neste contexto os métodos matemáticos e estatísticos são importantes peças na prática gerencial e racional, cujos desenvolvimentos tecnológicos podem e estão em constante reorientação com base no avanço do conhecimento científico. A contribuição de uma pesquisa como esta, para o cenário atual, merece um aperfeiçoamento contínuo, ou seja, precisa sempre estar evoluindo no desenvolvimento da tecnologia alinhada ao avanço do conhecimento científico.

Tendo em consideração as premissas aqui apresentadas uma das questões para a qual se pode direcionar o olhar da contribuição científica desta pesquisa aqui proposta é a noção de que as avaliações das questões ambientais, dada à novidade das temáticas, estão sempre sendo requerendo aperfeiçoamento de compreensões que num primeiro momento se colocam como limitadas. É caso, por exemplo, das avaliações ambientais que devem passar a operar numa perspectiva multidimensional (LUZ; SELLITO; GOMES, 2006). Para tanto, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas ao longo dos anos, envolvendo essa temática, merecendo destaques:

- Maracajá *et al.* (2014) quantificaram o consumo da população em diferentes regiões do Estado da Paraíba e constataram que a pegada hídrica média da Paraíba é de 796 m³/ano *per capita*, além disso, que a mesorregião do Cariri tem a menor pegada hídrica do Estado;
- Programa Água Brasil (PAB), no ano de 2014, divulgou um estudo sobre a sustentabilidade da pegada hídrica em sete bacias hidrográficas do programa. E recomendou pesquisas futuras, na reavaliação do cálculo da pegada hídrica e de sua sustentabilidade à medida que novos dados forem aferidos e disponibilizados para avaliar os níveis de escassez de água que venha ocorrer nas bacias hidrográficas analisadas;
- Freitas e Chaves (2014) estimaram a pegada hídrica cinza relativa ao Fósforo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau (DF/GO) considerando as quatro fases distintas, ou seja: definição de objetivos e os escopos de avaliação como a contabilização da pegada hídrica, a sustentabilidade da pegada hídrica e a formulação de resposta da pegada hídrica e constatou que todos cenários analisados apresentaram sustentáveis;
- Candido e Vieira (2017) analisaram, numa escala mensal o nível de sustentabilidade

ambiental na sub-bacia do Rio do Peixe no Estado da Paraíba, e perceberam nos períodos de setembro a novembro a sub-bacia apresenta índices de escassez e poluição insustentáveis, devido à diminuição das vazões naturais;

- Candido e Alves (2018) realizaram um estudo sobre a regulamentação da pegada hídrica como instrumento de gestão, sob a ótica do desenvolvimento sustentável, dos impactos ambientais pertinentes a ordem econômica e constataram que a pegada hídrica é um indicador eficaz capaz de mensurar a escassez de água doce nas bacias hidrográficas e que através da sua regulamentação ela pode se tornar útil na elaboração de projetos sustentável considerando a dimensão econômica, nos quais os diferentes setores da sociedade como: abastecimento humano, agricultura, pecuária, indústria, dentre outros.
- Gary Sherman (2002) desenvolveu o software QGIS, que era conhecido antigamente como *Quantum GIS*, ferramenta de geoprocessamento, onde é utilizado nas informações geográficas, suas atividades com processamento de dados geográficos, são de organizar e desenhar mapas, como forma de melhorar o trabalho com o processamento das informações, e dos resultados esperados.

Para calcular a pegada hídrica total numa bacia hidrográfica é necessário considerar o somatório das estimativas de todas as componentes azul, verde e cinza dos principais usuários da água. Os setores que serão considerados nesta pesquisa são: pecuária, abastecimento, agricultura e saneamento. O Quadro 01 apresenta as principais fórmulas sugeridas pelo Programa Água Brasil (2014) para a determinação da pegada hídrica numa bacia hidrográfica.

Quadro 01 – Fórmulas para o cálculo da pegada hídrica total.

Usuários da Água	Abastecimento	Agricultura	Pecuária	Saneamento
Componentes da Pegada Hídrica (PH)	$PH_{verde} = \frac{DHC_{verde}}{Y}$ $PH_{azul} = \frac{CA_{azul}}{Y}$ $PH_{cinza} = \left(\frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \right) / Y$	$PH_{verde} = \frac{DHC_{verde}}{Y}$ $PH_{azul} = \frac{CA_{azul}}{Y}$ $PH_{cinza} = \left(\frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \right) / Y$	<p>NA</p> $PH_{azul} = \frac{CA_{azul}}{Y}$ $PH_{cinza} = \left(\frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \right) / Y$	<p>NA</p> <p>NA</p> $PH_{cinza} = \left(\frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \right) / Y$
Pegada Hídrica Total (PHT)	$\Sigma(PH_{verde}, PH_{azul}, PH_{cinza})$	$\Sigma(PH_{verde}, PH_{azul}, PH_{cinza})$	$\Sigma(PH_{azul}, PH_{cinza})$	PH_{cinza}

<p>Análise da Sustentabilidade e</p>	$EA_{verde} = \frac{\sum PHverde(x,t)}{DAverde(x,t)}$ $EA_{azul} = \frac{\sum PHazul(x,t)}{DAazul(x,t)}$ $NPA(x,t) = \frac{\sum PHcinza(x,t)}{Qatual(x,t)}$	$EA_{verde} = \frac{\sum PHverde(x,t)}{DAverde(x,t)}$ $EA_{azul} = \frac{\sum PHazul(x,t)}{DAazul(x,t)}$ $NPA(x,t) = \frac{\sum PHcinza(x,t)}{Qatual(x,t)}$	<p>NA</p> $EA_{azul} = \frac{\sum PHazul(x,t)}{DAazul(x,t)}$ $NPA(x,t) = \frac{\sum PHcinza(x,t)}{Qatual(x,t)}$	<p>NA</p> <p>NA</p> $NPA(x,t) = \frac{\sum PHcinza(x,t)}{Qatual(x,t)}$
<p>Pegada Hídrica da Bacia ou Sub-bacia (PHB)</p>	$PHB = PHT_{abastecimento} + PHT_{pecuária} + PHT_{agricultura} + PHT_{saneam}$			

DHC= Demanda hídrica da cultura, Y=Produtividade, CA= Consumo de água, L= Carga de poluição, Cmax= Concentração máxima aceitável na legislação, Cnat = Concentração do poluente em condições naturais; EA= Escassez de água, DA= Disponibilidade de água, NPA= Nível de poluição da água, Qatual = Vazão atual mensal, NA= Não se aplica. Fonte: adaptado pelo autor (2015); PAB (2014).

2.1 Geotecnologias

Câmara *et. al.* (2013) definiram que os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são sistemas compostos por conjunto de *softwares*, *hardwares*, informações espaciais e algoritmos computacionais capazes de analisar e gerir fenômenos no espaço e no tempo (Figura 01). Estas análises e acompanhamentos são realizados por três elementos principais: Mapas digitais, Banco de Dados de acordo com as feições (elementos naturais) e rotinas que explicitam resultados que subsidiam o apoio à decisão.

Figura 1 - Estrutura funcional de Sistema de Geoprocessamento.



Fonte: Novaterra, (2020).

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da Pesquisa

3.1.1. Quanto aos fins

Esta pesquisa pode ser classificada como exploratório e descritivo. Já que, agrega pesquisa bibliográfica, estudo de caso e estabelece relações entre variáveis. As análises serão realizadas de forma diretas com finalidade de obter dados que quantifique e qualifique o alcance dos objetivos propostos. Segundo Silva e Menezes (2001) a pesquisa descritiva tem a finalidade de descrever características de uma população ou fenômeno, utilizando da coleta de dados ou qualquer método de tratamento no estudo.

3.1.2 Quanto aos meios

Para a execução desta pesquisa optou-se pelo método hipotético-dedutivo. Esta opção se justifica, porque essa metodologia permite propor uma hipótese e parte da premissa da dedução de uma elegação, para sua comprovação ou não. Os instrumentos como os documentados e a coleta de dados, além disso, as análises dos resultados será organizado na forma de um artigo. Segundo Poper, K. apud Gil (1994), só a ciência é insuficiente para explicar cenários e as dificuldades do problema, com base neste contexto são formuladas as hipóteses que serão inferidas e conseqüentemente se serão falseadas ou a confirmar a hipótese, que é o caso do hipotético-dedutivo.

