



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE-UFCG
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E SOCIAIS-CCJS
UNIDADE ACADÊMICA CIÊNCIAS CONTÁBEIS-UACC
BACHARELADO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS

JOSÉ ABRANTES DE SÁ NETO

**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DA PEGADA HÍDRICA TOTAL NA SUB-
BACIA DO RIO PIANCÓ NO SERTÃO PARAIBANO**

SOUSA - PB

2018

JOSÉ ABRANTES DE SÁ NETO

**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DA PEGADA HÍDRICA TOTAL NA SUB-
BACIA DO RIO PIANCÓ NO SERTÃO PARAIBANO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Contábeis do Centro de Ciências Jurídicas e Sociais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Contábeis.

Orientador: Professor Dr. Allan Sarmiento Vieira.

SOUSA-PB

2018

DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE

Por este termo, eu, abaixo assinado, assumo a responsabilidade de autoria do conteúdo do referido Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado: **“ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DA PEGADA HÍDRICA TOTAL NA SUB-BACIA DO RIO PIANCÓ NO SERTÃO PARAIBANO”**, estando ciente das sanções legais previstas referentes ao plágio. Portanto, ficam, a instituição, o orientador e os demais membros da banca examinadora isentos de qualquer ação negligente da minha parte, pela veracidade e originalidade desta obra.

Sousa/PB, ____ de _____ 2018.

José Abrantes de Sá Neto

JOSÉ ABRANTES DE SÁ NETO

**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DA PEGADA HÍDRICA TOTAL NA SUB-
BACIA DO RIO PIANCÓ NO SERTÃO PARAIBANO**

Esta monografia foi julgada adequada para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Contábeis, e aprovada na forma final pela Banca Examinadora designada pela Coordenação do Curso de Ciências Contábeis do Centro de Ciências Jurídicas e Sociais da Universidade Federal de Campina Grande- PB, Campus Sousa.

Monografia aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Professor Doutor Allan Sarmiento Vieira (UFCG).

Professor (a) Examinador 01 (UFCG).

Professor (a) Examinador 02 (UFCG).

Dedico este trabalho a minha mãe, Héli da Quirino de Oliveira e à minha avó, Maria Auxiliadora de Oliveira Quirino (in memoriam), heroínas que sempre me deram apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço ao senhor Deus, por ter me concedido saúde, força e disposição para fazer a faculdade e o trabalho de final de curso. Sem ele, nada disso seria possível.

À Universidade Federal de Campina Grande quero deixar uma palavra de gratidão por ter me recebido de braços abertos e com todas as condições que me proporcionaram dias de aprendizagem muito ricos. Sou grato à cada membro do corpo docente, à direção e a administração dessa instituição de ensino.

Ao professor Dr. Allan Sarmiento Vieira, pelo apoio na conclusão deste trabalho, pelas oportunidades a mim concedidas ao longo do curso e por todo o conhecimento repassado. Verdadeiro amigo e exemplo de sucesso a ser seguido.

Ao meus pais, Francisco Carlos de Abrantes Sá (In Memoriam) e Héliida Quirino de Oliveira, ao meu irmão, Jonnathan Abrantes de Oliveira, aos meus avós paternos, José Abrantes de Sá e Tereza Genuína de Abrantes (In Memoriam), aos meus avós maternos, José Hélio Quirino e Maria Auxiliadora de Oliveira (In Memoriam), a minha namorada, Paloma Janylle, e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

A todos os meus colegas de sala, aos quais compartilham comigo todos os momentos bons e ruins dessa jornada, por todo companheirismo, diversão, conversas, auxílios e principalmente pelas amizades conquistadas.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

*Tomar água nos dá vida. Tomar consciência nos
dará água.*

(Ação poética)

RESUMO

Na atual estrutura política mundial, o Estado evidentemente deve assumir o papel de maior protetor do meio ambiente, visto que, compete ao Poder Público a guarda dos interesses da coletividade. Entre as demandas públicas que o Estado busca atender, encontra-se o gerenciamento das bacias hidrográficas. Apesar de toda importância ambiental, social e econômica que as bacias hidrográficas oferecem, muitas delas têm sofrido perturbações e poucas medidas de recuperação e gestão ambiental são realizadas. Nesse contexto, a Avaliação da Pegada Hídrica surge como uma importante ferramenta a ser aplicada visando à ampliação da consciência acerca do uso da água e à melhora na gestão dos recursos hídricos. Com base nessas premissas, esta pesquisa teve como objetivo principal, analisar a pegada hídrica total na sub-bacia do Rio Piancó-PB, no ano de 2017. Para tanto, a mensuração da pegada hídrica total na sub-bacia foi realizada por meio do somatório de todas as estimativas dos componentes azul, verde e cinza dos principais setores usuários de água. Posteriormente, a sustentabilidade da pegada hídrica na sub-bacia foi analisada sob a perspectiva ambiental, através dos indicadores de escassez da água recomendados pelo Manual de Avaliação da Pegada Hídrica. De acordo com os resultados, ficou evidente que a agricultura irrigada e o saneamento são os setores que exercem a maior pressão sobre os recursos hídricos da sub-bacia. No que se refere a sustentabilidade da pegada hídrica na sub-bacia em 2017, esta apresentou-se sustentável em uma escala anual, porém, entre os meses de julho a dezembro, a sub-bacia apresentou índices de escassez e poluição insustentáveis, devido à diminuição das vazões naturais, ocasionada principalmente pela irregularidade pluviométrica da região. Portanto, o mapeamento da pegada hídrica e de sua sustentabilidade na sub-bacia do Rio Piancó, irá subsidiar o gestor público numa tomada de decisão precisa e promover consequentemente o fortalecimento do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos que busca uma governança sustentável.

Palavras-chave: recursos hídricos. pegada hídrica. sustentabilidade.

ABSTRACT

In the current world political structure, the State must evidently assume the role of greater protector of the environment, since it is the responsibility of the Public Power to guard the interests of the community. Among the public demands that the State seeks to meet, is the management of the river basins. Despite all the environmental, social and economic importance that river basins provide, many of them have been disrupted and few recovery and environmental management measures are taken. In this context, the Water Footprint Assessment emerges as an important tool to be applied in order to increase the awareness about water use and the improvement in the management of water resources. Based on these premises, this research had as main objective, to analyze the total water footprint in the sub-basin of the Piencó-PB River, in 2017. For this, the measurement of the total water footprint in the sub- sum of all estimates of the blue, green and gray components of the main water users. Subsequently, the sustainability of the water footprint in the sub-basin was analyzed from an environmental perspective, through water scarcity indicators recommended by the Water Footprint Assessment Manual. According to the results, it became clear that irrigated agriculture and sanitation are the sectors that exert the greatest pressure on the water resources of the sub-basin. With regard to the sustainability of the water footprint in the sub-basin in 2017, it was sustainable on an annual scale, but between July and December, the sub-basin presented unsustainable scarcity and pollution indices due to the natural discharges, caused mainly by the region's rainfall irregularity. Therefore, the mapping of the water footprint and its sustainability in the Piencó River sub-basin will subsidize the public manager in a precise decision-making and consequently promote the strengthening of the Water Resources Management System that seeks sustainable governance.

Keywords: water resources. water footprint. sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática dos componentes da pegada hídrica	21
Figura 2 - Passos para Avaliação da Sustentabilidade	25
Figura 3 - Localização da Sub-bacia do Rio Piancó.....	33
Figura 4 - Análise da Sustentabilidade Ambiental da Pegada Hídrica azul	44
Figura 5 - Análise da Sustentabilidade Ambiental da Pegada Hídrica verde.....	45
Figura 6 - Análise da Sustentabilidade Ambiental da Pegada Hídrica cinza	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pegada Hídrica azul no Abastecimento	34
Tabela 2 - Pegada Hídrica azul no Abastecimento por cisternas.....	35
Tabela 3 - Pegada Hídrica cinza no Saneamento.....	36
Tabela 4 - Coeficiente de cultivo das culturas.....	37
Tabela 5 - Evaporação média mensal no Açude de Coremas (mm).....	37
Tabela 6 - Precipitação média mensal no Açude de Coremas (mm).....	38
Tabela 7 - Pegada Hídrica verde na Agricultura Irrigada.....	38
Tabela 8 - Pegada Hídrica azul na Agricultura Irrigada.....	39
Tabela 9 - Pegada Hídrica azul na Pecuária	40
Tabela 10 - Consumo médio dos rebanhos por tipo de silagem.....	41
Tabela 11 - Coeficiente de cultivo do sorgo.....	42
Tabela 12 - Pegada Hídrica verde na Pecuária	42
Tabela 13 - Pegada Hídrica total na sub-bacia do Rio Piancó.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E PROBLEMÁTICA	12
1.1 Objetivos	14
<i>1.1.1 Objetivo Geral</i>	14
<i>1.1.2 Objetivos Específicos</i>	14
1.2 Justificativa	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 Desenvolvimento Sustentável	17
2.2 Gestão Ambiental	18
2.3 Indicadores de Sustentabilidade	19
2.4 Pegada Hídrica	20
2.4.1 Pegada Hídrica azul	22
2.4.2 Pegada Hídrica verde	23
2.4.3 Pegada Hídrica cinza	23
2.5 Sustentabilidade da Pegada Hídrica	24
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	26
3.1 Quanto aos procedimentos	26
3.2 Quanto aos fins	26
3.3 Coleta e Análise dos Resultados	26
<i>3.3.1 Quanto à abordagem</i>	26
<i>3.3.2 Quanto à descrição da análise</i>	27
3.4 Caracterização da Área de Estudo	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.2 Estimativa da Pegada Hídrica no Abastecimento Humano	34
4.3 Estimativa da Pegada Hídrica no Saneamento	35
4.4 Estimativa da Pegada Hídrica na Agricultura Irrigada	36
4.5 Estimativa da Pegada Hídrica na Pecuária	40
4.6 Estimativa da Pegada Hídrica Total	42
4.7 Análise da Sustentabilidade da Pegada Hídrica	43
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1 INTRODUÇÃO E PROBLEMÁTICA

Os recursos hídricos é um dos assuntos ambientais mais discutidos na atualidade, nas diversas áreas do conhecimento. Essa preocupação com a água torna-se mais evidente à medida que, a população cresce juntamente com o aumento da demanda. Dessa forma, a utilização desse recurso está ocorrendo de maneira descontrolada pelos diferentes setores da sociedade, como a indústria, a agricultura, o consumo doméstico, dentre outros. Em paralelo a essas práticas irracionais, têm ainda o problema da poluição, que vem aumentando de forma descontrolada, tornando os recursos hídricos mais escassos não apenas em quantidade, mas também em qualidade (SANTIN; GOELLNER, 2013).

O Brasil, apesar de possuir a maior reserva hídrica do planeta, sofre com vários conflitos pelo uso da água, principalmente na região Nordeste, devido à irregularidade das chuvas. Destaca-se ainda, a crise hídrica sem precedentes, enfrentada pela região sudeste em 2014, um indício do descuido na gestão das águas, não só limitado a uma das maiores metrópoles do mundo, mas comuns às demais cidades do país. Sendo assim, é óbvia a necessidade de reduzir os níveis de escassez hídrica, com a utilização de tecnologias eficientes que possibilitem o uso racional deste recurso estratégico para a sociedade (LIMA, 2014).

Para Ferreira (2014) vários fatores influenciam na redução da disponibilidade hídrica, dentre os quais, pode-se citar: efeitos naturais (altas taxas de evaporação e baixas precipitações), 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 industriais.

Assim, a escassez de água é uma preocupação crescente, e vem requisitando uma análise criteriosa. Hoekstra *et al.* (2012) por exemplo, analisaram o consumo hídrico em 405 bacias hidrográficas em todo o mundo e constataram que em 201 bacias, aproximadamente 2,7 bilhões de pessoas, são afetadas por problemas graves de escassez de água, pelo menos um mês por ano. Esta pesquisa foi pioneira no mundo, pois analisou a escassez hídrica, numa escala mensal, em nível de bacia hidrográfica, levando em consideração não o volume de água retirado, mas sim, o volume de água consumido.

Na tentativa de mitigar o desequilíbrio existente entre a humanidade e os recursos naturais, a inclusão de indicadores de sustentabilidade se torna cada vez mais necessária como ferramenta de avaliação do uso correto desses recursos. Nesse contexto, a pegada hídrica (PH) surge como um importante indicador de sustentabilidade com a finalidade de quantificar e

qualificar o volume de água utilizado no desenvolvimento das atividades humanas nos diferentes setores da sociedade (MARACAJÁ *et al.*, 2012).

Segundo Hoekstra e Chapagain (2011) a pegada hídrica pode ser conceituada como um indicador amplo que considera a medida usual de apropriação, como também, os níveis de escassez, ou seja, um indicador de medida das ações humanas sobre os recursos hídricos, que considerada a água oculta, denominada de água virtual, que é utilizada na produção dos produtos e serviços numa bacia hidrográfica. Esse conceito de água virtual foi introduzido por Allan em 1998 mediante a oportunidade de estudar a possibilidade de importação da água contida nos produtos, como solução parcial para os problemas de escassez de água no Oriente Médio.

Dessa forma, a pegada hídrica atua como uma importante ferramenta de gestão para auxiliar os gestores em tomadas de decisão. Vários países procuram tais mecanismos de gestão para promover o equilíbrio entre a oferta e a demanda deste recurso. Diante disso, a pegada hídrica pode ser utilizada nas estatísticas das bacias hidrográficas dessas nações, gerando informações que podem auxiliar na formulação de planos nacionais e regionais de recursos hídricos de acordo com as políticas públicas adotadas, melhorando a gestão ao tempo que reduz os conflitos pelos múltiplos usos da água (CARVALHO, 2016).

Nessa perspectiva, Pereira *et al.* (2015) destaca que a fiscalização e o monitoramento constituem uns dos requisitos imprescindíveis para uma gestão eficaz dos recursos hídricos. A contabilidade pode contribuir para essa gestão, no que se refere à disponibilidade de informações que possibilitem aos gestores maior visibilidade da situação patrimonial desses recursos.

