



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**PEGADA HÍDRICA E ANÁLISE ECONÔMICA DA CULTURA DE ALFACE
CULTIVADA SOB IRRIGAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ITABAIANA - SE**

KAMILA SOUZA SANTOS

CAMPINA GRANDE – PB

MARÇO DE 2018

KAMILA SOUZA SANTOS

PEGADA HÍDRICA E ANÁLISE ECONÔMICA DA CULTURA DE ALFACE
CULTIVADA SOB IRRIGAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ITABAIANA – SE

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós Graduação em Meteorologia da
Universidade Federal de Campina Grande, como
parte dos requisitos necessários para obtenção do
título de Mestre em Meteorologia.

Área de concentração: Agrometeorologia
Sub-área: Necessidades Hídricas da cultura

Orientador: Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Madson Tavares Silva

CAMPINA GRANDE – PB

MARÇO DE 2018

S237p

Santos, Kamila Souza.

Pegada hídrica e análise econômica da cultura de alface cultivada sob irrigação no município de Itabaiana - SE / Kamila Souza Santos. – Campina Grande, 2018.

65 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

"Orientação: Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva, Prof. Dr. Madson Tavares Silva".

Referências.

1. Pegada Hídrica. 2. Evapotranspiração. 3. Viabilidade Econômica. I. Silva, Vicente de Paulo Rodrigues da. II. Silva, Madson Tavares. III. Título.

CDU 556.18(043)

KAMILA SOUZA SANTOS

PEGADA HÍDRICA E ANÁLISE ECONÔMICA DA CULTURA DE ALFACE
CULTIVADA SOB IRRIGAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ITABAIANA - SE

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 16/03/2018

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. MADSON TAVARES SILVA
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. BERNARDO BARBOSA DA SILVA
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. LINCOLN ELOI DE ARAÚJO
Departamento de Engenharia e Meio Ambiente
Centro de Ciências Aplicadas e Educação
Universidade Federal da Paraíba

DEDICATORIA

Às pessoas mais importantes da minha vida: Kátia Souza e
Edivaldo Carlos Dax, a toda minha família e aos meus queridos

Oneide, José Roberto e Iracy Maciel (In Memoriam),

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a esse Deus maravilhoso que sempre esteve ao meu lado. Agradeço, pois foi Ele que me manteve firme nos momentos de dificuldade e de incertezas.

À minha base e meus exemplos de vida, meus pais Edivaldo Carlos Dax e Katia Souza, sou muito grata pela dedicação para me educar e formar. Vocês são tudo para mim. Amo vocês.

A minha irmã, Karina Souza e ao sobrinho Gabriel Santos, divido com vocês essa minha vitória.

À amiga Fátima Azevedo, pela confiança e ajuda, admiro toda a sua simplicidade. Ao meu orientador Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva, pela orientação, confiança e paciência.

A todos os professores do programa de Pós-Graduação em Meteorologia, os quais tive a oportunidade de ter tido uma convivência e contato profissional. Serei eternamente grata pelo conhecimento e aprendizado adquirido durante o mestrado.

Agradeço à minha família de todo coração por ter acreditado que chegaria até o fim de mais um ciclo.

Aos amigos, André Oliveira e Jamilly Dias, pelo companheirismo, amizade e pelo conhecimento que trocamos durante esse tempo que tive o prazer de dividir o meu dia-a-dia. Obrigada por terem tornado meus dias mais divertidos. Terei sempre vocês comigo.

Aos membros da banca pelas contribuições fornecidas.

A todos o meu eterno obrigada!

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo determinar a pegada hídrica da cultura da alface, durante as estações de inverno, verão e outono, bem como realizar a análise econômica da cultura na região de Itabaiana, SE. A pesquisa foi realizada na Unidade de Produção de Hortaliças da empresa Hortaliças Vida Verde, em parceria com a Universidade Federal de Sergipe (UFS). A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi obtida através do balanço hídrico no solo e com base no modelo CROPWATER. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi obtida pelo método de Penman-Monteith, com base nos dados de temperatura do ar (máxima e mínima), umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar obtidos numa estação automática localizada próxima à área experimental. Os resultados da pesquisa evidenciam que a pegada hídrica verde diminui à medida que ocorre acréscimo na lâmina de irrigação, enquanto que a pegada hídrica (PH) azul aumenta em função do aumento na lâmina de irrigação. A pegada hídrica da alface obtida com base no modelo subestima os valores da PH obtida com o balanço hídrico. A necessidade hídrica azul é a que mais contribui com o valor total da necessidade hídrica da cultura no período verão-outono.

Palavras chave: Pegada hídrica, evapotranspiração, viabilidade econômica.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the water footprint for lettuce crop during the winter, summer and autumn seasons, as well as to perform the economic analysis of the lettuce crop growth in the region of Itabaiana, SE. The research was carried out at the Vegetable Production Unit of Hortaliças Vida Verde, in partnership with the Federal University of Sergipe (UFS). The crop evapotranspiration (ET_c) was obtained through the soil water balance and based on the CROPWATER model. The reference evapotranspiration (ET_o) was obtained by the Penman-Monteith method, based on the data of air temperature (maximum and minimum), relative humidity, wind speed and solar radiation obtained from the automatic weather station located near the experimental area. The results indicated that the green component of water footprint decreases as the irrigation increases, while the blue component of water footprint (PH) increases as a function of the increase in the irrigation depth. The water footprint of the lettuce obtained based on the model underestimates the PH values obtained from the water balance. The blue water requirement is the one that contributes most to the total value of the water requirement of the crop in the summer-fall period.

Key words: Water footprint, evapotranspiration, economic viability.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSCEM - Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas

α - Fração de lixiviação

BH - Balanço Hídrico

ETc - Evapotranspiração da cultura

ETo - Evapotranspiração de referência

FAO - Food And Agricultural Organization

Kc - Coeficientes da cultura

L - Carga de poluentes

N – Nitrogênio

NCH – Necessidade hídrica da cultura

Peff - Precipitação efetiva

PH - PEGADA HÍDRICA

Talp - Taxa total de aplicação da substância

TAS - Taxa de aplicação da substância

USDASCS - Método do Serviço de Conservação do Solo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Média da evapotranspiração da cultura (ET_c) da alface em função das estações do ano em Itabaiana – SE..... 51
- Tabela 2. Produtividade da massa fresca da parte aérea das três variedades de alface durante as três estações: inverno, verão e outono em Itabaiana – SE. 51
- Tabela 3. Fatores dos custos de produção de um canteiro em uma área total de 6,5 m², em Itabaiana – SE..... 53
- Tabela 4. Indicadores econômicos da Renda Bruta (RB), Custo de Produção (CP), Renda Líquida (RL), Taxa de retorno e Índice de Lucratividade da cultura da alface em um canteiro, em uma área total de 6,5 m², em Itabaiana-SE..... 53

LISTA DE FIGURAS

Figure 1. Esquema ilustrativo do Balanço Hídrico	25
Figure 2. Distribuição mensal da precipitação para o município de Itabaiana – SE (2013), e Aracaju – SE (2014 e 2015).	30
Figure 3. Área de estudo, destacando-se o município de Itabaiana – SE. Fonte: Autor	31
Figure 4. Esquema da parcela na área experimental da cultura da alface. Fonte: Adaptado de Tavares, 2016	33
Figure 5. Pegada hídrica das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) no período do inverno em Itabaiana – SE.	40
Figure 6. Pegada hídrica das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) no período do verão em Itabaiana – SE.....	42
Figure 7. Pegada hídrica das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) no período do outono em Itabaiana – SE.	44
Figure 8. Valores da evapotranspiração de água verde (ET verde) e azul (ET azul) da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) para as variedades Lisa, Crespa e Roxa, na estação de inverno em Itabaiana – SE.....	45
Figure 9. Valores da evapotranspiração de água verde (ET verde) e azul (ET azul) da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) para as variedades Lisa, Crespa e Roxa, na estação de verão em Itabaiana – SE.	46
Figure 10. Valores da evapotranspiração de água verde (ET verde) e azul (ET azul) da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) para as variedades Lisa, Crespa e Roxa, na estação de outono em Itabaiana – SE.....	47
Figure 11. Necessidade hídrica das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) no período do inverno em Itabaiana – SE.	48
Figure 12. Necessidade hídrica das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) no período do verão em Itabaiana – SE.....	49
Figure 13. Necessidade hídrica das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) no período do outono em Itabaiana – SE.	50