3.2 Coleta e análise dos resultados

3.2.1 Quanto abordagem

Para Neves (1996), a abordagem dos métodos de investigação pode ser classificada como quali-quantitativa, já que apresentam características contrastantes quanto à forma e ênfase, embora não são excludentes. Esta classificação não significa que se deva optar por um ou outro. O pesquisador pode, ao desenvolver o seu estudo, utilizar os dois, usufruindo, por um lado, da vantagem de poder explicitar todos os passos da pesquisa e, por outro, da oportunidade de prevenir a interferência de sua subjetividade nas conclusões obtidas. Os instrumentos utilizados para determinar e mapear a pegada hídrica e sua sustentabilidade são: artigos, livros, sites, documentos como o Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PERH-PB), entre outros.

3.2.2 – Quanto à descrição da análise e obtenção dos resultados

Para colocar em ação os objetivos específicos propostos, inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica e exploratória para entender os conceitos da pegada hídrica, estudos sobre o QGIS e levantar os dados sobre a pegada hídrica do ano 2020, a fim de mapear o consumo hídrico e o nível de sustentabilidade de cada sub-bacia localizado no Estado da Paraíba.

Assim, inferiu-se a seguinte hipótese: **“Será que a pegada hídrica total analisada consegue mapear o padrão de consumo da água nas sub-bacias do Estado da Paraíba?”**. Em consonância com a problemática e com o intuito de averiguar se esta hipótese é verdadeira ou falsa, será feita uma avaliação completa da pegada hídrica na sub-bacia do Rio Gramame/PB para em seguida correlacionar com as outras sub-bacias do Estado da Paraíba, através do percentual geográfico previsto no Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (AESA, 2020). No cálculo da pegada hídrica total da sub-bacia do Rio Gramame/PB, foi considerada o trabalho desenvolvido por Silva e Vieira (2020), que na qual evidenciaram as 4 (quatro) fases: Definição de objetivo e escopo de avaliação como: contabilização da pegada hídrica; a sustentabilidade; e a formulação de resposta à pegada hídrica, conforme mostrado na Figura 03.

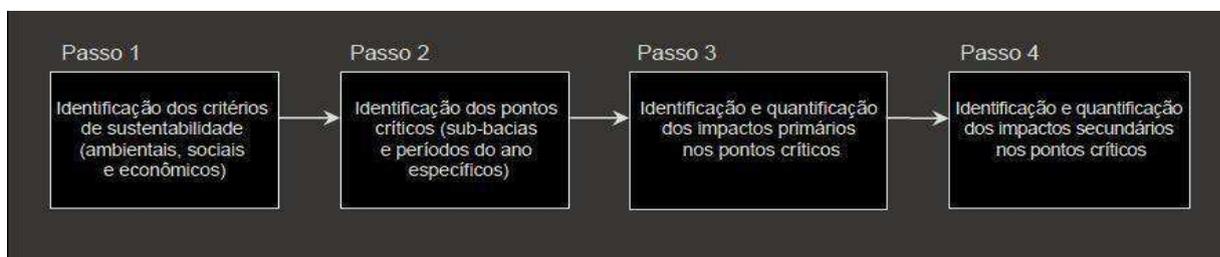


Figura 03 – Passos para avaliação da Sustentabilidade. Fonte: Hoekstra et al. (2011).

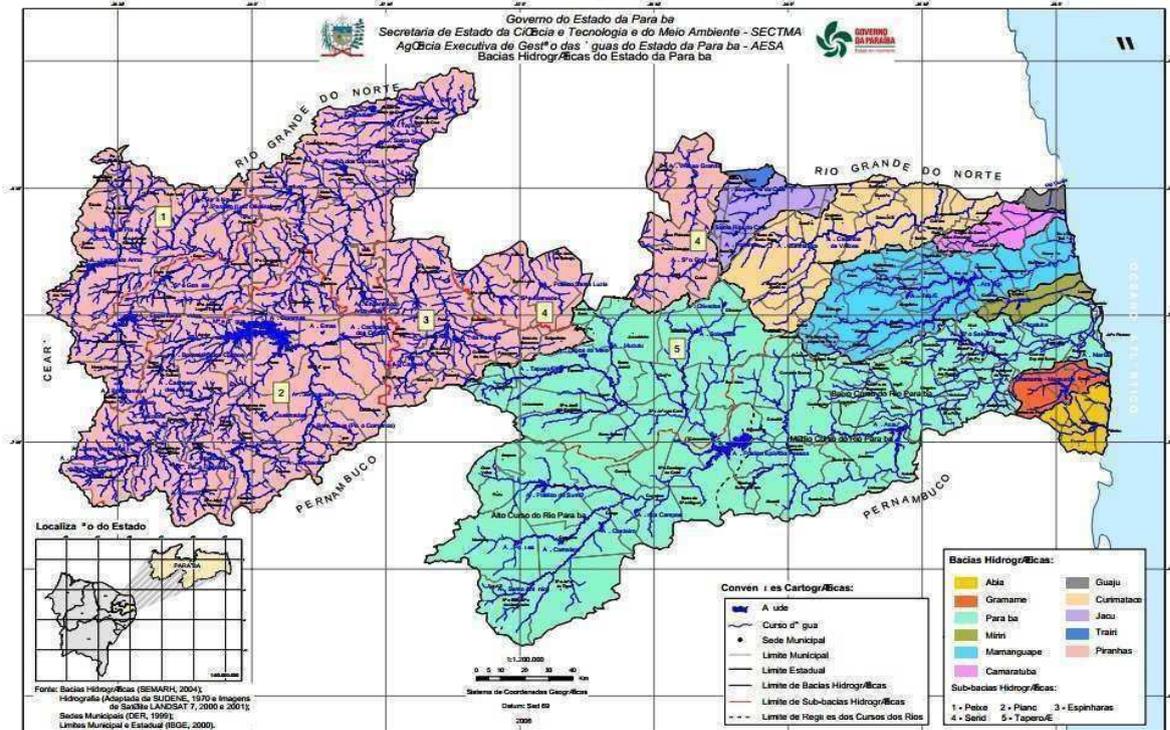
Com os dados levantados da pegada hídrica total da sub-bacia do Rio Gramame/PB para o ano de 2020, foi calculado através do percentual geográfico a pegada hídrica das demais sub-bacias. Como resultados pretende-se obter mapas temáticos do QGIS que permitirá através das cores entender o padrão de consumo do Estado da Paraíba.

3.3 – Descrição da Área de Estudo

O Estado da Paraíba (Figura 04) é localizado no nordeste do Brasil, é conhecido pela linha da costa tropical e foi colonizado principalmente pelos portugueses e sua capital é a cidade de João Pessoa que possuem uma hidrografia deslumbrante, além disso, possuem locais repletos de corais ao largo da costa. Tendo como uns dos rios principais, o manancial

do Paraíba, o centro histórico da cidade possui casas coloridas e a igreja de São Francisco, com uma arquitetura barroca. É composta por onze regiões hidrográficas tendo como rios que nomeiam as suas respectivas sub-bacias, são elas: o Rio Piranhas, Rio Paraíba, Rio Jacu, Rio Curimataú, Rio Camaratuba, Rio Guaju, Rio Mamanguape, Rio Gramame, Rio Miriri, Rio Trairi e Rio Abiaí.

Figura 04 – Sub-bacias hidrográficas do Estado da Paraíba.



