

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG CENTRO DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR COORDENAÇÃO DO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS**

VINÍCIUS CABRAL DE MELO FILHO

**ANÁLISE DA PEGADA HÍDRICA NO PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO GONÇALO,
LOCALIZADO NO SERTÃO PARAIBANO.**

POMBAL-PB

2019

VINÍCIUS CABRAL DE MELO FILHO

**ANÁLISE DA PEGADA HÍDRICA NO PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO
GONÇALO, LOCALIZADO NO SERTÃO PARAIBANO.**

Artigo apresentado ao Programa Pós-Graduação, *stricto sensu* em Sistemas Agroindustriais (PPGSA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) como exigência para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Allan Sarmiento
Vieira

POMBAL-PB

2019

M517a Melo Filho, Vinícius Cabral de.
Análise da pegada hídrica no perímetro irrigado de São Gonçalo,
localizado no Sertão paraibano. / Vinícius Cabral de Melo Filho. –
Pombal, 2019.
21 f. : il. color.

Artigo (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia
Agroalimentar, 2018.

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

1. Pegada hídrica. 2. Sustentabilidade. 3. Escassez de água. I. Vieira,
Allan Sarmento. II. Título.

CDU 628.17(043)

CAMPUS DE POMBAL

**“ANÁLISE DA PEGADA HÍDRICA NO PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO GONÇALO,
LOCALIZADO NO SERTÃO PARAIBANO”**

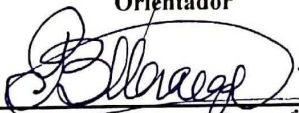
Artigo apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal-PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M. Sc.) em Sistemas Agroindustriais.

Aprovada em 20 / 05 / 2019

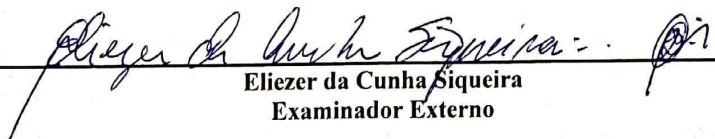
COMISSÃO EXAMINADORA



Allan Sarmiento Vieira
Orientador



Patrício Borges Maracajá
Examinador Interno



Eliezer da Cunha Siqueira
Examinador Externo

POMBAL-PB
2019



Scanned with
CamScanner

ANÁLISE DA PEGADA HÍDRICA NO PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO GONÇALO, LOCALIZADO NO SERTÃO PARAIBANO.

Vinícius Cabral de Melo Filho¹; Allan Sarmento Vieira²

RESUMO

A pegada hídrica é indicador ambiental que se centraliza em avaliar as necessidades diretas e indiretas de água para sustentar o estilo de vida de uma pessoa, região, nação, produto ou processo de uma empresa. Assim, o objetivo principal deste trabalho foi analisar a pegada hídrica total do perímetro irrigado de São Gonçalo, em Sousa, localizado no sertão paraibano, entre os anos de 2012 e 2016. Para isso, foi utilizado o cálculo da pegada hídrica, com base na demanda hídrica das culturas temporárias e permanentes cultivados na região estudada, o qual relacionou a evapotranspiração verde e a evapotranspiração azul, levando em consideração que desde o ano de 2012 houve diminuição do plantio de culturas no local, devido à escassez da água, foi apresentado um calendário agrícola para a região, sendo selecionadas algumas culturas como a manga, o coco, a goiaba, o caju, a banana, a graviola, o maracujá e a acerola, entre outras como opções de cultivos. Portanto, podemos afirmar que o perímetro de São Gonçalo para este período é insustentável e que o padrão de consumo calculado através pegada hídrica total pode servir de apoio nas decisões sobre o uso da água no perímetro estudado, fornecendo informações para uma possível política de sustentabilidade, conscientizando ainda os usuários deste setor sobre o uso da água, e, sobretudo este conhecimento poderá nos trazer a promoção da gestão e da conservação deste recurso.

Palavras -chave: Pegada hídrica; Sustentabilidade; Escassez.

ABSTRACT

The water footprint is an environmental indicator that focuses on assessing the direct and indirect needs of water to sustain the lifestyle of a person, region, nation, product or process of a company. Thus the main objective of this work was to analyze the total water footprint of the irrigated perimeter of São Gonçalo, in Sousa, located in the Paraíba backlands, between the years 2012 e 2016. For this, it was used the calculation of the water footprint, based on the water demand of the temporary and permanent cultures cultivated in the region studied, which related the green evapotranspiration and the blue evapotranspiration, taking into account that since 2012 there has been a decrease in the planting of crops on site, due to water scarcity, an agricultural calendar for the region was presented, and some crops such as mango were selected, coconut, guava, cashew, banana, soursop, passion fruit and acerola, among others as crop options. Therefore we can state that the perimeter of São Gonçalo for this period is unsustainable and that the consumption pattern calculated through total water footprint can serve as support in the decisions on the use of water in the studied perimeter, providing information for a possible sustainability policy, raising awareness among users of this sector about the use of water, and, above all, this knowledge can bring us the promotion of the management and conservation of this resource.

Key-Words: Water Footprint; Sustainability; Shortage.

¹Especialista em Engenharia de Instalações Prediais (UNP); Graduado em Engenharia Civil (UFPB). E-mail: vinicius-malo@hotmail.com

²Professor e Doutor em Recursos Naturais (UFCG). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental (UFCG). Graduado em Engenharia Civil (UFPB) E- mail: allan.sarmento@ufcg.edu.br

1. INTRODUÇÃO:

A água é um dos principais recursos naturais necessários para a existência de vida no planeta. Ela é utilizada de diferentes formas, como: Para a produção de alimentos, de energia elétrica, para higiene pessoal, entre diversas outras atividades. Porém, somente uma mínima fração de aproximadamente (3%), do total de água existente na Terra, está disponível para consumo humano, isto é, na forma de água doce. O nosso país possui a maior reserva de água potável do mundo, representando 12% do total de água do planeta (ABCON, 2018).