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo geral	14
2.2. Objetivos específicos	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 PEGADA HÍDRICA	15
3.1.1 Conceito de pegada hídrica.....	15
3.1.2 Componentes da pegada hídrica	16
3.1.3 Pegada hídrica verde	16
3.1.4 Pegada hídrica azul.....	16
3.1.5 Pegada hídrica cinza.....	17
3.1.6 Contabilização e avaliação da pegada hídrica	17
3.1.7 Tipos e contabilidade mundial e nacional da pegada hídrica.....	18
3.2. Consumo hídrico das culturas	18
3.3. A cultura da alface.....	20
3.4. Evapotranspiração da cultura	23
3.5. Balanço hídrico	24
3.6. Precipitação efetiva.....	26
3.7. Lixiviação.....	26
3.8 Análise econômica da alface.....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1. Caracterização e localização da área de estudo	28
4.2. Área de estudo e tratos culturais.....	32
4.2.1. Cálculo dos componentes da pegada hídrica	33
4.2.2. Componentes da pegada hídrica verde da cultura da alface	34
4.2.3. Componentes da pegada hídrica azul da cultura da alface	35
4.3.3. Componentes da pegada hídrica cinza da cultura da alface	37
5. ANÁLISE DO DESEMPENHO ECONÔMICO DA CULTURA DA ALFACE .	38
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
7. CONCLUSÕES	55
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1. INTRODUÇÃO

A retirada mundial de água doce aumentou quase sete vezes no século passado (GLEICK, 2000). Com o aumento populacional, simultaneamente com a variação das preferências da dieta, espera-se que as retiradas de água sigam a aumentar nas seguintes décadas. Com as retiradas crescentes, também é provável que o consumo de água seja aumentado. O consumo de água em um determinado período em uma determinada bacia hidrográfica refere-se à água que, após o uso, não está mais disponível para outros fins, porque evaporou-se (PERRY, 2007). Atualmente o setor agrícola representa cerca de 85% do consumo mundial de água doce (SHIKLOMANOV, 2000; HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2007).

O conceito de “pegada da água” introduzido por HOEKSTRA (2003) e posteriormente elaborado por HOEKSTRA e CHAPAGAIN (2008) fornece uma ordem para analisar a ligação entre o consumo humano e a apropriação da água doce do globo. A pegada de água de um produto é definida como o volume total de água doce que é usado para produzir o produto (HOEKSTRA et al., 2009). A pegada hídrica azul refere-se ao volume de superfície e águas subterrâneas consumidas (evaporadas) como resultado da produção de um bem. A pegada hídrica verde refere-se à água da chuva consumida. Já a pegada hídrica cinza de um produto refere-se ao volume de água que é necessário para assimilar a carga de poluentes com base em padrões de qualidade de água ambiente existentes. (MEKONNEN e HOEKSTRA, 2011).

Atualmente o consumo hídrico passa por um processo crescente para atender ao consumo humano, assim como a agricultura e as indústrias têm incentivado a pesquisa e a legitimação de hábitos que visam melhorar a sua utilização. As atividades humanas consomem e poluem uma grande quantidade de água. Em uma escala global, a maior parte

do uso da água ocorre na produção agrícola, mas há também volumes substanciais de água consumida e poluída pelos setores industriais e domésticos (WWAP, 2009). Nesse sentido, Hoekstra e Chapagain (2008) mostraram que visualizar o uso oculto da água em produtos pode ajudar no entendimento do caráter global da água doce e na quantificação dos efeitos do consumo e do comércio na utilização dos recursos hídricos.

O consumo e a poluição da água podem estar associados a atividades como limpeza, higiene pessoal, irrigação, refrigeração e processamento. A totalidade do consumo e poluição da água é geralmente considerada como a soma de uma multiplicidade de demandas de água e de atividades poluentes independentes. Tem-se dado pouca atenção ao total de consumo de água e a geração de poluição, tendo em vista que isso está relacionado com o que e quanto certas comunidades consomem e a estrutura da economia global, que tem o papel de abastecer o mundo com os diversos bens de consumo e serviços. Havia poucas abordagens na ciência e na prática de gestão de recursos hídricos, quando se trata do consumo e poluição da água ao longo de toda uma cadeia (produção e abastecimento). A organização, as características de uma produção e a sua cadeia de abastecimento influenciam muito os volumes de consumo e poluição da água (HOEKSTRA et al., 2011)

A retirada de água doce global aumentou quase sete vezes no século passado e esse valor deve crescer cada dia mais devido ao aumento populacional bem como pelas diferentes mudanças de hábitos alimentares e de consumo (GLEICK, 2000). VERMA et al. (2009) mostraram que é possível argumentar que o comércio de água virtual pode levar ao desperdício de água, na situação onde os países com baixa produtividade de água acabam por exportar água virtual para regiões de alta produtividade da água. A pegada hídrica (PH) de um indivíduo ou comunidade vai ser dividida em três componentes: azul, verde e cinza.

A pegada hídrica azul vai ser o indicador do consumo de água doce superficial e/ou subterrânea. Segundo Hoekstra et al. (2011) o termo “uso de água de consumo” refere-se a

um dos quatro casos subseqüente: (i) evaporação da água; (ii) água incorporada no produto; (iii) não retorno da água para a área de captação (água é retornada para outra área ou para o mar); e (iv) não retorno da água no mesmo período (água é retirada no período escasso e é retornada no período chuvoso). Por outro lado, nos dias atuais, o maior consumo global de água azul é o setor agrícola (SHIKLOMANOV, 2000). A PH verde é definida como sendo a água oriunda de precipitações, que não é retirada e nem armazenada pelos mananciais, e sim armazenada temporariamente no solo ou permanece temporariamente na superfície do solo ou vegetação (HOEKSTRA et al., 2011). Ela retrata o volume de água oriundo de chuva consumida no decorrer do processo de produção.

A distinção entre a PH azul e verde é muito importante devido aos impactos hidrológicos, ambientais e sociais, assim como os custos e impactos do uso da água superficial e do sub-solo. Essa definição difere dos custos e impactos do uso de água de chuva (HOEKSTRA et al., 2011). A PH cinza aponta o estágio de poluição de água doce relacionada ao processo de produção. Hoekstra et al. (2009) definem essa componente da PH como sendo o volume de água doce que é requerida para assimilar a carga de poluentes, baseando-se nas concentrações naturais e padrões de qualidade de água existentes.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

- Determinar a pegada hídrica da cultura da alface, durante as estações de inverno, verão e outono para o município de Itabaiana – SE e realizar a análise econômica da cultura de alface cultivada nessa região

2.2. Objetivos específicos

- Quantificar os valores dos componentes azul, verde e cinza da pegada hídrica para a produção de alface;
- Estabelecer a relação entre os valores da PH da alface determinada com base na evapotranspiração medida experimentalmente e estimada através do software CROPWAT 8.0.
- Determinar a produtividade da cultura da alface na região de estudo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PEGADA HÍDRICA

3.1.1 Conceito de pegada hídrica

A ideia de considerar o uso da água ao longo das cadeias produtivas ganhou interesse após a introdução do conceito de 'pegada hídrica' por Hoekstra, em 2002 (HOEKSTRA, 2003). A pegada hídrica é um indicador do uso da água que considera não apenas o seu uso direto por um consumidor ou produtor, mas também, seu uso indireto. A PH de um produto é o volume de água utilizado para produzi-lo, medida ao longo de toda cadeia produtiva.

A pegada hídrica representa o volume total a anual de água utilizado na produção de um bem ou serviço consumido por um grupo de consumidores que incluem uma família, empresa, cidade, Estado ou nação (GERBENS-LEENES; HOEKSTRA, 2008). Em seu cálculo, o método considera não só o volume de água consumido a partir de diversas fontes, como a água superficial e subterrânea (água azul) e a água da chuva armazenada no solo (água verde), mas também a quantidade de água poluída durante o processo produtivo em um determinado local e período (água cinza) (HOEKSTRA, 2008b)

Criado em 2002, o conceito de pegada hídrica se assemelha ao conceito da pegada

ecológica – ao considerar a quantidade de água necessária na produção – e combina essa questão ao conceito de água virtual, que reconhece a presença da água como parte dos bens de consumo, assim como o seu fluxo internacional por meio de importações e exportações de produtos (REES, 1992; ALLAN, 1998). Segundo Chapagain e Tickner (2012), a pegada hídrica fornece informações espaço-temporais claras e precisas de como a água é apropriada para as várias atividades humanas, isto é, estas medidas podem refletir as imensas variações locais na utilização, evaporação e impactos em relação aos recursos hídricos. Esses autores afirmam que os cálculos podem contribuir para a discussão sobre o consumo e alocação de forma sustentável e equitativa dos recursos hídricos, como também construir bases para uma avaliação das dependências e impactos ambientais, sociais e econômicos locais.

3.1.2 Componentes da pegada hídrica

A pegada hídrica dispõe de três segmentos: água verde, água azul e água cinza para o uso direto e indireto de água.