Fonte: PERH/PB (2007).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

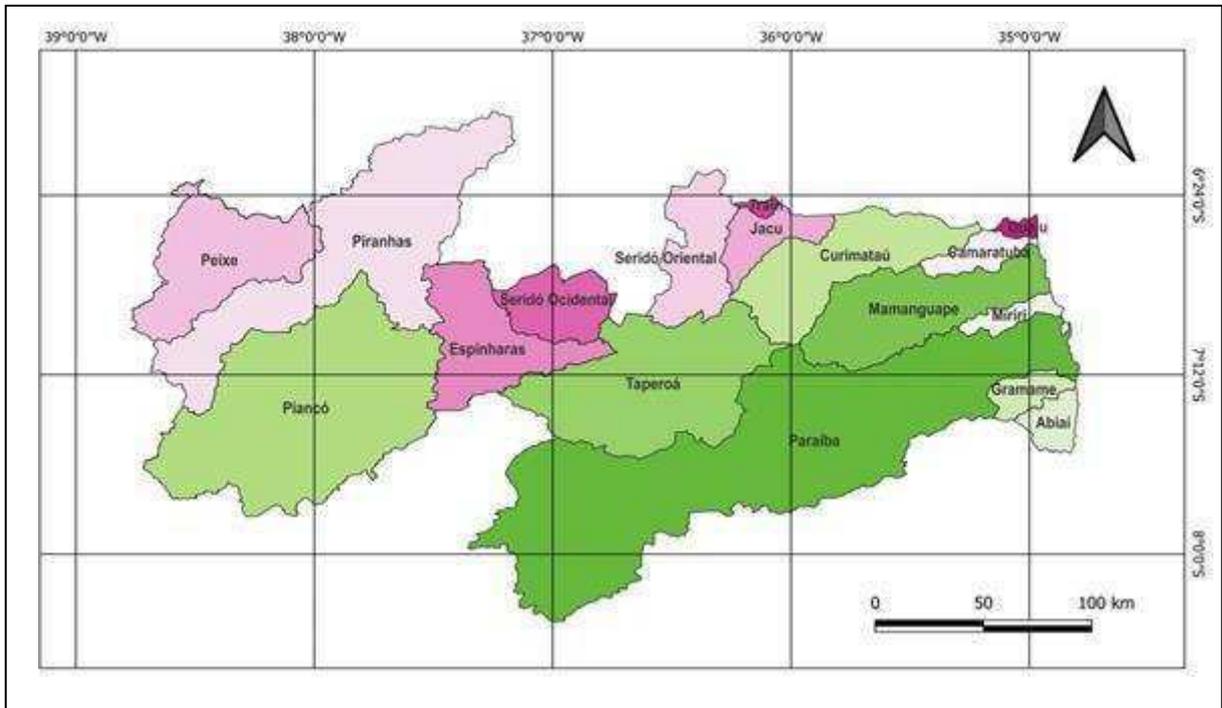
Nessa seção serão apresentados todos os mapas temáticos das variáveis que estão correlacionadas na obtenção das componentes da pegada hídrica total das sub-bacias do Estado da Paraíba, com suas respectivas cores e gradientes que podem variar da tonalidade suave para intensa ou vice-versa. É importante lembrar que essas tonalidades são determinadas pelo quantitativo inseridos na tabela de atributos atreladas as feições das sub-bacias (*shapefile*) no aplicativo QGIS e foi construída com os dados coletados do IBGE (2020) e com a estimativa das componentes da pegada hídrica total da sub-bacia do Rio Gramame/PB proposta por Silva e Vieira (2020) que serviu de para calcular as pegadas hídricas das outras sub-bacias que compõe o Estado da Paraíba.

4.1 Área colhida

Dentro das sub-bacias do Estado da Paraíba analisadas, é notório que a agricultura

irrigada é uma atividade econômica que utiliza grandes demandas de água, e se caracteriza com o cultivo de lavouras permanentes e as lavouras temporárias. Na Figura 05 mostra a área colhida das sub-bacias do Estado da Paraíba, com a tonalidade de cores intensas para a sub-bacia do Guaju e a sub-bacia do Rio Paraíba, que representam a menor e maior área cultivada, respectivamente.

Figura 05 – Área colhida das sub-bacias do Estado da Paraíba.



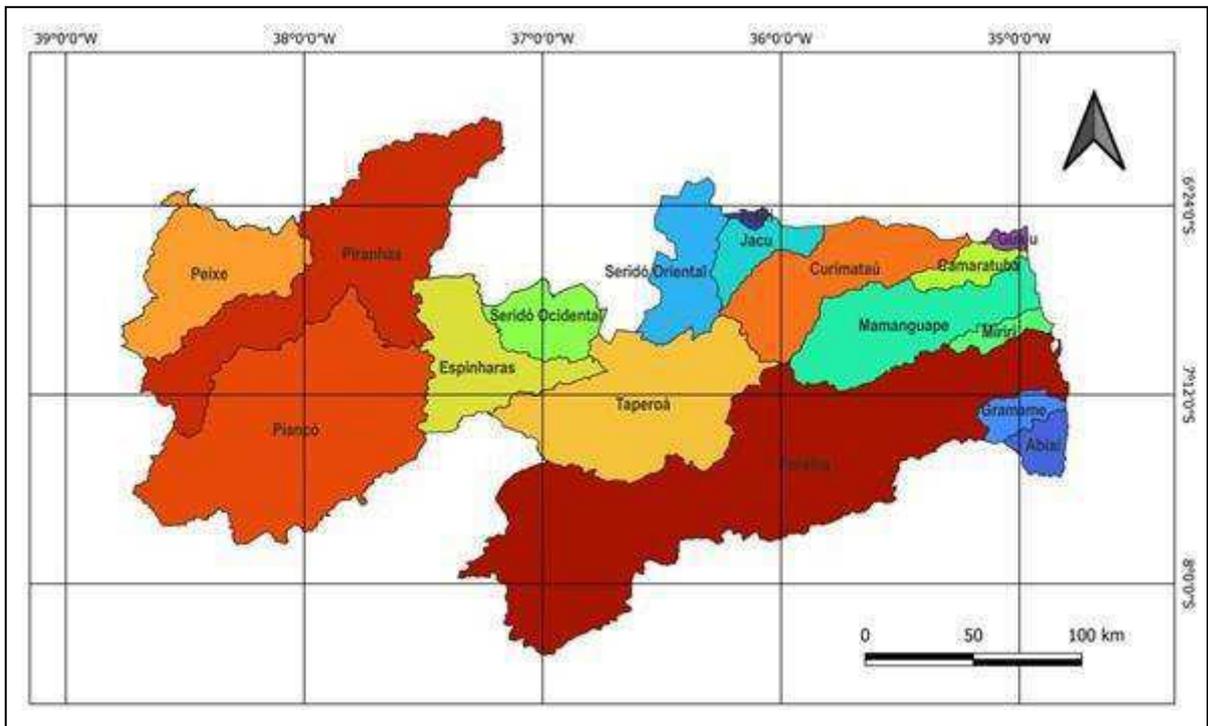
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Para tanto a sub-bacia do Rio Paraíba possui uma área colhida de 158.782 ha e está representado pela cor verde intensa variando em um gradiente até a sub-bacia Camaratuba, no caso da sub-bacia Guaju possui uma área colhida de 905 ha e está apresentado pela cor lilás intensa variando em um gradiente até a sub-bacia do Rio Piranhas.

4.2 Pecuária

A atividade da pecuária nas sub-bacias do Estado da Paraíba possui rebanhos diversificados que vai desde a criação de bovinos até criação de galinhas, esse também é um setor da sociedade que requer grande demandas de água, principalmente na pecuária intensiva que o rebanho fica confinado totalmente. Analisando a Figura 06, observamos que a distribuição do rebanho de bovinos nas sub-bacias do Estado da Paraíba está evidenciada com uma tonalidade de cores mais intensa e diferentes nas sub-bacias do Guaju e Trairi como a sub-bacia do Rio Paraíba, que representam os menores e maior rebanho de bovinos, respectivamente.

Figura 06 – Rebanho de bovinos nas sub-bacias do Estado da Paraíba.

