



CAMPUS DE POMBAL

**“ANÁLISE DA ESTIMATIVA DA PEGADA HÍDRICA TOTAL: UM ESTUDO DE CASO SOBRE UMA INDÚSTRIA DE SORVETES LOCALIZADA NO SERTÃO PARAIBANO”**

Dissertação apresentada 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 (MSc.) em Sistemas Agroindustriais.

Aprovada em 12 / 06 / 2018

COMISSÃO EXAMINADORA

Allan Sarmiento Vieira  
Orientador

Jardel de Freitas Soares  
Examinador Interno

Maria de Fátima Nóbrega Barbosa  
Examinadora Externa

POMBAL-PB  
JUNHO - 2018

## DEFESA DE TRABALHO FINAL DE MESTRADO Nº 202.

Ata da reunião para exame e julgamento de Trabalho Final de Mestrado Dissertação Nº 202, intitulado "Análise da Estimativa da Pegada Hídrica Total: Um Estudo de Caso sobre uma Indústria de Sorvetes Localizada no Sertão Paraibano", apresentado pela aluna **Gianinni Martins Pereira Cirne**, matrícula 9171PS031, orientado por **Allan Sarmiento Vieira** como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-graduação modalidade **Profissional em Sistemas Agroindustriais** da Universidade Federal de Campina Grande – Linha de Pesquisa: **Gestão e Tecnologia Ambiental**. Aos doze dias do mês de junho do ano de dois mil e dezoito, às dezesseis horas, no Miniauditório da Central de Laboratórios III do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Campus de Pombal, da Universidade Federal de Campina Grande, reuniu-se a banca examinadora composta por **Prof. DSc. Allan Sarmiento Vieira**, **Prof. DSc. Jardel de Freitas Soares** e **Profa. DSc. Maria de Fátima Nóbrega Barbosa** com a finalidade de julgar o **Trabalho Final de Mestrado** realizado sob a forma de pesquisa, com título acima descrito, elaborado pela aluna **Gianinni Martins Pereira Cirne**, candidata ao grau de Mestre em Sistemas Agroindustriais. A sessão foi aberta por **Allan Sarmiento Vieira**, em virtude de ser o mesmo orientador do trabalho. Logo após, esse passou a palavra à aluna para apresentação do trabalho. Após apresentação da aluna, o presidente passou a palavra a cada membro da banca para arguir a candidata, sob os vários aspectos que constituíram o campo de trabalho tratado na referida pesquisa. A sessão foi suspensa pelo tempo necessário ao julgamento, tendo a aluna obtido o conceito "aprovada". Reaberta a sessão, o presidente da banca examinadora anunciou o resultado do julgamento, agradeceu a presença de todos e deu a sessão por encerrada, assinada pelos membros.

  
Gianinni Martins Pereira Cirne  
Mestranda

  
Allan Sarmiento Vieira  
Orientador

  
Jardel de Freitas Soares  
Examinador Interno

  
Maria de Fátima Nóbrega Barbosa  
Examinadora Externa

Pombal, 12 de junho de 2018.

C578a

Cirne, Gianinni Martins Pereira.

Análise da estimativa da pegada hídrica total : um estudo de caso de uma indústria de sorvetes localizada no sertão paraibano / Gianinni Martins Pereira Cirne. - Pombal-PB, 2018.

22 f. : il. color.

Dissertação (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. Recursos Hídricos. 3. Indicador - Recursos Hídricos. I. Vieira, Allan Sarmento. II. Título.

CDU 556.18(043)

## ANÁLISE DA ESTIMATIVA DA PEGADA HÍDRICA TOTAL: UM ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA DE SOVERTES LOCALIZADA NO SERTÃO PARAIBANO <sup>1</sup>

Cirne, Gianinni Martins Pereira.

Vieira, Allan Sarmiento.

**Resumo.** A pegada hídrica é um importante indicador para mensurar o consumo de água das atividades humanas em uma determinada empresa ou região geográfica, podendo ser definida como o volume de água direta e indireta utilizada em um processo produtivo de bens e/ou serviços de uma empresa. Assim, o objetivo desta pesquisa foi determinar a pegada hídrica total do processo produtivo de sorvetes em uma indústria localizada no sertão paraibano. Foi utilizado o método sequencial acumulativo para determinar a pegada hídrica total dos sorvetes analisados, identificando de forma individual a pegada hídrica dos insumos que compõem produto. Como resultado da pesquisa, foi identificada a pegada hídrica da composição base do produto e a de sabores diferentes. Com base nos resultados encontrados foi feita análise de conteúdo identificando que a pegada hídrica do produto final sofre variação expressiva, isto porque depende de qual insumo foi incorporado ao processo produtivo. Insumos com maior índice de pegada hídrica aumentam a pegada hídrica final do produto. Uma alternativa para minimizar a pegada hídrica do produto final, é a substituição de insumos, ou diminuição da produção de sabores de sorvetes que mais utilizam recursos hídricos em seu processo.

**Palavras-chave:** Indicador, pegada hídrica, recursos hídricos.

**Abstract.** The water footprint is an important indicator to measure the water consumption of human activities in a given company or geographic region, and can be defined as the direct and indirect volume of water used in a productive process of goods and / or services of a company. Thus, the objective of this research was to determine the total water footprint of the ice cream production process in an industry located in the Paraíba hinterland. The cumulative sequential method was used to determine the total water footprint of the analyzed ice cream, individually identifying the water footprint of the inputs that make up the product. As a result of the research, the Water Footprint of the base composition of the product and of different flavors were identified. Based on the results, a content analysis was performed identifying that the water footprint of the final product undergoes significant variation, since it depends on which input was incorporated into the production process. Inputs with a higher water footprint increase the final water footprint of the product. An alternative to minimize the final water footprint is the substitution of inputs, or decrease the production of flavors of ice creams that use water resources the most in their process.

**Keywords:** Indicator, water footprint, water resources.

<sup>1</sup> - Artigo Científico apresentado para defesa à Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, Campus Pombal, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, para obtenção do título de Mestre.

## 1 - INTRODUÇÃO E PROBLEMÁTICA

A humanidade está cada vez mais consumindo os recursos naturais e comprometendo a sua existência. Um exemplo disto são os recursos hídricos que estão cada vez mais escassos. Estudos e conceitos relacionados ao desenvolvimento sustentável têm como meta principal utilizar os recursos naturais de forma parcimoniosa, atendendo as necessidades atuais, sem comprometer as demandas futuras. Neste sentido, surgiu no final do século XX o conceito de Pegada Ecológica, que define o consumo dos recursos por parte da humanidade considerando a capacidade de suporte dos ecossistemas (PEREIRA; CIDIN; SILOTO, 2004).

