



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



LUNARA RAQUEL PAZ SILVA

**A PEGADA HÍDRICA TOTAL E SUA SUSTENTABILIDADE NA SUB-BACIA DO RIO
MAMANGUAPE LOCALIZADA NO ESTADO DA PARAÍBA**

SOUSA

2022

LUNARA RAQUEL PAZ SILVA

**A PEGADA HÍDRICA TOTAL E SUA SUSTENTABILIDADE NA SUB-BACIA DO RIO
MAMANGUAPE LOCALIZADA NO ESTADO DA PARAÍBA**

Projeto apresentado ao Curso de Administração, da Unidade Acadêmica de Ciências Contábeis do Centro de Ciências Jurídicas e Sociais, da UFCG, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Projeto de Pesquisa

Orientador:(a) Professor Dr. Allan Sarmiento Vieira

**SOUSA
2022**

S586p

Silva, Lunara Raquel Paz.

A pegada hídrica total e sua sustentabilidade na sub-bacia do rio Mamanguape localizada no Estado da Paraíba / Lunara Raquel Paz Silva. – Sousa, 2022.

27 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 Ambiental. 2. Pegada Hídrica. 3. Planejamento e Gerenciamento dos Recursos Hídricos. 4. Poluição. 5. Consumo. 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 **09:00** horas do dia **29/agosto/2022**, compareceu a aluna **Lunara Raquel Paz Silva** para defesa pública do Trabalho de Conclusão em forma de **Artigo** intitulado **A PEGADA HÍDRICA TOTAL E SUA SUSTENTABILIDADE NA SUB-BACIA DO RIO MAMANGUAPE LOCALIZADA NO 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)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.2.1 Objetivo geral	7
1.2.2 Objetivos específicos	7
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
3 METODOLOGIA	9
3.1 Classificação da pesquisa	9
3.1.1 <i>Quanto aos fins</i>	9
3.1.2 <i>Quanto aos meios</i>	10
3.2 Coleta e análise dos resultados	10
3.2.1 <i>Quanto a abordagem</i>	10
3.2.2 <i>Quanto a descrição da análise</i>	10
3.3 Descrição da área de estudos	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
4.1 Estimativa da Pegada Hídrica no abastecimento urbano e rural	12
4.2 Estimativa da pegada hídrica no saneamento	13
4.3 Estimativa da pegada hídrica na agricultura	15
4.4 Estimativa da pegada hídrica na pecuária	20
4.5 Estimativa da pegada hídrica total	22
4.6 Análise da sustentabilidade da pegada hídrica	22
5. CONCLUSÕES	24
6. REFERÊNCIAS	25

A PEGADA HÍDRICA TOTAL E SUA SUSTENTABILIDADE NA SUB-BACIA DO RIO MAMANGUAPE LOCALIZADA NO ESTADO DA PARAÍBA

Lunara Raquel Paz Silva¹
Allan Sarmento Vieira²

RESUMO: Essa pesquisa tem como objetivo principal analisar a pegada hídrica total e sua sustentabilidade ambiental na sub-bacia do rio Mamanguape-PB, referente ao ano de 2021, localizada no Estado da Paraíba. Nesta perspectiva, a pegada hídrica total numa determinada sub-bacia é calculada pelo somatório de todas as estimativas das componentes azul, verde e cinza dos principais setores usuários da água. Para tanto, esse estudo é classificado como exploratório e descritivo, uma vez que envolve pesquisa bibliográfica, coleta de dados e ainda estabelece relações entre variáveis para que se possa chegar ao resultado final através de métodos matemáticos. De acordo com a averiguação dos dados, ficou evidente que o saneamento e a pecuária são os setores que exercem a maior pressão sobre os recursos hídricos da sub-bacia. Ademais, com base na pegada hídrica total, a sustentabilidade ambiental na sub-bacia estudada pode ser considerada como insustentável porque apresentou no ano de 2021, altos índices de poluição que ultrapassou a capacidade de assimilação das vazões naturais disponíveis. Contudo, como a pegada hídrica total é um indicador multidimensional, acredita-se que a sua mensuração sirva de alerta sobre a real situação da sub-bacia estudada e norteie os fundamentos do planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos numa possível tomada de decisão.

Palavras-chaves: Consumo, poluição, pegada hídrica, sustentabilidade.

ABSTRACT: The main objective of this research is to analyze the total water footprint and its environmental sustainability in the sub-basin of the Mamanguape River-PB, located in the State of Paraíba, for the year 2021. In this perspective, the total water footprint in a given sub-basin is calculated by the sum of all estimates of the blue, green and gray components of the main water-using sectors. Therefore, this study is classified as exploratory and descriptive, since it involves bibliographical research, data collection and also establishes relationships among variables in order to arrive at the final result through mathematical methods. According to the data inquiry, it is evident that sanitation and the livestock are the sectors that exert the highest pressure on the sub-basin water sources. Furthermore, based on the total water footprint, environmental sustainability in the sub-basin studied can be considered unsustainable because it presented, in the year 2021, high levels of pollution that exceeded the assimilation capacity of the available natural flows. However, as the total water footprint is a multidimensional indicator, it is believed that its measurement serves as an alert about the real situation of the sub-basin studied and guides the fundamentals of planning and management of water resources in possible decision making.

Keywords: Consumption, pollution, water footprint, sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Os estudos em torno da água tem sido cada vez mais evidentes e importantes devido ao seu teor de escassez, estando diretamente relacionado ao crescimento populacional, a degradação do meio ambiente e o uso insustentável dos recursos hídricos em diversos setores produtivos, exigindo uma análise criteriosa que desenhe o mapa da escassez de água no mundo e os problemas gerados pelo homem ao meio ambiente. E para que seja possível remediar e controlar o mau uso desses recursos, analisou-se a necessidade de formalizar indicadores que mensurem e apresentem continuamente a minimização da escassez hídrica numa bacia hidrográfica.