Segundo Maracajá (2012), os estudos propostos por Hoekstra e Chapagain, 2007, mostrou que o setor que mais consome água doce no planeta é o setor da agricultura, chegando a um percentual de 70% do consumo da água total do globo terrestre, e ainda, evidenciou o conceito de água virtual, ou seja, do uso indireto, que é utilizada na produção e transporte, com também no conteúdo dos produtos, devendo ser contabilizado o seu consumo.

No ano de 2002, o pesquisador *Arjen Hoekstra* propôs o um modelo para calcular a pegada hídrica que visualiza o uso da água escondida nos produtos, num processo e numa região geográfica, ajudando assim, a compreender os efeitos do consumo nos diferentes setores da sociedade. Para tanto, este método permite que as iniciativas públicas e privadas, além da população, entendam o quanto de água é necessário para a fabricação de produtos ao longo de toda a cadeia produtiva ou até mesmo de uma determinada região geográfica (bacia hidrográfica), verificando assim o impacto da água na produção.

O aumento da população, assim como o mau uso da água (principalmente na agricultura) pode prejudicar a sua disponibilidade no futuro. Estima-se que o desperdício de água no Brasil chegue a 70% do total de água disponível para consumo (SOS MATA ATLANTICA, 2018). Apesar de já sofrer com conflitos pelo uso da água doce, a América do Sul tem a maior reserva de recursos hídricos do planeta (WWF, 2018), mas em algumas regiões, como no semiárido do Nordeste do Brasil, a limitação hídrica já é um sério problema, pois sua característica principal é a baixa disponibilidade hídrica ocasionada pelas secas frequentes, que se caracterizam tanto pela ausência de chuva, pela alta variabilidade espacial e temporal das chuvas, como pela ocorrência de longos períodos de seca (MARENGO *et al.*, 2009). A região também se caracteriza pela insuficiência e irregularidade na distribuição de chuvas, com médias anuais entre 268 e 800 mm, por sua temperatura elevada e pelas altas taxas de evaporação que se repercutem na paisagem predominante.

Com base neste contexto, esta pesquisa buscou responder a seguinte problemática:

Será que a pegada hídrica total do perímetro irrigado de São Gonçalo, localizado no sertão paraibano apresenta níveis de sustentabilidade ambiental satisfatório, nos anos de 2012 a 2016?

Sendo assim, o objetivo geral deste artigo é determinar a pegada hídrica total do perímetro irrigado de São Gonçalo, no período de 2012 a 2016, visando conhecer a sustentabilidade ambiental da região estudada.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:

Na procura por sustentabilidade no planeta e à analogia do que ocorre com as pegadas, ecológica e de carbono, nos últimos anos têm sido apresentadas sugestões para redução da pegada hídrica, que por definição é a quantidade de água necessária para produção e consumo de bens e serviços. Essas medidas são extremamente importantes na gestão dos recursos hídricos haja vista, que a água doce é bastante escassa e representa apenas um percentual de 2,5% do volume total da Terra (GLEICK, 2000 Apud Albuquerque, 2013).

O aumento da degradação e a complexidade da crise da água decorrem de diversos problemas, como a indisponibilidade e o aumento da demanda por este recurso; do processo de gestão, ainda das respostas às crises e problemas sem atitude preditiva (SOMLYODY; VARIS, 2006, apud Souza, 2014).

Diamond (2005) defende que o desaparecimento das antigas civilizações foi provocado por problemas ecológicos, causados pela destruição inadvertida dos recursos ambientais das quais suas sociedades dependiam e ainda dependem. O autor alerta ainda para a inclusão nos tempos modernos de uma importante variável que é a qualidade da água, podendo ser fator limitante o seu uso.

A pegada hídrica (PH) também é definida como o consumo direto e indireto da água em todo o processo de produção, parâmetro para quantificar o total de água ao longo da cadeia produtiva (HOESKSTRA, 1998).

O setor agrícola apresenta os três componentes da pegada hídrica, azul, verde e cinza, pois, as culturas agrícolas interceptam água da chuva e a absorvem por suas raízes (PHverde), demandam água para irrigação (PHazul) e os corpos d'água da bacia são contaminados com o transporte de fertilizantes e defensivos agrícolas (PHcinza):

$$PH_{proc, azul} = \left[\frac{Evap. da azul + incor. da azul}{Vaz de ret} \right] \quad (1)$$

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.

Para Albuquerque (2013) a Pegada Hídrica azul (PHazul) refere-se aos volumes de água doce disponíveis para consumo e retirados dos rios, lagos e fontes subterrâneas;

Segundo Hoekstra et al. (2011) o termo “Uso consultivo de água” refere-se aos casos de água evaporada, água contida no produto, água não retornada para bacia fonte na qual foi originada e o retorno da água a fonte de origem em um período posterior.

A pegada hídrica azul mede a quantidade de água disponível que é consumida em um determinado período (em outras palavras, a que não retorna imediatamente para a mesma bacia).

HOEKSTRA et.al (2011), definem que a pegada hídrica azul em uma etapa do processo é calculada da seguinte forma:

$$PH_{proc, azul} = \frac{Evap. da azul + incor. da azul}{Vaz de ret} \quad (2)$$

Onde:

$PH_{proc, azul}$ = pegada hídrica azul; $Evap. da azul$ = evaporação da água azul; $incor. da azul$ = incorporação da água azul; $Vaz de ret$ = vazão de retorno perdida (volume/tempo);

O último componente da pegada azul refere-se à parte do curso de retorno que não está disponível para o reuso dentro da mesma bacia durante o mesmo período de retirada, seja por ter cursado à outra bacia (ou por ter sido lançado no mar) ou por ter retornado em outro período.