Para Ribeiro, Peixoto e Xavier (2008) a pegada ecológica (*ecological footprint*) é definida como um indicador de consumo que está correlacionado as diretrizes delineadas para o desenvolvimento sustentável comunicando e comparando as ações das atividades do homem nas diferentes nações, e ajudando na construção da consciência ambiental para tomada de decisões.

Além do conceito da pegada ecológica surge posteriormente o conceito da Pegada Hídrica (*water footprint*) proposto por Hoekstra & Huang no ano de 2002, que é definido como um indicador de uso direto e indireto da água consumida por um produto, pelo processo industrial ou até mesmo por uma região geográfica, ou seja, é uma medição do uso/consumo de água doce em uma escala de volume no tempo, como por exemplo, a mensuração da quantidade de água utilizada ao longo da cadeia produtiva em metros cúbicos em um determinado mês ou ano.

Embora a Pegada Hídrica e a Pegada Ecológica sejam parâmetros para indicadores de sustentabilidade, e utilizem métodos e conceitos diferentes, ambos traduzem o consumo sobre o uso de recursos naturais pela humanidade (HOEKSTRA et al., 2012).

A água doce como recurso finito e vulnerável vem demandando de forma especial a atenção de toda sociedade, utilizando ferramentas de controle e um aprimoramento dos níveis de conscientização. Moraes e Jordão (2011), afirmam que embora o Brasil esteja em uma situação relativamente melhor em comparação aos outros países do mundo, que detém 12% da água doce mundial, deve-se resguardar e utilizar métodos que aprimorem o controle e a mensuração do consumo destes recursos. Diante disto, a pegada hídrica surge como importante instrumento de medição e avaliação da sustentabilidade ambiental, cuja

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA

aplicabilidade ajudará a nortear o consumo e conhecer conseqüentemente a pressão exercida por um determinado produto, processo ou região geográfica.

Pesquisas têm surgido sobre o tema, que embora seja recente, é de grande relevância, já que água é um recurso natural estratégico da sociedade. Isto se afirma, uma vez que, cada vez mais variáveis de estudos são definidos através da determinação da pegada hídrica. Desta forma, a problemática desta pesquisa está em contabilizar no ano de 2018 a pegada hídrica total de sorvetes produzidos numa indústria de sorvetes localizada no sertão paraibano.

O objetivo geral da pesquisa foi determinar a pegada hídrica total da produção de sorvetes em uma indústria localizada no sertão paraibano no ano de 2018. Para tanto foi necessário mensurar a pegada hídrica total de sorvetes produzidos na empresa estudada, com base nos componentes azul, verde e cinza. Posteriormente analisar os insumos utilizados e a influência na determinação da pegada hídrica do produto e propor alternativas para minimizar a pegada hídrica na produção de sorvetes da indústria estudada.

Técnicas diversificadas de determinação já foram utilizadas em pesquisas como a de Resende Neto (2011), que investigou o setor de biocombustíveis sobre recursos hídricos, com as técnicas de ACV (Avaliação de Ciclo de Vida) PDP (Processo de Desenvolvimento de Produtos) e determinação de PH (Pegada Hídrica); e a de Boldrin e Boldrin (2012) que objetivaram estimar a demanda de água necessária para o cultivo de soja no estado do Mato Grosso, com técnica de cálculo da Pegada Hídrica da região com estimativa do volume anual de água necessário para o cultivo, chegando ao resultado 31 bilhões de metros cúbicos de água para 5,8 milhões de hectares de soja. Em outro estudo sobre o cálculo da pegada hídrica total em uma empresa de construção civil, (LIMA et al., 2015) o método seqüencial acumulativo, com resultado de determinação da pegada hídrica em m<sup>3</sup>/t, utilizando um modelo com aditivo, constatou-se a diminuição da pegada hídrica em 44%, com traços e quantidades distintas.

## 2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A água é um recurso natural essencial na manutenção da vida no planeta terra e é considerada como um bem escasso, necessitando estudos e planejamento que tenham o intuito de promover a sustentabilidade dos sistemas hídricos. Sendo necessário averiguar a sua aplicabilidade, as suas prioridades de utilização e seu consumo, contemplando variáveis

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA

importantes para que se tenha a real dimensão do uso da água em todo o seu processo produtivo ou de uma determinada região.

A pegada hídrica tem esse enfoque de quantificar todo o consumo, direto ou indiretamente, de um produto, de um processo produtivo agrícola ou industrial de uma determinada região num determinado período de tempo. Segundo (RESENDE NETO, 2011) a importância da pegada hídrica na análise da sustentabilidade e na determinação da água virtual em determinado produto, permitiu investigar o impacto do consumo dos recursos hídricos no setor de biocombustíveis;

Para Leão (2013) é importante ressaltar as visões e reflexões sobre a aplicação da Pegada Hídrica, o enfoque em discussões em torno da temática e seu impacto sobre as práticas de governança, com abordagens de perspectivas diferentes, desde sua aplicação prática até discussões sobre a possibilidade de funcionar como ferramenta capaz de proporcionar aprendizagem. Ainda nesta abordagem, estudo como o de MARACAJÁ (2014) analisa o estado da arte da pegada hídrica desde a criação do conceito em 2002, até os dias atuais, com resultados que indicam consenso de que a pegada hídrica é capaz de monitorar o impacto humano sobre o meio ambiente. Em sua pesquisa (LIMA et al., 2015), traz a determinação da pegada hídrica total do concreto, com base na água utilizada por uma empresa de construção civil, onde foram feitas análises com métodos específicos, verificar a eficiência e eficácia na geração de informações quantitativas à água no processo produtivo.

Embora existam estudos realizados sobre a pegada hídrica, apesar de ser uma temática nova, verifica-se ainda a necessidade de estudo de pesquisa sobre essa temática, já que nos setores da indústria alimentícia consomem grandes volumes de água com qualidade. Desse modo, os resultados desta pesquisa ajudarão aos gestores, a avaliar melhor os reais impactos causados pela implementação destas atividades operacionais praticados por este setor.

Para tanto, a análise de processos industriais concernem à associação de utilização, de forma a ampliar o conhecimento da pegada hídrica. Algumas empresas incorporam e divulgam a Pegada Hídrica como estratégia de negócios (RESENDE NETO, 2011), chamando a atenção do consumidor para o fato da empresa adotar a sustentabilidade hídrica e fazer a manutenção dos recursos hídricos em seu processo produtivo.