Para (LIMA, 2014) é notória a necessidade de reduzir os níveis de escassez hídrica, com o uso de tecnologias eficientes, e que promova conseqüentemente o uso racional deste recurso estratégico para a sociedade. Dessa forma, na busca de ter uma ideia do consumo e da apropriação da água doce foi criado um indicador chamado pegada hídrica, que é um conceito que continua recente e tem por finalidade quantificar e qualificar quantos litros de água são utilizados no desenvolvimento das atividades humanas nos diferentes setores 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 considera 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 de importar água virtual para minimizar os problemas de escassez de água no oriente médio.

Albuquerque (2013) define as três componentes básicas utilizadas na determinação da pegada hídrica total, numa determinada entidade e por tipo de usos, são elas: a pegada azul que é definida como os volumes consuntivos de água doce retirados dos rios e lagos; a pegada verde que corresponde aos volumes de água resultantes do balanço hídrico do solo; e a pegada cinza que considera os volumes de efluentes (esgotos domésticos, industriais, entre outros) provenientes das atividades humanas.

Com base nesse contexto, a pegada hídrica total atua como uma importante ferramenta de gestão que permite auxiliar os gestores públicos em uma possível tomada de decisão que visem minimizar a vulnerabilidade dos sistemas hídricos. Assim, o que se pretende nesse estudo, é analisar a pegada hídrica total e seu nível de sustentabilidade na sub-bacia do Rio Mamanguape localizada no litoral paraibano, considerando a perspectiva ambiental. Para tanto, surge a seguinte problemática: **A pegada hídrica total mensurada, apresenta nível de insustentabilidade que venha comprometer o consumo de água na Sub-bacia do Rio Mamanguape/PB?**

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

Determinar a pegada hídrica total da sub-bacia do Rio Mamanguape, no ano de 2021, e analisar a sustentabilidade sob a óptica da perspectiva ambiental;

1.2.2 Objetivos específicos

Dentre eles, podem ser citados:

- Sistematizar e escolher uma metodologia apropriada para o cálculo da pegada hídrica total, na sub-bacia do Rio Mamanguape-PB;
- Coletar os dados necessários para contabilizar a pegada hídrica total da Sub-bacia do Rio Mamanguape-PB considerando as componentes azul, verde e cinza dos principais usuários da água;
- Analisar a sustentabilidade da pegada hídrica sob a perspectiva ambiental.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao levar em consideração os debates ambientais acerca do superconsumo, há uma teoria que vem sendo desenvolvida nos últimos anos, conhecida como a Pegada Hídrica, a qual se mostra relevante para os rumos que esses estudos devem tomar. O seu criador, Arjen Y, Hoekstra, introduziu o conceito de pegada hídrica em 2002 (Hoekstra,2003) onde produziu muitas pesquisas explicando em que se baseia o seu conceito de *Water Footprint*, trabalhado por ele e vários outros acadêmicos no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica.

A Pegada Hídrica é um indicador do uso da água em relação aos bens de consumo. O seu nome é uma analogia à Pegada de Carbono e à Pegada Ecológica, mas analisa o uso da água ao invés do uso da energia fóssil e da terra. A Pegada Hídrica de um produto é o volume de água doce utilizado para produzi-lo, medido através dos vários passos da cadeia de produção. O uso da água é medido em termos de volumes de água consumidos ou poluídos, e o seu consumo refere-se à água evaporada ou incorporada a determinado produto. (HOEKSTRA, 2015).

Para tanto, vários estudos vêm sendo desenvolvidas ao longo dos anos, envolvendo essa temática, merecendo destaques:

- Silva et al. (2013) que avaliaram na literatura inúmeros estudos sobre a pegada hídrica e constaram que existe um consenso que o método da pegada hídrica é capaz de monitorar as pressões antrópicas causadas sobre o meio ambiente;
- 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;

- Hoekstra et al. (2011) desenvolveram um manual para padronizar a avaliação da pegada hídrica, que nas quais, estabelecem os objetivos e os escopos da avaliação como: a contabilização, a sustentabilidade e a formulação de respostas da pegada hídrica;
- Vieira e Junior (2015) desenvolveram um trabalho no Litoral Norte de São Paulo e constataram intensas transformações sociais, econômicas e ambientais motivadas pela intervenção do homem devido à instalação da infraestrutura do pré-sal. E concluíram que a pegada hídrica total da região chega a 400 Mm³ de água/ano em 2012, sendo que a maior contribuição foi dada pela água cinza, que representou 85% da Pegada Hídrica total;
- 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;
- Cirne e Vieira (2019) analisaram a pegada hídrica total em uma indústria de sorvetes localizada no sertão paraibano e observaram com base nos resultados que a pegada hídrica do produto possuía uma variação expressiva quando ocorria mudança no tipo de insumo na receita do sorvete. Para tanto, uma alternativa para a indústria analisada seria adotar insumos que necessitam de pouca água no seu processo produtivo;
- Palhares et al (2021) analisaram a pegada hídrica de um sistema de produção de carne bovina considerando o impacto individual de cada animal e o manejo alimentar e concluíram que a geração de informação sobre a pegada hídrica do gado de corte pode tornar o produto mais eficiente, quando considerado o consumo de água, podendo agregar valor já que impacta diretamente na sustentabilidade presente e futura.

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)	$PH_{verde} = \frac{DHC_{verde}}{Y}$ $PH_{azul} = \frac{CA_{azul}}{Y}$ $PH_{cinza} = \left(\frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \right) \frac{1}{Y}$	$PH_{verde} = \frac{DHC_{verde}}{Y}$ $PH_{azul} = \frac{CA_{azul}}{Y}$ $PH_{cinza} = \left(\frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \right) \frac{1}{Y}$	NA $PH_{azul} = \frac{CA_{azul}}{Y}$ $PH_{cinza} = \left(\frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \right) \frac{1}{Y}$	NA NA $PH_{cinza} = \left(\frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \right) \frac{1}{Y}$
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}
Análise da Sustentabilidade	$EA_{verde} = \frac{\Sigma PH_{verde}(x,t)}{DA_{verde}(x,t)}$ $EA_{azul} = \frac{\Sigma PH_{azul}(x,t)}{DA_{azul}(x,t)}$ $NPA(x,t) = \frac{\Sigma PH_{cinza}(x,t)}{Q_{atual}(x,t)}$	$EA_{verde} = \frac{\Sigma PH_{verde}(x,t)}{DA_{verde}(x,t)}$ $EA_{azul} = \frac{\Sigma PH_{azul}(x,t)}{DA_{azul}(x,t)}$ $NPA(x,t) = \frac{\Sigma PH_{cinza}(x,t)}{Q_{atual}(x,t)}$	NA $EA_{azul} = \frac{\Sigma PH_{azul}(x,t)}{DA_{azul}(x,t)}$ $NPA(x,t) = \frac{\Sigma PH_{cinza}(x,t)}{Q_{atual}(x,t)}$	NA NA $NPA(x,t) = \frac{\Sigma PH_{cinza}(x,t)}{Q_{atual}(x,t)}$
Pegada Hídrica da Bacia ou Sub-bacia (PHB)	$PHB = PHT_{abastecimento} + PHT_{pecuária} + PHT_{agricultura} + PHT_{saneamento}$			

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).