Com base nesse contexto, a mensuração da pegada hídrica total e a análise da sustentabilidade do consumo de água numa bacia hidrográfica contribuem para alavancar para uma gestão eficaz que visa aumentar a capacidade de recuperação dos sistemas hídricos. Assim, o que se deseja nesta pesquisa, é contabilizar a pegada hídrica total da sub-bacia do rio Piancó-PB e analisar a sua sustentabilidade. Para tanto, surge à seguinte problemática: **A pegada hídrica total na sub-bacia do Rio Piancó-PB apresenta níveis sustentáveis que garanta o padrão de consumo nos diferentes setores da sociedade?**

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a sustentabilidade da pegada hídrica total na sub-bacia do Rio Piancó-PB, para o ano de 2017.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Sistematizar uma metodologia apropriada para o cálculo da pegada hídrica;
- Contabilizar a pegada hídrica total da sub-bacia do Rio Piancó-PB considerando as componentes azul, verde e cinza dos principais usuários da água;
- Analisar a sustentabilidade ambiental da pegada hídrica total na sub-bacia Rio Piancó;

1.2 Justificativa

A água é um recurso natural único e essencial à vida em sociedade. No entanto, este precioso recurso vem se tornando cada vez mais escasso devido principalmente ao aumento populacional, ao crescimento da poluição em rios e lagos, às alterações antrópicas e às mudanças climáticas. Vista a importância da água e sabendo que esta tem uma disponibilidade limitada no mundo, é necessário usá-la de forma racional, evitando o desperdício e otimizando a sua gestão através da implementação de indicadores do uso da água.

De acordo com Prochnow *et al.*, (2012) e Drastig *et al.*, (2010) nos últimos anos, vários estudiosos vêm desenvolvendo uma série de indicadores com o objetivo de ajudar na caracterização, mapeamento e rastreamento da situação de escassez de água em todo o mundo. Apesar disso, não existe ainda, um consenso sobre o método ideal para analisar a compatibilidade entre a disponibilidade e a demanda da água. A avaliação da compatibilidade entre a oferta e demanda permite conhecer os níveis de escassez da água no tempo e no espaço, o 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.

Segundo Silva *et al.* (2013) a pegada hídrica tem sido utilizada como um indicador do consumo de água de pessoas e produtos em diversas partes do mundo. Por exemplo, Chapagain *et al.* (2006) elaboraram a PH do algodão; Chapagain e Hoekstra (2007) analisaram a pegada hídrica do café e do chá; Hubacek *et al.* (2009) utilizaram conceitos de pegada hídrica para avaliar as consequências ambientais da urbanização e da mudança do padrão de vida na China; Hoekstra *et al.* (2011) desenvolveram um manual para padronizar a avaliação da pegada hídrica, no qual estabelece os objetivos e os escopos da avaliação como: a contabilização, a sustentabilidade e a formulação de respostas da pegada hídrica.

No Brasil, alguns estudos sobre o tema já foram desenvolvidos. Freitas e Chaves (2014), por exemplo, estimaram a pegada hídrica cinza relativa ao Fósforo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau (DF/GO); 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*; Vieira e Junior (2015) desenvolveram um trabalho no Litoral Norte de São Paulo e concluíram que a pegada hídrica total da região chega a 400 mm³ de água/ano em 2012; Por fim o Programa Água Brasil (PAB), no ano de 2014, divulgou um estudo sobre a sustentabilidade da pegada hídrica dos principais usuários de água em sete bacias hidrográficas do programa.

Diante desse panorama, Leão (2013) argumenta que a aplicação da pegada hídrica é bastante recente, porém, nota-se um grande interesse da sociedade, principalmente do setor empresarial, pela sua utilização. Para tal, é importante analisar este método, já que existem outros métodos disponíveis na literatura para contabilização da água numa determinada região geográfica. Entretanto, se for bem empregado, pode ser capaz de influenciar nas práticas que buscam uma gestão eficaz da água.

Para Hoekstra *et al.* (2011) o propósito de contabilizar a pegada hídrica de uma determinada região é analisar como as atividades humanas interagem com os problemas de escassez e poluição da água e avaliar como essas atividades podem se tornar mais sustentáveis sem comprometer a resiliência dos recursos hídricos. Corroborando com essa linha de pensamento, Silva *et al.* (2013) determina que o objetivo da pegada hídrica é elucidar as relações ainda pouco estudadas entre o consumo humano e o uso da água, assim como também entre o comércio global e a gestão dos recursos hídricos.

Depois de contabilizada a pegada hídrica total da sub-bacia do Rio Piancó-PB, a relevância desta pesquisa estará principalmente em identificar em uma escala mensal pontos

críticos de insustentabilidade, como também o nível de disponibilidade de água no tempo e no espaço. Para tanto, é possível que o estudo e a promoção da pegada hídrica de uma bacia hidrográfica possam influenciar nos padrões de consumo e promover uma conscientização dos usuários da água. Assim, o desenvolvimento desta pesquisa indicará se a relação entre oferta e demanda da água na sub-bacia do Rio Piancó-PB é sustentável ou não.

Desta forma, com base nas pesquisas desenvolvidas até o momento, percebe-se a necessidade de novos estudos sobre a temática justificando o desenvolvimento desta pesquisa, além do mais, devido à água ser um recurso natural estratégico para manutenção da vida em sociedade, sendo assim de interesse público todas as questões referentes a ela.

Vale salientar ainda, que as temáticas da Área de Recursos Hídricos configuram-se na atualidade como imprescindíveis no desenvolvimento científico e tecnológico mundial. Particularmente no campo das Ciências Aplicadas e Ambientais especificamente naquelas com as quais o presente projeto dialoga de forma mais evidente. A Contabilidade por exemplo, uma função organizacional por excelência técnica, participa deste contexto nos mesmos moldes, porém com um foco muito mais específico da organização e correto manejo da informação confiável de forma a permitir bases para a tomada de decisão contínua da gestão. Além disso, precisamos recorrer aos métodos quantitativos consagrados na matemática e estatística para transformar informações intangíveis em informações tangíveis e confiáveis.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Desenvolvimento Sustentável

O conceito mais clássico de desenvolvimento sustentável é aquele que o define como um processo evolutivo que permite satisfazer as necessidades das gerações presentes sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades. Para Araújo *et al.* (2009) esse conceito busca integrar a conservação ambiental, o crescimento econômico e a igualdade social.

Para César e Carneiro (2017) é inadmissível pensar em uma atividade econômica que não esteja adequada ao desenvolvimento sustentável, adotando ações capazes de atender as necessidades presentes resguardando as necessidades futuras. Ainda segundo os autores, o termo “desenvolvimento sustentável” refere-se ao conjunto dos fatores sociais, ambientais e econômicos que devem ser considerados para alcance da sustentabilidade.

Nesse sentido, Santos (2017) assevera que o desenvolvimento sustentável, está relacionado diretamente com temas como, tecnologias limpas, alterações nos padrões de produção e consumo, reciclagem, reutilização, conscientização, compromisso, entre outros. Ou seja, qualquer meio que contribua para diminuir os impactos causados pelos desgastes de substâncias e objetos no meio ambiente. A implantação de um sistema de gestão ambiental é, muitas vezes, uma decisão voluntária pela empresa, e junto a essa decisão busca-se não somente os benefícios econômicos, mas também a preocupação ambiental que está relacionada aos aspectos desses sistemas de gestão.

Para tanto, Sousa e Carvalho (2015) argumentam que diante da globalização e dos problemas ambientais, faz-se necessário que tanto as organizações privadas como também as públicas adotem uma postura social e ambiental responsáveis, relacionando suas estratégias com o conceito de desenvolvimento sustentável.

Sendo assim, para assegurar uma gestão ambiental eficaz, é necessário que as entidades públicas e privadas desenvolvam ferramentas que minimizem os impactos ambientais, além de gerenciar, efetivamente, tais organizações através de indicadores de sustentabilidade ambiental que auxiliem no processo decisório. Uma das muitas dificuldades que este desafio propõe, consiste em encontrar indicadores que permitam monitorar e avaliar o nível de sustentabilidade dos modelos de desenvolvimento adotados, especialmente no domínio ambiental. A Pegada Hídrica, por exemplo, é um indicador de sustentabilidade ambiental no âmbito dos recursos

hídricos e, como tal, está inserida num esforço global de procura de indicadores de orientação para o desenvolvimento sustentável.

2.2 Gestão Ambiental

A gestão ambiental surgiu com o intuito de minimizar os impactos das atividades produtivas sobre o meio ambiente, valorizando o bem-estar da comunidade e trazendo indicadores relevantes à tomada de decisões dos gestores. Segundo Melo e Borges (2017) a gestão ambiental se utiliza de tais indicadores para o alcance de seus objetivos. Os indicadores de sustentabilidade ambiental compreendem assim, instrumentos específicos que auxiliam o processo de tomada de decisão.

Considerada uma inovação, Silva *et al.* (2017) argumentam que a gestão ambiental pode ser entendida como a gestão empresarial com objetivo de atingir o desenvolvimento sustentável, ao respeitar os limites do meio ambiente, de modo que os problemas sejam evitados. Ela pode constituir uma ferramenta fundamental para a sustentabilidade, proporcionando vantagem competitiva para as organizações.

Entretanto, o diferencial de cada organização, é a forma como introduz e gerencia mecanismos de acompanhamento do progresso ambiental. Os indicadores de sustentabilidade estão entre os instrumentos de gestão ambiental que permitem a adequação das características de cada negócio a critérios científicos e normatizações. (RAUPP, 2011).

Nesse panorama, Cavalcante *et al.* (2017) enfatiza que entre os profissionais que podem atuar na gestão ambiental das entidades, destaca-se o contador. Os autores ainda argumentam que o contador precisa de uma formação que se estenda além dos limites das técnicas e dos procedimentos, ele precisa estar presente na luta pela preservação ambiental.

Nessa perspectiva, para dar suporte à gestão ambiental a contabilidade vem adaptando seus conceitos da contabilidade geral: ativo, passivo, receita e despesas para a linguagem ambiental, de modo que se possam mensurar e evidenciar os ativos ambientais, passivos ambientais, receitas e despesas ambientais. Porém, ainda existem pontos deficientes nessas adaptações que representam um grande desafio para a contabilidade ambiental (ASSIS *et al.*, 2009)

Diante disso, a temática meio ambiente vem ganhando bastante espaço nas discussões das diferentes áreas do conhecimento em função da degradação da natureza e consequente decadência da qualidade de vida, tanto nas cidades, como no campo. Essa situação decorre,

entre outras razões, do mau gerenciamento ambiental não somente do setor privado como também do setor público.

Silva *et al.* (2017) por exemplo, relatam em seu trabalho a importância dos governos, quando diz respeito ao poder de redução drástica do dano ambiental causado pelo desperdício e pelo crescimento desordenado. Ainda segundo os autores a atuação da administração pública na gestão ambiental, tem papel fundamental no desenvolvimento de políticas públicas de incentivos, relacionados à reciclagem, redução de desperdícios, de subsídio a projetos ecologicamente corretos e de geração de emprego e renda, entre outros.

Entre as demandas públicas que o Estado busca atender, encontra-se o gerenciamento das bacias hidrográficas. De acordo com Freitas (2013) apesar de toda importância ambiental, social e econômica que as bacias hidrográficas oferecem, muitas delas têm sofrido perturbações e poucas medidas de recuperação e gestão ambiental são realizadas.

Uma bacia hidrográfica é perfeitamente apropriada para o desenvolvimento de um plano de gestão que procure aprimorar o uso dos recursos humanos e naturais através de análises com indicadores de sustentabilidade do uso da água que vão ajudar na promoção de um ambiente saudável contribuindo para um desenvolvimento sustentável. Com uma gestão ambiental por bacia hidrográfica, as demandas devem adequar-se à disponibilidade natural do ambiente, para regenerar as entradas de recursos no sistema e assimilar os fluxos de resíduos da atividade produtiva, sem ultrapassar o limite da sustentabilidade do ambiente a longo prazo.

2.3 Indicadores de Sustentabilidade

De acordo com Gavião *et al.* (2016) os indicadores são mecanismos de avaliação que expressam dados e informações numéricas sobre determinado fenômeno. Essencialmente, os indicadores são utilizados para mensurar um processo ou seus resultados, de modo que, podem ser obtidos durante a realização do processo ou após a sua conclusão.

Nesse contexto, segundo Maracajá *et al.* (2014) surgem os indicadores de sustentabilidade, como meios de instrumentalizar o desenvolvimento sustentável, permitindo assim, a avaliação da eficiência das várias dimensões (social, econômica, ambiental) que compõem o desenvolvimento sustentável de uma sociedade.

Para Raupp *et al.* (2011) os indicadores de sustentabilidade permitem verificar a evolução de determinadas tendências e situações relacionadas as características de ecossistemas, sociedades humanas e as relações mantidas entre estas. Ainda segundo os

referidos autores, para uma melhor compreensão sobre os indicadores de sustentabilidade torna-se necessário a diferenciação entre os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, pois, muito embora pareçam semelhantes, apresentam diferenças relevantes.

Dentre os diversos tipos de indicadores ambientais (pegada de carbono, pegada ecológica), a pegada hídrica originada do conceito de água virtual, é um exemplo de um indicador de sustentabilidade com aplicações bem recentes. Silva *et al.* (2013) e Maracajá *et al.* (2012) por exemplo, estudaram a pegada hídrica como uma medida de sustentabilidade ambiental, visto que pode ser utilizada na avaliação da sustentabilidade do consumo de água em uma determinada região.

Portanto, conceitos recentes de indicadores ambientais vêm adquirindo relevância no meio científico, como a água virtual e a pegada hídrica. Ambos exercem a função de indicadores da água, sendo que a água virtual está mais relacionada à produção e a pegada hídrica ao consumo.