A Pegada Hídrica verde tem por definição como sendo a água proveniente de precipitações, e que não é retirada e nem armazenada nos mananciais e, sim, acomodada temporariamente no solo ou permanece, por um tempo, na superfície do solo ou vegetação (Hoekstra, 2011).

A fórmula utilizada para o cálculo da pegada hídrica verde em cada etapa do processo é a apresentada abaixo:

$$, \quad = \acute{a} + \acute{a} \quad [\quad / \quad] \quad (3)$$

Onde:

$PH_{proc,verde}$ = pegada hídrica verde; $Evap \acute{a}gua \ verde$ = Evapotranspiração da água verde; $incorp \ de \acute{a}gua \ verde$ = incorporação de água verde(volume/tempo);

Devido à evapotranspiração, o cálculo da pegada hídrica verde é bastante relevante para produtos agrícolas.

A Pegada Hídrica Cinza é conceituada como o volume de água que é necessária para diluir os poluentes a padrões admissíveis, estabelecidos nos níveis de qualidade e portabilidade existentes. E ainda, a Água Cinza não represente necessariamente entrada de água no sistema, compõe a Pegada Hídrica por representar a quantidade de água que seria necessária para neutralizar totalmente a carga ambiental enviada aos corpos hídricos (Hoekstra et al., 2009).

$$, \quad = (C -) [\quad / \quad] \quad (4)$$

Onde:

$PH_{proc,cinza}$ = pegada hídrica cinza; L =carga poluente; c_{max} = concentração máxima aceitável; c_{nat} = concentração natural no corpo d'água receptor (volume/tempo);

A distinção entre a pegada hídrica azul e verde é de extrema importância, pois os impactos nos meios hidrológico, ambiental e social, assim como os impactos e os custos de utilização da água da chuva diferem claramente dos custos de oportunidade do uso das águas superficiais e subterrâneas para a produção. (HOEKSTRA E CHAPAGAIN, 2008, apud Albuquerque, 2013).

Para o setor agrícola foram considerados apenas os componentes verdes e azuis, visto que, as culturas agrícolas interceptam água da chuva e a absorvem por suas raízes, além de demandarem água para irrigação. Tendo o componente cinza da pegada hídrica descartada devido à falta de informações sobre o uso de fertilizantes e defensivos agrícolas.

Com base nos dados coletados da área plantada (Embrapa), da evaporação media mensal (INMET), das precipitações (INPE) da pecuária (IBGE), e através do cálculo da pegada hídrica, foi possível diagnosticar e elaborar um calendário agrícola sugestivo, para

implantação no perímetro irrigado de São Gonçalo, com intuito de minimizar o consumo de água e tornar mais perene a plantaço de certas culturas, diante da dificuldade de abastecimento de água do local, devido às baixas precipitações nos últimos anos na região.

Diante disso, as estimativas da PHverde e PHazul na atividade agrícola foram alcançadas através do cálculo da demanda hídrica das culturas temporárias e permanentes cultivadas na região de estudo, o qual relacionou a evapotranspiração verde e a evapotranspiração azul. A evapotranspiração total da cultura e a precipitação efetiva foram calculadas pela metodologia proposta pela FAO e recomendada pelo Manual de Avaliação da Pegada Hídrica.

2.1 Sustentabilidades Ambientais

A sustentabilidade da pegada hídrica no PISG foi analisada sob a perspectiva ambiental, sendo dividida em Sustentabilidade ambiental da pegada hídrica verde e Sustentabilidade ambiental da pegada hídrica azul.

Na Sustentabilidade ambiental da pegada hídrica verde saberemos se a pegada hídrica verde total de uma bacia é ou não significativa quando ela for relacionada com a quantidade de água verde disponível. A pegada hídrica verde de uma determinada bacia pode se tornar um ponto crítico se ela exceder a disponibilidade da água verde. A disponibilidade de água verde (DAverde) em uma determinada bacia x em um período t pode ser definida como a evapotranspiração total da água da chuva (ETverde) diminuindo a soma da evapotranspiração reservada para a vegetação natural (ETamb) e da evapotranspiração das áreas que não são produtivas (HOEKSTRA et al., 2009).

Admitimos que a questão da pesquisa da escassez da água verde foi pouco explorada, principalmente pela dificuldade de estimar a disponibilidade de água verde, pois os dados essencialmente sobre a demanda ambiental de água verde e sobre a quantidade de evapotranspiração improdutiva para a agricultura são bastante escassos. Esses dados limitam brutalmente a disponibilidade de água verde, por conseguinte, é fundamental que sejam levados em consideração; contudo, sem o entendimento sobre a quantidade de terra que deve ser reservada para a natureza e sobre como definir precisamente, quando e onde a evapotranspiração não é produtiva, é inviável fazer uma análise quantitativa. (HOEKSTRA et al., 2009).

Na Sustentabilidade ambiental da pegada hídrica azul o total de uma bacia é igual ao somatório de todas as pegadas hídricas azuis de todos os processos que ocorrem no interior da

bacia. A pegada hídrica azul, quando se especificado um período e uma bacia, torna-se um ponto crítico quando ela, a pegada hídrica, supera a disponibilidade de água azul. Esta disponibilidade (DAazul) em uma determinada bacia x, em um período específico t, tem por definição como sendo o escoamento natural na bacia (Qnat) menos a chamada ‘demanda de vazão ambiental’ (DVA2):

Se a disponibilidade de água azul for menor que a pegada hídrica azul de uma região, em um período específico, esta será considerada insustentável, senão, se a pegada hídrica azul for menor que a disponibilidade de água azul, esta será sustentável. Para fazermos o cálculo do índice de escassez (EAazul) é necessário termos a somas das pegadas hídricas azuis totais ($\sum PH_{azul}$) e a disponibilidade de água azul (DAazul).