## **2.1 Desenvolvimento Sustentável**

A discussão sobre desenvolvimento sustentável teve seu reconhecimento na conferência das Nações Unidas em Estocolmo, Suécia, no ano de 1972. Em 1992, aconteceu um marco internacional no Rio de Janeiro, na também conferência das Nações Unidas, tendo como fundamento a necessidade da humanidade sobre desenvolvimento sustentável o conceito de satisfazer as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade de gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.

Essa discussão se faz presente até os dias atuais, uma vez que 193 países se comprometeram a atingir o alcance pelo desenvolvimento sustentável, lançado pela ONU em 2015, (MARQUES; GOMES; BRANDLI, 2017). Embora as discussões sejam inúmeras, não existe um conceito que seja consenso na comunidade científica, e as definições variam na literatura em virtude de perspectivas e campo de atuação (FEIL; SCHREIBER, 2017).

A manutenção dos recursos naturais mesmo com o uso constante deles, ganhou expressividade em várias ações, difundindo assim a manutenção da sustentabilidade. Existem atribuições a dimensões de aplicabilidade do conceito, no âmbito social, econômico, ecológico, geográfico e cultural, maximizando a amplitude de execução do conceito. Porém, classificações como a de Shumacher, apenas em dimensões ambiental, econômica e social (BARBOSA; DRACH; CORBELLA, 2014), mostram que não foi realmente determinado senso comum.

Não obstante, é inquestionável a importância da manutenção e aplicabilidade do desenvolvimento sustentável, como aprendizagem social de longo prazo, sustentado por políticas públicas adequadas à efetividade de suas premissas, para que recursos naturais se harmonizem e se perpetuem ao passar do tempo e de indicadores que auxiliem no controle da gestão ambiental.

## **2.2 Gestão Ambiental**

As empresas estão em constante crescimento para atender os padrões de consumo atuais, com inúmeras facilidades e recursos, onde se busca maior número de produtos que possam proporcionar o anseio da população.

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA

Muitas atividades empresariais são executadas com recursos naturais, que por vezes comprometem o desenvolvimento do meio ambiente. Neste sentido surge a preocupação pela boa gestão ambiental, que é definida por (COSTA FILHO; ROSA, 2017) como a boa prática administrativa e operacional realizada pela administração para lidar com problemas ambientais.

No intuito de contribuir para a manutenção e conservação do meio ambiente, surgiram modelos com diretrizes e princípios propostos por entidades distintas, que são destacadas na pesquisa no Quadro 1 (COSTA FILHO; ROSA, 2017) :

Quadro 1 - Modelos de Gestão Ambiental

Programa	Criador	Objetivo
Responsibility Care	Associação Canadense da Indústria Química	Estabelecer princípios de atuação ambiental responsável para Indústria Química.
Modelo Winter	George Winter	Desenvolver sistema de gestão responsável para empresas.
Ceres	Coalition for Environmentally Responsible Economies	Estabelecer princípios para prevenção da degradação ambiental.
STEP (Strategies for Today's Environmental Partnership)	American Petroleum Institute	Desenvolver guia de gestão ambiental para indústria de petróleo americana.
EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) - Sistema Europeu de Eco-Gestão e Auditorias:	Comissão da Comunidade Européia	Estabelecer critérios para certificações ambientais de processos industriais.
Norma Britânica BS 7750	Instituto Britânico de Normatização	Formular políticas que estabeleçam objetivos no trato do meio ambiente.
Produção Mais Limpa (P+L)	Nações Unidas para o Meio Ambiente	Desenvolver gestão ambiental preventiva e integrada.
ISO 14000 - Normas Internacionais para Gestão Ambiental:	International Organization Standardization	Proporcionar às organizações ferramentas para um sistema de gestão ambiental eficaz.

Fonte: Adaptado de Costa Filho(2017)

Dentre estes modelos, o mais conhecido é o da ISO14000, que é constituído por uma série de normas e diretrizes ambientais voltadas às empresas, com o intuito de minimizar os danos causados ao meio ambiente (NEVES; ROZEMBERG, 2010). Para obter esta certificação, a empresa deve seguir critérios, sendo primordial que ela esteja de acordo com as

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA

políticas ambientais e leis do país e mantenha um sistema de gestão ambiental de acordo com a norma. No Brasil a norma adotada é a ABNT NBR: 14001, que garante a redução de poluição pelas empresas, visando o contínuo melhoramento de desempenho ambiental (AGUIAR; MELLO; NASCIMENTO, 2015).

A adoção de um Sistema de Gestão Ambiental pode trazer vantagens competitivas para a empresa juntos aos concorrentes, passando uma imagem de preocupação com a sustentabilidade que busca adotar medidas de respeito ao meio ambiente, minimizando impactos ambientais negativos.

### **2.3 Gestão da Água**

O nível de conscientização sobre a questão da água está aumentando por parte da sociedade de que ela é um recurso escasso e finito, e fonte essencial para manutenção e existência humana (STUDART; CAMPOS, 2001), desta forma, a necessidade de adotar práticas sustentáveis do uso de água, passou ser preocupação de senso comum. Sendo assim, vários conceitos, abordagens e termologias são utilizadas como: gerenciamento de recursos hídricos, práticas racionais, planejamento, dentre outros.

Um conceito de gerenciamento de recursos hídricos trazido por Grigg (1996) em que se destacam as medidas estruturais e não estruturais de controle, capazes de identificar no processo de gerenciamento: sujeito, objeto e ação, são importantes para que o processo de gerenciar os recursos hídricos seja pautado na segregação de moldes de estruturas e definição de sistemas e atuação da sociedade como um todo. Seja planejado e bem sucedido, já que a economia da água juntamente com o seu reuso aumentam o consumo consciente.

O conceito da água com valor econômico é antigo, porém a percepção de ser um recurso escasso com valor econômico foi firmada em meados da década de 90 com a Declaração de Dublin e na Agenda 21 (STUDART; CAMPOS, 2001), que são importantes instrumentos mundiais para o planejamento e conseqüentemente a promoção do desenvolvimento sustentável.

A gestão das águas: inclui: políticas de águas – que trata dos princípios doutrinários estabelecendo diretrizes gerais para tratamento, plano de uso e proteção – com definições das

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA

etapas do processo de uso e suas prioridades, gerenciamento e monitoramento dos usos da água (CAMPOS; FRACALANZA, 2010).