2.4 Pegada Hídrica

A pegada hídrica é um indicador desenvolvido por Arjen Hoekstra, no ano de 2002, e difundido através da rede *Water Footprint Network* (WFN) que visa contribuir para o aumento da eficiência, sustentabilidade e igualdade no uso da água pelos diversos setores e segmentos da sociedade. Segundo Hoekstra (2003) a vontade para se desenvolver esse método surgiu da insatisfação de como a gestão dos recursos hídricos é vista, geralmente, como uma questão local ou no máximo como um problema que ocorre dentro dos limites de uma bacia hidrográfica.

De acordo com Martins (2014), o conceito de pegada hídrica tem como base a concepção de água virtual, como também, a proposta dos indicadores do segmento “Pegadas” (*Footprints*), a exemplo a pegada ecológica e a pegada de carbono, que consideram uma abordagem integrada para monitorar a pressão das ações humanas sobre o meio ambiente, por meio da produção e do consumo. Na mesma linha de pensamento das outras “pegadas”, a pegada hídrica fundamenta-se na perspectiva do consumo, sendo desenvolvida como um indicador multidimensional do uso direto e indireto da água doce, que contempla a quantidade de água consumida em todas as fases de um processo.

Maracajá *et al.* (2012) explicam que a pegada hídrica tem como proposta metodológica diminuir os efeitos da escassez de água que afetam milhões de pessoas em todo o mundo, promovendo uma gestão mais eficiente desse recurso, de modo que, a exploração em regiões

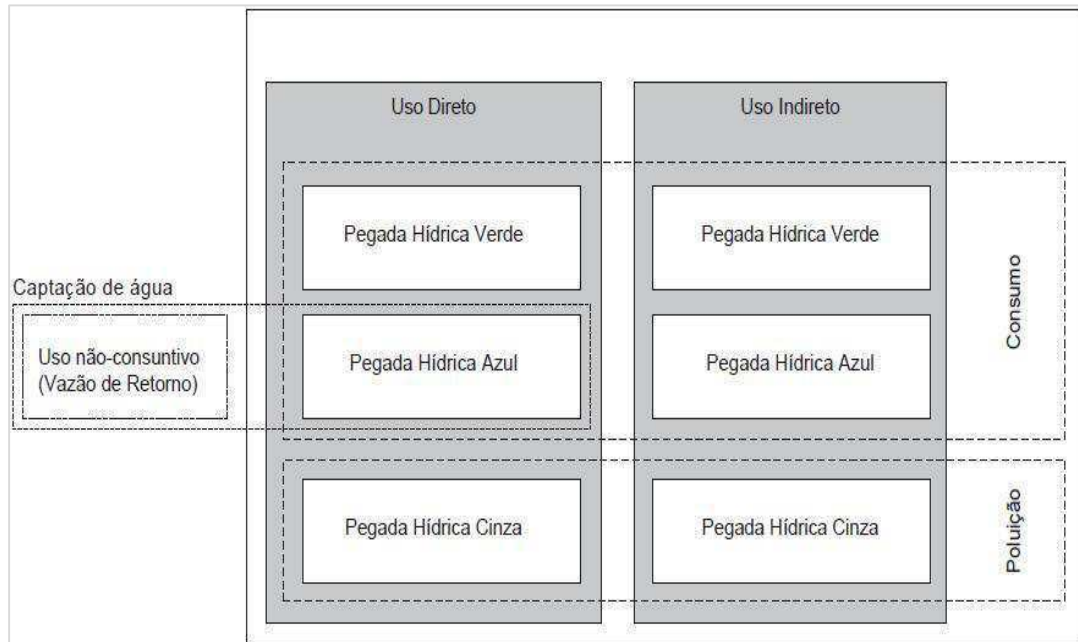
mais escassas seja direcionada para regiões com maior disponibilidade de água doce. Em um contexto geral, a avaliação da pegada hídrica objetiva principalmente analisar de que forma as atividades e os produtos estão relacionados com questões como a escassez e a poluição da água. Enquanto ferramenta analítica, a pegada hídrica fornece uma perspectiva, não propondo o que deve ser feito, mas sim, ajudando na percepção do que pode se fazer.

Hoekstra *et al.* (2011) argumentam que a forma como uma pegada hídrica pode ser analisada depende muito do foco de interesse. Alguns podem utilizá-la para quantificar um processo específico em uma cadeia de produção ou um produto final. Outros podem querer mensurar a pegada hídrica de um grupo de consumidores, de um produtor ou de todo um setor econômico. E ainda, pode-se considerar o ponto de vista geográfico, observando a pegada hídrica total dentro de uma determinada área, como um município, um país ou uma bacia hidrográfica. Todos os valores de uma pegada hídrica devem ser determinados temporalmente e espacialmente independentemente do foco de interesse escolhido.

Maracajá *et al.* (2014) assevera que, para entender os fatores que afetam a mensuração da pegada hídrica de um produto, uma comunidade, uma bacia hidrográfica, entre outros, é necessário considerar aspectos de ordem social, ambiental e econômica, como também a localidade onde essas pessoas residem, visto que, em algumas áreas a água é limitada e tratada como um bem precioso, devendo ser melhor empregada. A mensuração da pegada hídrica possibilita posteriormente a análise da sua sustentabilidade.

Albuquerque (2013) define os três componentes básicos utilizados na determinação da pegada hídrica numa determinada entidade e por tipo de usos (Figura 1), são elas: a Pegada Hídrica azul (PH_{azul}) referente aos volumes de água doce disponíveis para consumo e retirados dos rios, lagos e fontes subterrâneas; a Pegada Hídrica verde (PH_{verde}) definida como sendo a água oriunda de precipitações, ou seja, a água da chuva que é armazenada temporariamente; e a Pegada Hídrica cinza (PH_{cinza}) que indica o grau de poluição da água associada às várias atividades desenvolvidas pela sociedade.

Figura 1 - Representação esquemática dos componentes da pegada hídrica.



Fonte: Hoekstra *et al.* (2011).

2.4.1 Pegada Hídrica azul

Para Maracajá *et al.* (2012) a pegada hídrica azul é um indicador da quantidade de “água azul” consumida, ou seja, água doce superficial ou subterrânea. De acordo com Silva *et al.* (2015) a água subterrânea está ligada diretamente as variáveis hidrológicas que mantêm o ciclo hidrológico tais como: precipitação, evaporação, infiltração, dentre outras. Os autores ainda destacam, que de todos os elementos de um ciclo hidrológico, a evaporação é o fator de maior importância, sendo considerada em alguns casos como de uso consuntivo, quando grande parte da água evaporada retorna naturalmente ao ciclo hidrológico.

Segundo Hoekstra *et al.* (2011) o termo “consumo de água azul” refere-se aos seguintes casos: (i) água evaporada; (ii) água contida no produto; (iii) água não retornada para bacia fonte (bacia hidrográfica) na qual foi originada; (iv) retorno da água a fonte de origem em um período posterior.

Portanto, a pegada hídrica azul pode ser considerada como uma medida do volume de água doce disponível, consumida pelo homem num determinado período e ao longo da cadeia de abastecimento de um processo.

2.4.2 Pegada Hídrica verde

Segundo Carvalho (2015) a pegada hídrica verde é um indicador do volume de água consumido que é proveniente de precipitações, mas que, não contribui para a reposição das águas subterrâneas, podendo ser armazenada temporariamente no solo, na superfície ou na vegetação. Para Maracajá *et al.* (2012) a pegada hídrica verde refere-se ao consumo dos recursos de “água verde”, ou seja, a água da chuva que pode ser utilizada nas diversas atividades humanas.

A água verde é especialmente importante para produção de produtos agrícolas, pois, contribui juntamente com a água armazenada pelo homem, para o desenvolvimento da agricultura. Porém, apesar de contribuir para o cultivo de culturas, nem toda a água verde pode ser absorvida por essas atividades, visto que, sempre haverá evaporação do solo e pelo fato da inadequação de algumas áreas e períodos do ano para o crescimento de culturas.

Para tanto, é importante conhecer a diferença entre a pegada hídrica azul e a pegada hídrica verde, visto que, os impactos ambientais, sociais e hidrológicos, assim como os custos de escolha do uso da água superficial e subterrânea são diferentes dos impactos e custos da utilização da água captada da chuva. Vale ressaltar, que enquanto se fala da coleta local de escoamento superficial (coleta de água da chuva) uso consuntivo dessa água deve ser classificado como pegada hídrica azul (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

2.4.3 Pegada Hídrica cinza

Segundo Maracajá *et al.* (2014) o conceito de pegada hídrica cinza surgiu através da observação de que a poluição hídrica poderia ser expressa em termos de volume de água necessário para incorporar os poluentes de forma inofensiva. Sendo assim, a pegada hídrica cinza corresponde ao volume de água necessário para diluição dos efluentes lançados em um corpo d'água levando em consideração aspectos naturais do mesmo e padrões de qualidade pré-estabelecidos (CARVALHO; BERENGUER, 2016).

Silva *et al.* (2015) argumenta que poucos são os estudos referentes o componente cinza da pegada hídrica, visto que este depende de inúmeros parâmetros químicos de qualidade da água. Para tanto, o monitoramento de tais informações ainda é muito deficitário.

Nesse contexto, a pegada hídrica cinza atua como um indicador do grau de poluição, auxiliando na gestão da qualidade dos recursos hídricos, para que estes se mantenham dentro dos padrões de qualidade estabelecidos.

2.5 Sustentabilidade da Pegada Hídrica

Como explicado anteriormente, a pegada hídrica funciona como um indicador da apropriação de água doce e seu tamanho é mensurado a partir da sua comparação com os recursos hídricos disponíveis. Assim, na avaliação de uma pegada hídrica é essencial considerar a relação das necessidades humanas via a disponibilidade dos recursos hídricos. Segundo Carvalho (2015) essa temática requer muitas reflexões vista a complexidade envolvida. A sustentabilidade, por exemplo, apresenta dimensões distintas (ambiental, social e econômica), assim como, diferentes impactos originados da pegada (primários e secundários) e um divisão dos componentes da pegada hídrica (azul, verde e cinza).

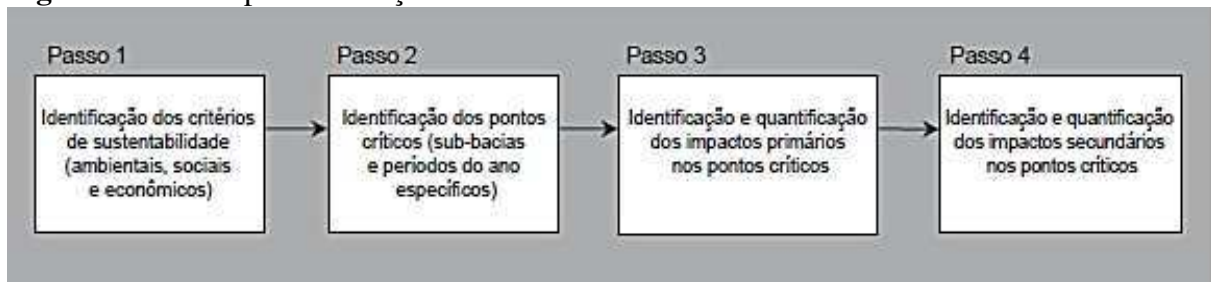
Hoekstra *et al.* (2011) explica que a questão da sustentabilidade da pegada hídrica pode ser operada sobre diferentes pontos de vista. A avaliação da sustentabilidade de uma região geográfica, por exemplo, será negativa quando as demandas por recursos hídricos ou os padrões de qualidade da água estiverem comprometidos ou a distribuição da água dentro de uma bacia hidrográfica for injusta e ineficiente. Os autores destacam ainda, que a sustentabilidade da pegada hídrica dentro de uma bacia pode ser analisada sob as seguintes perspectivas: ambiental, social e econômica. Sendo que, para cada uma desses aspectos existem critérios que indicam quando uma pegada hídrica dentro de uma bacia pode ser insustentável.

Para tanto, Maracajá *et al.* (2012) destacam que ao analisar a sustentabilidade de uma pegada hídrica, não se deve considerar apenas o tamanho da pegada, mas também, o seu impacto (ambiental, social e econômico) sobre a localidade em questão. Assim, é possível fornecer uma instrução mais eficiente sobre quais etapas da cadeia de abastecimento deve-se concentrar as ações ambientais.

Segundo o PAB (2014) a sustentabilidade ambiental exige que a qualidade da água permaneça dentro de padrões pré-definidos e que a quantidade da vazão ambiental mínima seja respeitada. A sustentabilidade social demanda uma quantidade mínima de água doce direcionada às necessidades básicas do homem. Por sua vez, na sustentabilidade econômica, a água precisa ser distribuída e utilizada de forma eficiente, em que os benefícios do uso para determinado fim superem os custos associados.

Nesse sentido, identificar e quantificar os critérios de sustentabilidade com base nas três perspectivas é apenas o primeiro passo para avaliar a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica (Figura 2). O segundo passo estaria relacionado à identificação de pontos críticos dentro da bacia hidrográfica, ou seja, os períodos do ano em que a pegada hídrica (azul, verde e cinza) é insustentável. No terceiro e quarto passos seriam quantificados os impactos primários e secundários referentes aos pontos críticos.

Figura 2 - Passos para Avaliação da Sustentabilidade



Fonte: Hoekstra *et al.* (2011).

Portanto, do ponto de vista ambiental, foco deste estudo, a pegada hídrica de uma bacia será considerada insustentável e representará um ponto crítico, quando as demandas ambientais de água forem desrespeitadas ou quando a poluição comprometer a capacidade de assimilação de efluentes do corpo d'água. O nível de gravidade da situação é definido com base nos índices de escassez das águas verde, azul e no nível de poluição sendo considerados críticos quando tais índices excederem 100%.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Quanto aos procedimentos

A pesquisa realizada pode ser classificada como exploratória e descritiva. Isto porque envolveu pesquisa bibliográfica, estudo de caso e estabeleceu relações entre variáveis, utilizando instrumentos com a finalidade de coletar dados que evidenciam o alcance dos objetivos propostos. Para Prodanov e Freitas (2013) a pesquisa descritiva tem como objetivo, descrever as características de determinada população ou fenômeno, estabelecer relações entre variáveis e utilizar técnicas padronizadas para a coleta de dados.