$$EA_{azul} = \frac{\sum PH_{azul}}{DA_{azul}} \quad (5)$$

Sendo assim, a disponibilidade de água azul (DAazul), em um determinado período t, é definida como o escoamento natural (Qnat) menos a demanda de vazão ambiental (DVA).

$$[.] = [.] - [.] \quad (6)$$

Da mesma forma que a sustentabilidade da pegada hídrica azul, se a disponibilidade de água verde for menor que a pegada hídrica verde de uma região, em um período específico, esta será considerada insustentável.

$$EA_{verde} = \frac{\sum PH_{verde}}{DA_{verde}} \quad (7)$$

A disponibilidade de água verde (DAverde) é definida Em relação como a evapotranspiração total da água da chuva (ETverde) diminuída da soma da evapotranspiração reservada para a vegetação natural (ETamb) e da evapotranspiração das áreas não produtivas (HOEKSTRA et al., 2011).

$$[.] = [.] - [.] - [.] \quad (8)$$

Foram consideradas as vazões naturais contidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Alto Piranhas, onde o Q90% corresponde a 90% de garantia e 10% para a vazão ecológica. Para a disponibilidade de água verde foi adotadas a evapotranspiração média mensal, e também as áreas improdutivas e preservadas, retiradas do Relatório do Tribunal de Contas do Estado da Paraíba. Os gráficos 1 e 2, abaixo representam mensalmente e anualmente a sustentabilidade ambiental das pegadas hídricas azul e verde para o PISG.

3. MATERIAL E MÉTODOS:

O Perímetro Irrigado de São Gonçalo, PISG, está localizado no distrito de São Gonçalo, pertencente à cidade de Sousa, na Paraíba, mais precisamente no vale do rio Piranhas, se distanciando da capital do Estado, João Pessoa em 440 Km (DNOCS, 2018).

A precipitação média anual apontada na extensão do PISG fica em aproximadamente de 894 mm, com as chuvas se ampliando de janeiro a maio. A temperatura média durante o ano é de 27°C, sendo a mínima de 22°C e a máxima de 38° C. Anualmente a evaporação média é de 3.056,6 mm. O clima da região é do tipo semiárido quente.

O relevo da região pode variar de superfície suave a ondulada. Predominam, na extensão do perímetro irrigado, as coberturas sedimentares, denominadas aluviões. Os solos aluvionais profundos e de consistência média e argilosa, são dominantes na área do PISG. São encontrados ainda, com certa representação os vertissolos, cuja à consistência é argilosa e são medianamente profundos e ainda, os podzólicos, que possuem fertilidade natural média e boa e textura que vai de arenosa a argilosa (DNOCS, 2018).

O perímetro irrigado é suprido hidricamente pelos Açudes Públicos de Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, tendo capacidades de armazenamento de 255.000.000 m³ e 44.600.000 m³ respectivamente.

Figura 1.- Localização do Perímetro Irrigado de São Gonçalo.



Fonte: (DNOCS, 2019)

As águas de ambos os açudes são de boa qualidade para agricultura, segundo as análises efetuadas pelo laboratório de *Riverside, USA*.

O perímetro irrigado produz: coco, maracujá, Banana, goiaba, milho, arroz, feijão, algodão herbáceo, capim de corte, entre outras. Existem outras atividades no perímetro, e estas incluem a pecuária leiteira e produção de carnes (bovinos) e de animais para reprodução (bovinos e ovinos).

No perímetro irrigado são utilizados dois sistemas de irrigação, o por superfície, representando 83,88% da área e o de micro-aspersão com 16,12% da área. Existe ainda uma rede de irrigação de uso comum, que é constituída por canais principais e secundários, responsáveis pelo transporte da água até o limite dos lotes. A captação da água é feita do açude São Gonçalo, e é levada diretamente pelos canais principais, Norte e Sul. O canal Norte tem 13,57 km de extensão, o Sul tem 10,14 Km, as vazões são respectivamente 1,8 m³/s, e 2,4 m³/s. Foram definidas estações de bombeamento que captam a água dos canais para as áreas irrigadas por aspersão.

A extensão dos canais secundários é de 81 km, e são construídos em terra com revestimento de pedra com rejunte, ou com placas de concreto. Dependendo da área a ser irrigada, varia-se a vazão. O sistema de drenagem é constituído por drenos principais e secundários e por coletores, estes últimos são os próprios leitos dos rios Umari e Piranhas, em trechos de 14,2 km e 13,3 km, respectivamente. A rede de drenagem principal, com 45,4 km, tem como função eliminar o excesso da água dos setores de irrigação, levando-o diretamente

aos coletores. Os drenos secundários possuem 187 km de extensão e tem como função receber a água das parcelas, desaguando nos drenos principais.

O sistema viário caracteriza-se pelas classes principais, que asseguram a vazão da produção e garantem passagem aos núcleos habitacionais; Elas possuem revestimento em piçarra, e possuem dimensão de 86,61 km e largura de 6 m e as secundárias, que possuem revestimento em piçarra e dão acesso aos lotes, medindo 139,59 km e com largura de 4 m.

Os diques, que margeiam o rio Piranhas, protegem a área o PISG e a município de Sousa contra possíveis cheias. Com o objetivo de atender às exigências do processo de emancipação foi criado a Junta de Usuários de Água do Perímetro Irrigado de São Gonçalo – JUSG, onde as competências incluíam administrar, manter e operar a infraestrutura de uso comum do perímetro irrigado.

Para realização deste trabalho foi utilizada a pesquisa quantitativa, descritiva e exploratória (SILVA NETO et al,2012) tipo documental, baseada em pesquisa de bibliografia, dados governamentais (DNOCS, IBGE, ANA), artigos de revistas especializadas. Foi utilizado neste trabalho o método dedutivo, onde as premissas fornecem um fundamento definitivo da conclusão.