3.1.3 Pegada hídrica verde

A pegada hídrica verde é particularmente relevante para a agricultura e produção florestal (produtos à base de plantas ou madeira), e se refere ao total da água da chuva evapotranspirada, somada à parcela de água incorporada na cultura ou madeira colhida (MEKONEM e HOEKSTRA, 2011). Para este tipo de pegada se pode lançar medidas diretas, indiretas ou estimativas. De maneira geral é utilizado um conjunto de fórmulas empíricas para a estimativa da evapotranspiração e medidas de peso úmido e seco, para estimar a quantidade de água retida nas plantas (EMPINOTTI e JACOBI, 2012).

3.1.4 Pegada hídrica azul

Hoekstra et al. (2011) definiram a pegada hídrica azul como o volume de água superficial e subterrânea consumida pela produção de um bem ou serviço. Esse consumo se refere ao volume de água usado e então evaporado ou incorporado ao produto. Ela

também inclui água captada de uma fonte superficial ou subterrânea em uma bacia e lançada em outra bacia ou no mar. Ela é a quantidade de água captada de uma fonte superficial ou subterrânea que não retorna para a bacia da qual ela foi retirada.

3.1.5 Pegada hídrica cinza

Segundo Hoekstra et al (2011) a pegada hídrica cinza é definida como o volume de água necessário para assimilar a carga de poluentes baseada nas concentrações naturais e em padrões de qualidade de água existentes. Ela é computada como o volume de água necessário para diluir os poluentes em um nível em que a qualidade da água permanece acima dos padrões definidos. De acordo com Chapagain e Tickner (2012), nem toda água cinza é derivada da água azul. A agricultura dependente das águas pluviais tem PH cinza devido à lixiviação causada pelas chuvas.

3.1.6 Contabilização e avaliação da pegada hídrica

Uma avaliação completa da pegada hídrica consiste em quatro fases diferentes: definição de objetivos e escopo, contabilização da pegada hídrica, avaliação da sustentabilidade da pegada hídrica e formulação de resposta à pegada hídrica. O objetivo de quantificar as pegadas hídricas é analisar como atividades humanas ou produtos específicos se relacionam com questões de escassez e poluição da água e verificar como atividades e produtos podem se tornar mais sustentáveis sob o ponto de vista hídrico (HOEKSTRA et al., 2011). A avaliação da pegada hídrica é uma ferramenta analítica que pode auxiliar na compreensão sobre como atividades e produtos interagem com a escassez e a poluição da água e seus impactos relacionados e o que pode ser feito para assegurar que atividades e produtos não contribuam para o uso não sustentável dos recursos hídricos. Como ferramenta, a estimativa da pegada hídrica fornece uma visão adicional, mas não diz às pessoas ‘o que fazer’. Ao invés disso, ela ajuda as pessoas a entenderem o que pode ser feito (HOEKSTRA et al., 2011)

Segundo Chapagain e Tickner (2012), a contabilização da PH é uma excelente ferramenta de comunicação e muito útil na sensibilização e percepção em relação às questões mais generalizadas sobre os recursos hídricos. No âmbito de preocupação mundial relacionado às questões hídricas Tadeu e Sinisgalli (2012) destacam a relevância de empregar a pegada hídrica, pois os autores citam que esta ajuda na compreensão do uso da água pelos inúmeros setores, pois auxilia a identificar os pontos focais para melhorias de gestão e necessidade e necessidade de preservação e conservação do recurso.

3.1.7 Tipos e contabilidade mundial e nacional da pegada hídrica

O emprego desse conceito pode ser aplicado a numerosas finalidades; Tais como: para um produto, uma etapa do processo, um consumidor, um grupo de consumidores, uma área marcada geograficamente, um negócio, um espaço de negócios e a humanidade como um conjunto (HOEKSTRA et al., 2011). Seguem-se as definições para cada tipo de PH, de acordo com Hoekstra et al (2011)

- (i) A pegada hídrica de um produto é soma das pegadas hídricas das etapas do processo ocorridas na elaboração do produto;
- (ii) A pegada hídrica de um consumidor vai ser a soma das pegadas hídricas de todos os produtos consumidos por ele;
- (iii) A pegada hídrica de uma comunidade é a soma das pegadas hídricas de seus membros e a PH de uma empresa vai ser a soma das pegadas hídricas dos produtos finais que a empresa produz;
- (iv) A pegada hídrica de uma área geograficamente delimitada (município, província, estado, nação, bacia hidrográfica), será a soma das pegadas hídricas de todos os processos que ocorreram na área.

3.2. Consumo hídrico das culturas

As plantas necessitam de um ambiente adequado ao desenvolvimento dos processos

gerais de crescimento. Quando as folhas das plantas abrem os estômatos para absorver o gás carbônico necessário à fotossíntese, perdem cerca de 250 moléculas de H₂O para cada molécula de CO₂ absorvida, cujo valor provoca a transpiração dessas plantas (Taiz e Zeiger, 1991).

Em adição à transpiração, as plantas perdem água também de forma indireta, por meio de evaporação proveniente do solo. Esses processos somados resultam na evapotranspiração, ao passo que a diferença dos mesmos serve para explicar o consumo de água pelas culturas em condições de ‘dossel não-fechado’ e também para entender a resposta das culturas ao armazenamento de água (Loomis e Connor, 1992).

Numa superfície cultivada, o conhecimento do consumo de água nos inúmeros estágios ou etapas de desenvolvimento da planta ajuda no manejo apropriado dos recursos hídricos disponíveis para determinada região, visto que estes recursos se encontram escassos em determinadas áreas, nas quais a agricultura irrigada se faz essencial.

Segundo Fernandes e Turco (2003), a irrigação deve ser bem quantificada, pois aplicações de água insuficiente repõe água somente nas camadas superficiais do solo, não umedecendo a zona das raízes. A determinação das necessidades hídricas das culturas é estimada com base nos valores da ETc. O termo evapotranspiração é definido como a ocorrência simultânea dos processos de evaporação da água no solo e da transpiração das plantas. Ela é controlada pelo balanço de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água no solo às plantas (PEREIRA et al., 1997).

Ao longo do tempo, a evapotranspiração de culturas se tornou uma informação indispensável para o manejo de irrigação. Segundo SOUSA et al., (2010) a grande maioria dos usuários da agricultura irrigada no Brasil não utiliza qualquer tipo de estratégia de uso e manejo racional da água na irrigação. Além disso, o monitoramento automático ainda é muito primário. O conhecimento do consumo hídrico de uma cultura (Etc) durante seu

ciclo é de grande importância para o dimensionamento e o manejo de projetos de irrigação, de modo a aumentar a produtividade e otimizar a utilização dos equipamentos de irrigação, da energia elétrica e dos recursos hídricos (SOUSA *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2013).

3.3. A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa de maior importância no Brasil (COSTA e SALA, 2005), e constitui-se numa cultura de grande importância social na agricultura familiar e na alimentação humana. Esta espécie apresenta alta perecibilidade, sendo normalmente plantada próximo aos centros consumidores, onde se procura cultivá-la o ano inteiro (FERREIRA *et al.*, 2008). Ela é uma hortaliça pertencente à família *Asteracea* (*Compositae*), nativa da bacia do Mediterrâneo e uma das espécies botânicas mais antigas (MOCELIN e FIGUEIREDO, 2009). No Brasil, sua introdução foi feita pelos portugueses em 1650 (SALA e COSTA, 2012).

Praticamente todas as cultivares de alface desenvolvem-se bem em climas amenos, principalmente no período de crescimento vegetativo. A ocorrência de temperaturas mais elevadas acelera o ciclo cultural e, dependendo do genótipo, pode resultar em plantas menores devido ao pendoamento ocorrer mais precocemente (HENS e SUINAGA, 2009). A temperatura pode influenciar significativamente a cultura da alface, alterando a sua arquitetura, peso, qualidade e, principalmente, a produção (SILVA *et al.*, 2000). Tradicionalmente, a alface é adaptada a condições de temperaturas amenas, com maior produção nas épocas mais frias do ano (MOMENTÉ *et al.*, 2007). A máxima tolerável pela planta fica em torno de 30°C e a mínima situa-se em torno de 6°C, para a maioria das cultivares (DUARTE *et al.*, 1992).

Outro fator que influencia a planta é o fotoperíodo, pois a alface exige dias curtos durante a fase vegetativa e dias longos para que ocorra o pendoamento (DUARTE *et al.*,

1992). A associação entre dias longos e temperaturas elevadas, acelera ainda mais o pendoamento (RYDER, 1986; VIGGIANO,1990; NAGAI, 1993), o que torna as folhas leitosas e amargas, perdendo, portanto, seu valor comercial (FILGUEIRA, 2003). Porém, este fenômeno é influenciado pelo comportamento próprio de cada cultivar. Para amenizar essas condições ambientais desfavoráveis, uma das técnicas que podem ser utilizadas é o uso de tecnologias apropriadas, como de telas de sombreamento (FIGUEIREDO et al., 2004). As condições ambientais têm grande influência no comportamento da alface, principalmente a temperatura. Originalmente, a alface é uma planta de clima ameno, em condições de melhor temperatura elevada (YOKOYAMA et al., 1990; DUARTE et al., 1991; SILVA e VIZZOTO, 1994; SILVA et al., 1995)

No Brasil, sendo as alfaces crespas e lisas mais conhecidas e consumidas, estas foram melhoradas para o cultivo de verão ou adaptadas para regiões tropicais, com temperaturas e pluviosidade elevadas, mas nos últimos anos também apareceram cultivares roxas e com as folhas frisadas (HENS e SUINAGA, 2009). As cultivares nacionais têm sido produzidas principalmente por instituições de ensino e de pesquisa, eventualmente em associação com empresas de sementes, para ofertar aos produtores cultivares de alface “tropicalizadas”, adaptadas às condições climáticas na maior parte do território nacional, incluindo genótipos com tolerância ou resistência a doenças (LEDO et al., 2000; COSTA e SALA, 2005; SALA e COSTA, 2005, 2008).