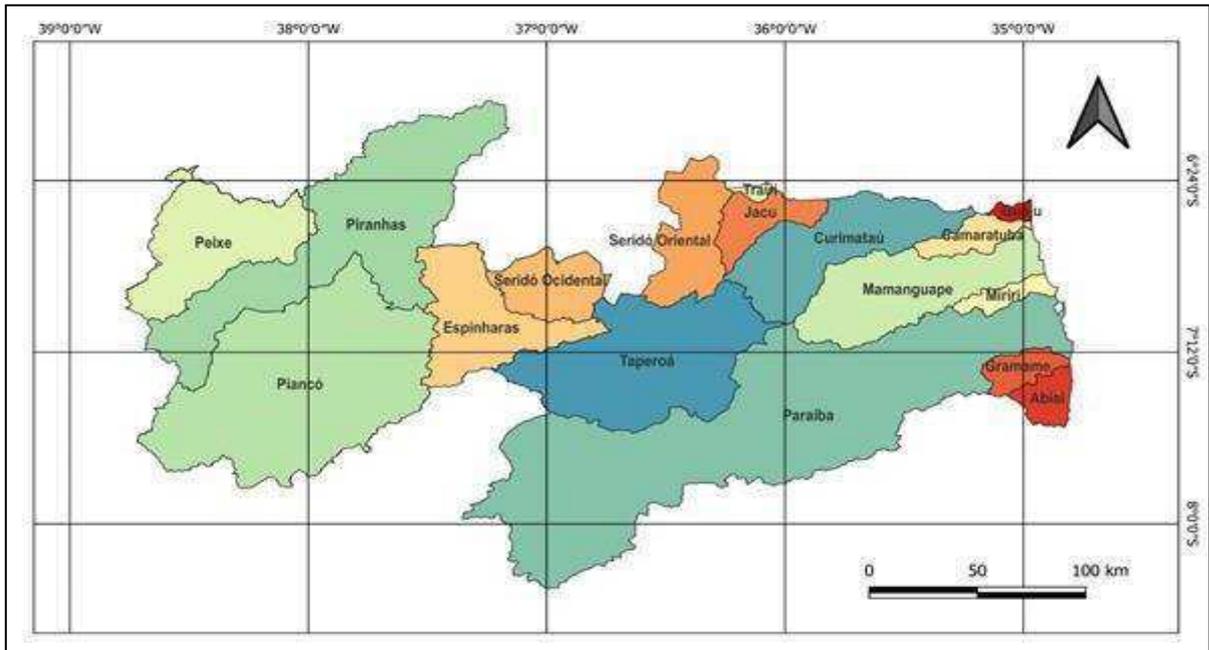


Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Assim a sub-bacia do Rio Paraíba possui um rebanho de bovino 372.464 e está representado pela cor marrom intensa variando em um gradiente até a sub-bacia do Rio do Peixe, no caso das sub-bacias Guaju e Trairi possui um rebanho de bovinos de 1.300 e 2.400, respectivamente e estão evidenciados pelas cores lilás e roxo intenso variando em um gradiente em algumas sub-bacias.

Considerando o rebanho de equinos observa-se de acordo com a Figura 7, que é um grupo de animais predominante em todas as sub-bacias do Estado da Paraíba, no Brasil estima-se para o ano de 2020, que o rebanho de equino é quarto maior do mundo. Percebe-se ainda que a sub-bacia do Rio Taperoá apresenta o maior rebanho com cerca de 62.641 cabeças enquanto a sub-bacia Guaju apresenta o menor rebanho com aproximadamente 73 cabeças, ficando evidente na tonalidade das cores utilizadas, no caso da cor verde oceano e na cor vermelha, respectivamente.

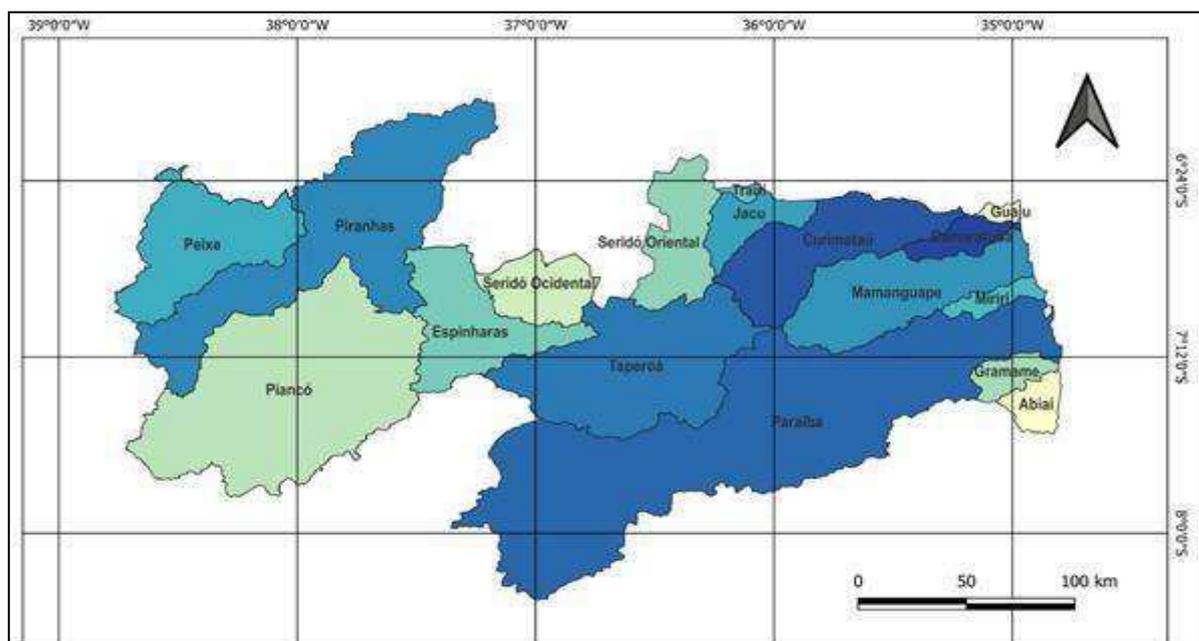
Figura 07– Rebanho de equinos nas sub-bacias do Estado da Paraíba.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No caso da criação de galinhas, fica evidente conforme a Figura 08 a sub-bacia com maior quantidade é Camaratuba, com cerca de 620.360 galinhas e representado pela cor azul anil intenso, enquanto a sub-bacia Abiaí possui cerca de 364 galinhas, sendo a menor quantidade apresentada, conforme evidenciado pela cor branca no mapa.

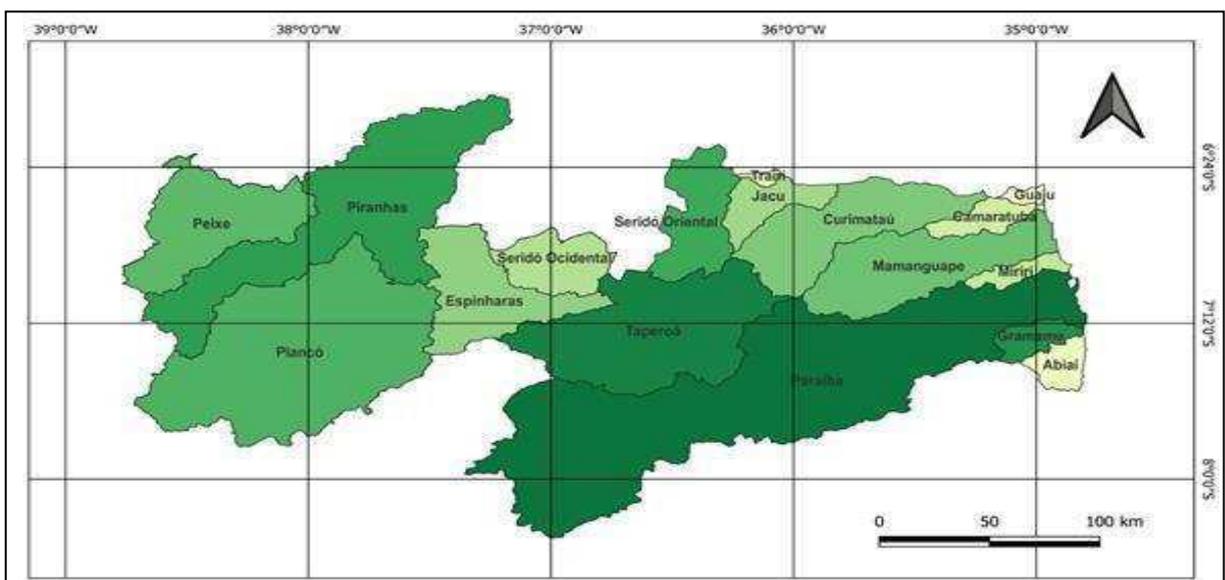
Figura 08 – Quantidades de galinhas nas sub-bacias do Estado da Paraíba.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