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da Pesquisa

3.1.1. Quanto aos fins

O presente trabalho a ser realizado pode ser classificado como exploratório e descritivo. Isto porque, envolve pesquisa bibliográfica, estudo de caso e ainda estabelece relações entre variáveis. As observações serão estabelecidas de forma diretas, porque se utiliza de instrumentos com finalidade de obter dados que evidenciaram o alcance dos objetivos propostos. Para Silva e Menezes (2001) a pesquisa descritiva tem como objetivo principal descrever as características de uma determinada população ou fenômeno e bem como o estabelecimento de relações entre as variáveis, usando-se da coleta de dados ou qualquer

modalidade de tratamento ou evidenciação no estudo.

3.1.2 Quanto aos meios

Para o desenvolvimento desta pesquisa optou-se pelo método hipotético-dedutivo. Isso porque essa opção se configura como o melhor método a ser escolhido pelo pesquisador pois permite propor uma hipótese e assim, por meio da dedução, sua comprovação ou não. O material documentado e coletado, bem como, as respectivas análises dos resultados será organizado na forma de um relatório final. Segundo Popper, K. apud Gil (1994), só o conhecimento é insuficiente para explicar uma determinada situação e as dificuldades do problema, assim são formuladas hipóteses que inferem as consequências a serem 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, 2021), entre outros. Foi utilizado o modelo chuva-vazão SMAP para estimar as vazões naturais com base nas precipitações observadas no ano 2021.

3.2.2 – Quanto à descrição da análise e obtenção dos resultados

Para colocar em ação os objetivos específicos propostos, será feita inicialmente uma pesquisa bibliográfica e exploratória para entender os conceitos da pegada hídrica e levantar os principais métodos disponíveis que permitem conhecer o nível de sustentabilidade da sub-bacia do Rio Mamanguape-PB.

Assim, inferiu-se a seguinte hipótese: “Será que a pegada hídrica analisada consegue evidenciar o padrão de consumo e conhecer conseqüentemente o nível de sustentabilidade ambiental da sub-bacia do Rio Mamanguape-PB?”. 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 estudada, considerando, quatro fases distintas: definição de objetivo e escopo de avaliação como: contabilização da pegada hídrica; a sustentabilidade; e a formulação de resposta à pegada hídrica.

Com relação aos objetivos e área de estudo já foram definidos, que é a sub-bacia do Rio Mamanguape (escala espacial), e análise da pegada hídrica total será realizada no ano de 2021 (escala temporal) e terá como base os múltiplos usuários da água. A fase de contabilização é fase em que serão coletados os dados e quantificados as diferentes componentes da pegada hídrica (azul, verde e cinza), podendo utilizar as metodologias propostas por Hoekstra et al. (2011), disponível no Manual da Pegada Hídrica.

Terminado a fase da contabilização, o próximo passo é a avaliação da sustentabilidade (pressões antrópicas) sob a perspectiva ambiental. A sustentabilidade em uma bacia hidrográfica será quantificada considerando os impactos primários e secundários a partir da definição dos seus pontos críticos.

Com a determinação do nível de sustentabilidade, a fase final será de mapear a pegada hídrica total na sub-bacia analisada, considerando as opções de respostas, que serão feitas através de gráficos. É importante lembrar ainda, que o retorno as fases anteriores (feedback) e a interação entre as mesmas podem ser feitas quantas vezes for necessárias.

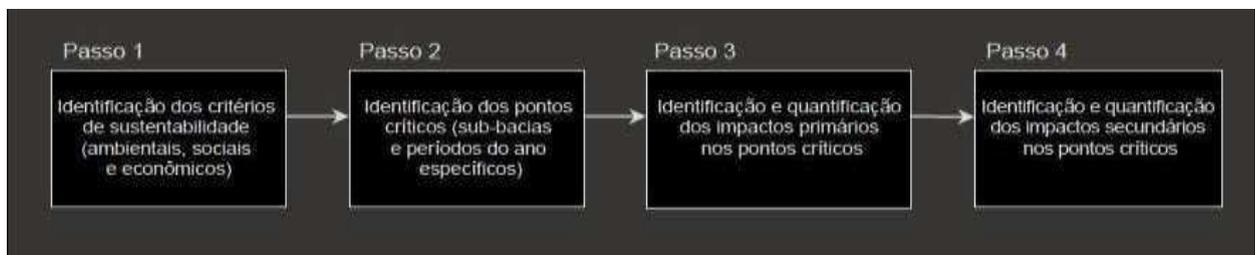


Figura 03 – Passos para avaliação da Sustentabilidade. Fonte: Hoekstra et al. (2011).