3.2 Quanto aos fins

Para o desenvolvimento desta pesquisa optou-se pelo método dedutivo. Este método permite ao pesquisador obter uma conclusão, através do raciocínio e da análise de um ponto mais geral para um mais específico. Segundo Prodanov e Freitas (2013) tal método parte de princípios já consolidados, possibilitando chegar a conclusões com base na lógica.

3.3 Coleta e Análise dos Resultados

3.3.1 Quanto à abordagem

Esta pesquisa pode ser considerada como quali-quantitativa, diante da necessidade encontrada no estudo em desenvolver tanto a pesquisa quantitativa como a qualitativa. Conforme Prodanov e Freitas (2013) este método usufrui por um lado, da vantagem competitiva 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 entender e avaliar a pegada hídrica e sua sustentabilidade consistiram em: artigos, livros, manuais (Manual de Pegada Hídrica), normas, sites, documentos como o Plano Diretor de

Recursos Hídricos da Paraíba (PDRH-PB), o Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PERH-PB), entre outros.

3.3.2 Quanto à descrição da análise

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

Partindo do princípio de que a pegada hídrica a ser analisada conseguirá mapear o grau de escassez da água e permitirá conhecer conseqüentemente o nível de sustentabilidade da sub-bacia do Rio Piancó-PB, diante disso e em conformidade com a problemática, foi feita uma avaliação da pegada hídrica na sub-bacia estudada, considerando, quatro fases distintas: definição de objetivo e escopo de avaliação; contabilização da pegada hídrica; análise da sustentabilidade ambiental; e a formulação de resposta à pegada hídrica.

Para o cálculo da pegada hídrica total na sub-bacia do Rio do Piancó em 2017, foram considerados os principais usuários da água, entre os quais foram selecionados os seguintes setores: abastecimento humano, saneamento, agricultura irrigada e pecuária. Dessa forma, a pegada hídrica total da sub-bacia analisada foi contabilizada através da soma dos diferentes componentes da pegada hídrica (azul, verde e cinza) para cada setor conforme a equação 1.

$$PHB = PHT_a + PHT_p + PHT_{ai} + PHT_s \quad (1)$$

em que PHB = Pegada Hídrica Total da bacia ou sub-bacia; PHT_a = Pegada Hídrica Total do Abastecimento Humano; PHT_s = Pegada Hídrica Total do Saneamento; PHT_{ai} = Pegada Hídrica Total da Agricultura Irrigada; PHT_p = Pegada Hídrica da pecuária.

Com o intuito de estimar a pegada hídrica individual dos setores, o que é fundamental para o cálculo total, foi necessário a princípio, coletar dados específicos de cada setor. No setor de abastecimento, considerou-se apenas o componente azul, referente às etapas de captação, tratamento, reserva e distribuição de água, realizadas para suprir as necessidades de consumo direto dos habitantes da sub-bacia. Para tanto, segundo o PAB (2014) o volume de água azul

destinado a esse setor é obtido pela relação entre, a população abastecida ($POP_{Abast.}$), o consumo médio per capita de água ($cons\ H_2O_{per\ capita}$) e o índice de perdas por distribuição ($IP_{Distrib.}$), conforme a equação 2.

$$PH_{azul\ do\ abastecimento}\ (m^3/ano) = (cons\ H_2O_{per\ capita} \times POP_{Abast.}) \times (1 + IP_{Distrib.}) \quad (2)$$

Foi considerado ainda nesse setor, o volume de água azul referente à captação de água da chuva por cisternas, assim como recomendado no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica. O cálculo envolveu a quantidade de cisternas na sub-bacia em 2017 e as respectivas capacidades médias de armazenamento.

O setor de saneamento envolveu apenas a componente cinza, pois se refere somente ao volume dos esgotos domésticos gerados e, despejados na própria sub-bacia. Dessa forma, a PH_{cinza} no saneamento de acordo com Hoekstra *et al.* (2011), é quantificada pela soma da carga de poluente tratada (L_{trat}) e da carga de poluente não tratada (L_{Ntrat}) dividida pela diferença entre a concentração máxima aceitável ($C_{máx}$) e a concentração natural (C_{nat}) do poluente no corpo d'água receptor, conforme a equação 3.

$$PH_{cinza\ do\ saneamento}\ (m^3/ano) = \frac{L_{trat} + L_{Ntrat}}{(C_{máx} - C_{nat})} \quad (3)$$

Segundo Vieira e Júnior (2015) as cargas de poluente tratada (L_{trat}) e não tratada (L_{Ntrat}) (Equações 4 e 5) são obtidas com base na vazão média dos esgotos da sub-bacia, calculada através da relação entre o consumo médio per capita de água, o número de habitantes da sub-bacia, o coeficiente de retorno padrão e o índice médio de tratamento dos esgotos. Ainda segundo os autores, a Demanda Bioquímica por Oxigênio (DBO_5) é o parâmetro que apresenta o maior potencial de poluição em esgotos domésticos quando comparado com o Fósforo total e o Nitrogênio Amoniacal.

$$L_{trat} = Q_{trat} \times C_{trat.} \quad (4)$$

$$L_{Ntrat} = Q_{Ntrat} \times C_{Ntrat} \quad (5)$$

em que Q_{trat} = Vazão dos esgotos tratados; Q_{Ntrat} = Vazão dos esgotos não tratados; C_{trat} = Concentração do parâmetro no esgoto tratado; C_{Ntrat} = Concentração do parâmetro no esgoto não tratado.

No que se refere a $C_{\text{máx}}$, esta é definida pelo Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA) 357/05, na qual fica estabelecido para águas doces classe 2 o padrão para a DBO_5 de 5mg/l. Para a C_{nat} , segundo Hoekstra *et al.* (2011) esta variável deverá ser zero quando não puder ser medida em campo.

Na agricultura irrigada, foram avaliados os componentes verde e azul de modo que correspondem ao total de água que sofre evapotranspiração (dos campos e plantações). Para tal, foram consideradas as culturas temporárias e permanentes, assim como, suas respectivas áreas plantadas na sub-bacia em 2017. Sendo assim, a evapotranspiração de água verde (ET_{verde}), em outras palavras, a evapotranspiração de água da chuva, é definida, pelo modelo da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), como o valor mínimo entre a evapotranspiração total da cultura (ET_c) e a precipitação efetiva (P_{efet}) (HOEKSTRA *et al.*, 2011), conforme a equação 6.

$$\text{ET}_{\text{verde}} = \min (\text{ET}_c, P_{\text{efet}}) \quad (6)$$

Por sua vez, a evapotranspiração de água azul (ET_{azul}), ou a evapotranspiração da água irrigada no campo, é igual à evapotranspiração total da cultura menos a precipitação efetiva, sendo igual a zero quando esta exceder a evapotranspiração da cultura, conforme a equação 7.

$$\text{ET}_{\text{azul}} = \max (0, \text{ET}_c - P_{\text{efet}}) \quad (7)$$

A ET_c segundo Hoekstra *et al.* (2011) pode ser calculada através do método proposto pelo Serviço de Conservação do Solo do Departamento de Agricultura, dos Estados Unidos (USDA SCS), conforme a equação 8.

$$\text{ET}_c = K_c \times \text{ET}_0 \quad (8)$$

em que K_c = Coeficiente de cultivo da cultura; ET_0 = Evapotranspiração de referência.

Para a P_{efet} a FAO (1998) recomenda que esta, seja estimada pela relação entre a precipitação efetiva no mês t no perímetro k , na região a ser irrigada, de acordo com as equações 9 e 10.

$$P_{\text{efet.kt}} = (0,8 \times P_{\text{kt}}) - 25, \text{ se } P_{\text{kt}} \geq 75\text{mm} \quad (9)$$

ou

$$P_{\text{efet.kt}} = (0,6 \times P_{\text{kt}}) - 10, \text{ se } P_{\text{kt}} < 75\text{mm} \quad (10)$$

No setor da pecuária, foram considerados o componente azul referente ao consumo direto de água na dessedentação animal e o componente verde relacionado a alimentação por pastoreio e ração específica. Para tanto, a PH_{azul} na pecuária foi estimada com base nas informações do número de cabeças por categoria animal (nº de cabeças) da sub-bacia em 2017 e no consumo médio de água por animal (CA) conforme a equação 11.

$$PH_{\text{azul da pecuária}} (\text{m}^3/\text{ano}) = \text{n}^\circ \text{ de cabeças} \times \text{CA} \quad (11)$$

A PH_{verde} por sua vez, foi estimada com base no consumo de milho e capim sorgo (silagem) cultivados em sequeiros (sem necessidade de irrigação), portanto, o cálculo envolveu apenas a ET_{verde} (Equação 6). Assim como no setor agrícola, as evapotranspirações totais do milho e do capim sorgo e a precipitação efetiva foram obtidas pelo método proposto pela FAO (Equações 8, 9, 10).

Com relação à análise da sustentabilidade da pegada hídrica na sub-bacia estudada, essa foi realizada sob a perspectiva ambiental. A sustentabilidade ambiental pressupõe que a qualidade da água esteja dentro de padrões pré-estabelecidos e que a quantidade respeite a vazão ambiental mínima. Nessa perspectiva, para entender o significado da importância da pegada hídrica foi necessário compará-la com os recursos hídricos disponíveis, dessa forma, a avaliação da sustentabilidade da pegada hídrica deste estudo foi feita de acordo com a demanda, disponibilidade de água e as vazões naturais da região.

A análise da sustentabilidade da Pegada Hídrica Azul na sub-bacia, foi realizada por meio do indicador de escassez de água azul (EA_{azul}). Segundo Hoekstra *et al.* (2011) o cálculo do EA_{azul} em uma bacia x é definido pela razão entre a soma das pegadas hídricas azuis totais na bacia ($\sum PH_{\text{azul}}$) e a disponibilidade de água azul (DA_{azul}), conforme a equação 12.

$$EA_{\text{azul}} = \frac{\sum PH_{\text{azul}(x,t)}}{DA_{\text{azul}(x,t)}} \quad (12)$$

Para tanto, a disponibilidade de água azul (DA_{azul}) em uma bacia x , em um determinado período t , é definida como o escoamento natural na bacia (Q_{nat}) menos a demanda de vazão ambiental (DVA), conforme a equação 13

$$DA_{\text{azul}} [x,t] = Q_{\text{nat}} [x,t] - DVA [x,t] \quad (13)$$

A pegada hídrica azul excede a disponibilidade de água azul em um determinado período e em uma dada bacia significa que a demanda de vazão ambiental foi violada. Segundo Hoekstra *et al.* (2011) a escassez azul depende do tempo, de forma que a medição mensal é geralmente suficiente e mais tecnicamente interessante para conhecer a variação ao longo do ano.

A análise da sustentabilidade da PH_{verde} foi definida através do indicador de escassez de água verde (EA_{verde}). De acordo com Hoekstra *et al.* (2011) o índice de escassez de água verde em uma bacia x em um período t é definido como a razão entre o total de pegadas hídricas verdes na bacia ($\sum PH_{\text{verde}}$) e a disponibilidade da água verde (DA_{verde}), conforme a equação 14.

$$EA_{\text{verde}} = \frac{\sum PH_{\text{verde}(x,t)}}{DA_{\text{verde}(x,t)}} \quad (14)$$

Em relação a disponibilidade de água verde (DA_{verde}), esta é definida por Hoekstra *et al.* (2011) como a evapotranspiração total da água da chuva (ET_{verde}) menos a soma da evapotranspiração reservada para a vegetação natural (ET_{amb}) e da evapotranspiração das áreas não produtivas, conforme a equação 15.

$$DA_{\text{verde}} [x,t] = ET_{\text{verde}} [x,t] - ET_{\text{amb}} [x,t] - ET_{\text{improd}} [x,t] \quad (15)$$

Cabe destacar, que a questão da análise de escassez da água verde foi pouco explorada. O problema se deve à dificuldade de estimar a disponibilidade de água verde, justificada principalmente pela falta de dados sobre a demanda de água verde e a quantidade de

evapotranspiração improdutivo para produção agrícola. Portanto, Hoekstra *et al.*, (2011) sugere excluir a avaliação quantitativa da escassez de água verde na definição de diretrizes de políticas públicas, incluindo-a, contudo, em estudos-piloto para explorar a utilidade deste tipo de análise e para buscar uma definição menos ambígua da disponibilidade de água verde.