Existem três modelos básicos de gerenciamento:

Quadro 2 - Modelos Básicos de Gerenciamento

Burocrático	Racionalidade, hierarquização das ações e estabelecimento de dispositivos legais específicos.
Econômico-financeiro	Obediência às normas pela utilização de instrumentos financeiro-econômicos.
Sistêmico de integração participativa	Adota a participação formal dos usuários da água e dos representantes das classes sociopolíticas e empresaria da bacia, na análise e aprovação dos planos e programas de utilização múltipla e integrada dos recursos hídricos

Fonte: Adaptado de Campos (2010)

A adoção de modelos de gerenciamento, tem o pressuposto de planejamento efetivo para utilização sustentável do recurso hídrico, com a finalidade de estabelecer diretrizes que auxiliem na racionalização, normatização e participação social. No Brasil, a opção é pelo modelo de gestão, que tomou como base o modelo francês, que considera um sistema descentralizado e flexível. Este modelo surgiu como inovador, efetivo e útil para o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil.

Com as adaptações à realidade brasileira, o Estado de São Paulo implantou em 1993 a bacia hidrográfica como unidade regional de planejamento e gerenciamento das águas (ALVES, 2008). A bacia hidrográfica é a unidade geográfica que corresponde a localidades da superfície terrestre separadas topograficamente entre si, de um ponto alto ao ponto mais baixo (calha do rio), em determinada região. Desta forma, houve descentralização administrativa e regional.

Para acompanhar e administrar as bacias hidrográficas, foram criados os comitês de bacia, que são órgãos deliberativos e consultivos. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos delibera a política de recursos hídricos nacional e a Agência Nacional das Águas (ANA) tem o caráter executivo, de fiscalização, operacionalização, controle e avaliação dos instrumentos de gestão das águas.

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA

A gestão da água no Brasil segue descentralizada, incluindo a sociedade civil no processo deliberativo, através do comitê de bacia, visando aumentar a transparência e participação de forma que as necessidades de utilização, considerando a sua ordem de importância e benefícios. Este estreitamento de conexão social auxilia no alcance do objetivo principal no processo de gerenciamento dos recursos hídricos, que é assegurar a utilização da água de forma sustentável.

### 2.4 Pegada Hídrica

Identificar o valor que a água tem como insumo, ou seja, a quantidade de água utilizada em cada processo, desde a fase inicial até a sua fase final, é um dos aspectos positivos da pegada hídrica.

O conceito da pegada hídrica surgiu em 2002 durante uma reunião de Peritos Internacionais sobre o comércio de água virtual em Delf, Holanda e foi idealizada pelo professor e ambientalista holandês Arjen Hoekstra, que propôs determinar a quantidade de água que consomem em um determinado processo, que vai desde sua fabricação até o consumidor final, considerando o uso direto e indireto do recurso hídrico.

O conceito de pegada hídrica e sua contabilização são importantes para que os seres humanos saibam da quantidade de água que gastam de forma direta e indireta, e não apenas no consumo diário (MARACAJÁ *et al.*, 2012), ou seja, desde a fase inicial de um produto até a hora do seu consumo final, conscientizando de que o consumo é além do que sai das torneiras. Este modelo de mensuração de recursos hídricos criado por Hoekstra (2012) mostra que a água utilizada que não está visível nos produtos, dando o entendimento de que consumo da água doce não existe na produção de um produto, porém existe sim um volume de água doce utilizada nas várias etapas da cadeia produtiva.

Estudos sobre determinação da pegada hídrica mostram o cálculo da pegada hídrica de alguns produtos, em um volume que o consumidor final não tem conhecimento: Só para termos ideia, para produzir 01 pão são necessários 40 litros de água, para 01 quilo de arroz 2.500 litros, 01 xícara de café 140 litros, 01 quilo de carne bovina 15.400 litros (MARACAJÁ *et al.*, 2012), (SEIXAS, 2011), (WATERFOOTPRINT.ORG, 2018). Esta percepção da utilização dos recursos hídricos, de forma direta e indireta, leva ao consumidor final a real

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA

dimensão de consumo, propiciando uma conscientização do emprego deste recurso podendo trazer discussões sobre sustentabilidade da água, sua distribuição e utilização.

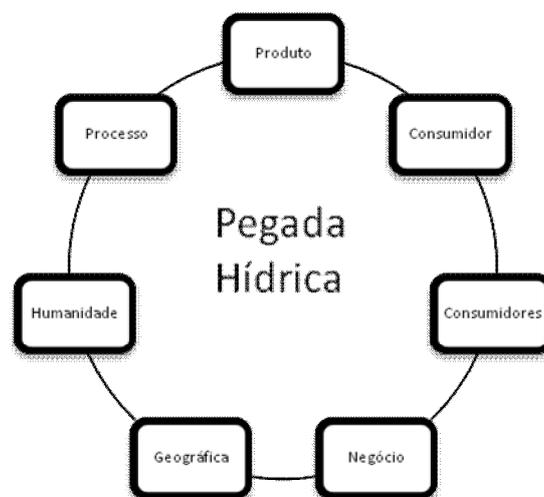
A pegada hídrica está classificada em três tipos: azul – que está relacionada ao consumo de água superficial e subterrânea ao longo de sua cadeia produtiva; verde – ao consumo da água da chuva, desde que não haja escoamento; e cinza – refere-se à poluição e é definida como o volume de água doce que foi poluída para a produção. (MARACAJÁ *et al.*, 2012)

Segundo (MARACAJÁ; ARAÚJO, 2014), a importância desta classificação é devido ao fato de não considerar apenas água superficial, considera a importância da água verde e cinza, e sendo mais fácil evidenciar sua alocação de acordo com o processo. No caso de processos industriais, normalmente são consideradas apenas a água azul e verde, e em processos agrícolas são considerados normalmente os três tipos de processos.

### 2.4.1 Tipos de Pegada Hídrica

A Pegada Hídrica é diversificada e pode ser calculada em função de vários itens. Sua utilização leva em consideração várias escalas desde geográfico ao produtivo, conforme Figura 1:

Figura 1 – Propósitos de Avaliação da Pegada Hídrica



Fonte: Baseado no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica (2011)

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA

Pode-se avaliar, de acordo com o Manual da Pegada Hídrica de um processo produtivo, que é à base de todos os cálculos; a do produto é a agregação da pegada hídrica de vários passos relevantes no processo de fabricação do produto. A pegada hídrica do consumidor que é a função da pegada hídrica de diversos produtos consumidos por uma determinada pessoa, de um grupo de consumidores que é igual à soma das pegadas hídricas individuais dos membros de uma comunidade. A pegada hídrica geográfica (delimitada em uma área) que é igual à soma de todas as pegadas hídricas de todos os processos daquela área e por fim a pegada hídrica da humanidade que é igual à soma das pegadas hídricas de todos os consumidores do mundo.