Para entender melhor o objetivo do trabalho foi descrito os conceitos e técnicas da Pegada Hídrica, levantando os dados disponíveis do Perímetro em estudo, tendo como objetivo o planejamento para a área estudada.

O Quadro 01 refere-se às culturas que podem ser cultivadas o ano todo, com base no consumo de água e disponibilidade existente.

Quadro 01:Área Plantada em hectares das culturasPerenes (2012 a 2016)

Ano	Manga	Coco	Goiaba	Caju	Banana Nânica	Graviola	Mamão	Acerola	Capim Elefante
2012	1,1	1151,9	16,08	0,1	399,38	0,3	0	0,5	117,6
2013	1,1	1010,7	5	1,1	114,96	0,3	0	0,3	110
2014	1,1	800	2	1,1	50	0,3	0	0,3	0
2015	0	50	0	0	10	0	1,1	0	0
2016	0	30	0	0	0	0	0	0	0
	3,3	3043	23,08	2,3	574,34	0,9	1,1	1,1	227,6

Fonte: Embrapa (2017)

O quadro 2 refere-se as culturas sazonais, devendo ser cultivadas em alguns meses do ano e são culturas que necessitam ser replantadas.

Quadro 02: Área Plantada em hectares das culturas Sazonais (2012 a 2016)

Ano	Arroz	Milho (s - es)	Algodão (s - es)	Feijão Macassar
2012	56	140	0	35
2013	0	160	12	45
2014	0	25	0	5
2015	0	50	0	0
2016	0	50	0	30
	56	425	12	115

Fonte: Embrapa (2017)

O quadro3 refere-se aos valores mensais da evaporação média (mm) do Perímetro Irrigado do São Gonçalo, fornecidos pelo INMET (2019).

Quadro 03: Evaporação Média Mensal

EVAPORAÇÃO MÉDIA MENSAL (MM) - São Gonçalo												
ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2012	169,3	131,7	125,3	125,5	178,1	179,2	224,5	287,9	291,1	266,5	206,2	205,9
2013	182	179,1	167,4	120,2	116,7	122,5	172,2	258,7	267	263,3	243,3	222,6
2014	254,2	177,6	136,6	98,4	116,1	150,8	198,2	262,7	263,6	262,8	214,4	232,5
2015	206,5	144	101,4	98	279,3	370,7	380,9	200,1	201,5	218,4	216,2	205,9
2016	105,6	119	141,6	136	144,8	144,9	168,6	200,1	215,9	223,2	216,2	205,9

Fonte: INMET (2019).

O quadro 4 refere-se as precipitações medias mensais (mm) do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, fornecido pelo INPE (2019).

Quadro 04: Precipitações Médias Mensais.

PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (MM) - São Gonçalo												
ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2012	55,3	137,8	110,1	84,1	23,4	24	10,4	3,8	0,5	0	2,3	4,2
2013	74,4	60	127	166,3	96,4	105,2	37,9	6,1	3,5	32	26	63,4
2014	46,2	105,9	248	208,4	97,9	18,4	26,4	2,1	8,8	48,5	15,7	10,5
2015	25,3	123,2	268,5	86,5	48,9	38,8	54,8	0,9	0,3	0,3	0	21,7
2016	183,6	60,2	221	27	42,6	13,3	1,5	0	0,4	0	0	30,1

Fonte: INPE(2019).

Para a pecuária (Quadro5) foi considerada a quantidade de animais para o município de Sousa/PB, retirado do IBGE, com o numero de cabeças por espécie, a silagem media e o tipo de silagem.

Quadro 05:Pecuária em Sousa/PB (2012 a 2016)

Pecuária do Município de Sousa/PB							
Ano	Bovino	Equino	Suíno	Caprino	Ovino	Galináceos	Total
2012	12840	364	1942	1759	4230	89444	110579
2013	16288	313	2175	1900	4622	98398	123696
2014	20540	357	2542	2000	10056	101349	136844
2015	21567	378	2619	1980	9100	93141	128785
2016	22600	401	2415	2219	10830	75434	113899

Fonte: IBGE (2019).

Com base no coeficiente de cultivo (Tabela 1) foi elaborado um calendário agrícola que prever o consumo hídrico de cada planta, sendo selecionadas as seguintes culturas perenes (Quadro1): manga, coco, goiaba, caju, banana, graviola, maracujá e acerola. Para as culturas sazonais (Quadro 2), é proposto o plantio de arroz, algodão e feijão no período de safra. O milho será destinado para o consumo animal, dessa forma é plantado no período de safra.

TABELA 1: Calendário Agrícola e coeficiente de cultura (Kc)

COEFICIENTE DE CULTIVO DAS CULTURAS - Kc													
CULTURAS		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	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
2	Coco	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
3	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
4	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
5	Banana Nanica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Graviola	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
7	Arroz	0	1,05	1,2	1,2	0	0	0	1,05	1,2	1,2	0	0
8	Maracuja	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
9	Milho	0	0,7	1,1	0,95	0,95	0	0	0	0	0	0	0
10	Algodão	0	0,5	0,8	1,25	0,9	0	0	0,5	0,8	1,25	0,9	0
11	Feijão Macassar	0,7	1,1	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Acerola	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Capim Elefante	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85

Fonte: Engenharia de Irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados. Aspersão e Gotejamento (Gomes,1999)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme levantamentos feitos através de dados coletados do IBGE, INPE, INMET, DNOCS e EMBRAPA, foram apresentados as tabelas 1,2, e 3, cujos dados serviram para o cálculo da pegada hídrica azul e verde, do perímetro irrigado de São Gonçalo.