Para a avaliação da sustentabilidade da Pegada Hídrica Cinza, o indicador utilizado foi o nível de poluição da água (NPA). Para tal, o NPA é definido como a fração consumida da capacidade de assimilação de efluentes e calculado pela razão entre o total das pegadas hídricas cinza ($\sum PH_{cinza}$) e o escoamento real de uma bacia (Q_{real}) (HOEKSTRA *et al.*, 2011), conforme a equação 16.

$$NPA_{(x,t)} = \frac{\sum PH_{cinza(x,t)}}{Q_{atual(x,t)}} \quad (16)$$

Um nível de poluição de água de 100% indica que a capacidade de assimilação de resíduos foi totalmente utilizada. Quando o nível de poluição excede os 100%, os padrões de qualidade da água em seu estado natural são violados. Tanto a pegada hídrica cinza quanto o escoamento sofrem variações no decorrer do ano, ou seja, o nível de poluição da água também apresenta variações ao longo do ano. Na maioria dos casos, o cálculo mensal pode ser suficiente para representar a variação temporal, mas se houver necessidade, pode-se fazer o cálculo para um período menor (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

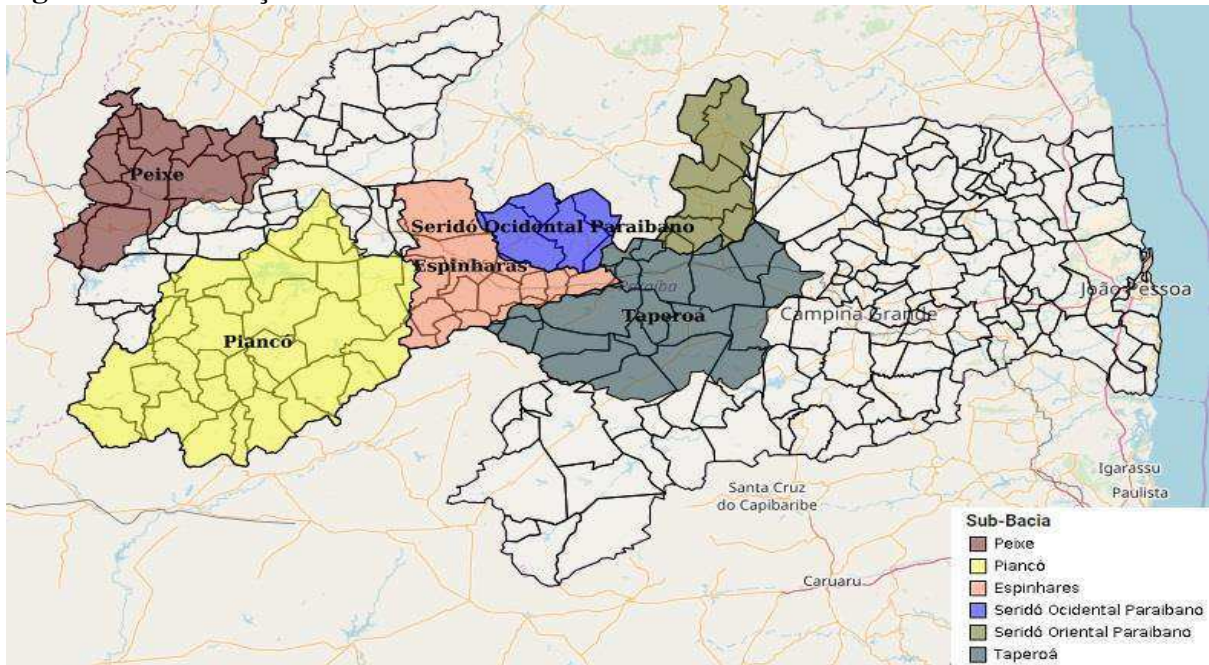
Os limites mensais de sustentabilidade azul e cinza foram apresentados graficamente. As vazões naturais (Q_n) consideradas em ambas as análises, correspondem a Q90%, que é a chamada vazão com 90% de garantia e 10% são destinadas para vazão ecológica, de acordo com Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu.

3.4 Caracterização da Área de Estudo

Situada no Sertão da Paraíba (Figura 3), região semiárida do Estado, a bacia do Rio Piancó abrange uma superfície de cerca de 9.207 km², sendo uma das sete sub-bacias do Rio Piranhas em território Paraibano. A bacia possui 30 municípios sediados nos limites de sua área, totalizando juntos, aproximadamente 282.832 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017). Nela está inclusa a maior reserva hídrica do Estado,

formada pela interligação de dois reservatórios: o Sistema Coremas - Mãe D'Água, com capacidade para acumular 1,36 bilhões de m³.

Figura 3 - Localização da Sub-bacia do Rio Piancó.



Fonte: SIGAESA-WEB (2017).

Conforme a classificação de Köppen ocorrem, na área da bacia hidrográfica, os climas classificados como *Awig* presentes na região das cabeceiras, e *BSwh* nas demais partes da bacia. A temperatura média anual é superior a 24° C e as temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses mais secos: outubro a janeiro e, as menos elevadas entre abril e julho. A umidade relativa do ar média anual é de 64% na foz da bacia, enquanto nas cabeceiras chega a 72%. A variação da insolação diária durante o ano alcança uma média de 8,7 horas e a evaporação total anual é superior a 2.9000 (mm). As chuvas na bacia são irregulares, com média pluviométrica anual em torno de 900 a 1100 (mm). A pluviometria na bacia é caracterizada por um período chuvoso que vai de janeiro a maio, sendo que nos meses de fevereiro, março e abril a precipitação representa cerca de 60% deste valor, apresentando um coeficiente de variação anual em torno de 40%. (PERH-PB, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.2 Estimativa da Pegada Hídrica no Abastecimento Humano

A pegada hídrica do setor de abastecimento foi executada em conjunto para os meios urbano e rural. O fornecimento de água que envolve as etapas de captação, tratamento, reserva e distribuição é realizada para suprir as demandas de consumo direto pelos habitantes da sub-bacia, portanto, foi considerado para o setor de abastecimento apenas o componente azul. Os valores adotados para o cálculo dizem respeito ao número de habitantes abastecidos pela sub-bacia em 2017, fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, o consumo médio de água por habitante e as prováveis perdas na rede de distribuição disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (Equação 2), conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Pegada Hídrica azul no Abastecimento.

POPULAÇÃO ABASTECIDA	CONS. MÉDIO PER CAPITA DE ÁGUA (L/HAB.DIA)	ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO (%)	PEGADA HÍDRICA AZUL (M ³ /ANO)
282.832	106,21	40	15.350.229

Fonte: Adaptado de IBGE (2018) e SNIS (2018); Dados obtidos para 2017.

Vale salientar, que o consumo médio per capita utilizado, é a média diária por indivíduo dos volumes de água utilizados para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial e que o índice de perdas por distribuição foi considerado com o objetivo de incorporar a água que é “perdida” ao longo da rede de distribuição antes mesmo de chegar aos estabelecimentos. Diante disso, a pegada hídrica azul para o abastecimento humano em 2017 totalizou 15.350.229 m³ ao ano.

Por recomendação do Manual de Avaliação da Pegada Hídrica foi considerado ainda como água azul, o volume de água da chuva captado pelas cisternas e utilizado principalmente para consumo humano. Portanto, a pegada hídrica azul (m³/ano) para as cisternas foi estimada basicamente pela relação entre o quantitativo de cisternas da sub-bacia em 2017 e a capacidade média de armazenamento em litros de cada tipo de tecnologia, conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Pegada Hídrica azul no Abastecimento por cisternas.

CISTERNA DE PLACAS		CISTERNA CALÇADÃO		CISTERNA ENXURRADA		BARREIRO TRINCHEIRA		PEGADA HÍDRICA AZUL (M ³ /ANO)
QTD.	CAPAC.	QTD.	CAPAC.	QTD.	CAPAC.	QTD.	CAPAC.	
12.673	16.000	622	52.000	687	52.000	187	50.000	364.336

Fonte: Registros *In loco*, Banco de dados da Articulação do Semiárido Brasileiro – ASA (2017); Dados obtidos para 2017.

A pegada hídrica azul para as cisternas foi de 364.336 m³ no ano de 2017. Para tal, o volume total de água azul referente ao setor de abastecimento totalizou 15.714.565 m³ ao ano.

4.3 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. Para tanto, o volume de água necessário para assimilar a poluição gerada no município (PH_{cinza}) foi calculado considerando a parcela de esgotos tratada e a parcela de esgotos que é lançada nos corpos d'água sem nenhum tratamento, uma vez que, a concentração de poluentes é diferenciada nos dois casos (Equação 3).

A L_{trat} e L_{Ntrat} (Equações 4 e 5) foram estimadas com base na vazão média dos esgotos da sub-bacia, o cálculo envolveu a população abastecida pela sub-bacia em 2017, o consumo médio per capita de água, o coeficiente de retorno padrão (0,8) definido pela Norma Técnica Brasileira – NBR 9649 e o índice médio de tratamento de esgotos referente à água consumida fornecida pelo SNIS.

O parâmetro selecionado para medir o nível de poluição foi a DBO_5 , por possuir maior potencial de contaminação. A concentração média de DBO_5 utilizada para a parte não tratada foi de 300 mg/l e para a parte tratada o valor de 120 mg/l, ambos os valores foram propostos respectivamente em estudos realizados por Sperling (1996) e pela SABESP, que considerou uma eficiência mínima de 60% nas tecnologias de tratamento adotadas.

Por sua vez, a Concentração máxima de DBO_5 adotada foi de 5mg/l para águas de classe 2, assim como definido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 357/05. Para a concentração natural do poluente na sub-bacia, adotou-se zero, já que tais concentrações não

foram monitoradas em campo. Definidos os parâmetros, a estimativa da pegada hídrica no saneamento foi descrita na tabela 3 a seguir:

Tabela 3 - Pegada Hídrica cinza no Saneamento.

LNTRAT. (Kg/ano)	LTRAT. (Kg/ano)	CMAX. DBO (Kg/m³)	CNAT. DBO (Kg/m³)	PEGADA HÍDRICA CINZA (M³/ANO)
2.461.060	68.163	0,005	0	505.844.600

Fonte: Hoekstra *et al.* (2011), CONAMA 357/05 e Dados obtidos para 2017.

O resultado da pegada hídrica cinza no saneamento totalizou 505.844.600 m³ ao ano em 2017. Esse valor corresponde ao volume anual em m³ necessário para diluir toda a matéria orgânica produzida e despejada na sub-bacia durante o ano analisado, de modo que a água permaneça dentro dos padrões pré-estabelecidos para consumo humano. Vale salientar, que de acordo com o SNIS apenas os municípios de Cajazeirinhas e Itaporanga apresentaram informações sobre o tratamento dos seus esgotos.

4.4 Estimativa da Pegada Hídrica na Agricultura Irrigada

No setor agrícola foram consideradas as componentes verde e azul, dado que, as culturas agrícolas interceptam água da chuva e a absorvem por suas raízes, além de demandarem água para irrigação. A componente cinza foi descartada devido à falta de informações sobre o uso de fertilizantes e defensivos agrícolas.

Diante disso, as estimativas da PH_{verde} e PH_{azul} na atividade agrícola foram obtidas através do cálculo da demanda hídrica das culturas temporárias e permanentes cultivadas na região de estudo, o qual relacionou a evapotranspiração verde (Equação 7) e a evapotranspiração azul (Equação 8). A evapotranspiração total da cultura (Equação 9) e a precipitação efetiva (Equações 10 e 11) foram calculadas pela metodologia proposta pela FAO e recomendada pelo Manual de Avaliação da Pegada Hídrica. Para tanto, o cálculo ainda envolveu os coeficientes de cultura mensais (K_c) (Tabela 4), a evaporação média mensal (Tabela 5) e a precipitação média mensal (Tabela 6).

Tabela 4 - Coeficiente de cultivo das culturas.

CULTURAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI O	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Manga	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Coco	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
Arroz (s - es)	0	1,05	1,2	1,2	0	0	0	1,05	1,2	1,2	0	0
Batata (s - es)	0	0,5	0,8	1,2	0,75	0	0	0,5	0,8	1,2	0,75	0
Mandioca (s - es)	0	0,4	0,98	0,69	0	0	0	0,4	0,98	0,69	0	0
Milho (s - es)	0	0,7	1,1	0,95	0,95	0	0	0,7	1,1	0,95	0,95	0
Cana-de-açúcar (s - es)	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
Feijão-Fava	0,7	1,1	0,9	0	0	0	0	0,7	1,1	0,9	0	0
Melancia (s-es)	0	0	0	0,67	0,91	0,98	0,82	0	0,67	0,91	0,98	0,82
Sisal	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
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
Tomate (s - es)	0	0,5	0,6	1,15	0,8	0	0	0,5	0,6	1,15	0,8	0
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: Adaptado de Produção agrícola municipal, IBGE (2017) e Aspersão e gotejamento, GOMES (1999).

A tabela 5 apresenta os valores mensais da evaporação média no Açude de Coremas, fornecidos pelo Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba: Bacias do Rio Piancó e do Alto Piranhas. Cabe destacar, que os dados da evaporação média mensal na sub-bacia, foram coletados através de tanques classe A dos postos climatológicos situados nas vizinhanças do açude de Coremas. Para tanto, foi utilizado um coeficiente de correção de 0,75.

Tabela 5 - Evaporação média mensal no Açude de Coremas (mm).

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
272,3	215,4	204,1	182,4	183,1	182,2	219,9	271,9	299,6	332,9	319	311

Fonte: PDRH-PB (1997).

A tabela 6 apresenta as precipitações médias mensais no Açude de Coremas disponibilizadas pelo Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba: Bacias do Rio Piancó e

do Alto Piranhas e coletadas através de tanques classe A dos postos climatológicos situados nas proximidades do açude de Coremas

Tabela 6 - Precipitação média mensal no Açude de Coremas (mm).

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
94,1	153,7	239,6	179,3	85,3	32,8	15,6	7	3,5	12,8	21,5	35,4

Fonte: PDRH-PB (1997).

Com a ET_{verde} 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, foi necessário coletar ainda, informações sobre a área plantada de cada cultura durante o ano de 2017. Os resultados da pegada verde para as diferentes culturas consideradas no plano agrícola podem ser observados através da tabela 7 a seguir:

Tabela 7 - Pegada Hídrica verde na Agricultura Irrigada.

CULTURAS	ÁREA PLANTADA (M ²)	ET_{verde} (M/ANO)	PEGADA HÍDRICA VERDE (M ³ /ANO)
Manga	630.000	0,50	313.123
Coco	910.000	0,49	443.002
Goiaba	320.000	0,48	152.515
Banana	750.000	0,50	375.315
Arroz (s - es)	6.230.000	0,38	2.386.588
Batata doce (s - es)	4.420.000	0,43	1.882.124
Mandioca (s - es)	3.220.000	0,37	1.195.522
Milho (s - es)	149.400.000	0,43	64.125.468
Cana-de-açúcar (s - es)	1.890.000	0,42	788.924
Feijão	133.340.000	0,31	41.991.433
Feijão-Fava	4.250.000	0,31	13.38.410
Melancia	130.000	0,19	24.115
Sisal	400.000	0,43	171.150
Abacate	40.000	0,50	20.017
Tomate (s - es)	40.000	0,39	15.400
Caju	2.160.000	0,45	965.952

Fonte: Adaptado de Produção agrícola municipal, IBGE (2017) e Dados obtidos para 2017.

Assim, 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 2017, totalizando o valor de 116.189.057 m³.