### **2.4.2 Pegada Hídrica de Produto**

A pegada hídrica de um produto é o volume total de água doce utilizada e poluída direta e indiretamente para produção, e sua estimativa é feita com base no consumo e na poluição da água em todas as etapas do processo produtivo, sendo o seu cálculo semelhante para todos os tipos de produtos. A pegada hídrica dos produtos é subdividida em verde, azul e cinza, constantes no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica (HOEKSTRA, 2012).

A pegada hídrica azul é um indicador do uso que retira a água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades (uso consultivo da água) da água `azul`, que é a água doce superficial ou subterrânea. Ela tem suas especificidades em relação aos casos de: Evaporação; incorporação ao produto; quando não retorna à mesma bacia hidrográfica, escoando para outra bacia ou oceano e quando o retorno se dá em um período diferente.

A pegada hídrica verde refere-se à utilização da água verde que é a precipitação no continente que não escoar ou não repõe a água subterrânea, mas é armazenada no solo ou permanece temporariamente na superfície do solo ou vegetação. A pegada hídrica verde é o volume da água da chuva consumido durante o processo de produção.

A pegada hídrica cinza refere-se ao grau de poluição da água que pode estar associado ao processo produtivo, sendo definida como o volume de água utilizado para diluir os poluentes, ou seja, a água utilizada para misturar-se a água e seu estado natural seja mantido nos padrões mínimos aceitáveis.

Para pegada hídrica de produtos industriais, é utilizada a unidade de medida em metros cúbicos por valor ou volume de água por tipo de produto. Outra alternativa aceitável é

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA**

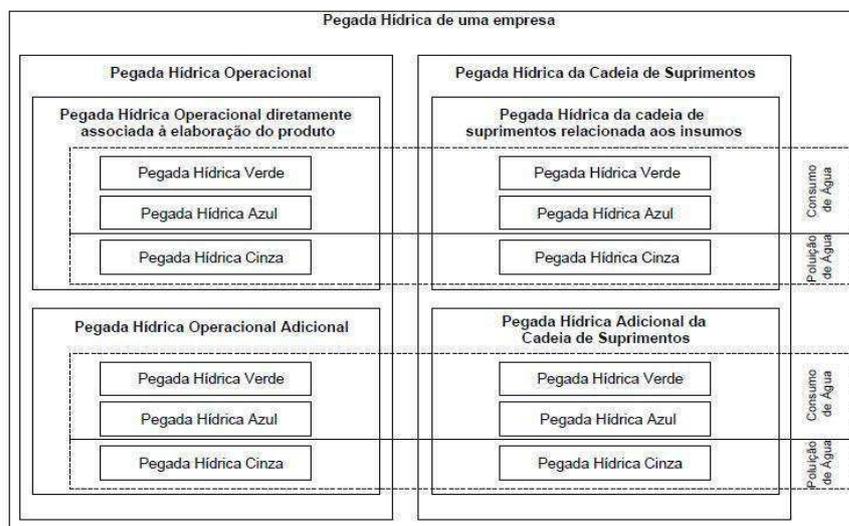
calcular o volume de água por quilo caloria , para produtos alimentares, ou volume de água por joule, para energia elétrica ou combustíveis.

É primordial para se determinar a pegada hídrica do produto, que se conheça o processo produtivo(SEIXAS, 2011), identificando o sistema produtivo, suas etapas e composições, podendo ser calculada sob duas abordagens: *chain-summation* que é aplicada caso o sistema de produção seja de um único produto final e abordagem *stepwise accumulative* aplicado para que se consiga distribuir a água utilizada em todo o processo produtivo nos vários produtos de saída.

**2.4.3 Contabilização da Pegada Hídrica de Produto**

Para a contabilização da pegada hídrica de um produto, faz-se necessário conhecer a empresa e o processo produtivo. A pegada hídrica da empresa é definida como o volume total de água doce utilizado direta ou indiretamente para funcionamento ou manutenção, podendo ser operacional ou direta e indireta. A direta corresponde ao volume de água doce consumida ou poluída em decorrências das atividades produtivas, e a indireta consiste no volume de água doce consumida ou poluída para produzir todos os bens e serviços que compõe a empresa. A figura 2, mostra como é a composição da pegada hídrica de uma empresa:

Figura 2 - Composição da pegada hídrica de uma empresa



Fonte: Manual de Avaliação da Pegada Hídrica (2011)

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA

O que compõe a pegada hídrica operacional diretamente associada à elaboração de produtos da empresa é: água incorporada no produto, água consumida poluída através de um processo de lavagem; água poluída termicamente devido ao uso ou refrigeração e consumo ou poluição de água relacionados ao uso da água em limpeza, cozinha, jardinagem ou lavagem de roupas.

Na pegada hídrica indireta, a composição é: pegada hídrica dos ingredientes do produto comprado pela empresa; pegada hídrica de outros itens comprados pela empresa para processar seus produtos; pegada hídrica de infra estrutura, de energia e materiais de uso geral.

### **3 - Metodologia**

Esta pesquisa se caracteriza como quantitativa, por trazer dados primários e secundários e cálculos destinados a mensurar informações do processo produtivo em relação a utilização do recurso hídrico e calcular a pegada hídrica. Parte do método dedutivo, uma vez que parte da compreensão da regra geral( GIL, 2008) através do Manual de determinação da Pegada Hídrica, para efetiva compreensão específica do produto objeto do estudo. É uma pesquisa de caráter exploratório, utilizando métodos e critérios para construção de dados consistentes sobre o tema abordado, trazendo a determinação da pegada hídrica para o produto objeto do estudo (MORESI, 2003).

É um estudo de caso, e se justifica tal aplicação em face de ser uma temática nova e ainda escassa, onde abordagens investigativas aos produtos para determinação da pegada hídrica, contribui para utilização de indicadores no âmbito do desenvolvimento sustentável. A pesquisa foi realizada em uma indústria de sorvetes da cidade de Sousa (PB), que está no mercado há mais de 25 anos, consolidada nos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Ceará. A linha de produção é composta por sorvetes em baldes de 10 litros, sorvete em potes de 2 litros e picolés, tendo uma pasta de 33 sabores. A pesquisa teve como escopo o cálculo da pegada hídrica para fabricação de sorvetes. Dentre estes sabores, utilizaremos como base de cálculo para determinação da pegada hídrica sabores com padrões de pegada hídrica similar e sabores com alta determinação da pegada hídrica em sua composição.