De acordo com Sala e Costa (2012), no território brasileiro até a década de 80, havia um padrão de consumo de alface lisa. Nas últimas décadas, houve mudanças na alficultura brasileira, que foi a adoção da alface crespa em detrimento da tradicional tipo lisa. Ainda segundo esses autores, só na cidade de São Paulo, atualmente, o segmento de alface crespa domina o mercado com aproximadamente 53%. Essa mudança se deve pela coloração verde claro de suas folhas, tradicionalmente aceita pelo consumidor brasileiro que prefere esse tipo

de coloração, semelhante à coloração do tipo lisa. A alface predominante no Brasil é do tipo crespa, que lidera 70% do mercado. O tipo americana detém 15%, a lisa 10%, enquanto outras (vermelha, mimosa, etc) correspondem a 5% do mercado (SALA e COSTA, 2005).

O grupo de alface tipo crespa vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, em virtude de apresentar melhores resistências a doenças e ao transporte, maior período pós-colheita e melhor paladar, vantagens no elo mercado consumidor da cadeia produtiva. O cultivo da alface crespa é preferido também pelos produtores, pois a hortaliça apresenta aspecto de manuseio e transporte facilitado devido à disposição de suas folhas, o que a torna preferível entre os grupos (RODRIGUES et al., 2007).

A alface é uma cultura que apresenta grande importância em valor no mercado brasileiro (BERTINI et al., 2010), sendo uma das hortaliças mais populares e consumidas no Brasil, por sua facilidade de aquisição e produção durante o ano inteiro (HENZ e SUINAGA, 2009; SALA e COSTA, 2012). A alface é a terceira espécie hortícola no ranking de produção nacional. Cerca de 1.624 toneladas foram produzidas no Brasil em 2012, o que resultou com sua comercialização em torno de R\$ 8 milhões no varejo, perdendo somente para o tomate, de acordo com a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM, 2014). Quando consumida crua, a alface proporciona todas as propriedades nutritivas, além de ser um dos alimentos mais saudáveis, excelente fonte de vitamina A, vitaminas B₁, B₂ e B₆, potássio, cálcio e ferro, proteínas, poucas calorias e muitas fibras (TOSTA et al., 2009).

Quanto às necessidades hídricas, a alface é uma das hortaliças mais exigentes em água. Experimentos demonstraram que a maior disponibilidade em água útil no solo tende a aumentar a produtividade desta hortaliça, razão pela qual o teor deve ser mantido acima de 80% durante todo o ciclo cultural (FILGUEIRA, 1982). Esta hortaliça pode ser plantada em sementeiras ou diretamente no canteiro, sendo o plantio em sementeiras mais indicado por permitir um melhor controle sanitário das mudas e uma seleção das mudas mais vigorosas

para o transplante. As mudas são transplantadas com 4 a 6 folhas definitivas, o que ocorre aproximadamente 30 dias após o semeio (MOGHARBEL e MASSON, 2005).

3.4. Evapotranspiração da cultura

Para se efetuar o balanço hídrico, com vistas à obtenção da evapotranspiração de uma cultura, é necessário computar as entradas de água no solo via precipitação pluvial ou irrigação, a partir da sua infiltração na superfície, e as saídas, representadas pela drenagem interna, evapotranspiração e deflúvio superficial num volume de solo, com base na configuração do sistema radicular da cultura em estudo, em determinado período de tempo. Por outro lado, se a quantidade de água que entra no volume de controle considerado for maior que a quantidade que sai durante o mesmo período, o saldo será positivo, e, caso contrário, será negativo. Tanto o saldo positivo como o negativo serão medidos pela variação de armazenagem de água no perfil do solo no período considerado (LIBARDI, 1995).

Tendo em vista que os recursos hídricos encontram-se escassos em determinadas regiões, necessita-se de um conhecimento do consumo de água nos inúmeros sub-períodos ou estágios de progressão da planta, e assim pode-se viabilizar o manejo adequado dos recursos hídricos disponíveis em uma determinada região.

O termo evapotranspiração (ET_c) é definido como a ocorrência simultânea dos processos de evaporação da água no solo e da transpiração das plantas. Ela é controlada pelo balanço de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas (PEREIRA et al., 1997). Ao longo do tempo, a evapotranspiração de culturas se fez uma das indispensáveis informações exigidas para o manejo de irrigação e para fins de planejamento do uso da água em bacias hidrográficas (TAVARES, 2016). O entendimento do consumo hídrico de uma cultura, ou evapotranspiração (ET_c), durante seu ciclo é de

grande importância para o dimensionamento e o manejo de projetos de irrigação, de modo a ampliar a produtividade e aperfeiçoar a utilização dos equipamentos de irrigação, da energia elétrica e dos recursos hídricos (SOUSA et al., 2010; SANTOS et al., 2013).

3.5. Balanço hídrico

O balanço hídrico consiste na contabilização da quantidade de água contida no solo, ou seja, entrada (ganho) e saída (perda) de água, e armazenamento de água no solo. As mudanças no conteúdo de água do solo são controladas por três processos: evaporação da superfície do solo, transpiração da cultura e drenagem na camada inferior do perfil do solo (ZHAO et al., 2004). De acordo com KIMURA et al. (2005), a umidade do solo é o fator mais importante que oferece suporte a produção da planta, sendo necessário entender os saldos de calor e água, que geram a dinâmica da água do solo da área local, a fim de obter os benefícios do plantio. O estudo das componentes do balanço hídrico do solo fornece úteis informações para o gerenciamento da cultura de sequeiro e agricultura irrigada, pois revela as características da água do sistema solo-planta-atmosfera durante o desenvolvimento das culturas. (GHIBERTO et al., 2011). Em vista disso, STRECK e ALBERTO (2006) ressaltam ainda que o armazenamento de água no solo é uma componente do ciclo hidrológico que influencia diretamente a quantidade de água disponível para as culturas agrícolas. O que por sua vez afeta o seu desenvolvimento, crescimento, rendimento e a necessidade de irrigação.

O processo de entrada de água no solo se avalia a partir da precipitação e/ou irrigação. Quanto a precipitação, o grau de molhamento do perfil do solo depende da intensidade e duração da precipitação e da topografia do terreno. Em solo com topografia acentuada, a precipitação não é fator preponderante no molhamento do solo, pois o que se evidencia é o escoamento superficial. No entanto, solos com topografia suave favorecem a infiltração e a duração da precipitação; logo, torna-se um fator importante para o processo

de molhamento do perfil do solo, principalmente se a intensidade da precipitação é baixa (Campos et al., 2008). A dinâmica da água no solo está diretamente relacionada à produção vegetal, e o balanço hídrico do solo propicia caracterizar fatores que interferem no movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera que envolve processos como infiltração, redistribuição, drenagem e absorção pelas plantas (LIMA et al., 2006).

O balanço hídrico inclui grupo de métodos estimativos, cujo princípio é que os outros fluxos podem ser medidos ou estimados mais facilmente do que a própria recarga, que constitui no residual de todos os outros fluxos. Os componentes do balanço hídrico precipitação, evapotranspiração, temperatura, entre outros, podem ser medidos *in situ* ou estimados de forma indireta. Habitualmente a precipitação e a temperatura são medidas de forma direta, os outros componentes são estimados através de fórmulas semi-empíricas, tais como a evapotranspiração potencial e real. (WAHNFRIED, 2005)

Na escala local, no caso de uma cultura, o balanço hídrico, tem por objetivo indicar a variação de armazenamento e, assim sendo, a disponibilidade de água no solo. Conhecendo-se qual a umidade do solo ou quanto de água este armazena é possível definir se a cultura está sofrendo deficiência hídrica, a qual esta estreitamente ligada aos níveis de rendimento dessa cultura.