A tabela 2 mostra a pegada hídrica azul para os anos de 2012 a 2016, tanto na agricultura quanto na pecuária. É possível verificar que em 2012, a pegada hídrica azul para a agricultura foi de 30.978.614,97 m³/ano, valor que foi sendo decrescido durante os anos estudados até chegar ao patamar de 1.153.936 m³/ano, em 2016. Diante destes números, seria impossível manter a agricultura dependo unicamente do açude São Gonçalo, visto que o mesmo em janeiro de 2012 possuía apenas 19.898.260 m³, valor inferior ao necessário para o cultivo na época. Os números foram decrescendo, em 2013 a pegada hídrica azul foi de 20.214.940 m³/ano para a agricultura, em 2014 de 12.867.405 m³/ano, em 2015 de 1.615.215 m³/ano, concluindo em 2016 com 1.153.936 m³/ano, época em que o reservatório possuía 1.285,520 m³, ou seja, 2,88% de sua capacidade de armazenamento de água. Para a pecuária, houve um aumento entre os anos de 2012 a 2016, iniciando-se com 113.734,41m³/ano, passando a 192.643 m³/ano em 2016, isto devido a oscilação da criação de animais, que aumentou ate 2014, e voltou a diminuir em 2016.

TABELA2:Pegada Hídrica Azul.

Principais Setores	Pegada Hídrica Azul (M ³ /ANO)				
	2012	2013	2014	2015	2016
Agricultura	30.978.614,97	20.214.940	12.867.405	1.615.215	1.153.936
Pecuária	113.734,41	140.330	178.636	184.654	192.643
Pegada Hídrica Azul Total	31.092.349,38	20.355.270,00	13.046.041,00	1.799.869,00	1.346.579,00

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

A tabela 3 mostra nos anos de 2012 a 2016 a pegada hídrica verde, tanto na agricultura quanto na pecuária. Em 2012, a pegada hídrica verde na agricultura foi de 3.917.778,12 m³/ano, passando a ser de 5.555.235 m³/ano em 2013, diminuindo para 3.218.795 m³/ano em 2014, em 2015 foi de 292.573 m³/ano, chegando a 2016 com o valor de 299.458 m³/ano, seguindo a trajetória diminuição da área e de culturas plantadas. Para a criação de animais, houve uma variação, iniciando em 2012 com 110.579 animais e aumentando até 2014,

chegando a 136.844 animais, voltando a diminuir em 2015 e 2016, para valores próximos ao patamar inicial, com 113.899 animais.

TABELA3:Pegada Hídrica Verde

Principais Setores	Pegada Hídrica Verde (M ³ /ANO)				
	2012	2013	2014	2015	2016
Agricultura	3.917.778,12	5.555.235	3.218.795	292.573	299.458
Pecuária	565,61	688	901	917	963
Pegada Hídrica Total	3.918.343,73	5.555.923,00	3.219.696,00	293.490,00	300.421,00

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

A tabela 4 consolida os dados das outras tabelas (2 e 3), mostrando a pegada hídrica total, considerando os componentes azul e verde, para o perímetro irrigado de São Gonçalo, no período de 2012 a 2016, apresentando a diminuição da pegada hídrica, causada principalmente pela diminuição da área plantada e do tipo de cultura plantada, passando em 2012 de 1.917,93 ha, para 110 ha em 2016, constatando a forte diminuição da pegada hídrica, em consequência da grande estiagem no período. Dessa forma é possível ver a grande influencia da agricultura, pois mesmo com o aumento da pecuária, houve enorme diminuição da pegada hídrica total par o PISG.

TABELA 4:Pegadas Hídricas Azul. e Verde Total (M³/ANO)

Ano	Principais Setores				Total por pegada		Pegada Hídrica Total
	Agricultura		Pecuária		Azul	Ve rde	
	Azul	Ve rde	Azul	Ve rde			
2012	30.978.614,97	3.917.778,12	113.734,41	565,61	31.092.349,38	3.918.343,73	35.010.693,11
2013	20.214.940	5.555.235	140.330	688	20.355.270,00	5.555.923,00	25.911.193,00
2014	12.867.405	3.218.795	178.636	901	13.046.041,00	3.219.696,00	16.265.737,00
2015	1.615.215	292.573	184.654	917	1.799.869,00	293.490,00	2.093.359,00
2016	1.153.936	299.458	192.643	963	1.346.579,00	300.421,00	1.647.000,00

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

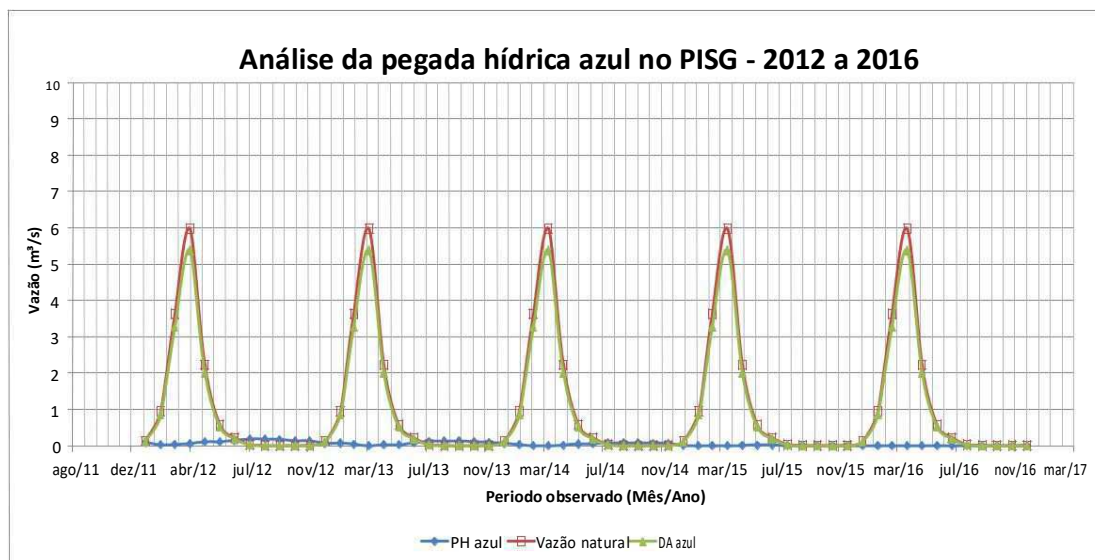
4.1 Análises da Sustentabilidade Ambiental