O cálculo da pegada hídrica foi feito de acordo com o Manual de Avaliação da Pegada Hídrica (2011), fazendo a classificação do processo em direto ou indireto. Avaliando o

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA**

método das pegadas hídricas: azul, verde e cinza, que são as aplicadas ao processo industrial. Nesta pesquisa foi utilizado o método seqüencial cumulativo, similar ao utilizado na pesquisa de LIMA et al., (2015), onde a pegada hídrica final do produto, é a pegada hídrica dos insumos, adicionando a pegada hídrica do processo produtivo. Desta forma, a pegada hídrica do produto  $P_p$  é calculada da seguinte forma:

$$PH_{prod}[p] = (PH_{proc}[p] + \sum_{i=1}^y \frac{PH_{prod}[i]}{f_p[p,i]}) \cdot f_v[p] \quad [volume/massa] \quad (1)$$

Onde :  $PH_{produto} [p] = PH$  produto final  $p$ ;

$PH_{prod}[i] = PH$  do insumo  $[i]$  kg/l;

$PH_{processo}[p] = PH$  do processo que transforma matérias-primas  $y$  no produto final  $p$ ;  $f_p[p,i] =$  fração do produto  $(l/l)$ .

A fração do produto de um produto final  $p$  que é processado a partir de um insumo  $i$  ( $f_p[p,i]$ , massa/massa) é definida conforme a fórmula abaixo.  $f_p[p,i]=$

$$f_p[p,i] = \frac{peso[p]}{peso[i]} \quad (2)$$

Depois de feito o cálculo, será aplicada a contabilização do produto, e calculada a Pegada Hídrica da Cadeia Produtiva :

$$PH_{emp} = PH_{emp.oper} + PH_{emp.cad} [volume/tempo] \quad (3)$$

Onde:  $PH_{emp,cad}$  representa a pegada hídrica da cadeia produtiva da unidade da empresa (volume/tempo),  $PH_{prod}[x,i]$  a pegada hídrica do insumo  $i$  da fonte  $x$  (volume/unidade do produto) e  $I[x,i]$  o volume de insumos  $i$  da fonte  $x$  para a unidade da empresa (unidades de produto/tempo).

Para a determinação das quantidades de insumos, foi necessária a identificação da relação do volume pela massa, utilizando a seguinte equação:

$$X = \frac{KG}{Lt}, \text{ onde: } Lt = \text{Litro e } Kg = \text{quilograma.} \quad (4)$$

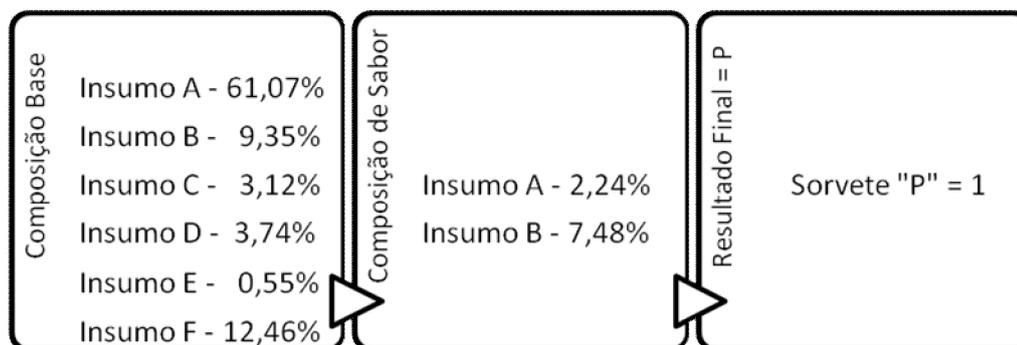
O processo produtivo em litros está da seguinte forma:

$$X = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ Kg/Lt}$$

#### 4 - Descrição e Análise dos Resultados

O processo produtivo tem como linha inicial a fabricação da Composição Base ( Calda Base) do produto, que leva em média, 90% dos insumos da produção, sendo o restante, insumos que estão relacionados à saborização do produto, conforme a figura 3:

Figura 3 - Composição do produto



Dados da Pesquisa (2018)

A primeira etapa do processo produtivo compõe o que é chamado de calda base, utilizada em todos os sabores de sorvetes produzidos, e depois adicionados os insumos que darão o sabor. Da composição dos insumos, conforme dados obtidos nos registros de livros de produção da Empresa, o Insumo A, que corresponde a 61,07% da composição é a água direta utilizada no processo produtivo, para fabricação de 340 litros de produto, que depois de finalizado, dobra de volume, obtendo assim 680 litros de produto acabado.

O quadro 3 evidencia a pegada hídrica total de cada insumo que compõe a calda base, do produto.

Quadro 3 - Pegada Hídrica de Insumos da Calda Base

Quantidade	Un. Medida	Componente	PH Total Insumo (litros)
61,07%	litros	Insumo A	490
9,35%	kg	Insumo B	4745
3,12%	kg	Insumo C	360
3,74%	kg	Insumo D	NE
0,55%	kg	Insumo E	322
12,46%	kg	Insumo F	1200

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA**

É importante destacar que o insumo D , que compõe a calda base, foi desconsiderado, uma vez que não foi possível determinar a pegada hídrica do mesmo.

O Quadro 4 evidencia a pegada hídrica total dos insumos que entrarão no processo produtivo, na etapa de determinação de sabores aos sorvetes. Cabe destacar que dependendo do sabor, a variação do total da pegada hídrica do insumo pode mudar bastante. Conforme observado, o insumo a base de chocolate é o que tem maior determinação da pegada hídrica.