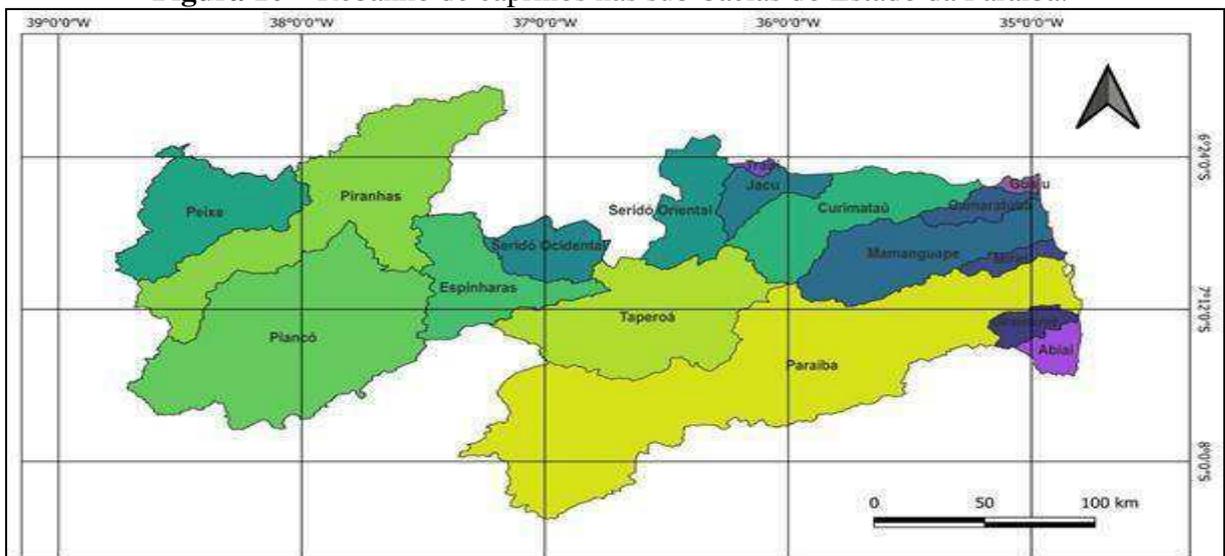
Analisando a Figura 09 observa-se a presença de rebanho de ovinos em maior quantidade na sub-bacia do Rio Paraíba com cerca de 286.800 cabeças e está representado pela cor verde petróleo intenso, enquanto a sub-bacia Guaju possui cerca de 130 cabeças, sendo a menor quantidade apresentada entre as sub-bacias, conforme cor branca com tonalidade verde suave no mapa. Enquanto na Figura 10 evidencia o rebanho de caprinos da sub-bacia com maior rebanho é do Rio Paraíba, com aproximadamente 621.044 cabeças e representado pela cor amarela intenso, enquanto a sub-bacia Guaju possui o menor quantitativo entre as sub-bacias analisadas com cerca de 85 cabeças, conforme a cor lilás intenso apresentado no mapa.

Figura 09 – Rebanho de ovinos nas sub-bacias do Estado da Paraíba.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Figura 10 – Rebanho de caprinos nas sub-bacias do Estado da Paraíba.

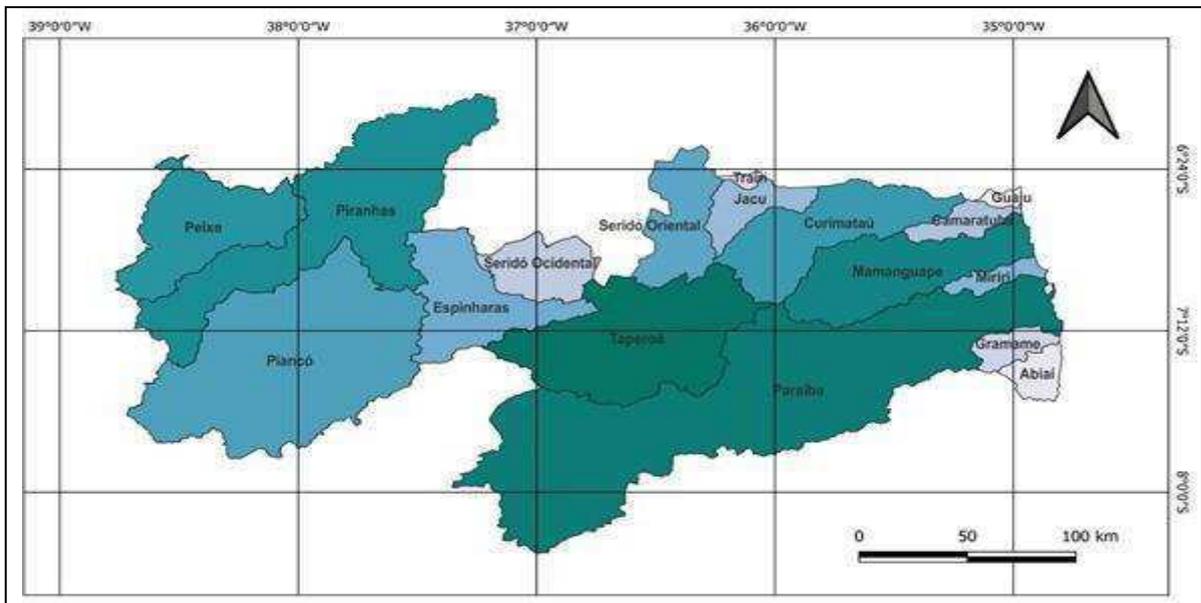


Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Na Figura 11 mostra o maior quantitativos de suínos na sub-bacia do Rio Taperoá, com aproximadamente 58.050 cabeças e representado pela cor verde petróleo intenso, enquanto a sub-bacia Guaju possui o menor quantitativo entre as sub-bacias do Estado da

Paraíba com cerca de 125 cabeças, conforme a cor branca intenso apresentado no mapa.

Figura 11 – Rebanho de Suínos nas sub-bacias do Estado da Paraíba.

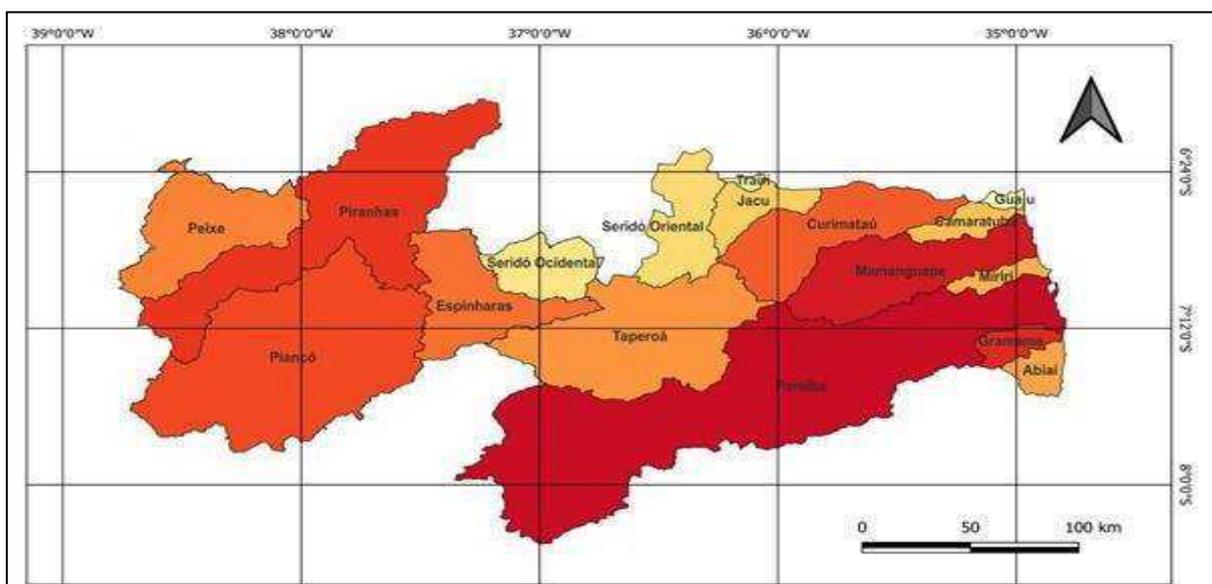


Fonte: Dados da pesquisa (2022).

4.3 População urbana e rural

Na Figura 12 é apresentado a população urbana e rural de cada sub-bacia estudada, sendo a sub-bacia do Rio Paraíba que apresenta um maior quantitativo populacional chegando, no ano de 2020, de 1.042. 633 habitantes e está representado pela cor vermelha intensa enquanto a sub-bacia Guajú apresenta o menor quantitativo populacional de 7.667 habitantes e está representado pela cor branca suave. É importante destacar que a pegada hídrica total para cada sub-bacia possui uma alta correlação com as variáveis apresentadas, já que suas componentes: azul depende do quantitativo populacional, a verde depende da área colhida e a cinza depende da concentração de poluentes domésticos gerados.