A pegada hídrica serve como indicador da quantidade de água doce, sendo usada para comparar o seu tamanho como a disponibilidade de recursos hídricos no local. A sustentabilidade pode ser medida de forma ambiental, social e econômica. Para Hoekstra et

al.(2011), a sustentabilidade de uma região pode ser negativa se os recursos ou padrões de qualidade da água não esteja eficiente ou justa. Ainda, Maracaja et al (2012), afirma que ao analisar a sustentabilidade, não se deve considerar apenas o tamanho, mas também o seu impacto sobre a região estudada. A sustentabilidade ambiental aqui relatada exige que haja qualidade da água (PAB 2014) dentro de padrões e vazões mínimas pré-definidas.

A figura 2 mostra a sustentabilidade da pegada hídrica azul. Entre os meses de janeiro e junho dos anos de 2012 a 2016, a pegada hídrica azul foi menor que a disponibilidade de água azul para a região, tendo como ponto máximo o mês de abril e começando a se igualar no mês de julho, período de maior estiagem do ano. Ainda no ano de 2012 a pegada hídrica azul foi maior que a disponibilidade de água no segundo semestre, já partir de 2013, começou a se igualar no mesmo período, ou seja, de julho a dezembro, devido a diminuição da área plantada.

Figura2: Análise Ambiental da Pegada Hídrica Azul no PISG – 2012 a 2016

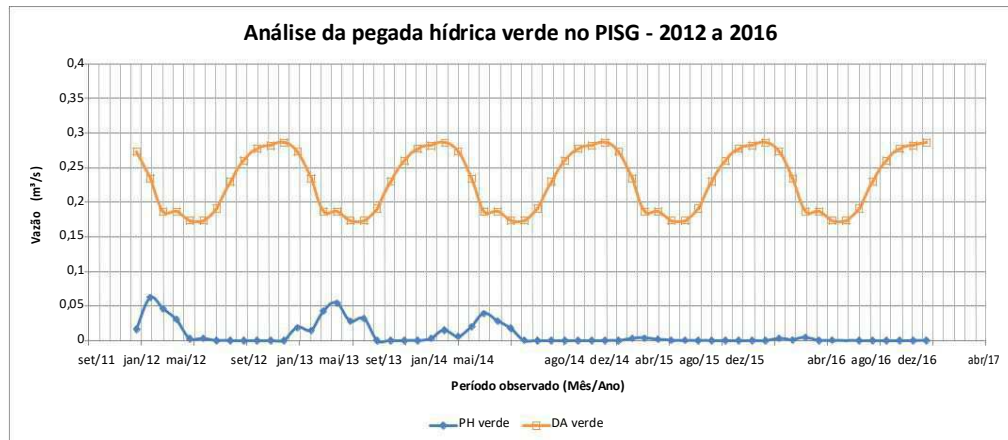


Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Observa-se que na figura 3, a pegada hídrica verde não supera em nenhum dos anos a disponibilidade de água verde. No início do ano, entre janeiro e maio, o consumo de água cresce e a disponibilidade de água diminui, devido a pluviometria da região. Ainda, no período de julho e a dezembro, existe uma elevada disponibilidade de água verde, entretanto, ocorrem num período onde o plantio de culturas é prejudicado pelos baixos índices de precipitação, ocorrendo ainda elevadas taxas de evaporação. Nesse período, de 2012 a 2016, o

PISG tornou-se sustentável para o consumo de água verde, podendo até ser maximizado o plantio no início do ano.

Figura 3: Análise Ambiental da Pegada Hídrica Verde no PISG – 2012 a 2016



Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

4.2 Impactos Positivos do Controle e Monitoramento da Pegada Hídrica

Com o objetivo de minimizar os problemas como a degradação dos recursos hídricos e, portanto, a escassez da água, faz-se necessária a alteração de comportamentos, que possam reduzir ou compensar a Pegada Hídrica, por exemplo:

- Modificar a alimentação, buscando produtos com pegada hídrica menor, mas que atendam as necessidades nutricionais das pessoas;
- Indicar plantas nativas para jardins que dependam apenas das chuvas;
- Efetuar práticas de reutilização de água, nas atividades domésticas que forem possíveis;
- Atuar em comissões de gestão de água, com o objetivo de monitorar e adotar estratégias de proteção hídrica.
- Minimizar a pegada hídrica verde através da melhora na produtividade da água verde, tanto na agricultura irrigada como na agricultura de sequeiro.
- Buscar o Aumento na produção da agricultura de sequeiro.
- Minimizar a pegada hídrica azul através da melhora na produtividade da água azul na agricultura irrigada.
- Diminuir a pegada hídrica azul total no mundo.
- Moderar no uso de pesticidas e fertilizantes artificiais, com aplicação mais efetiva também. A pegada hídrica cinza pode ser neutralizada com a total implantação da agricultura orgânica

5. CONCLUSÃO

Para o perímetro estudado, conclui-se que já no ano 2012 o reservatório de São Gonçalo não suportou a demanda, do ponto de vista da agrícola, pois a pegada hídrica foi maior que o nível do reservatório possuía na época, passando a diminuir ano após ano, tendo à agricultura que se adequar a falta de água na região, passando a diminuir consideravelmente a área plantada, diminuindo conseqüentemente a pegada hídrica do PISG. Este indicador de sustentabilidade sugere a possibilidade de que a humanidade demanda por recursos maiores do que o planeta pode fornecer de forma sustentável. O excesso de consumo sofre tendência de aumento significativa devido, entre outros fatores, à grande e rápida expansão econômica, assim como a urbanização, a migração e as mudanças de estilo de vida.