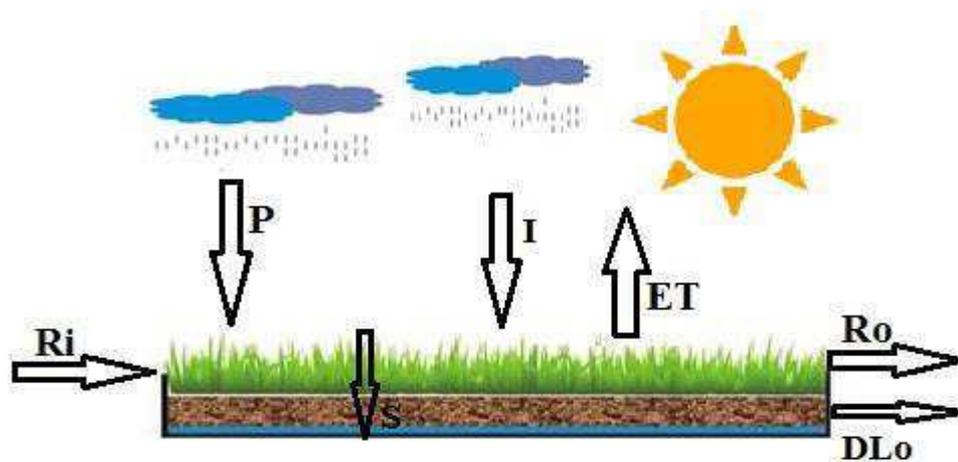


Figure 1. Esquema ilustrativo do Balanço Hídrico

Em que:

Ri – Escoamento superficial, P – Precipitação, S – Armazenamento, I – Irrigação, ET – Evapotranspiração, Ro – Escoamento superficial, DLo – Escoamento sub-superficial

3.6. Precipitação efetiva

A precipitação (P_{ef}) refere-se a uma parte da quantidade total de precipitação que é retida pelo solo e fica potencialmente disponível para atender as demandas hídricas da cultura. Geralmente, a precipitação efetiva é menor do que a quantidade total de chuva, pois nem toda água de chuva pode ser apropriada pela cultura, devido, por exemplo, ao escoamento superficial ou percolação (DASTANE,1978). Há várias maneiras de estimar a precipitação efetiva baseada na precipitação total. Smith (1992) recomenda o método USDA SCS (método do Serviço de Conservação do Solo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos). Esse método é citado como sendo um dos mais utilizados, o mesmo estima a precipitação efetiva média mensal em função dos valores regionais de precipitação média mensal e da evapotranspiração potencial da cultura mensal, para as condições em que a capacidade total de água do solo seja igual a 75 mm (BERNARDO et al., 2006)

3.7. Lixiviação

A precipitação que chega até o solo é filtrada através das camadas e estende-se por grande parte das áreas abertas ou poros. Esse deslocamento descendente da água para o solo é chamado de infiltração. À medida que a água vai se infiltrando, ela dilui muitos minerais e matéria orgânica nas camadas superiores, levando-os às camadas inferiores em um processo trivial conhecido como lixiviação (MILLER JR, 2014). A água é um dos principais veículos para a condução de poluentes no solo. Segundo Albuquerque (2010), a quantificação dos fluxos e a análise da sua qualidade são essenciais para analisar os riscos

de contaminação que a agricultura pode propiciar ao meio ambiente.

As perdas de nitrogênio por lixiviação na forma de nitrato, sobretudo em solo permeável, apresentam uma perda para a economia, assim como podem contribuir para a poluição da água e seu excedente pode ser prejudicial aos seres humanos (THOEH e THOMPSON 2007; ODUM, 1998). A prática de produção orgânica reduz a poluição, já que os produtos orgânicos não utilizam fertilizantes minerais processados e nem pesticidas (THOEH e THOMPSON 2007).

3.8 Análise econômica da alface

Alguns autores salientam a diminuição do custo de vários itens correlacionados à produção de hortaliças como insumos e operações para a cultura consorciada quando comparada com sua monocultura. Silva et al. (2008) averiguaram, pela análise econômica, que as culturas consorciadas tiveram seus custos de produção reduzidos, quando comparados às suas monoculturas.

A produção de hortaliças é caracterizada pelo alto investimento por hectare explorado, são espécies de ciclo curto, com uso intensivo do solo, exigem tratamentos culturais bem particulares, alocam excessiva mão-de-obra e apresenta alto risco; enfim, é uma atividade que requer grande capacidade técnica e administrativa do produtor. Diante de tantas exigências, é importante para o produtor conhecer o custo de produção dessa cultura para orientar as futuras ações do olericultor empresário (FILGUEIRA, 2003).

Quanto à perspectiva administrativa, nota-se a necessidade de uma maior sistematização por parte das empresas, as quais, segundo Callado (2008), ainda se desenvolve a passos curtos. Esse é um dos maiores problemas enfrentados pelos produtores, que geram e comercializam seus produtos, mas não sabem dizer exatamente qual o retorno dos investimentos, tampouco sobre o custo para se produzir um pé de alface.

Sendo uma prática muito difundida e de grande importância em todo território brasileiro, o cultivo da alface gera renda a pequenos e médios produtores, além de movimentar grande volume de recursos em segmentos, adubos, defensivos e mão-de-obra (HENZ; SUINAGA, 2009). Como qualquer atividade agrícola, sob a ótica de gestão, deve-se avaliar o desempenho de sua unidade produtiva, por meio do conceito de eficiência. Portanto, avaliar a eficiência tem importância tanto para fins estratégicos, quanto para o planejamento e para a tomada de decisão (GOMES et al., 2003).

A eficiência de uma unidade de produção pode ser medida por meio da comparação entre valores observados e valores ótimos de seus produtos (saídas), com seus respectivos recursos utilizados no ciclo produtivo (insumo) (GOMES; MANGABEIRA, 2004). Uma gestão eficiente dos gastos é uma ferramenta importante para permitir a permanência do produtor na atividade, porque o auxilia a apurar o quanto ele está gastando e, sobretudo, em que está sendo empregado o dinheiro. Este gerenciamento é possível de ser realizado acompanhando todos os custos com a produção permitindo ao produtor analisar a rentabilidade dos recursos empregados na sua atividade produtiva (TATAKI, 1999).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização e localização da área de estudo

A localização geográfica dessa unidade produtora está centrada na latitude $10^{\circ}41'06''S$, longitude $37^{\circ}25'31''W$ e altitude 188 m, centrado na faixa centro-ocidental do estado de Sergipe, limitando-se com os seguintes municípios sergipanos: ao norte com o município de Ribeirópolis, ao sul com os municípios de Areia Branca e Itaporanga D'Ajuda, a leste com Malhador, a oeste Campo do Brito. O município de Itabaiana possui uma extensão territorial de $336,9 \text{ km}^2$, ocupando apenas 1,53% do território sergipano. Sua sede municipal distancia-se da capital do estado, Aracaju, em 56 km (CARVALHO e COSTA, 2010). Essa região por localizar-se no Agreste sergipano em uma área de

transição entre a Zona da Mata e o Sertão sergipano, possui o clima, de acordo com a classificação de Köppen, do tipo As, qual seja, clima quente, com temperatura média de 24,5 °C, evapotranspiração de 1.850 mm anual, umidade relativa média de 60% (SILVA, 2004).

O regime pluviométrico na região possui uma distribuição irregular espacial e temporal (Figura 2), que é uma característica da região Nordeste do Brasil. Em função disso, a sua sazonalidade de precipitação concentra quase todo o seu volume durante os cinco meses no período de inverno (SILVA, 2004). A precipitação local encontra-se em torno de 750 a 1000 mm, sendo o período chuvoso de março a agosto (NUNES, 2002). O solo da área experimental possui textura arenosa e argilosa (TAVARES, 2016). O município de Itabaiana possui um relevo plano com elevações que circundam todo o município; o mesmo é cortado por várias bacias hidrográficas, destacando-se a bacia secundária do Jacarecica e do médio curso do rio Sergipe (LOPES et al., 2007). O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, cuja textura é franco arenoso. As análises químicas e físicas do solo da área experimental foram realizadas no Laboratório de Solo do Departamento de Ciência do Solo na Universidade Federal de Lavras (TAVARES, 2016).

A estação de Aracaju foi escolhida por ser a mais próxima da Estação Meteorológica do Perímetro Irrigado em Itabaiana e, também pela disponibilidade de dados, os quais somente foi possível obter localmente os do ano de 2013.

Durante o ano de 2013, a precipitação foi maior dentre os demais anos com o total de 1.143 mm anual, considerando 2015 o segundo ano com maior valor pluviométrico 952 mm, seguindo 2014 com o total de 870 mm. Observou-se que entre os três anos os meses mais chuvosos se concentraram entre os meses de abril a agosto (outono/inverno), sendo este considerado o período chuvoso para a região, concordando com SILVA, 2014.