Figura 12 – População urbana e rural nas sub-bacias do Estado da Paraíba.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

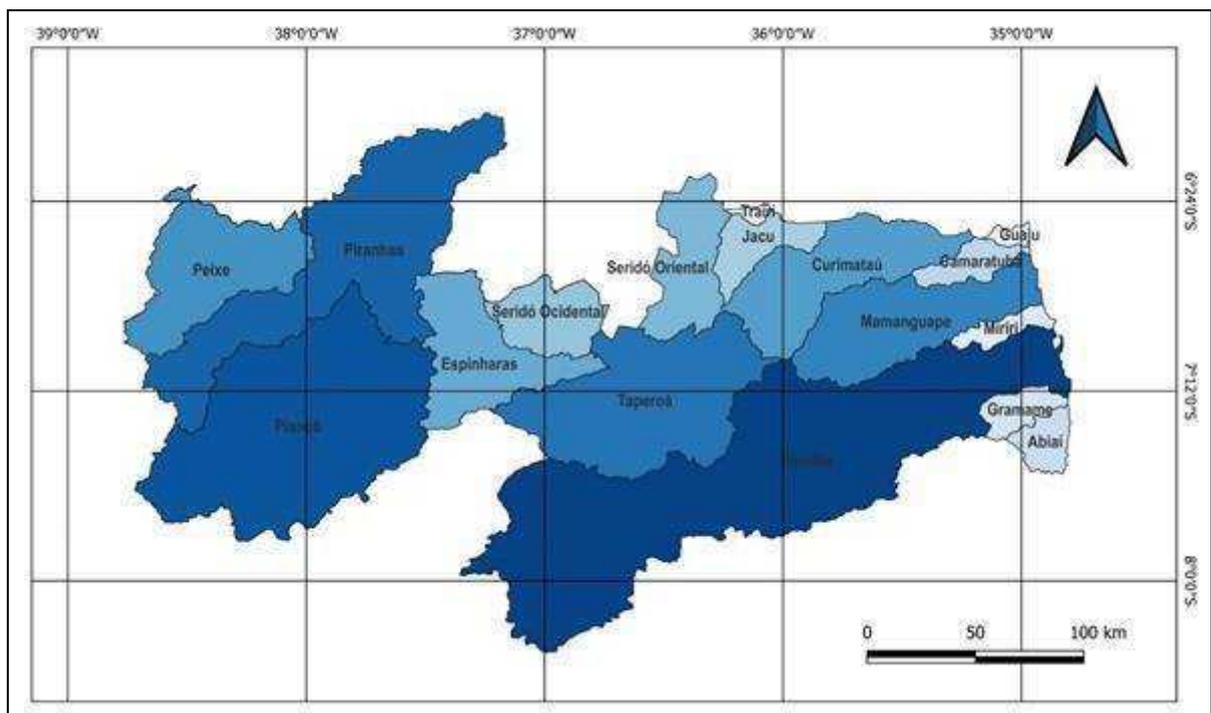
4.4 Pegada Hídrica e suas componentes

Para correlacionar as componentes da pegada hídrica total: azul, verde e cinza, foram levados em consideração na pesquisa de Silva e Vieira (2020) os principais setores que demandam água, no caso o abastecimento, saneamento, pecuária e a agricultura irrigada, no cálculo da pegada hídrica total.

4.4.1 Pegada hídrica azul

Na Figura 13, apresenta que sub-bacia do Rio Paraíba possui a maior pegada hídrica azul do Estado da Paraíba, com um quantitativo de aproximadamente de 95.184.554.821,60 m³/ano e está evidenciado no mapa pela cor azul intensa, enquanto a sub-bacia Trairi apresentar a menor pegada hídrica azul entre as sub-bacias com um quantitativo de 708.792.723,95 m³/ano e é destacado no mapa pela cor do azul suave. É importante lembrar que pegada hídrica azul é calculada considerando principalmente o setor do abastecimento, pecuária e agricultura irrigada.

Figura 13 – Pegada hídrica azul nas sub-bacias do Estado da Paraíba.



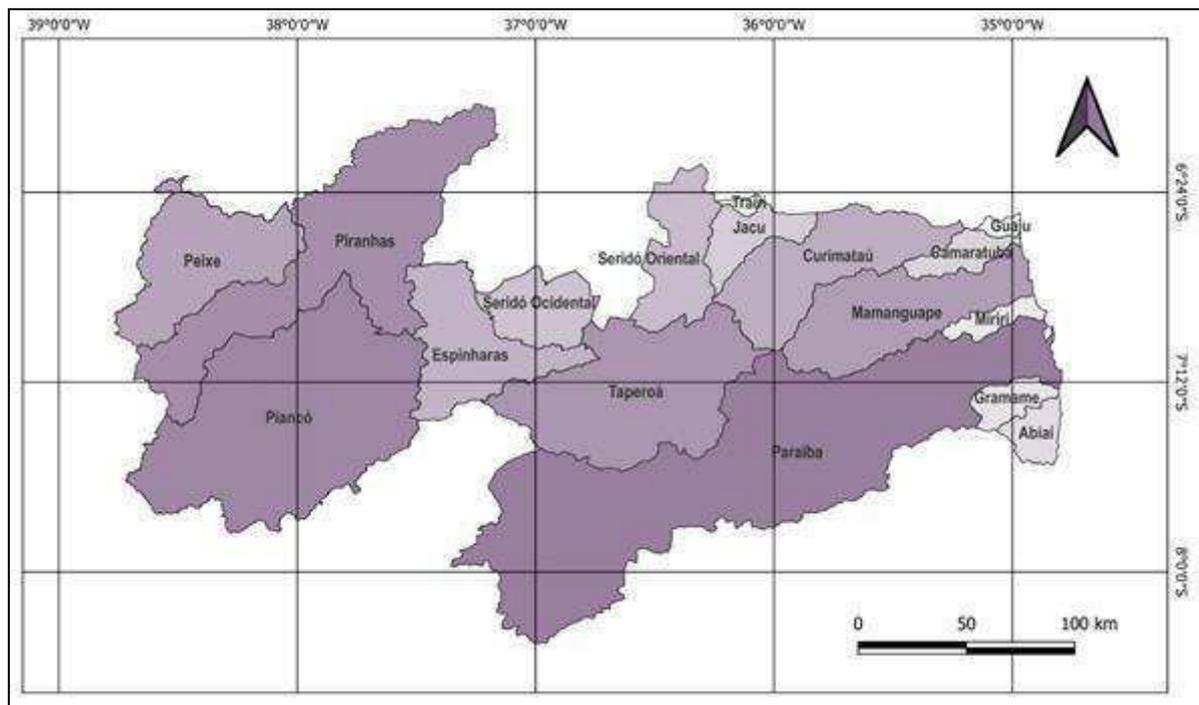
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

4.4.2 Pegada hídrica cinza

Para analisar da pegada hídrica cinza nas sub-bacias do Estado da Paraíba foi considerado o setor de saneamento e especificamente, os esgotos domésticos que geram concentrações de matéria orgânica de cada município inseridos na sub-bacias.

Conforme a Figura 14, apresenta que sub-bacia do Rio Paraíba possui a maior pegada hídrica a cinza do Estado da Paraíba, de aproximadamente de 36.674.646.228,36 m³/ano e está evidenciado no mapa pela cor cinza intensa, enquanto a sub-bacia Trairi apresentar a menor pegada hídrica cinza entre as sub-bacias analisadas com um quantitativo de 73.098.113,96 m³/ano, devido possuir a menor população do Estado da Paraíba e está destacada no mapa pela cor do cinza suave. É importante lembrar que pegada hídrica cinza é calculada considerando principalmente a concentração de matéria orgânica gerada por uma determinada população que pertence a uma cidade da sub-bacia estudada.

Figura 14 – Pegada hídrica cinza nas sub-bacias do Estado da Paraíba.