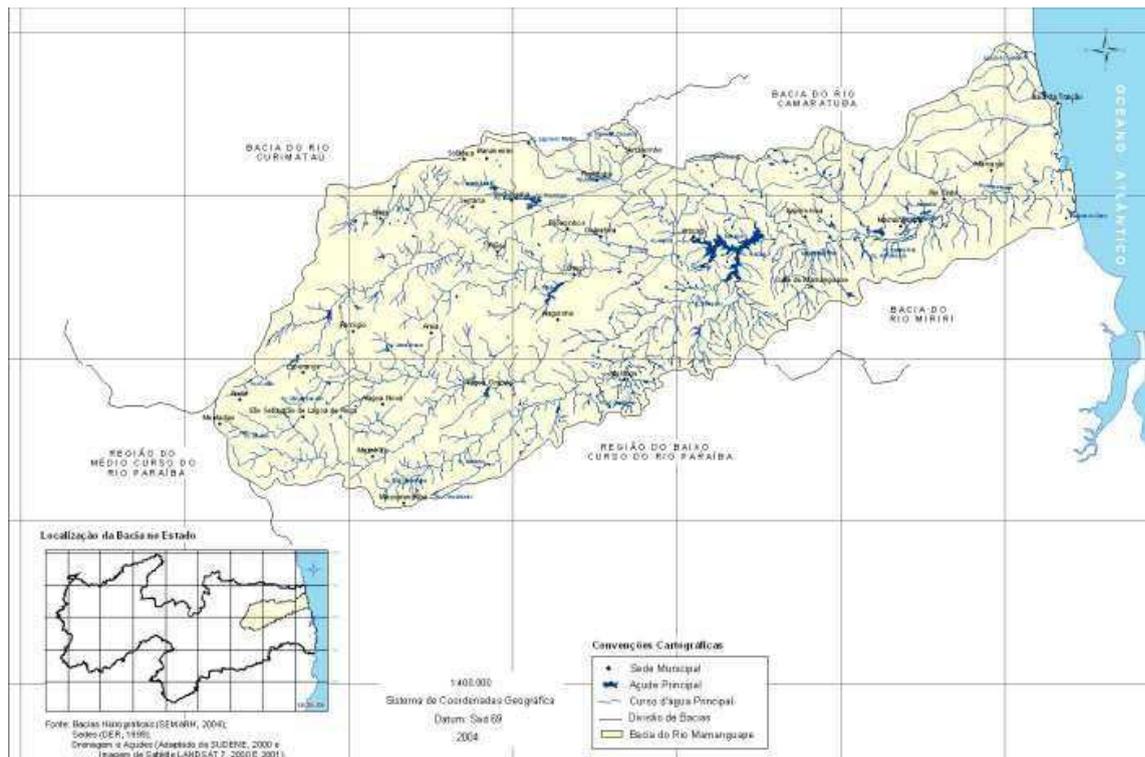
3.3– Descrição da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Rio Mamanguape situa-se no extremo leste do Estado da Paraíba, entre as latitudes 6°41'57'' e 7°15'58'' sul e longitudes 34°54'37'' e 36° a oeste de Greenwich. Limita-se ao norte com a bacia do Rio Curimataú, a oeste com as bacias do Curimataú e do Paraíba, ao sul com a do rio Paraíba e a leste com o Oceano Atlântico. Seu principal rio é o Mamanguape de regime intermitente, que nasce na microrregião do Agreste da Borborema e desemboca no Oceano Atlântico no município de Rio Tinto. Recebe contribuições de cursos d'água como os rios Guariba, Guandu, Araçagi, Saquaiba e o riacho Bloqueio.

A bacia do rio Mamanguape drena uma área de 3.525,00 km². No interior desta bacia,

distribuem-se completa e parcialmente 42 municípios, destes, podemos afirmar que 10 situam-se em áreas consideradas de risco de inundação ribeirinha por estarem próximos ao Baixo e Médio Curso do Rio Mamanguape e do Rio Araçagi: Alagoa Grande, Araçagi, Cuité de Mamanguape, Cuitegi, Guarabira, Itapororoca, Mamanguape, Marcação, Mulungu, Rio Tinto, conforme mostrado na Figura 3. A precipitação média mensal 782,2 mm e com relação a evapotranspiração anual é de aproximadamente 2.000,00 mm.

Figura 04 – Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape.



Fonte: (SEMARH,2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estimativa da Pegada Hídrica no abastecimento urbano e rural

A pegada Hídrica Azul do abastecimento foi calculado com base em dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), como também pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) e dados do Sistema Nacional de Informações sobre saneamento (SNIS 2016). Desta feita, foi levada em consideração o conjunto urbano e rural, utilizando-se apenas a componente azul. Por conseguinte, na égide dos dados, disponibilizado em sites oficiais, outrora mencionados, foi possível estimar a pegada hídrica azul consumido pelo setor de abastecimento, como possível observar na tabela 01.

Tabela 01 – Pegada hídrica azul no abastecimento.

População abastecida	Cons. médio per capita de água (l/hab/dia)	Índice de perdas na distribuição (%)	Pegada hídrica azul (m³/ano)
614.105	87	0,36	26.521.229,81

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Correspondentemente, é atual mencionar que o consumo médio per capita é a média diária por indivíduo dos volumes de água utilizados para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial. Assim, o índice de perdas por distribuição foi mitigado com o objetivo de incorporar a água que é perdida ao longo da rede de distribuição antes de chegar aos estabelecimentos.

Vale salientar que o consumo médio per capita de água, bem como o índice de perdas na distribuição foram constatados com base na síntese do método de estimativa das vazões associadas ao uso humano, presente no manual do uso consutivo da água, onde foram feitos comparativos adotando o coeficiente técnico por meio de grupos e população com as cidades analisadas da sub-bacia do rio Mamanguape.

Portanto, a pegada hídrica azul do abastecimento na sub-bacia do rio Mamanguape, que corresponde a somatória dos 42 municípios integrantes da bacia, é de 26.521.229,81 m³/ano.

4.2 Estimativa da pegada hídrica no saneamento

A pegada hídrica do setor de saneamento envolveu apenas a componente cinza, pois se refere somente à coleta e ao tratamento de esgoto doméstico dos municípios que lançam efluentes na sub-bacia estudada. Visto que o rio Mamanguape recebe esgotos domésticos e industriais brutos ou com tratamentos deficientes, foram considerados os dados de esgotos não tratados, para o cálculo da pegada cinza, assim como também foram considerados a população do ano de 2021, cota per capita (litro/habitante/dia), perdas da rede de abastecimento, a vazão média de esgoto (m³/ano), concentração média padrão dos esgotos (Kg/m³), carga poluente do esgoto não tratado (kg/ano), concentração média natural (kg/m³) e a concentração máxima permitida (kg/m³).