Levando em consideração os dados obtidos e os métodos utilizados para estipular a demanda hídrica no Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PISG, foi possível estimar, considerando os tipos de culturas plantadas e a pecuária da região, qual a demanda por água entre os anos de 2012 e 2016, comparando assim com a disponibilidade existente e levantando propostas para melhoria do consumo de água.

O Perímetro irrigado estudado possui entre os anos estudados uma variação de 110ha a 1917,93ha plantados, diminuindo anualmente a área plantada, em decorrência principalmente pela falta de chuvas na região. Com essa diminuição, as únicas culturas que permaneceram sendo cultivadas são as do coco, milho e feijão.

A pecuária também foi afetada ao longo dos anos, onde inicialmente houve um crescimento no número do rebanho e após a intensificação da seca uma diminuição, voltando aos valores iniciais. Diante a pesquisa realizada no PISG, foi possível detectar que é necessária uma melhora na gestão das culturas plantadas e que será também necessário um estudo mais aprofundado no modelo de irrigação a ser utilizado no local, devendo ser o mais eficiente possível para as culturas que serão escolhidas para a plantação, principalmente no segundo semestre do ano, onde diminui bastante a disponibilidade de água.

Foi possível verificar ainda que se o açude de São Gonçalo estivesse operando em sua capacidade de água plena, ou seja, 44.600.00m³, daria para suportar a demanda de água da agricultura e pecuária nos parâmetros de 2012, onde começou a se agravar a crise hídrica, diminuindo após isso as áreas plantadas e a pecuária da região. No entanto, já em 2012, o nível do açude era de 19.898.260m³, correspondendo a 44,61% da sua capacidade, e em 2016, possuía 12.931.320m³, correspondendo a 28,99% da sua capacidade e atualmente, possui cerca de 14.141.280m³, ou seja, com a freqüência na precipitação atual e com a grande

evaporação, o perímetro se torna insustentável hidricamente. Dessa forma foi sugerido um calendário agrícola, para o plantio de culturas que consomem menos água e se adaptam ao clima da região.

Todo esse diagnóstico foi elaborado levando em consideração as pegadas hídricas azuis e verdes, para a agricultura e pecuária da região, não levando em conta a pegada hídrica cinza, nem o consumo de água humano e industrial. Foi constatado também que a agricultura consome quase 90% da pegada hídrica verde e azul estudada, confirmando a necessidade de uma irrigação eficiente, que deve considerar o tipo de solo, a cultura, o relevo, a disponibilidade de água e o manejo de irrigação, além da escolha de uma cultura tecnicamente adequada.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABCON. Brasil tem 12% da reserva de água doce do mundo e sofre com escassez. Disponível em: <<http://abconsindcon.com.br/noticias/brasil-tem-12-da-reserva-de-agua-doce-do-mundo-e-sofre-com-escassez/>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2018.

ALBURQUEQUE, M.F. Medições e modelagem da pegada hídrica da cana-de-açúcar cultivada no Brasil. 2013. 40f. Dissertação de Mestrado em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande. 2013.

DIAMOND, J. Colapso: Como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso. tradução de Alexandre Raposo. 9º ed.: Editora Record, , Rio de Janeiro, 2005.

DNOCS. Perímetro Irrigado São Gonçalo. Disponível em:<[WWW.dnocs.gov.br](http://www.dnocs.gov.br)>. Acesso em: 06 de março de 2018.

DNOCS. Perímetro Irrigado São Gonçalo. Disponível em:<[WWW.dnocs.gov.br](http://www.dnocs.gov.br)>. Acesso em 12 de janeiro 2019.

EMBRAPA. Coeficiente de cultivo – Banco de dados. 2016. Disponível em: <http://www.cnpq.embrapa.br/publicacoes/kc/index_a.php>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2019. Embrapa (2017)

GOMES, H. P. Engenharia de Irrigação: Hidráulica dos Sistemas Pressurizados, Aspersão e Gotejamento. 3. ed. Campina Grande: Editora Universitária da Universidade Federal da Paraíba, 1999.

HOEKSTRA A. Y. et al. Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global. São Paulo: solução Supernova. 2011.

HOEKSTRA A.Y. et al. Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global. Tradução de Parini. C.M. et al: Earthscan, , São Paulo, 2009.

MARACAJÁ, K. F. B.; et al. Pegada Hídrica como Indicador de Sustentabilidade Ambiental. Vol. 2, nº 2. REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade — Edição Especial Rio +20, Jun., p.113-125, 2012.

MARENGO, J. A.; et al. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil.** 2009. Disponível em: <<http://www.fbds.org.br>>. Acesso em: 07 de setembro 2018

SILVA NETO, M.F. et al. Análise do perfil agrícola do perímetro irrigado de São Gonçalo – PB, revista Brasileira de tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias. Guarapuava – PR, v.5, n.2, p 172, 2012

SOUZA, J.L. et al. Pegada Hídrica de uma comunidade de consumidores em Fortaleza/ CE/ Brasil: Análise das pegadas rápida e estendida na metodologia “Water FootPrint NetWork. Ver. Econ, Fortaleza. V45, n3,17-32, setembro 2014

SOS MATA ATLANTICA. Rede de águas. Disponível em: < HTTP://WWW.Rededasaguas.org.br/questão – água/ameaças-a-agua/>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2018.

WWF. Pegada hídrica incentiva o uso responsável da água. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?27822/Pegada-Hdrica-incentiva-o-uso-responsvel-da-gua>>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2018

www. Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?edicao=16984&t=resultados>> Acesso em Janeiro de 2019.