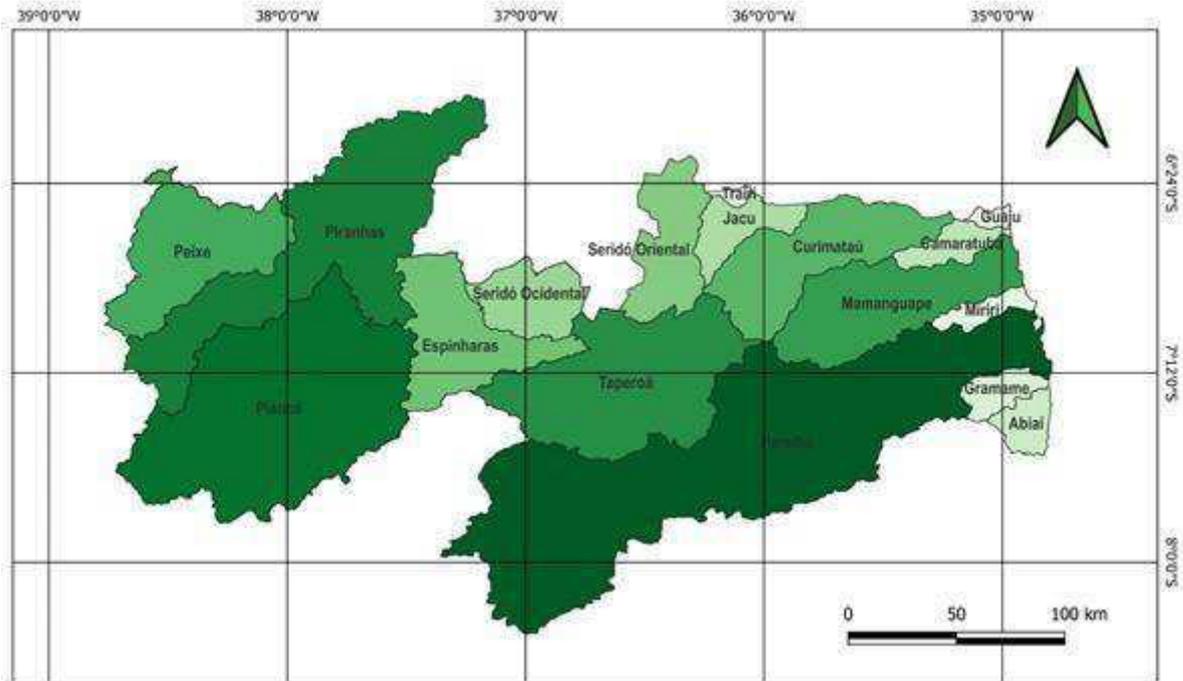
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

4.4.3 Pegada hídrica verde

Para analisar a pegada hídrica verde conforme a Figura 15, foi considerado o setor da agricultura irrigada e cultivo de milho e capim para alimentar os rebanhos das sub-bacias analisadas. No estudo de Silva e Vieira (2020) foram calculadas as necessidades hídricas de lavouras temporárias e permanentes considerando a precipitação efetiva, a evapotranspiração e a área colhida, com essas variáveis é determinado o balanço hídrico que corresponde o volume de água da chuva que realmente fica retida no solo.

Para tanto, foi observado que a sub-bacia do Rio Paraíba possui a maior pegada hídrica a verde do Estado da Paraíba, um valor de 54.397487.699,84 m³/ano e está evidenciado no mapa pela cor verde intensa, enquanto a sub-bacia Trairi apresentar a menor pegada hídrica verde entre as sub-bacias analisadas com um valor de 405.071.427,34 m³/ano, devido possuir a menor área cultivada e um dos menores rebanhos para alimentar, no ano de 2020, e está destacada no mapa pela cor do verde suave.

Figura 15 – Pegada hídrica verde nas sub-bacias do Estado da Paraíba.



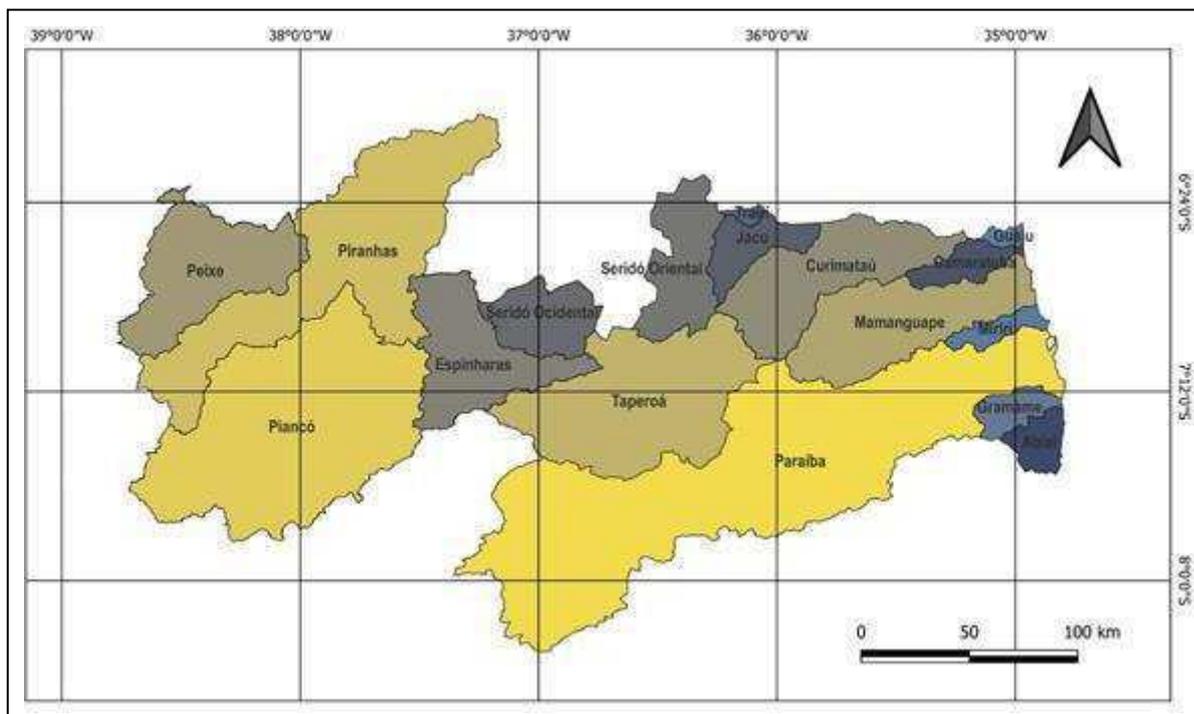
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

4.4.4 Pegada hídrica total

Para determinar a pegada hídrica total, deve-se levar em consideração o somatório das três componentes: azul, verde e cinza dos principais setores usuários de água nas sub-bacias do Estado da Paraíba. Na Figura 16, foi apresentada a maior pegada hídrica de todo Estado que é da sub-bacia do Rio Paraíba que chega a um quantitativo de 186.256.688.749,79 m³/ano e no mapa está destacado pela cor amarelo ouro intenso, enquanto a sub-bacia Trairi apresentar a menor pegada hídrica total entre as sub-bacias analisadas com um valor de 1.386.962.265,25 m³/ano, no ano de 2020, no mapa está identificada pela cor do azul anil intenso.

Considerando a pegada hídrica total por sub-bacia podemos afirmar que o Estado da Paraíba, no ano de 2020, possui um consumo hídrico para executar as atividades e produtos nos setores de abastecimento, agricultura irrigada, saneamento e pecuária chegando ultrapassar o saldo de volume armazenado nos reservatórios em operação. Como a pegada hídrica total leva em consideração toda água utilizada no desenvolvimento da vida e na produção de um produto, o valor no Estado da Paraíba chega a 732.304.197.396,39 m³/ano, se não fosse as precipitações anuais, o aporte das águas subterrâneas estaríamos num cenário de insustentabilidade ambiental.