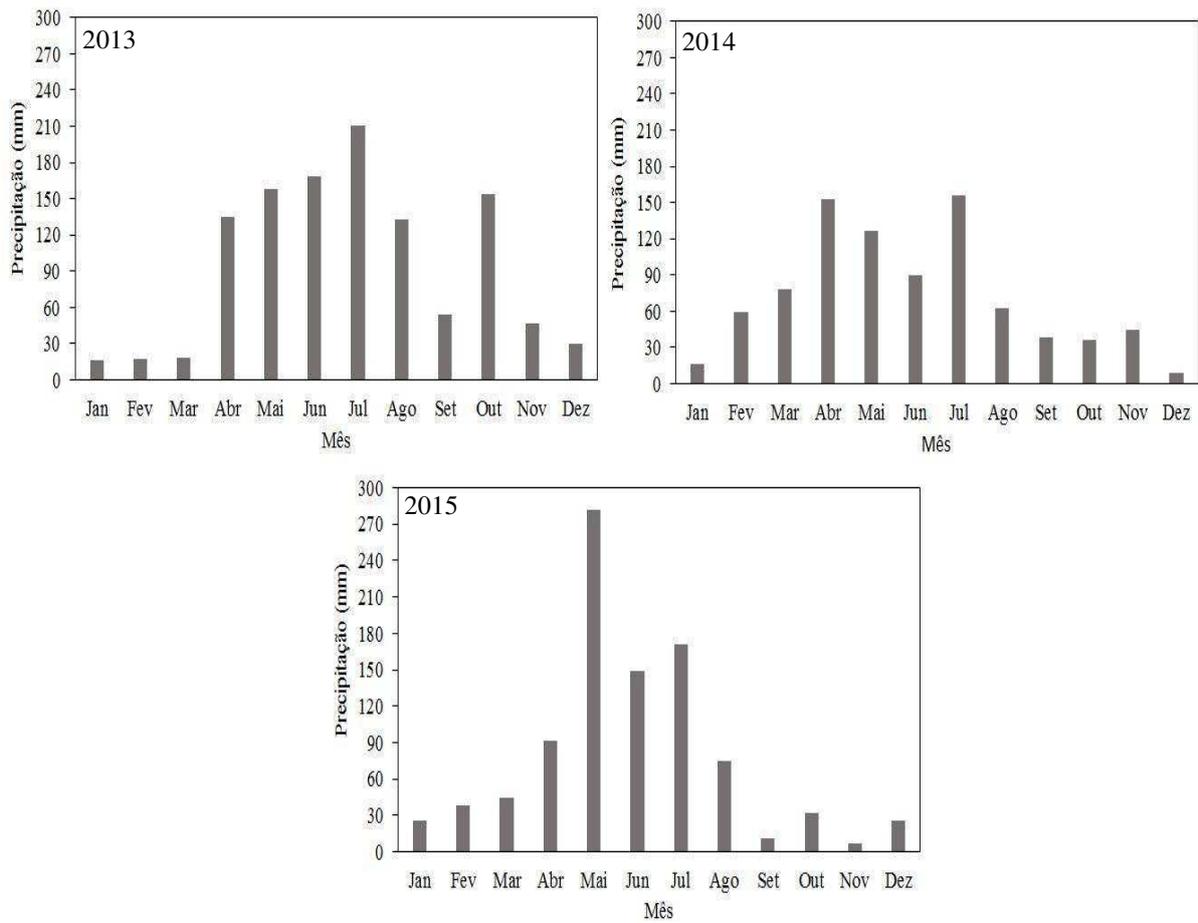


Figure 2. Distribuição mensal da precipitação para o município de Itabaiana – SE (2013), e Aracaju – SE (2014 e 2015).

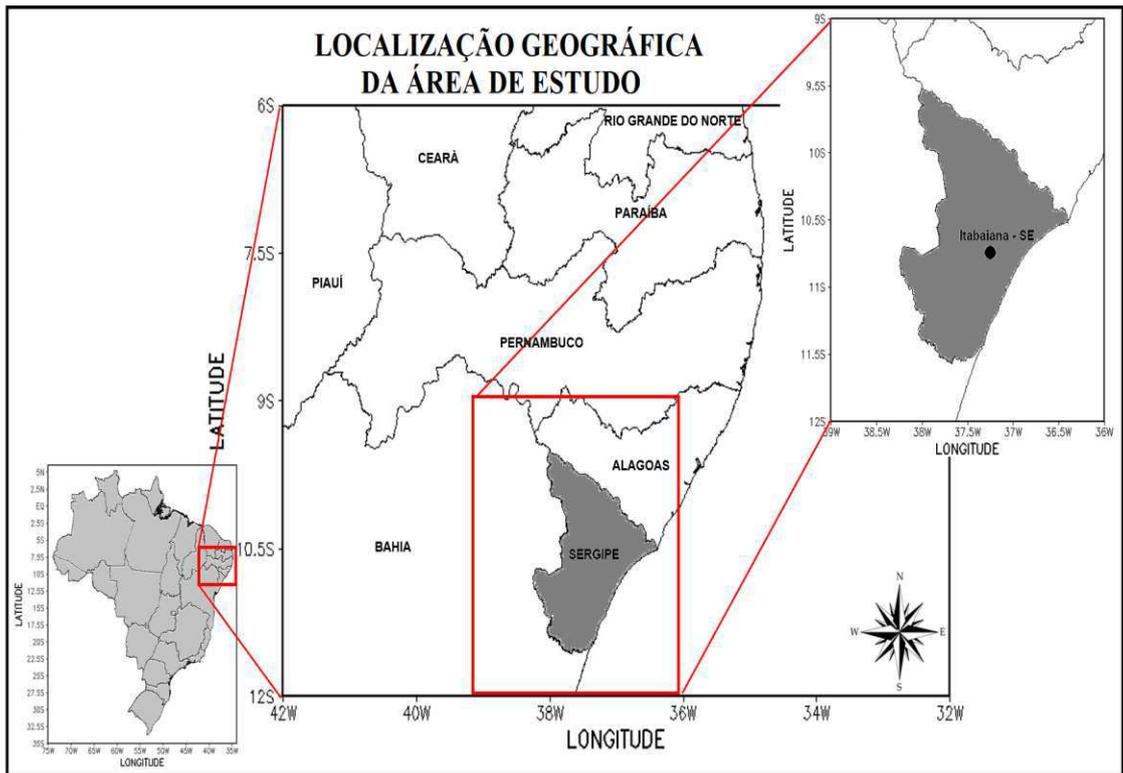


Figure 3. Área de estudo, destacando-se o município de Itabaiana – SE. Fonte: Autor

Os dados de evapotranspiração da cultura da alface utilizados no presente estudo foram obtidos na unidade de Produção de Hortaliças, em área do “Projeto Pequeno Produtor Grande Empreendedor, numa parceria entre a Universidade Federal de Sergipe e o Grupo G. Barbosa, no município de Itabaiana, SE (Figura 3), no ano de 2013,2014 e 2015. Os dados observacionais para a determinação da ETo foram obtidos em uma Estação Meteorológica do Perímetro Irrigado Ribeira, localizada no município de Itabaiana, SE. Esta estação coletou dados diários de precipitação pluviométrica, temperatura do ar média, máxima e mínima, umidade relativa do ar média, máxima e mínima, velocidade do vento, insolação e evaporação do tanque classe A.

A evapotranspiração da alface foi obtida com base no balanço hídrico no solo. Maiores detalhes sobre o balanço hídrico e as características da região de estudo podem ser obtidos em Tavares (2016).

A precipitação efetiva (Pef) foi calculada através das simulações no software

CROPWAT 8.0 desenvolvido por uma divisão da FAO que calcula a quantidade de água necessária para a irrigação.

4.2. Área de estudo e tratos culturais

O local de cultivo de hortaliças compreende uma área em aproximadamente de 6,5 ha, pertencente à empresa comercial Hortaliças Vida Verde, a qual cedeu uma área com parcelas para a execução do experimento. Dentro dessa área foram delimitadas duas subáreas representativas, uma dentre os canteiros de plantio da cultura da alface e outra para a calibração do instrumento de medição de umidade do solo, o Diviner 2000®. (TAVARES, 2016). Nessa área foram escolhidos 3 canteiros para a coleta de dados em para cada variedade da alface (Lisa, Crespa e Roxa). As fileiras de cultivo possuem espaçamento de 14,0 m x 0,70 m, com intervalo entre fileiras (sulco) de 0,40 m, que perfaz uma área de 29,4 m². (Figura 4).