Quadro 4 - Pegada Hídrica de Insumos da Etapa de Sabor - Com utilização de chocolate

Quantidade	Un. Medida	Componente	PH Total Insumo (litros)
2,24%	kg	Insumo A	1667
7,48%	kg	Insumo B	27000

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Se a determinação for feita a base de sabor que não tem composição com chocolate, o resultado ocorre conforme o quadro 5:

Quadro 5 - Pegada Hídrica de Insumos da Etapa de Sabor - Sem utilização de chocolate

Quantidade	Un. Medida	Componente	PH Total Insumo(litros)
10,81%	kg	Insumo A	609
2,16%	kg	Insumo B	1667

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Para determinar a pegada hídrica do produto (sorvete), é necessário identificar as proporções da pegada hídrica dos insumos do processo produtivo de forma geral, aplicada à quantidade utilizada em relação quantidade proporcional para cada 1 litro, conforme o quadro 6:

Quadro 6 - Pegada Hídrica de Insumos utilizados na produção com chocolate

Quantidade	Un. Medida	Componente	PH Proporcional Insumo (litros)
61,07%	litros	Insumo A	0,720588235
9,35%	kg	Insumo B	261,67
3,12%	kg	Insumo C	6,617647059
3,74%	kg	Insumo D	0
0,55%	kg	Insumo E	1,041764706
12,46%	kg	Insumo F	88,23529412
2,24%	kg	Insumo A - Sabor	22,06323529
7,48%	kg	Insumo B - Sabor	1191,176471

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA**

A pegada hídrica dos insumos do produto foi classificada de acordo com o seu tipo, dimensionando o percentual para tipologia verde, azul e cinza. Os dados foram agrupados de acordo com cada insumo, conforme quadro 7:

Quadro 7 - Pegada Hídrica por classificação

Qdade.	Un med	Componente	PH Total	PH Azul	%	PH Verde	%	PH Cinza	%
490	litros	Insumo A	490	490	100%				
75	kg	InsumoB	4745	379,6	5%	4033,25	85%	332,15	7%
25	kg	Insumo C	360	18	5%	342	95%		
30	kg	Insumo D	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
4,4	kg	Insumo E	322			305,9	95%	16,1	5%
100	kg	Insumo F	1200	228	19%	744	62%	228	19%
Total da Pegada Hídrica			7117	1115,6		5425,15		576,25	

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Posteriormente a esta classificação, foi identificado a proporcionalidade da pegada hídrica dos insumos, o quadro 8 mostra a quantidade proporcional da pegada hídrica em um sabor que não contém chocolate:

Quadro 8 - Pegada Hídrica de Insumos utilizados na produção sem chocolate

Quantidade	Un. Medida	Componente	PH Proporcional Insumo(litros)
61,07%	litros	Insumo A	0,720588235
9,35%	kg	Insumo B	261,67
3,12%	kg	Insumo C	6,617647059
3,74%	kg	Insumo D	0
0,55%	kg	Insumo E	1,041764706
12,46%	kg	Insumo F	88,23529412
2,24%	kg	Insumo A - Sabor	40,30147059
7,48%	kg	Insumo B - Sabor	22,06323529

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Fazendo um comparativo entre o quadro 7 e o quadro 6, constata-se a diferença no total da pegada hídrica de insumos, embora a quantidade no processo produtivo seja a mesma, há uma diferença considerável. Para explicar este comportamento, destacamos como um dos parâmetros o sorvete de chocolate, justificando que a pegada hídrica do chocolate, é de 17.196 litros para cada quilo produzido (WATER FOOTPRIN.ORG), o que explica o aumento considerável em determinação de pegada hídrica de produtos que utilizem este insumo em seu processo produtivo.

Uma alternativa para a empresa reduzir a pegada hídrica total de seu produto, seria utilizar insumos com menor determinação de pegada hídrica em sua composição, ou reduzir a

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA**

produção de sabores que utilizem insumos com grande determinação. Resultado semelhante pode ser encontrado na pesquisa de Lima et al., (2015) quando ele faz o acréscimo de aditivo ao produto final e conseguiu a redução dos insumos utilizados.

A empresa estudada utiliza água que compõe a pegada hídrica azul, e não utiliza água da chuva, bem como não possui controle da água para diluição de poluentes. Sendo assim, constatou-se que os componentes verde e cinza para esta análise, seriam iguais a zero .

Substituindo na fórmula, encontramos no primeiro processo de composição básica (calda base), produto finalizado com sabor chocolate e produto finalizado sem o sabor chocolate, um resultado conforme representado na tabela 1:

Tabela 1 - Pegada Hídrica do produto

<b>PRODUTO</b>	<b>Calda Base (Para 1 litro)</b>	<b>Insumo de sabor com chocolate (Para 1 litro)</b>	<b>Insumo de sabor sem chocolate (Para 1 litro)</b>
Pegada Hídrica do Sorvete	358,28	1.213,23	62,36
<b>Pegada Hídrica Total (Calda Base + Insumo de sabor)</b>	<b>358,28</b>	<b>1.571,51</b>	<b>420,64</b>

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Para determinar a Pegada Hídrica da cadeia produtiva, foram necessários dados quantitativos do volume de água utilizado e o quantitativo da produção mensal do produto final. A água total utilizada na empresa, tanto para produção, quanto para processos não produtivos é de aproximadamente 900.000 litros de água.

A tabela 2 evidencia a pegada hídrica total da cadeia produtiva, que é o somatório da pegada hídrica verde, azul e cinza, por parte da empresa estudada, de toda a produção da empresa. Os registros de produção da empresa trazem a quantidade média mensal de 340.000 litros de sorvete, sendo assim a pegada hídrica total em litros encontrada é:

Tabela 2 - Pegada Hídrica Total do processo produtivo do sorvete. ( volume/tempo)

<b>Pegada Hídrica do Processo</b>	<b>PH Verde</b>	<b>PH Azul</b>	<b>PH Cinza</b>
Produto final com chocolate	404.249.800 (98%)	4.124.200(1%)	4.124.200 (1%)
Produto final sem chocolate	20.780.800 (98%)	210.800 (1%)	210.800 (1%)

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Encontrada a pegada hídrica das dos insumos e da água utilizada para processá-los na elaboração do produto final, determinando através de pegada hídrica por litro (volume) em relação ao período estabelecido de um mês (tempo), é possível determinar a pegada hídrica total de acordo com sua classificação, do processo produtivo de sorvetes com utilização de insumos com grande determinação de pegada hídrica, e de insumos com a composição de pegada hídrica menor. No caso da pesquisa, houve um aumento de 266,67 % na pegada hídrica do produto final em relação ao outro. Sendo assim, conforme evidenciado no resultado da pesquisa de Maracajá ( 2014), a determinação da pegada hídrica de um produto auxilia no monitoramento de consumo e o impacto causado da utilização da água, já que é um indicador de sustentabilidade e deve ser utilizados e interpretados com outros indicadores visando à avaliação de impactos ambientais.

## **5 - Considerações Finais**

A adoção de práticas sustentáveis são premissas básicas para manutenção do desenvolvimento sustentável, com medidas para controlar os recursos ambientais. A ação para o desenvolvimento sustentável parte do pressuposto que a aprendizagem social é o pilar de sustentação para controle. Cabe à sociedade se inteirar das condições efetivas dos recursos, sabendo a proporcionalidade de utilização em relação à sua capacidade total.