Para calcular o volume de esgoto não tratado que é lançado nos rios, foi utilizado o valor de consumo per capita de água do município e o percentual da população que não é atendida pela rede de esgotamento sanitário. Com todos esses dados, pode-se obter a pegada hídrica cinza do setor de saneamento de cada cidade.

Tabela 02 – Pegada hídrica cinza de cada município no ano de 2021 em m³/ano.

Alagoa Grande	31.003.867,86
Alagoa Nova	22.929.579,84
Alagoinha	15.979.269,41
Algodão de Jandaíra	2.826.874,65
Araçagi	18.412.915,75
Arara	14.869.491,73
Areia	24.569.123,44
Areial	7.705.090,33
Baía da Traição	10.045.891,09
Bananeiras	23.178.624,44
Barra de São Miguel	6.657.573,80
Belém	19.369.771,31
Capim	7.334.800,33
Casserengue	8.225.025,54
Cuité de Mamanguape	6.947.033,53
Cuitegi	7.370.846,26
Curral de Cima	5.689.795,23
Duas Estradas	3.898.421,80
Esperança	36.467.556,81
Guarabira	64.870.656,30
Itapororoca	20.729.685,89
Juarez Távora	8.753.699,16
Lagoa Seca	30.287.318,49
Mamanguape	49.574.074,93
Marcação	9.553.263,40
Mari	23.915.927,52
Massaranduba	15.376.319,33
Matinhas	4.945.938,33
Montadas	6.341.898,84

Coco da baía	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Goiaba	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Banana	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Amendoim (com casca)	0	0,65	0,68	0,75	0,58	0	0	0,65	0,68	0,75	0,58	0
Batata-doce	0	0,5	0,8	1,2	0,75	0	0	0,5	0,8	1,2	0,75	0
Mandioca	0	0,4	0,98	0,69	0	0	0	0,4	0,98	0,69	0	0
Milho	0	0,7	1,1	0,95	0,95	0	0	0,7	1,1	0,95	0,95	0
Cana-de- açúcar	0	0,4	1,25	1,25	0,75	0	0	0,4	1,25	1,25	0,75	0
Feijão	0,7	1,1	0,9	0	0	0	0	0,7	1,1	0,9	0	0
Abacaxi	0	0,07	0,13	0,13	0,51	0	0	0,07	0,13	0,13	0,51	0
Algodão	0	0,39	0,65	0,65	1,16	0	0	0,35	0,65	0,65	1,16	0
Arroz	0	0,7	0,90	1,24	0,90	0	0	0,7	0,90	1,24	0,90	0
Cebola	0	0,5	0,85	1,05	0,75	0	0	0,5	0,85	1,05	0,75	0
Tomate	0	0,37	0,72	1,03	1,1	0,75	0	0,37	0,72	1,03	1,1	0,75
Tangerina	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Urucum	0	0,96	1,24	1,24	0,7	0	0	0,96	1,24	1,24	0,7	0
Agave	0	0	0,7	1,05	0,95	0	0	0,7	1,05	0,95	0	0
Pimenta do reino	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batata inglesa	0	0,43	1,15	0,75	0,6	0	0	0,43	1,15	0,75	0,6	0
Fava	0,7	1,1	0,9	0	0	0	0	0,7	1,1	0,9	0	0
Melancia	0	0	0	0,67	0,91	0,98	0,82	0	0,67	0,91	0,98	0,82
Laranja	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Abacate	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Mamão	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Maracujá	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Limão	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Castanha de Caju	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Fonte: Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados. aspersão e gotejamento (GOMES, 1999); EMBRAPA, TROPICAL 2016.

Os dados de evaporação média mensal, foram coletados no Plano Estadual de Recurso Hídricos da Paraíba (2021) para o posto climatológico localizada na cidade de Areia/PB, onde se utilizou coeficientes para a análise mensal, conforme mostrado na tabela 04. As maiores taxas evaporimétricas correspondem, respectivamente, aos trimestres outubro-dezembro e fevereiro-abril.

Tabela 04 – Evaporação média mensal em Areia (mm).

EVAPORAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm) - Estação climatológica de Areia-PB											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
133,3	120,7	121,5	101,1	92,7	75,6	82,2	94,2	110,1	140,1	143,1	139,2

Fonte: PERH/PB (2021).

Para o cálculo da precipitação efetiva (Pefet) tomou-se em consideração a precipitação média mensal conforme os dados meteorológicos disponibilizados pelo site da AESA no ano de 2021 constados na tabela 05. É importante lembrar as vazões naturais foram estimadas através do software SMAP – MODELO CHUVA-VAZÃO.

Tabela 05 – Precipitação média mensal (mm).

PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm) - Estação climatológica AESA-PB 2021											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
64,7	85,6	143,6	160,3	163	174,5	153,5	90,8	52,2	21,7	23	35,2

Fonte: AESA (2021).

Com a Etverde definida, pôde-se estimar o volume de água verde destinado a agricultura, no entanto, como a pegada hídrica verde é o volume da água da chuva que fica armazenada no solo, considerou-se a área plantada de cada cultura durante o ano de 2021. Os resultados da pegada verde para as diferentes culturas consideradas no plano agrícola podem ser observados através da tabela 06 a seguir:

Tabela 06 – Pegada hídrica verde da irrigação no ano de 2021 em m³/ano.

CULTURAS	TOTAL (M/ANO)	ÁREA PLANTADA (M²ANO) - (2020/2021)	PEGADA HÍDRICA VERDE (M³/ANO) (2021)
Manga	0,53	603.000	319.807,08
Coco da baía	0,51	1.101.000	564.570,78
Goiaba	0,49	57.000	27.951,09
Banana	0,60	8.973.000	5.389.901,64
Amendoim (com casca)	0,33	8.000	2.651,77
Batata-doce	0,38	2.091.000	797.434,22