Por sua vez, com a ET_{azul} determinada, foi possível estimar o volume de água azul destinado a agricultura, para tanto, o cálculo da pegada hídrica azul envolveu também a área destinada ao plantio em 2017 de cada tipo cultura encontrada na sub-bacia. A tabela 8 a seguir mostra os resultados do consumo de água azul na agricultura irrigada para as diferentes culturas consideradas no plano agrícola.

Tabela 8 - Pegada Hídrica azul na Agricultura Irrigada.

CULTURAS	ÁREA PLANTADA (M²)	ET_{azul} (M/ANO)	PEGADA HÍDRICA AZUL (M³/ANO)
Manga	630.000	1,90	1.195.753
Coco	910.000	1,76	1.600.267
Goiaba	320.000	1,62	518.096
Banana	750.000	2,49	1.870.035
Arroz (s - es)	6.230.000	1,35	8.419.129
Batata doce (s - es)	4.420.000	1,22	5.373.505
Mandioca (s - es)	3.220.000	0,67	2.166.490
Milho (s - es)	149.400.000	1,43	214.014.006
Cana-de-açúcar (s - es)	1.890.000	1,43	2.698.589
Feijão	133.340.000	1,12	148.783.439
Feijão-Fava	4.250.000	1,12	4.742.235
Melancia	130.000	1,53	199.357
Sisal	400.000	1,22	487.486
Abacate	40.000	2,04	81.772
Tomate (s - es)	40.000	1,16	46.206
Caju	2.160.000	1,35	2.914.013

Fonte: Adaptado de Produção agrícola municipal, IBGE (2017); Dados obtidos para 2017.

Portanto, a Pegada Hídrica Azul total na agricultura irrigada na sub-bacia foi obtida pela soma de todo o consumo de água azul nas diferentes culturas, totalizando o valor de

395.110.376 m³ no ano de 2017. Este é o valor da pegada hídrica azul total considerando que a irrigação esteja funcionando na sua plenitude.

4.5 Estimativa da Pegada Hídrica na Pecuária

A pegada hídrica na pecuária foi estimada levando-se em consideração o uso direto da água para a dessedentação animal (PH_{azul}) e, indireto, para alimentação por pastoreio ou ração específica (PH_{verde}). A PH_{cinza} não foi considerada na pecuária, pois não foram encontrados relatos sobre o uso de adubos ou defensivos agrícolas no desenvolvimento do milho e do capim sorgo, bases da silagem consumida pelos animais.

Dessa forma, a PH_{azul} na dessedentação animal foi contabilizada com base no quantitativo dos principais tipos de animais criados na área da sub-bacia no ano de 2017. O cálculo relacionou ainda, os dados do consumo médio de água por tipo de animal, coletados através da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (Equação 13), conforme a tabela 9.

Tabela 9 - Pegada Hídrica azul na Pecuária.

CATEGORIAS	Nº DE CABEÇAS	PESO MÉDIO (KG)	CONS. MÉDIO DE ÁGUA (LITRO/CAB.DIA)	PEGADA HÍDRICA AZUL (M ³ /ANO) - 2017
Bovinos	201.022	200	20	4.020.440
Equinos	7.160	380	18	128.880
Suínos	32.864	161,59	5	164.320
Caprinos	69.004	50	3	207.012
Ovinos	77.698	60	3	233.094
Galináceos	678.840	2,53	0,23	156.133

Fonte: Pesquisa pecuária municipal, IBGE (2017). Registros *In loco* EMATER e EMBRAPA, (2017). Dados obtidos para 2017.

A Pegada Hídrica azul da pecuária foi obtida pela soma do consumo de água azul pelos diferentes tipos de animais, totalizando 4.909.879 m³ ao ano.

Por sua vez, a PH_{verde} no consumo de alimentos pelos animais foi estimada a partir do consumo total de silagem, o qual relacionou o número de cabeças de cada categoria e a sua respectiva ingestão média diária de silagem. Para tanto, foram consideradas como bases para a silagem (ração) o capim sorgo e o milho, como mostra a tabela 10 a seguir:

Tabela 10 - Consumo médio dos rebanhos por tipo de silagem.

CATEGORIA	Nº DE CABEÇAS	CONS. MÉDIO DE	
		ALIMENTOS (KG/CABEÇA/DIA)	TIPO DE SILAGEM
Bovinos	201.022	15	Capim
Equinos	7.160	7	Capim
Suínos	32.864	3,2	Milho
Caprinos	69.004	2,94	Milho
Ovinos	77.698	2,92	Milho
Galináceos	678.840	0,13	Milho

Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal, IBGE (2017); Registros *In loco*. EMBRAPA e EMATER (2017).

Para estimar o volume de água verde absorvido no ano de 2017 na produção do capim sorgo e do milho consumidos pelos animais, foi utilizada a mesma metodologia de cálculo para a pegada hídrica verde da agricultura, porém, considerou-se que o capim e o milho são cultivados por meio de sequeiros não recebendo assim água de irrigação, fato que descarta o cálculo da pegada hídrica azul para a silagem. Destaca-se ainda que no ano de 2017 não foram encontrados registros de áreas plantadas de capim sorgo dentro da sub-bacia, fato que não inviabilizou o cálculo da água verde consumida nessa produção, já que o capim plantado pode ser importado de outras áreas.

A ET_{verde} do sorgo e do milho foi calculada conforme a equação 7. A ET_c (Equação 9) e a P_{efet} (Equações 10 e 11) foram estimadas respectivamente pela metodologia proposta pelo Manual de Avaliação da Pegada Hídrica e pela FAO. O cálculo compreendeu ainda, o coeficiente de cultivo do milho (Tabela 4), o coeficiente de cultivo do sorgo (Tabela 11), a evaporação média mensal na sub-bacia (Tabela 5) e a precipitação média mensal na sub-bacia (Tabela 6).

Tabela 11 - Coeficiente de cultivo do sorgo.

CULTURAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI O	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Sorgo	0	0,4	0,75	1,1	0,8	0	0	0,4	0,75	1,1	0,8	0

Fonte: Aspersão e gotejamento, GOMES (1999).

Definidos os valores mensais da ET_{verde} para as duas culturas, o volume de água verde referente ao consumo total de milho e sorgo pelos animais em 2017 (Tabela 12) foi obtido através da multiplicação entre a ET_{verde} em m/ano pela área a ser plantada. Vale salientar, que a área a ser plantada foi definida com base no consumo total de silagem e na produtividade média das duas culturas definida por Sperling (1996). Para o milho a produtividade adotada foi de 35 (ton./ha) e para o capim sorgo 70 (ton./ha).

Tabela 12 - Pegada Hídrica verde na Pecuária.

CULTURAS	CONS. TOTAL DE SILAGEM (TON./ANO)	ÁREA A SER PLANTADA (M ² /ANO)	ET_{verde} (M/ANO)	PEGADA HÍDRICA VERDE (M ³ /ANO) - 2017
Milho	227.455	15.984	0,43	2.794
Sorgo	1.118.889	6.499	0,40	6.394

Fonte: Aspersão e gotejamento, GOMES (1999).

Portanto, a pegada hídrica verde total obtida em 2017 para o consumo de silagem pelos animais, foi de 9188 m³.

4.6 Estimativa da Pegada Hídrica Total

O cálculo da pegada hídrica total na sub-bacia foi feito por meio do somatório de todas as estimativas dos componentes azul, verde e cinza dos principais setores usuários de água nas bacias (Equação 1). Dessa forma, após a contabilização das pegadas hídricas de cada setor considerado nesta pesquisa: abastecimento humano, saneamento, agricultura irrigada e pecuária, pôde-se obter o valor da pegada hídrica total da sub-bacia do Rio Piancó no sertão paraibano no ano de 2017. A tabela 13 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 13 - Pegada Hídrica total na sub-bacia do Rio Piancó

SETORES DA ÁGUA CONSIDERADOS	AZUL (M³/ANO)	VERDE (M³/ANO)	CINZA (M³/ANO)	TOTAL POR SETOR (M³/ANO)
Abastecimento Humano	15.714.565	-	-	15.714.565
Saneamento	-	-	505.844.600	505.844.600
Agricultura Irrigada	395.110.376	116.189.057	-	511.299.433
Pecuária	4.909.879	9.188	-	4.919.067
PEGADA HÍDRICA TOTAL	415.734.820	116.198.245	505.844.600	1.037.777.665

Fonte: Dados obtidos para 2017.

Assim, o valor encontrado para a pegada hídrica total da sub-bacia do Rio Piancó no ano de 2017 foi de 1.037.777.665 m³. A maior contribuição da Pegada Hídrica na sub-bacia foi atribuída à água cinza, que representou aproximadamente 48,75% da pegada total. A Pegada Hídrica azul correspondeu a 40% da Pegada Hídrica total e o restante foi atribuído à água verde. Em relação à Pegada Hídrica específica de cada setor avaliado na sub-bacia, a agricultura irrigada representou 49,26% da Pegada Hídrica total, seguida do Saneamento com 48,74%. As pegadas hídricas da Pecuária e do Abastecimento foram iguais a 0,48% e 1,52% do total, respectivamente.

Vale destacar ainda, que a agricultura foi responsável por 95% do consumo de água azul, 3,78% referem-se ao abastecimento e o restante a pecuária. O componente cinza total gerado foi proveniente do saneamento, o que aponta o esgoto doméstico como uma das principais fontes de contaminação dos cursos de água na sub-bacia. Sendo assim, com base nos resultados, fica evidente que a agricultura irrigada e o saneamento são os setores que exercem a maior pressão sobre os recursos hídricos da sub-bacia.

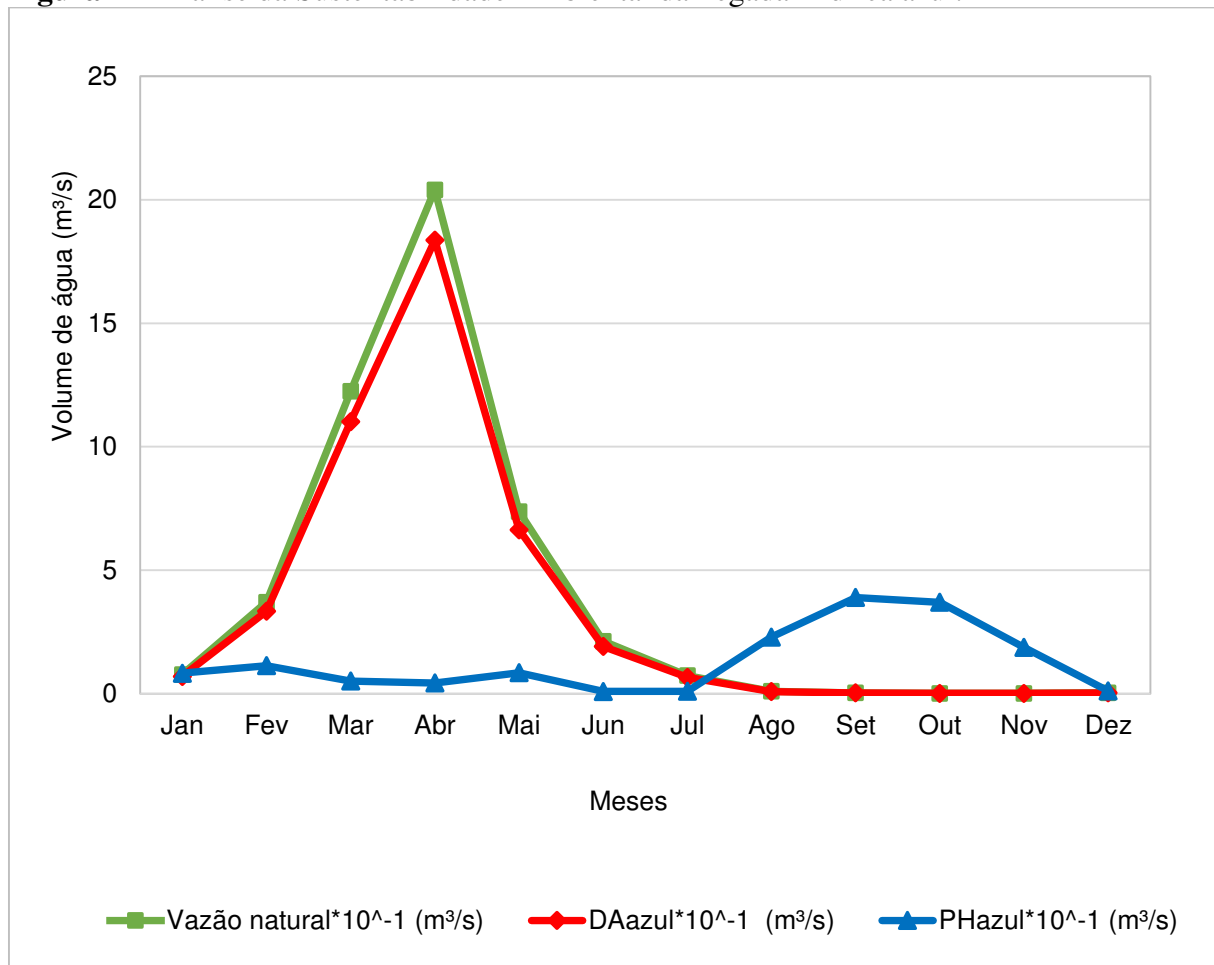
4.7 Análise da Sustentabilidade da Pegada Hídrica

A sustentabilidade da pegada hídrica na sub-bacia foi analisada sob a perspectiva ambiental. Para tanto, a sustentabilidade ambiental pressupõe que a qualidade da água permaneça dentro de padrões pré-estabelecidos e que a quantidade respeite a vazão ambiental

mínima. Nesse sentido, a avaliação da sustentabilidade da PH_{azul} foi realizada por meio do indicador de escassez de água (EA_{azul}) (Equações 14 e 15). A análise da sustentabilidade da PH_{verde} foi definida através do indicador de escassez de água verde (EA_{verde}) (Equações 16 e 17). Para a avaliação da sustentabilidade da PH_{cinza} , o indicador local empregado foi o nível de poluição da água (NPA) (Equação 18).