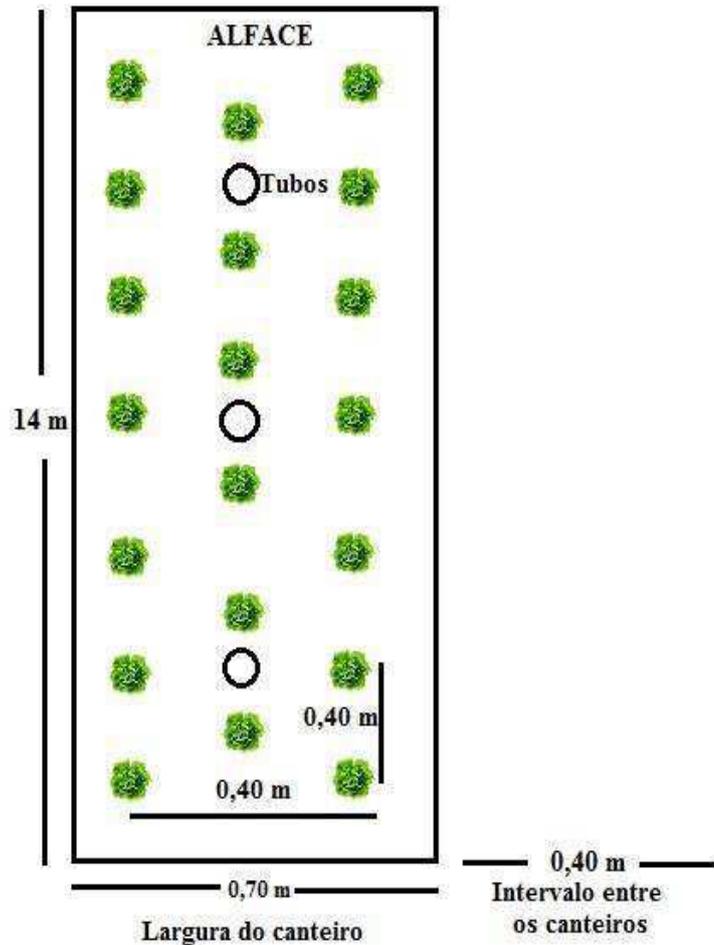


Figure 4. Esquema da parcela na área experimental da cultura da alface. Fonte: Adaptado de Tavares, 2016

A cultura da alface (*Lactuca sativa L.*) utilizada no experimento foi a *Asteracea* (*Compositae*). A alface apresenta ciclo vegetativo relativamente curto, variando de acordo com o tipo varietal desta hortaliça. No experimento sua colheita foi realizada em torno de 45 dias após o transplântio. As parcelas foram subdivididas em três fileiras (canteiros) correspondentes para cada tipo de variedade de alface: Lisa (Saia Vêia), Crespa (Isabela) e Roxa (Rouge).

4.2.1. Cálculo dos componentes da pegada hídrica

A variável utilizada para o cálculo de cada componente da pegada hídrica foi a massa fresca da parte aérea da alface (Equação 1), durante as estações inverno, verão e

outono em ton.ha⁻¹. A evapotranspiração da alface e a precipitação efetiva (P_{eff}) foram determinadas com base no software CROPWAT 8.0. Esse modelo faz a estimativa da evapotranspiração de culturas agrícolas com base na equação de Penmmam-Monteih (FAO, 2010).

$$P = \frac{MED \text{ MFPA } (g) \cdot N^{\circ} \text{ Plantas}/(há)}{1000} \quad (1)$$

O modelo CROPWAT oferece duas opções diferentes para calcular a evapotranspiração: a ‘opção da demanda hídrica da cultura’ (considerando as condições ideais) e a opção de cronograma de irrigação’ (incluindo a possibilidade de especificar o fornecimento de água para irrigação ao longo do tempo). Foi utilizada a opção da ‘demanda hídrica da cultura’ sempre que possível, pois se aplica tanto a condições ideais como não ideais de desenvolvimento das culturas e é mais precisa (já que o modelo de base inclui um balanço hídrico dinâmico do solo).

4.2.2. Componentes da pegada hídrica verde da cultura da alface

A pegada hídrica verde da cultura foi calculada dividindo-se a necessidade hídrica da cultura verde da cultura ($m^3 \text{ t}^{-1}$) pela sua produtividade ($t \text{ ha}^{-1}$), ou seja:

$$PH_{\text{verde}} = \frac{NCH_{\text{verde}}}{p} \quad (2)$$

NCH_{verde} foi calculada pela evapotranspiração total ao longo do ciclo da cultura, e a Produtividade foi obtida através do produto entre a massa fresca da parte aérea de cada

planta e a população de plantas (Kg ha^{-1}). A ET_c foi estimada com base em intervalos de dias ao longo de todo o período de crescimento utilizando a precipitação efetiva (P_{eff}). À evapotranspiração de água verde (ET_{verde}), em outras palavras, a evapotranspiração de água da chuva, pode ser definida como o valor mínimo entre a evapotranspiração total da cultura (ET_c) e a precipitação efetiva (P_{eff}), e é dada pela Equação (3).

A ET_c foi estimada com base em intervalos de dias ao longo de todo o período de crescimento utilizando a precipitação efetiva (P_{eff}). A evapotranspiração de água verde (Et_{verde}) foi calculada, como o mínimo entre os valores da evapotranspiração total da cultura (ET_c) e a precipitação efetiva (P_{eff}), ou seja:

$$ET_{\text{verde}} = \min(ET_c, P_{\text{eff}}) \quad (3)$$

A evapotranspiração total de água verde foi obtida através da soma de todas as Et_{verde} ao longo de todo o período de crescimento. Conforme a Equação (4) foi calculado a necessidade hídrica da cultura e o somatório foi feito ao longo do período, desde o dia do plantio ($d=1$) até o dia da colheita. O fator 10 é empregado para converter milímetros de água em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

$$NCH_{\text{verde}} = 10 \sum_{d=1}^{d=L} ET_{\text{verde}} \quad (4)$$

4.2.3. Componentes da pegada hídrica azul da cultura da alface

A pegada hídrica azul da cultura foi calculada dividindo-se a necessidade hídrica da cultura verde da cultura ($\text{m}^3 \text{t}^{-1}$) pela sua produtividade (t ha^{-1}), conforme a equação:

$$PH_{\text{azul}} = \frac{NCH_{\text{azul}}}{P} \quad (5)$$

em que:

NCH_{azul} foi calculada pela evapotranspiração total ao longo do ciclo da cultura. A Produtividade foi obtida através do produto entre a massa fresca da parte aérea de cada planta e a população de plantas ($Kg\ ha^{-1}$). A ET_c foi estimada com base em intervalos de dias ao longo de todo o período de crescimento utilizando a precipitação efetiva (P_{eff}). A evapotranspiração de água azul (ET_{azul}) foi calculada a partir do máximo da equação abaixo:

$$ET_{azul} = \max(0, ET_c - P_{eff}) \quad (6)$$

A evapotranspiração de água azul (ET_{azul}), ou evapotranspiração da água irrigada no campo, é igual à evapotranspiração total da cultura menos a precipitação efetiva (P_{efet}), e foi igual a zero quando excedeu a evapotranspiração da cultura, de acordo com a Equação (6).

Conforme a Equação (6), quando a precipitação efetiva é maior que a evapotranspiração da cultura, a ET_{azul} é igual a zero. A evapotranspiração total de água azul foi obtida através da soma de todas as ET_{azul} , Conforme a equação:

$$NCH_{azul} = 10 \sum_{d=1}^{d=L} ET_{azul} \quad (7)$$

em que:

NCH_{azul} = Necessidade hídrica da cultura azul ($m^3\ t^{-1}$)

d = dia do plantio

L = número de dias do ciclo da cultura

A evapotranspiração total de água azul foi obtida através da soma de todas as ET_{verde} ao longo de todo o período de crescimento. Conforme a Equação (7) foi calculada a

necessidade hídrica da cultura e o somatório foi feito ao longo do período, desde o dia do plantio (d=1) até o dia da colheita. O fator 10 é empregado para converter milímetros de água em $m^3 ha^{-1}$.

4.3.3. Componentes da pegada hídrica cinza da cultura da alface

A pegada hídrica cinza de uma etapa do processo é um indicador do grau de poluição da água que pode estar associado à etapa do processo. É definida como volume de água necessário para assimilar a carga de poluentes baseado nas concentrações em condições naturais e nos padrões ambientais existentes.

A PHc é um indicador da quantidade de poluição de água doce que pode ser associado com uma atividade. A PHc de um produto dependerá das PHcs das diferentes etapas da sua produção total e cadeia de mantimentos.

A componente cinza da pegada hídrica do crescimento de uma cultura (PH_{cinza} , m^3/ton) é calculada pela carga de poluentes que entra no sistema (L), dividido pela concentração máxima aceitável ($C_{máx}$), menos a concentração natural do poluente em questão (C_{nat}).

Os cálculos da pegada hídrica cinza são realizados usando padrões de qualidade da água em seu estado natural para o corpo d'água receptor, ou seja, são usados padrões relacionados às concentrações máximas permitidas.