Mandioca	0,27	7.265.000	1.926.234,84
Milho	0,39	12.877.000	5.063.880,25
Cana-de-açúcar	0,37	34.220.000	12.727.957,90
Feijão	0,23	20.900.000	4.893.944,00
Fava	0,23	5.364.000	1.256.034,24
Melancia	0,33	50.000	16.642,30
Laranja	0,51	629.000	322.538,62
Abacate	0,55	74.000	40.547,56
Mamão	0,55	377.000	206.573,38
Maracujá	0,53	185.000	98.116,60
Limão	0,49	232.000	113.765,84
Abacaxi	0,28	5.101.000	1.428.601,36
Algodão	0,35	81.000	28.729,08
Arroz	0,40	22.000	8.707,82
Cebola	0,38	47.000	17.924,16
Tomate	0,47	51.000	23.816,18
Tangerina	0,56	1.827.000	1.020.357,58
Urucum	0,38	358.000	135.062,66
Agave	0,35	304.000	105.893,84
Pimenta do reino	0,53	51.000	27.048,36
Batata inglesa	0,33	36.000	12.004,24
Castanha de Caju	0,44	1.388.000	614.967,28

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Portanto, a Pegada Hídrica Verde total na agricultura irrigada foi obtida pela soma de todo volume de água absorvido pelas culturas da região no ano de 2021, totalizando o valor de 37.191.665 m³. Vale ressaltar que esse valor da pegada hídrica é com a irrigação em pleno funcionamento. A evapotranspiração de água azul, ou a evapotranspiração da água irrigada no campo, é igual à evapotranspiração total da cultura menos a precipitação efetiva, e será igual a zero quando esta exceder a evapotranspiração da cultura.

Já a Pegada Hídrica Azul Total na agricultura irrigada, que é o volume de água que deve ser aplicada, ou seja, é o volume de água complementar que será aplicado, está calculado na tabela 07 a seguir, onde mostra os resultados da pegada azul da agricultura irrigada.

Tabela 07 – Pegada hídrica azul da irrigação no ano de 2021 em m³/ano.

CULTURAS	TOTAL (M/ANO)	ÁREA PLANTADA (M²ANO) - (2020/2021)	PEGADA HÍDRICA VERDE (M³/ANO) (2021)
Manga	0,55	603.000	333.266,04
Coco da baía	0,50	1.101.000	553.329,57
Goiaba	0,46	57.000	26.065,53
Banana	0,75	8.973.000	6.757.745,76
Amendoim (com casca)	0,28	8.000	2.266,93
Batata-doce	0,38	2.091.000	789.676,61
Mandioca	0,21	7.265.000	1.556.286,51
Milho	0,47	12.877.000	5.988.963,93
Cana-de-açúcar	0,48	34.220.000	16.489.420,30
Feijão	0,41	20.900.000	8.661.169,00
Fava	0,41	5.364.000	2.222.895,24
Melancia	0,42	50.000	20.819,00
Laranja	0,50	629.000	316.116,53
Abacate	0,60	74.000	44.606,46
Mamão	0,60	377.000	227.251,83
Maracujá	0,55	185.000	102.245,80
Limão	0,46	232.000	106.091,28
Abacaxi	0,19	5.101.000	973.893,12
Algodão	0,317	81.000	24.803,09
Arroz	0,40	22.000	8.862,00
Cebola	0,35	47.000	16.593,59
Tomate	0,45	51.000	22.858,05
Tangerina	0,63	1.827.000	1.156.227,91
Urucum	0,58	358.000	207.771,03
Agave	0,25	304.000	74.654,80
Pimenta do reino	0,55	51.000	28.186,68
Batata inglesa	0,35	36.000	12.516,34
Castanha de Caju	0,37	1.388.000	512.477,36

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Portanto, a Pegada Hídrica Azul total na agricultura irrigada na sub-bacia do rio Mamanguape foi obtida pela soma de todo o consumo de água azul nas diferentes culturas, totalizando o valor de 47.237.060,27 m³/ano em 2021. Este é o valor da pegada hídrica azul total considerando que a irrigação esteja funcionando na sua plenitude.

4.4 Estimativa da pegada hídrica na pecuária

A pegada hídrica da pecuária foi calculada com base nas informações do rebanho fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram coletadas informações a respeito do número de cabeças por município abastecido pela sub-bacia, o peso médio de cada tipo de animal e o consumo de água por dia.

Entretanto, em virtude da falta dos dados referente ao ano pandêmico de 2021 no site do IBGE, foi-se feito uma média móvel entre os anos de 2010 a 2020 de cada rebanho, em cada cidade, utilizando os primeiros 3 anos para que fosse possível chegarmos a dados precisos de 2021.

Com essas informações, calculou-se a Pegada Hídrica azul relacionado ao uso direto da água para a dessedentação animal e o componente verde referente ao consumo indireto pela alimentação por pastoreio ou ração específica. Dessa forma, a Phazul na dessedentação animal foi contabilizada com base no quantitativo dos principais tipos de animais criados na área da sub-bacia no ano de 2021, conforme a tabela 08.

Tabela 08 – Peso médio dos rebanhos, consumo hídrico e Phazul por categoria.

CATEGORIAS	Nº DE CABEÇAS (UND)	PESO MÉDIO POR ANIMAL (KG)	CONS. DE ÁGUA MÉDIO (L/DIA)	PEGADA HÍDRICA AZUL (M ³ /ANO) – 2020
Bovinos	237.342	200	20	1.732.596,60
Caprinos	44.442	50	3	48.663,99
Equinos	13.658	380	18	89.733,06
Galináceos	3.086.767	2,53	0,23	259.134,09
Ovinos	59.944	60	3	65.638,68
Suíno	44.461	161,59	5	81.141,33
Bubalino	341	550,00	55	6.845,58
Codorna	63.720	0,12	0,066	1.535,01

Fonte – Adaptado de pesquisa pecuária municipal (IBGE-WEBSITE), EMATER e EMBRAPA; dados obtidos para 2021.

Assim, a Pegada Hídrica Azul da pecuária foi obtida pela soma do consumo de água azul pelos diferentes tipos de animais, totalizando, pois 2.285.288,33 m³ para o ano de 2021.

Para além, a Phverde no consumo de alimentos pelos animais foi estimada a partir do consumo total de silagem. Sendo assim, foram consideradas como bases para a silagem (ração) o milho, como mostra a tabela 09 a seguir:

Tabela 09 – Consumo médio dos rebanhos por tipo de silagem.