As vazões naturais (Q_n) consideradas para as análises foram disponibilizadas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu e correspondem a Q90%, que é a chamada vazão com 90% de garantia e 10% são destinadas para vazão ecológica. No cálculo da disponibilidade da DA_{verde} foram adotadas as evapotranspirações médias mensais, assim como as áreas improdutivas e preservadas definidas pelo Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba, através do mapeamento do uso e ocupação do solo. A análise da sustentabilidade ambiental das PH_{azul} , PH_{verde} e PH_{cinza} na sub-bacia foram expressas mensalmente em forma de gráficos, conforme as figuras 4, 5 e 6 a seguir:

Figura 4 - Análise da Sustentabilidade Ambiental da Pegada Hídrica azul.

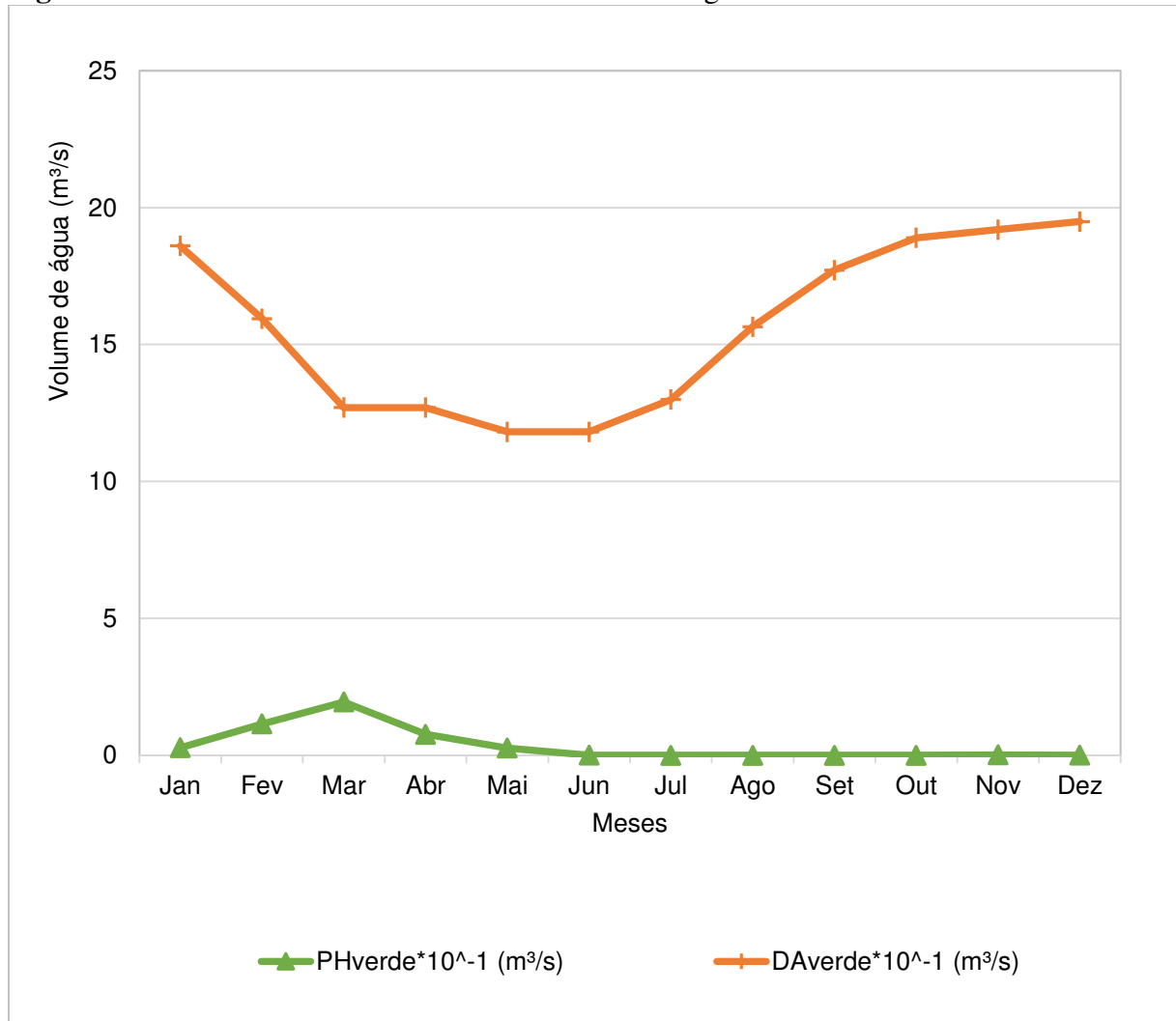


Fonte: Dados obtidos para 2017.

De acordo com a figura 2, a pegada hídrica azul durante o ano de 2017 não supera a disponibilidade de água azul no mesmo período, porém, verifica-se que essa disponibilidade vai diminuindo gradativamente e se agravando nos últimos meses do ano, coincidindo com o regime pluviométrico da região estudada. Pode-se observar então, que entre os meses de fevereiro a junho onde a precipitação é maior, a disponibilidade de água é abundante, em contrapartida, entre os meses de julho a dezembro onde a precipitação é baixa e a evaporação elevada, a demanda por água azul supera a sua disponibilidade, violando a vazão ambiental e revelando uma situação de insustentabilidade.

Na figura 5 apresenta a análise gráfica da sustentabilidade ambiental do componente verde da pegada hídrica.

Figura 5 - Análise da Sustentabilidade Ambiental da Pegada Hídrica verde.

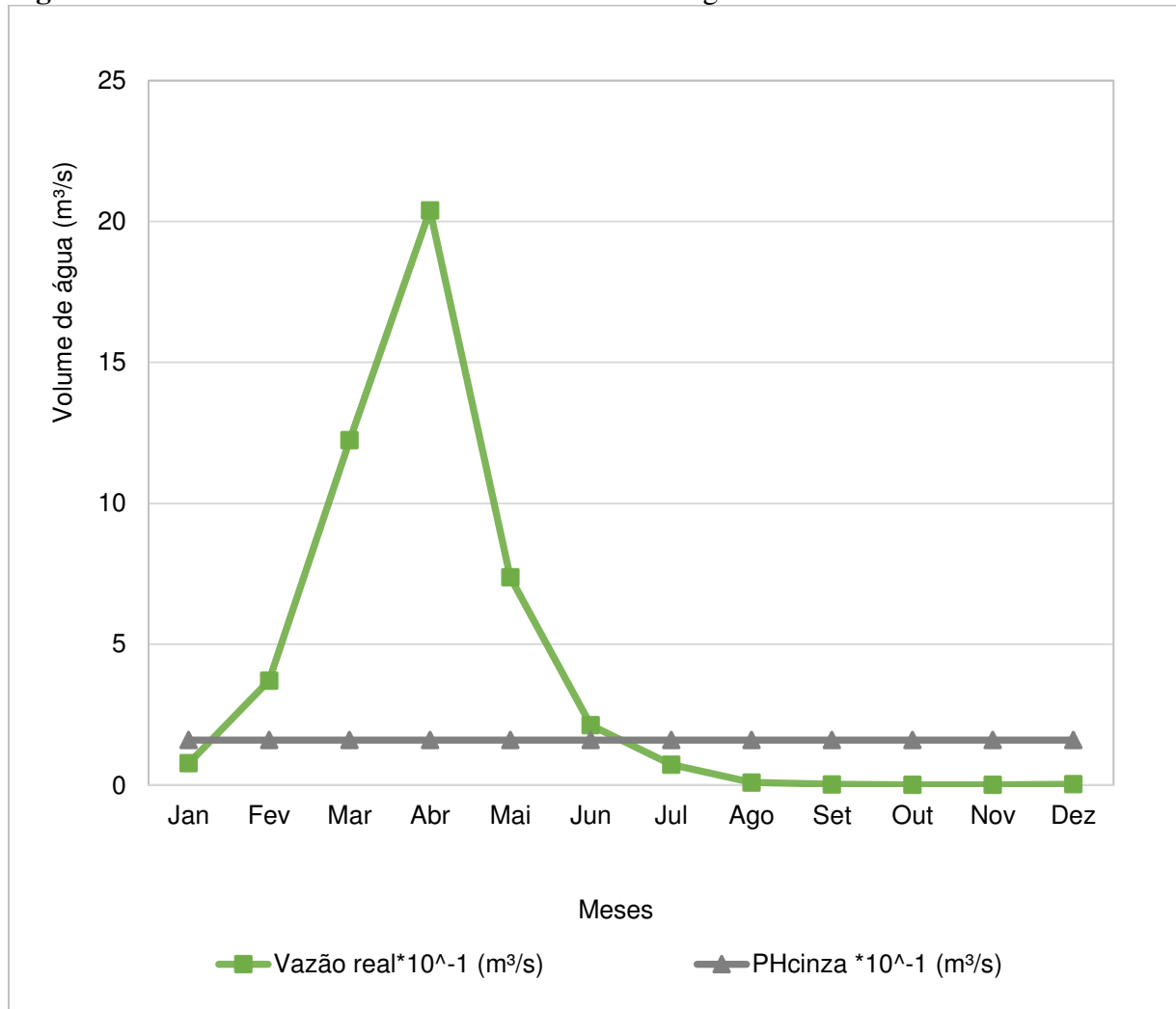


Fonte: Dados obtidos para 2017.

Pode-se observar, a partir da figura 5, que a pegada hídrica verde não supera em nenhum momento a disponibilidade de água verde. Entre os meses de janeiro a maio o consumo de água verde cresce e a disponibilidade de água diminui, ambas as alterações são justificadas principalmente pelo regime pluviométrico da região. Entretanto, entre os de julho a dezembro a elevada disponibilidade de água verde é tida como inadequada, pois ocorre em um período do ano onde o desenvolvimento das culturas é prejudicado pelos baixos índices de precipitação e elevadas taxas de evaporação. Portanto, o consumo de água verde pode ser considerado sustentável na sub-bacia no ano de 2017, porém, fica claro, que o potencial de água verde na região entre os meses de janeiro a maio não está sendo maximizado principalmente para o desenvolvimento da agricultura de sequeiro.

Na figura 6 apresenta a análise gráfica mensal da sustentabilidade ambiental da componente cinza da pegada hídrica, realizada com base no grau de poluição da água.

Figura 6 - Análise da Sustentabilidade Ambiental da Pegada Hídrica cinza.



Fonte: Dados obtidos para 2017.

O efeito da pegada hídrica cinza total depende do escoamento disponível na sub-bacia para assimilar seus efluentes. Nota-se na figura 6 acima, que entre os meses de fevereiro a junho onde a precipitação e conseqüentemente a vazão de água são maiores, a sub-bacia consegue assimilar totalmente a carga de poluentes lançadas nos corpos d`água, porém, entre os meses de julho a dezembro, a capacidade de assimilação dos corpos d`água é totalmente consumida, violando assim, os padrões de qualidade da água. Assim, pode-se afirmar, que a sub-bacia apresenta pontos de insustentabilidade durante o ano, devido principalmente a irregularidade pluviométrica da região que acaba afetando a capacidade assimilação dos seus corpos hídricos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos a humanidade tem vivenciado um período de grande crise em relação ao seu crescimento e degradação ambiental, sendo necessária uma reflexão sobre os problemas causados pela sociedade e a sua influência sob o meio ambiente. Nesse sentido, os recursos de água doce na terra estão sujeitos a pressões crescentes associados à forma como os utilizamos e poluímos. O equilíbrio ambiental entre o homem e a natureza torna necessária a criação de indicadores do uso da água com base em metodologias que contemplem índices de sustentabilidade do uso direto e indireto de água. Nesse contexto, a Avaliação de Pegada Hídrica surge como uma importante ferramenta a ser aplicada visando à ampliação da consciência acerca do uso da água e à melhora na gestão dos recursos hídricos.

Para tanto, a administração pública exerce um papel fundamental no que diz respeito ao poder de redução drástica do dano ambiental causado pelo desperdício e pelo crescimento desordenado. Entre as demandas públicas que o Estado busca atender, encontra-se o gerenciamento das bacias hidrográficas. Apesar de toda importância ambiental, social e econômica que as bacias hidrográficas oferecem, muitas delas têm sofrido perturbações e poucas medidas de recuperação e gestão ambiental são realizadas. Portanto, a bacia hidrográfica é perfeitamente apropriada para o desenvolvimento de um plano de gestão que busque aperfeiçoar o uso dos recursos humanos e naturais através de análises com indicadores de sustentabilidade do uso da água.

Com base nessas premissas, o valor encontrado neste estudo para a pegada hídrica total na sub-bacia do Rio Piancó no ano de 2017 foi de 1.037.777.665 m³. As maiores contribuições da Pegada Hídrica na sub-bacia, foram atribuídas aos componentes cinza e azul, representando respectivamente 48,75% e 40% da Pegada total. Em relação à Pegada Hídrica específica, o setor agrícola representou 49,26% da Pegada Hídrica total, seguida do Saneamento com 48,74%. Do total de água azul, 95% foi destinada a agricultura e apenas 3,78% ao abastecimento humano. A componente cinza em sua totalidade foi atribuída ao saneamento. Sendo assim, ficou evidente que a agricultura irrigada e o saneamento são os setores que exercem a maior pressão sobre os recursos hídricos da sub-bacia.

No tocante a sustentabilidade ambiental da componente azul, em uma escala anual, essa se apresentou sustentável, porém, pôde-se observar que nos últimos meses do ano a demanda por água azul supera a sua disponibilidade. Esses pontos de insustentabilidade ao final do ano coincidem com a queda na precipitação e o aumento na evaporação, alterações climáticas típicas dessa região. Com a relação à sustentabilidade da pegada hídrica verde, esta se apresentou

sustentável no período chuvoso, porém, o consumo de água verde está bem abaixo do potencial que a sub-bacia oferece, principalmente no que se refere à demanda por água no desenvolvimento de agricultura por sequeiro.