Figura 15 – Pegada hídrica total nas sub-bacias do Estado da Paraíba.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

5 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos nessa pesquisa, foi visto que diversos setores demandam uma grande quantidade de água para realizarem suas atividades. Com o mapeamento da pegada hídrica total, foi analisado que a sub bacia do Rio Paraíba é a que apresenta maior consumo hídrico, devido a conter um nível maior de população, agricultura irrigada e pecuária. Sabendo que a água doce é um recurso que pode sofrer escassez, boas práticas devem ser adotadas com intuito de melhorar a sustentabilidade, não só dessa região, mas de forma geral, com medidas eficazes de diminuição de consumo hídrico podemos levantar a questão de intensificação de projetos que gerem aumento de criação de cisternas e reservatórios que consigam armazenar águas da chuva, por longos períodos, principalmente em épocas de estiagem, sabendo que a agricultura por sua vez é um dos setores muito importante no Brasil, não só por benefícios a população como também por razões econômicas, é viável que medidas que gere diminuição de desperdício de água sejam levadas em pauta, como segunda solução a esse problema podemos salientar, uso de tecnologias, como exemplo, o sistema de gotejamento que segundo a AESA (2020), essa técnica pode reduzir cerca de até 40% o consumo da água.

A pecuária por sua vez, demanda uma grande concentração de água devinda aos animais se alimentarem de cilagem, uma grande quantidade de água é utilizada pelos animais no consumo direto, o que faz com que esse setor tenha índices elevados de consumos hídricos,

como exemplo na pecuária pode ser citado a utilização de bebedouros, ou instalação de hidrômetros, como forma de boa prática do consumo da água. O consumo hídrico deve ser levando em consideração não apenas nos setores de agricultura e pecuária, mas também por empresas, população e gestores ambientais. Como forma de obter melhores resultados nessa pesquisa, esperamos que sirva de norte o que agora foi apresentado nesse estudo para que mais práticas sustentáveis sejam adotadas.

É importante evidenciar sobre a problemática de aquisição de informações hidroclimáticas e características socio-econômicas sobre as sub-bacias do Estado da Paraíba, foi preciso tomar como base o estudo de Silva e Vieira (2020) para estimar as componentes da pegada hídrica total através do coeficiente de ocupação de cada sub-bacia analisada. Com a continuidade desta pesquisa, os dados estimados poderão ficar mais precisos e parcimoniosos evidenciando um cenário de consumo hídrico cada vez mais próximo.

Os resultados sugerem que mais estudos venham a serem feitos em relação aos recursos hídricos da região das sub-bacias do Estado da Paraíba, levando em pauta que mais pessoas se interessem em pesquisar e mostrar por meio de diferentes formas, como o consumo hídrico vem se comportando anos após anos. É através de informações, pesquisas que podemos adequar o planeta e buscar uma realidade sustentável.

Portanto, os mapas que foram criados no QGIS nos ajudaram a atender a demanda populacional da agricultura e da pecuária em cada sub-bacia apresentada. Dentro da pegada hídrica azul observou-se o consumo ligado ao saneamento, pecuária e agricultura irrigada, na pegada verde observou as estimativas no setor da agricultura irrigada que está diretamente ligada aos plantios que são consumidos pelos animais, já a pegada cinza foi analisada, o setor de esgotos domésticos e como pode ser seu tratamento.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. F.; **Medições e Modelagem da Pegada Hídrica da Cana-De-Açúcar Cultivada no Brasil**; Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Campina Grande-PB, (2013).

ALLAN, J. A.; **Virtual water: A strategic resource global solutions to regional deficits. Ground Water**, v.36, p.545-546, (1998).

BNDES; **Criação da Pegada Hidrológica nas Empresas**; Plano de Desenvolvimento Econômico e Social do Banco (2011).

CARVALHO, D. M.; BERENGUER, M. E. M.; **Pegada Hídrica e Análise de Sustentabilidade do Tratamento de Água no Brasil: Um Estudo de Caso da ETA Laranjal**. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica,

Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

CANDIDO, L. L. T.; VIEIRA, A. S.; **Análise da Pegada Hídrica e Sua Sustentabilidade na Sub-Bacia do Rio do Peixe no Sertão Paraibano**. XIV Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande 2017.

CANDIDO, L. L. T.; ALVES, A. G. S.; **A Regulamentação Da Pegada Hídrica Como Instrumento De Garantia do Desenvolvimento Sustentável e Os Seus Impactos na Ordem Econômica**. Monografia apresentada ao Curso de Direito do Centro de Ciências Jurídicas e Sociais da Universidade Federal de Campina Grande 2018.

CIRNE, G. M. P.; VIEIRA, A. S.; **Análise da estimativa da pegada hídrica total: um estudo de caso de uma indústria de sovetes localizada no sertão paraibano**; Revista Brasileira de Gestão Ambiental; Vol.13 nº.02, p.25-35, abr./jun. (2019)

DRASTIG, K.; PROCHNOW, A.; KRAATZ, S.; KLAUSS, H.; PLOCHL, M.; **Water footprint analysis for the assessment of milk production in Brandenburg (Germany)**. Advances Geosciense, v.27, p.65- 70. (2010).

EMPINOTTI, V. L.; JACOBI, P. R.; **Novas práticas de governança da água? O uso da pegada hídrica e a transformação das relações entre o setor privado, organizações ambientais e agências internacionais de desenvolvimento**; Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 27, p. 23-36, jan./jun. (2013).

FERREIRA, F. F.; **Pegada Hídrica da Geração de Energia Hidrelétrica no Brasil – Um Estudo de Caso da AES Tietê S.A.**; Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro-RJ, (2014).

FREITAS, S. C.; CHAVES, H. M. L.; **Estimativa da Pegada Hídrica Cinza Relativa ao Fósforo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau (DF/GO)**; Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 19 n.3 – p. 141-149. Jul/Set (2014).

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.**; 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994. 207 p.

GAVIÃO, L. O.; BARRETO, M.; LIMA, G. B. A.; MEZA, L. A.; SOUZA, D. O. G.; VIEIRA, T. G.; **Avaliação de eficiência a partir de indicadores de sustentabilidade**. Revista Conhecimento e Diversidade, Niterói, v.8, n.16, p.68-83, jul./dez. 2016.

HOEKSTRA, A. Y.; MEKONNEN, M. M.; CHAPAGAIN, A. K.; MATHEWS, R. E.; RICHTER,

B. D.; **Global Monthly Water Scarcity: Blue Water Footprints versus Blue Water Availability**. PLoS ONE 7(2): e32688. doi:10.1371/journal.pone.0032688. Volume 7, Issue 2. (2012).

HOEKSTRA, A.Y; CHAPAGAIN, A.K.; **The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives**. Ecological Economics, v.70, p 749-758, (2011).

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN; M. M.; **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: estabelecendo o Padrão Global**; Tradução para português. (2011).

LEÃO, R. S.; **Pegada Hídrica: Visões e Reflexões Sobre sua Aplicação**; Revista Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XVI, n. 4 n p. 159-162 n out.-dez. 2013

LIMA, A. J. R.; **Governança dos recursos hídricos: proposta de indicador para acompanhar sua implementação.**; São Paulo: WWF - Brasil: FGV, (2014).

MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E.; SILVA, V. P. R.; **Regionalização da Pegada hídrica no Estado da Paraíba**. Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade. Vol.4, nº 1, p. 105-122, (2014).

PALHARES, J. C. P., MORELLI, M., NOVELLI, T. I.; **Water footprint of a tropical beef cattle production system: The impact of individual-animal and feed management**; Advances in Water Resources 149 (2021) 103853; DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2021.103853>.

PROCHNOW, A.; DRASTIG, K.; KLAUSS, H.; BERG, W. **Water use indicators at farm scale: methodology and case study**. Food and Energy Security, v.1, p.29-46, (2012).

PAB – **Programa Água Brasil; Pegada Hídrica de Bacias Hidrográficas**; Iniciativa da Agência nacional de Águas, Fundação Banco do Brasil e WWF-Brasil; publicado (2014).

SILVA, V. P. R.; ALEIXO, D. O.; DANTAS NETO, J.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E.; **Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.1, p.100–105, (2013).

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M.; **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Ed.rev. Atual - Florianópolis: Laboratório de Ensino da Distancia da UFSC, 2001.121P. (2009).

SILVA, L. R. P.; VIEIRA, A. S.; Análise da pegada hídrica e sua sustentabilidade na sub-bacia do rio gramame localizada no estado da paraíba; XVIII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande (2020).

VIEIRA, B.; JUNIOR, W. S.; **Contribuições para Abordagem Municipal da Pegada Hídrica: Estudo de Caso no Litoral de São Paulo**; Revista Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XVIII, n. 3 n p. 231-252 n jul.-set. (2015).