CATEGORIAS	CONSUMO MÉDIO DE SILAGEM (Kg/Cabeça/dia)	TIPO DE SILAGEM
Bovinos	15	MILHO
Caprinos	2,94	MILHO
Equinos	7	MILHO
Galináceos	0,13	MILHO
Ovinos	2,92	MILHO
Suíno	3,2	MILHO
Bubalino	41,25	MILHO
Codorna	0,02594	MILHO

Fonte: Adaptado de Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE-WEBSITE), EMBRAPA e EMATER; dados obtidos para 2021.

Para estimar o volume de água em m³/ano utilizada na produção da silagem para o consumo dos animais, foi considerada a produtividade do milho (ton/há), como também o consumo total por animal das categorias (ton/ano) e a área a ser plantada (há) de acordo com a tabela 10. Vale ressaltar que para obtenção desses dados também foi considerado a evaporação mensal média do milho, como também o seu coeficiente de cultivo e a evaporação real através de dados disponibilizados pela SUDENE 1990, ANA 2020 e AESA 2020.

Tabela 10 – Tipos de silagem consumida – Phverde.

TIPO DE SILAGEM	CONS. TOTAL DE SILAGEM (TON./ANO)	PRODUTIVIDADE MÉDIA (TON./ha)	ÁREA A SER PLANTADA (M ² /ANO)	EVAPOTRANSPIRAÇÃO TOTAL (Etverde) (M/ANO)	PEGADA HÍDRICA VERDE (M ³ /ANO) - 2020
MILHO	1.650.057,70	35	471.445.056,04	0,43	183.863.571,85

Fonte: ASPERSÃO E GOTEJAMENTO (GOMES 1999)

A área a ser plantada foi definida com base no consumo total de silagem e na produtividade média da cultura, assim, a produtividade do milho adotada foi de 35 (ton./há). Sendo assim, a Pegada Hídrica verde total obtida no ano 2021 para o consumo de silagem pelos

animais da sub-bacia do Rio Mamanguape foi de 183.863.571,85 m³.

4.5 Estimativa da pegada hídrica total

Após a contabilização das pegadas hídricas de cada setor considerado na pesquisa: abastecimento, saneamento, agricultura e pecuária, obteve-se o valor da pegada hídrica total da sub-bacia do Rio Mamanguape no sertão paraibano no ano de 2021. O cálculo da pegada hídrica total foi feito por meio do somatório de todas as estimativas das componentes azul, verde e cinza dos principais setores usuários de água nas bacias. A tabela 11 a seguir demonstra detalhadamente o valor obtido para cada setor e para cada tipo de água, e ao final a soma de todos para obtenção do resultado final.

Tabela 11 – Pegada hídrica total na sub-bacia do rio Mamanguape.

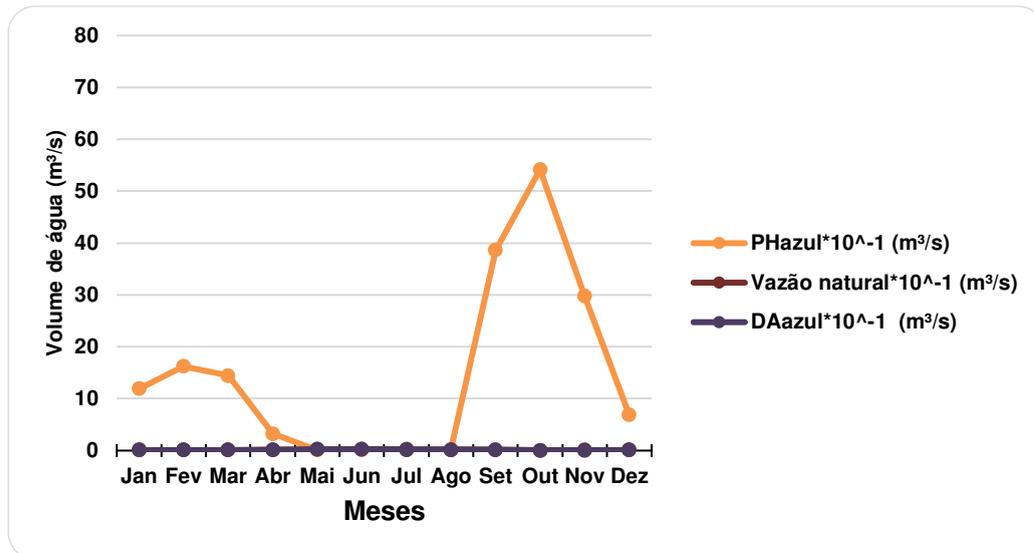
SETORES DA ÁGUA CONSIDERADOS	PH AZUL (M³/ANO)	PH VERDE (M³/ANO)	PH CINZA (M³/ANO)	TOTAL POR SETOR (M³/ANO)
ABASTECIMENTO HUMANO	26.521.229,81			26.521.229,81
SANEAMENTO			670.787.425,00	670.787.425,00
AGRICULTURA IRRIGADA	47.237.060,00	37.191.665,00		84.428.725,00
PECUÁRIA	2.285.288,33	183.863.571,85		186.148.860,18
PEGADA HÍTRICA TOTAL	76.043.578,14	221.055.236,85	670.787.425,00	967.886.239,99
PEGADA HÍDRICA DA SUB-BACIA DO RIO TAPEROA (2017)		967.886.239,99		

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

4.6 Análise da sustentabilidade da pegada hídrica

Os níveis de sustentabilidade da pegada hídrica na sub-bacia do Rio Mamanguape foi analisada sob a perspectiva ambiental. As Figuras 02 e 03 a seguir mostram a análise da sustentabilidade quando considerado a pegada hídrica azul (nível de escassez) e pegada cinza (nível de poluição) da sub-bacia estudada. A pegada azul dentro de um período específico, em uma dada sub-bacia, torna-se um ponto crítico quando ela excede a disponibilidade de água azul.