Partindo desta premissa, a determinação da Pegada Hídrica auxilia diretamente como indicador de utilização de recursos hídricos de forma direta e indireta, refletindo o consumo, excessivo ou não, de recursos hídricos na composição de processo produtivo.

Esta pesquisa determinou a pegada hídrica total de um produto bastante consumido na região. Levando em consideração que o processo para produção tem diversas etapas, e que a determinação da pegada hídrica de um produto é o somatório das pegadas hídricas de seus insumos, a pesquisa determinou o valor da pegada hídrica do sorvete.

Formam contemplados dois sabores específicos, com insumos com alta e baixa determinação de pegada hídrica. Determinada a pegada hídrica do produto, foi possível observar que mesmo com componentes diferentes, mas que estão presentes na calda base na mesma quantidade para a fabricação de sorvetes, a pegada hídrica encontra variações consideráveis.

## **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA**

Os insumos que compõem o produto final têm influência direta na relação da pegada hídrica, pois dependendo do que for utilizado, pode acrescer o resultado do produto final. Uma maneira de solucionar seria dar segmento a uma linha de produção que dê ênfase aos sabores com menos determinação, minimizando a pegada hídrica do produto final. Em seu estudo Boldrin (2012) assevera que contemplar uma utilização sustentável de recursos hídricos é primordial para evitar futuros problemas de ordem qualitativa e quantitativa.

Sendo assim, a pegada hídrica enquanto indicador social consegue refletir, embora de forma implícita, a sua importância frente à entidade e comunidade de forma geral, servindo de indicador para gestão eficiente de recursos hídricos.

Como pontos positivos da pesquisa, temos: o objetivo alcançado na determinação da pegada hídrica, e também a contribuição com a temática já que passa a ser mais um produto com determinação da pegada hídrica.

A pesquisa contribuiu diretamente para o estudo da pegada hídrica, ao conseguir determinar o indicador de um produto. Quantificando a pegada hídrica da composição base do sorvete, é possível agregar a segunda parte do processo de sabor e determinar a pegada hídrica total de cada item, especificando a pegada hídrica azul, verde e cinza.

A título de sugestões para pesquisas futuras, que possa se determinada a pegada hídrica de forma individual de cada sabor do processo produtivo.

## **Referências**

AGUIAR, H. DE S.; MELLO, A. M. DE; NASCIMENTO, P. T. DE S. Certificação De Sistema De Gestão Ambiental: Alternativas Possíveis. **RGO-Revista Gestão Organizacional**, v. 8, n. 1, p. 51-68, 2015.

ALVES, José Maria Brabo; CAMPOS, José Nilson Beserra; NASCIMENTO, LSV. Sensibilidade intrasazonal de um downscaling dinâmico de precipitação (1971-2000): uma análise na bacia hidrográfica do Açude Castanhão-Ce. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 1, p. 73-87, 2008.

BARBOSA, G. S.; DRACH, P. R.; CORBELLA, OSCAR D. A Conceptual Review of the Terms Sustainable Development and Sustainability. v. III, n. 2, p. 1-16, 2014.

BOLDRIN, M. T. N.; BOLDRIN, D. L. Estimativa da pegada hídrica do cultivo de soja em mato grosso. **Xxxii Encontro Nacional De Engenharia De Producao**, 2012.

CAMPOS, V. N. DE O.; FRACALANZA, A. P. Governança das águas no Brasil: conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso. **Ambiente & sociedade**, v. 13, p. 365-382, 2010.

COSTA FILHO, B. A.; ROSA, F. DE. Maturidade em Gestão Ambiental: Revisitando as Melhores Práticas. **REAd**, v. 86, n. 2, p. 110-134, 2017.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus. **Cad. EBAPE.BR**, v. 14, p. 667-681, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GRIGG, Neil S. Management framework for large-scale water problems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 122, n. 4, p. 296-300, 1996.

HOEKSTRA, A. Y. et al. Global monthly water scarcity: Blue water footprints versus blue water availability. **PLoS ONE**, v. 7, n. 2, 2012.

LEÃO, R. DE S. Pegada hídrica: visões e reflexões sobre sua aplicação. **Ambiente & Sociedade**, v. 16, n. 4, p. 159-162, 2013.

LIMA, R. A. P. DE et al. Cálculo da pegada hídrica total em uma empresa da construção civil localizada no semiárido nordestino. **XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, n. 83, p. 1-10, 2015.

MANUAL DE AVALIAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA HOEKSTRA et al. Manual de Avaliação da Pegada Hídrica Estabelecendo o Padrão Global. [s.d.].

MARACAJÁ, K. F. B. et al. Pegada Hídrica como Indicador de Sustentabilidade Ambiental.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS – PPGSA**

**Reunir** *Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade*, v. Vol.2, n. N° 2, p. 113-125, 2012.

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

MARQUES, C. T.; GOMES, B. M. F.; BRANDLI, L. L. Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 4, p. 79-90, 2017.

MORESI, Eduardo et al. Metodologia da pesquisa. **Brasília: Universidade Católica de Brasília**, v. 108, p. 24, 2003.

NETWORK, Water Footprint. Disponível em: < [http://www. waterfootprint. org](http://www.waterfootprint.org)>. Acesso em **13.03.2018**, v. 15, n. 05, p. 2009, 2009.

NEVES, E. B.; ROZEMBERG, B. Estudo Comparativo Entre O Sistema De Gestão Ambiental Do Exército Brasileiro E a Norma Iso 14001. **RGSA - Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 4, p. 159-177, 2010.

PEREIRA, C.; CIDIN, J.; SILOTO, R. Pegada Ecológica: Instrumento de Avaliação Dos Impactos Antrópicos No Meio Natural. **Revista Estudos Geográficos**, v. 2, n. 1, p. 43-52, 2004.

RESENDE NETO, A. Sustentabilidade, água virtual e pegada hídrica: um estudo exploratório no setor bioenergético. 2011.

RIBEIRO, M. F.; PEIXOTO, J. A. A.; XAVIER, L. DE S. Estudo do indicador de sustentabilidade `Pegada Ecológica`: uma abordagem teórico-empírica. **XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 7, n. 1, p. 29-37, 2008.

SEIXAS, V. S. DE C. Análise da pegada hídrica de um conjunto de produtos agrícolas. **Ambiente&Sociedade**, v. 5, p. 89, 2011.

STUDART, T. M. C.; CAMPOS, J. N. B. Gestão da Demanda. **Gestão de Águas: Princípios e Práticas**, p. 242p., 2001.