Não obstante das situações anteriores, a análise do nível de poluição da água demonstrou que em um plano anual, os corpos de água da sub-bacia conseguem assimilar totalmente a carga de efluentes lançada, no entanto, essa capacidade de assimilação é comprometida nos últimos meses do ano, devido principalmente à queda na disponibilidade de água, causada pela irregularidade pluviométrica da região e pela má gestão dos recursos hídricos. Nessa perspectiva, pode-se afirmar que havendo um planejamento eficaz para o uso adequado da água durante todo o ano, seria possível administrar a quantidade de água acumulada nos meses mais chuvosos, para evitar as dificuldades enfrentadas nos meses mais críticos do ano.

Portanto, os pontos críticos a serem trabalhados na sub-bacia com a finalidade de reduzir a Pegada Hídrica, dizem respeito ao componente azul no setor de agricultura irrigada e ao componente cinza no saneamento. A pegada hídrica azul no setor agrícola pode ser reduzida em parte, pela utilização de técnicas e sistemas de irrigação que economizem água e, em parte, pelo aumento da proporção da produção com base na água verde (sequeiro) ao invés da água azul (irrigação). Em relação à redução do componente cinza no saneamento, a principal medida a ser tomada, refere-se à ampliação da rede de atendimento do esgotamento sanitário, sobretudo no processo de tratamento, para remoção mais eficiente das cargas de poluentes.

Além dessas medidas, é importante levar em consideração o desenvolvimento de uma gestão integrada dos recursos hídricos visando à redução nas taxas de consumo e o aumento da eficiência no uso da água. Para tal, é necessário potencializar ações que visem: a redução das perdas no sistema de abastecimento de água; a precisão no monitoramento da vazão real dos rios da região; o incentivo ao cadastro de outorga pelo uso da água, com o objetivo de verificar a demanda real de água na sub-bacia; a criação de políticas públicas relacionadas às reduções de desperdício e poluição da água; ampliação do uso de tecnologias sociais para captação e armazenamento de água; a implementação de ferramentas de gestão baseadas em indicadores de sustentabilidade do uso da água, entre outras. Com uma gestão mais eficiente por bacia hidrográfica, as demandas devem adequar-se à capacidade de carga natural do ambiente, para regenerar as entradas de recursos no sistema e assimilar os fluxos de resíduos da atividade produtiva, sem ultrapassar o limite da sustentabilidade ao longo prazo.

Para tanto, esta pesquisa atendeu a todos os objetivos propostos ao sistematizar, contabilizar e analisar a sustentabilidade ambiental da pegada hídrica dos principais usuários de água na sub-bacia. Como ponto positivo o estudo se destacou entre os demais, pois analisou

em nível mensal a sustentabilidade ambiental de cada componente da pegada hídrica em separado, além de ter considerado o volume de água azul armazenado nas diferentes tecnologias sociais para captação de água da chuva.

Cabe destacar, que o uso da avaliação da Pegada Hídrica como ferramenta de auxílio na gestão dos recursos hídricos ainda é bastante nova, mas tende a ganhar força mediante a intensificação dos conflitos pelos múltiplos usos da água. De certa forma, o crescimento das demandas para suprir as necessidades de abastecimento humano, produção industrial, desenvolvimento de culturas agrícolas e criação de animais exigirão um esforço conjunto por parte de toda a sociedade para que não haja um colapso na oferta de recursos hídricos. Assim, além de medidas governamentais que devem ser tomadas pelos órgãos reguladores e fiscalizadores de água na sub-bacia, é essencial que exista uma maior conscientização por parte da população em relação ao uso consciente e sustentável da água.

Conclui-se então, que os resultados dessa pesquisa possam servir de norte para futuros planejamentos a serem desenvolvidos em prol do uso eficiente da água, como também, alertar principalmente a população, empresas e gestores ambientais sobre a quantidade de água que está sendo usada pelos diversos setores e onde pode ser reduzido para que não haja falta dos recursos hídricos, posto que, é um bem imprescindível para a vida humana.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No decorrer desta pesquisa foram encontradas algumas dificuldades com relação a busca e coleta dos dados. Dentre elas, destacam-se a ausência de dados atuais sobre o monitoramento fluviométrico e hidrológico e a necessidade de aprimorar o mapeamento do uso e ocupação de solo com melhor grau de detalhamento. A metodologia de cálculo da pegada hídrica e de sua sustentabilidade em algumas vezes precisou ser ajustada devido à escassez de dados padronizados. As estimativas do setor de saneamento, foram realizadas com base na concentração média do poluente selecionado, o que revela uma desvantagem, já que a média é calculada para toda a sub-bacia, impossibilitando conhecer os níveis diferenciados de poluição na região.

Para tanto, as incertezas dos dados utilizados no cálculo da pegada hídrica podem ser muito significativas, o que indica que os resultados devem ser cuidadosamente interpretados. No caso da pegada hídrica cinza, um dos desafios é formular diretrizes sobre como definir as concentrações naturais e as concentrações máximas permitidas. Idealmente ambas deveriam ser específicas para cada bacia, em muitos casos esse tipo de informação não está disponível.

Observa-se ainda, a necessidade em realizar mais pesquisas sobre a quantificação das demandas de vazão ambiental e das demandas ambientais de água verde para cada bacia hidrográfica, pois estes dados são essenciais para a avaliação da sustentabilidade das pegadas hídricas azul e verde, respectivamente.

Em um contexto geral, torna-se fundamental em possíveis estudos, compreender como os diferentes tipos de resposta, na forma de políticas públicas, podem contribuir para a redução das pegadas hídricas verde, azul e cinza de diversas atividades, incluindo as percepções referentes à efetividade dos diferentes tipos de ações. No entanto, poucos estudos abordam todas as fases de avaliação da pegada hídrica, a maioria apresentam um foco maior ou total na fase de contabilização. O principal desafio com relação aos estudos futuros é abordar também as fases de avaliação de sustentabilidade e de formulação de respostas/ações.

Por fim, recomenda-se para futuras pesquisas reavaliar os cálculos da pegada hídrica e de sua sustentabilidade com periodicidade, à medida que novos dados forem disponibilizados, tanto para subsidiar a metodologia do cálculo quanto para atender a possíveis mudanças na demanda hídrica das bacias estudadas. É necessário ainda, considerar para o cálculo o setor industrial, já que este demanda uma quantidade significativa de água, através de uma gama de complexos processos produtivos. Ademais, estudos futuros para determinação da vazão ambiental frente às demandas naturais devem ser revisitados, uma vez que um dos grandes

empecilhos da avaliação da pegada hídrica é a necessidade de atendimento às vazões ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA - AESA. Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu. Resumo Estendido. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Brasília-DF, 2016.
- AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA - AESA. Localização da Sub-bacia do Rio Piancó. SIGAESA-WEB, 2017. Disponível em: <<http://geo.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2017.
- AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA - AESA. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba: Bacias do Rio Piancó e do Alto Piranhas. Associação para o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia - SCIENTEC. Paraíba, 1997.
- ALBUQUERQUE, M. F.; Medições e Modelagem da Pegada Hídrica da Cana-De-Açúcar Cultivada no Brasil. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, 2013.
- ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO – ASA. Planilha de Monitoramento Quantitativo de Implementações. Registros *In Loco*, 2017.
- ASSIS, J. N.; RIBEIRO, M. S.; MIRANDA, C. S.; REZENDE, A. J. Contabilidade ambiental e o agronegócio: um estudo empírico entre as usinas de cana-de-açúcar. *Sociedade, Contabilidade e Gestão*, v.4, n.2, p.88-103, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário (NBR 9649). Comitê Brasileiro de Construção Civil, Comissão de Estudo de Projetos de Sistemas de Esgoto Sanitário, Rio de Janeiro, nov., 1986.
- CARVALHO, D. S. F.; Avaliação da Pegada Hídrica da Empresa Yazaki Saltano de Ovar. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Economia. Universidade do Porto, Set., 2015.
- 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.
- CAVALCANTE, G. M.; ISRAEL, S. M. B.; AQUINO, M. M. F.; CEOLIN, A. C. Contabilidade Ambiental: Um Estudo sobre a Percepção dos Estudantes de Graduação em Ciências Contábeis da Cidade de Maceió (AL). *Revista Mineira de Contabilidade*, v. 18, n. 3, p. 40-51, 2017.
- CÉSAR, P. S. M; CARNEIRO, R.; A gestão ambiental em Mina Gerais: uma análise do sistema de gestão ambiental e do rompimento da barragem de rejeitos em Mariana. *Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo*, v. 2, n. 2, p. 192-217, abr./jun., 2017.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. Padrões de lançamento para Estações de Tratamento de Esgotos Domésticos. Reunião AESBS, 2009.

CHAPAGAIN, A. K.; Hoekstra, A. Y.; The Water footprint of coffee and tea consumption in the Netherlands. *Ecological Economics*, v.64, p.109-118, 2007.

CHAPAGAIN, A. K.; Hoekstra, A. Y.; SAVENIJE, H. H. G.; GAUTAM, R.; The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics*, v.60, p.186-203, 2006.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – EMATER. Consumo médio de água e alimentos por categoria animal. Registros *In loco*, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Consumo médio de água e alimentos por categoria animal. Registros *In loco*, 2017.

ESTENDER, A. C.; PINHEIRO, A. A.; Reutilização da água na indústria. *Revista de Administração da FATEA*, v.11, n.11, p.06-127, jul./dez., 2015.

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

FREITAS, S. C.; Estimativa da Pegada Hídrica Cinza Relativa ao Fósforo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau (DF/GO). Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2013.

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*, vol.19, n.3, p.141-149. jul./set., 2014.

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.

GOMES, H.P. Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. 3.ed. Campina Grande: UFPB, 1999.

GUARNIERI, P.; HASS, D.; MONTEIRO, G. A mensuração dos efeitos financeiros e econômicos da logística reversa pela contabilidade ambiental. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 4, n. 2, p. 202-225, 2013.

HOEKSTRA, A. Y.; Virtual water trade: Proceedings of the Internacional Expert Meeting on Virtual Water Trade. -IHE, n.12. p.239, 2003.

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.

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. v.7, Issue 2, 2012.

HUBACEK, K.; GUAN, D.; BARRETT, J.; WIEDMANN, T. Environmental implications of urbanization and lifestyle change in China: Ecological and Water Footprints. *Journal of Cleaner Production*, v.17, p.1241-1248, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades e Estados do Brasil. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 28 dez. 2017.

LEÃO, R. S. Pegada Hídrica: Visões e Reflexões Sobre sua Aplicação; *Revista Ambiente & Sociedade*, São Paulo, n. 4, p.159-162, 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.; SILVA, V. P. R.; NETO, J. D.; ARAUJO, L. E.; Pegada Hídrica como Indicador de Sustentabilidade Ambiental. *Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade*, v. 2, n. 2 – Edição Especial Rio + 20, p.113-125, jun., 2012.

MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E.; SILVA, V. P. R.; Regionalização da Pegada Hídrica do Estado da Paraíba. *Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade*. v.4, n.1, p. 105-122, 2014.

MARTINS, R. S. L.; Empresas e Gestão da Água: Uma abordagem a partir do uso do indicador pegada hídrica. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, 2014.

MELO, T. G.; BORGES, F. Q.; Gestão Ambiental e o Indicador de Sustentabilidade Ambiental da Geração da Eletricidade Consumida no Setor Industrial do Pará. *Revista de Administração da UNIMEP*, v. 15, n. 3, p. 95-120, 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO - FAO. Evapotranspiração de culturas: Diretrizes para o cálculo dos requisitos de água das culturas - Irrigação e drenagem. ISBN 92-5-1042105. 56p.,1998.

PEREIRA, J. S.; KASSAI, J. R.; RAMOS, P. M. O.; Balanço contábil dos recursos hídricos: um estudo de caso da região de Alagoinhas (BA) - Responsabilidade Social e Contabilidade Socioambiental. *Revista Brasileira de Contabilidade*, n. 216, p. 26-39, dez., 2015.

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.

PRODANOV, C. C. FREITAS, E. C. Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. Editora: Feevale – 2ª ed. Rio Grande do Sul, 2013.

PROGRAMA ÁGUA BRASIL – PAB. Pegada Hídrica de Bacias Hidrográficas. Iniciativa da Agência nacional de Águas, Fundação Banco do Brasil e WWF-Brasil, 2014.

RAUPP, F.; SELIG, P. M.; VIEGAS, C. V.; Entre a ciência e a norma: análise comparativa de grupos de indicadores de sustentabilidade. *Revista Brasileira de Estratégia*, Curitiba, v.4, n.2, p. 129-139, maio/ago., 2011.

SANTIN, J. R.; GOELLNER, E.; A Gestão dos Recursos Hídricos e a Cobrança pelo seu Uso. Florianópolis, n.67, p.199-221, dez., 2013.

SANTOS, J. C. M.; Desafios da Implementação da Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P): o caso da Pernambuco Participações e Investimentos S/A. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v.6, n.2, p.133-153, jul./set., 2017.

SILVA, V. P. R.; ALEIXO, D. O.; ALMEIDA, R. S. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; ARAÚJO, L. E.; Modelo integrado das pegadas hídrica, ecológica e de carbono para monitoramento da pressão humana sobre o planeta. *Ambiência – Revista do setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, v.11, n.3, set./dez, 2015.

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

SILVA, J. P. B.; SILVA, S. S.; MENDES, R. S.; Gestão ambiental em empresas públicas e sociedades de economia mista do estado de Minas Gerais. *Revista Ciências Administrativas*, Fortaleza, v. 23, n. 2, p. 247-261, maio/ago., 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. Diagnóstico de Água e Esgotos. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades. Brasil, 2017.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA (SIDRA). Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 06 jan. 2018.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA (SIDRA). Pesquisa Pecuária Municipal. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2016>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

SOUSA, E. S.; CARVALHO, D. B.; n um estudo dos instrumentos propostos pela administração pública federal voltados ao consumo sustentável. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, São Paulo, v.10, n.2, p. 283-300, 2015.

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

VON SPERLING, M.; Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, v.01, 2º ed., p. 243 ,1996.