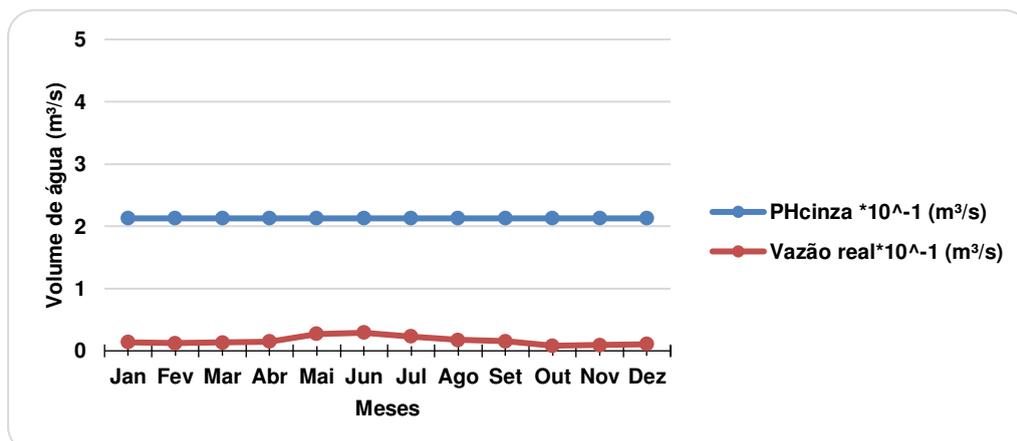
Desse modo, com os resultados obtidos, aplicados por meio da equação 08, foi possível a elaboração de um gráfico para facilitar a melhor compreensão dos dados, conforme disposto na figura 02, referente a sustentabilidade ambiental azul na sub-bacia do Rio Mamanguape no ano de 2021.

Figura 02 – Análise gráfica da sustentabilidade ambiental da pegada hídrica azul.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Conforme observado na figura 1 o consumo de água total apresenta-se insustentável ao longo do ano, pois o consumo de água azul é superior a demanda de água azul, sendo possível a visualização de menores precipitações e maiores índices de evaporação.

Observa-se que a pegada azul, nos meses de setembro a novembro, há um aumento gradativo, perpassando ainda mais a disponibilidade de água que a sub-bacia oferece. Nessa perspectiva, os municípios são condicionados a passar dias sem água, em racionamento e até mesmo sendo abastecidos por carros pipas. A disponibilidade de água durante os meses do ano são muito baixas e vão diminuindo gradativamente. Ao observar os resultados, pode-se afirmar que há a necessidade de um planejamento consistente para o uso adequado da água durante todo o ano, para que seja possível administrar a quantidade de água de forma eficiente, de modo que as dificuldades enfrentadas com a falta da disponibilidade da água sejam sanadas.

Figura 03 – Análise gráfica da sustentabilidade ambiental da pegada hídrica cinza.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Ao analisar a sustentabilidade da pegada hídrica cinza, nota-se que o escoamento da água disponível não é suficiente para assimilar os efluentes gerados no decorrer do ano, tornando-a insustentável, uma vez que há dificuldade na assimilação dos corpos hídricos prolongando-se por meses consecutivos, sendo o nível de poluição da água superior a demanda de água cinza.

Por sua vez, não foi possível realizar a análise da sustentabilidade da pegada hídrica verde, uma vez que não dispõe de dados suficientes para complementar a avaliação.

5 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos nessa pesquisa, conseguimos averiguar o quanto os setores acima estudados: abastecimento, saneamento, irrigação e pecuária demandam uma grande quantidade de água para o destino de suas atividades, sendo necessário a adoção de práticas eficientes no uso da água, bem como reduções nas taxas de consumo.

Ao longo da pesquisa, nota-se a importância da pegada hídrica para a análise do volume de água utilizado em uma bacia hidrográfica, visto que ainda se configura como um termo recente e que requer alguns estudos aprofundados para o aperfeiçoamento de seus métodos, mas se mostra eficaz no que diz respeito a medição dos níveis de sustentabilidade. Essa eficácia sugere uma melhor compreensão do manuseio da água, líquido esse que é um recurso imprescindível para a vida humana na terra, assim como a produção de bens e serviços, mas tem sofrido ameaças de escassez ao longo do tempo, sendo necessário adotar medidas rápidas de prevenção para que tenhamos esse recurso em abundância para as futuras gerações.

Sendo assim, algumas medidas como a precisão no monitoramento da vazão real dos rios da região, o incentivo ao cadastro de outorga pelo uso da água para verificar a demanda real de água na sub-bacia, criação de políticas públicas relacionadas as reduções de desperdício de poluição da água, adoção de um sistema de esgotamento sanitário nas sedes municipais para promover a remoção de poluidores da água e devolvê-los aos corpos hídricos em boas condições e de acordo com os parâmetros exigidos pelos órgãos ambientais, ampliação do uso de tecnologias sociais para captação e armazenamento de água, ferramentas de gestão baseadas em indicadores de sustentabilidade do uso da água, entre outros, tornam viável o alcance da sustentabilidade sobre a perspectiva ambiental.

Acredita-se que os resultados dessa pesquisa possam servir de norte para planejamentos de uso eficiente da água, como também, alertar principalmente a população, empresas e gestores ambientais sobre a quantidade de água utilizada para os diversos setores da sociedade e o efeitos negativos do mau uso desse recurso, sendo possível, com o uso consciente, minimizar os impactos nos corpos hídricos para que não se tornem ainda mais escassos.

Vale ressaltar ainda que não foi possível considerar o setor industrial pela falta de dados

disponíveis e a impossibilidade de encontrá-los, mas espera-se que pesquisas futuras a serem realizadas possam considerar outros setores, levantando novas pautas e análises de diferentes óticas e perspectivas, para que tenhamos dados cada vez mais concretos e caminhemos para a mudança da realidade do planeta, bem como a adaptação de novas práticas que venham a ser cada vez mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AESA. MONITORAMENTO. DISPONÍVEL EM:

<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/sort.do?layoutCollection=0&layoutCollectionProperty=&layoutCollectionState=7&pagerPage=1>

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA - AESA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba**. Resumo Estendido. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Brasília-DF, 2006

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).

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).

Estimativas das Vazões para as Atividades de Uso Consuntivo da Água em Bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN. Brasília: ONS: FAHMA-DZETA: ANA: ANEEL: MME, 2005

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

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).

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

População projetada para o ano de 2019. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-depopulacao.html?=&t=resultados>. Acesso em 10 abr.

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).

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).

SNIS, SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO.

Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2019