A PHc é calculada como o volume de água doce que é necessário para diluir poluentes (substâncias químicas) para tal ponto, em que a qualidade da água permaneça acima dos padrões de qualidade. (Matos., et al 2017)

$$PH \text{ cinza} = \frac{L}{C_{máx} - C_{nat}} \quad (8)$$

PH cinza = 11,1 m^3 para cada ciclo da alface

Em que L= carga de poluentes que entra no sistema (ton), $C_{máx}$ é a concentração máxima aceitável de poluentes que entra no sistema (ton/ano), considerando como 10% da taxa de fertilizante aplicado à cultura (Hoekstra e Chapagain, 2008); C_{nat} é a concentração natural num corpo de água. Entretanto, caso as concentrações naturais não sejam conhecidas com

precisão, mas estima-se que sejam baixas, admite-se que a Concentração natural da massa de água receptora é nula ($C_{nat} = 0$).

5. ANÁLISE DO DESEMPENHO ECONÔMICO DA CULTURA DA ALFACE

Com base nos dados de produtividade conseguidos foram obtidos os custos de produção e calculados os parâmetros econômicos como a receita bruta, margem bruta e a conexão benefício e custo. O detalhamento dos custos foi baseado no conceito de custo operacional (COE). Segundo Martin et al. (1998) foram levantados todos os gastos monetários desempenhados com a cultura em questão. A indicação da eficiência econômica foi executada com a obtenção da associação benefício/custo (RBC) de acordo com:

$$RBC = \frac{RB}{CP} \quad (9)$$

em que:

RB = Renda bruta auferida com a cultura (R\$ m⁻²)

CP= Custo de produção (R\$ m⁻²)

A renda bruta para a cultura foi obtida conforme a Equação (10).

$$RB = PP \cdot PD \quad (10)$$

em que:

PP = Preço do molho de alface (R\$ molho m²)

PD = Produção obtida no canteiro (molho m²)

A renda líquida da cultura foi obtida através da diferença entre a renda bruta e o custo de produção, conforme a Equação (11).

$$RL = RB - CP \quad (11)$$

em que:

RB = Renda bruta obtida no canteiro (R\$ m⁻²)

CP= Custo de produção (R\$ m⁻²)

O custo de produção (CP) condiz a todos os empenhos de produção e foi estabelecida a partir da equação (12)

$$CP = C_{\text{operações}} + C_{\text{material consumido}} \quad (12)$$

em que:

$C_{\text{operações}}$ = representa a mão-de-obra utilizada na produção

$C_{\text{material consumido}}$ = representa as sementes, fertilizantes e pesticidas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Pegada Hídrica da Cultura da Alface

A Figura 5 exhibe os valores da pegada hídrica verde, azul e cinza das três variedades da cultura da alface cultivadas no período de inverno. O valor da pegada hídrica verde, que representa a água da chuva no processo de crescimento da cultura, apresentou a maior contribuição percentual da PH total, com (62%) com base modelo Cropwat e de 63% com base no balanço hídrico.

A componente verde da PH das variedades lisa foi de 66,9 m³/ton (estimado) e de 68,5 m³/ton (observado), crespa de 39,2 m³/ton (estimado) e 40,1 m³/ton (observado) e roxa de 95,9 m³/ton (estimado) e 98,3 m³/ton (observado). Essa figura revela que a PHverde > PHazul > PHcinza em todas as variedades e nos dois modelos. A PHverde medida pelo BH, bem como a PHtotal, foram sempre maiores do que pelo modelo Cropwater. Entretanto, a PHazul foi ligeiramente maior no modelo do que no balanço hídrico. MATOS (2015) também encontrou para a cultura da batata-doce no Agreste sergipano para o período de 2010 e 2011 valores superiores da PH verde em comparação ao da PH azul e cinza.

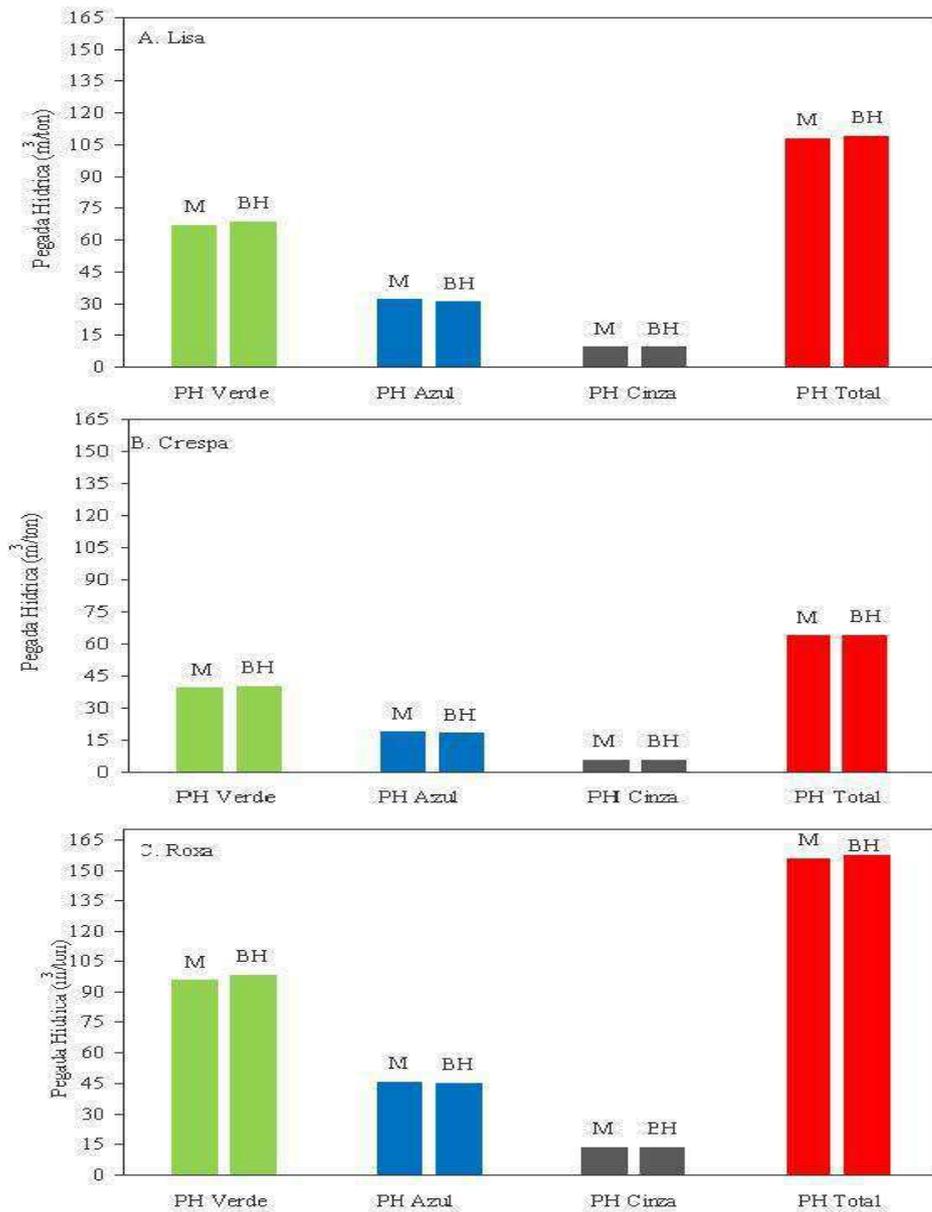


Figure 5. Pegada hídrica das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balança hídrica (BH) no período do inverno em Itabaiana – SE.

Com base em valores estimados, a PHverde e a PHazul da variedade lisa representaram 62% e 29% da PH total de 108,1 m³/ton. A PH da variedade roxa de 155,8 m³/ton, com base no BH, representou 62% como componente verde e 30% como componente azul, enquanto que a PH com base no modelo foi de 157,2 m³/ton, representando 63% da componente verde e 29% da componente azul.

As variedades de alface lisa e a roxa tiveram um maior consumo da água da chuva em seu processo de desenvolvimento na estação do inverno, visto que a pegada hídrica verde que

representa a água que é armazenada temporariamente no solo ou permanece temporariamente na superfície do solo ou vegetação. A PH cinza representa 9% da pegada hídrica total, tanto com valores estimados quanto observada; sendo assim essa componente representa a menor contribuição da PH total. MEKONNEM E HOEKSTRA (2010) encontraram as pegadas hídricas para produções agrícolas mundiais entre o período de 1996-2005 das componentes verde, azul e cinza de $133 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$, $28 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$ e $77 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$ da cultura da alface, respectivamente. Portanto, valores bastante inferiores dos valores encontrados nesta pesquisa. Essa divergência entre valores, sobretudo na pegada hídrica cinza, pode ser fundamentada na natureza dos dados e as estimativas adotadas por esses autores. No presente estudo foram empregados dados reais obtidos em experimento de campo, enquanto os do relatório tratam-se apenas de estimativas que pode conter erros apreciáveis.

A pegada hídrica total obtida pelo modelo para as variedades lisa, crespa e roxa foram de $108,1 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$, $63,4 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$ e $155,8 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$, respectivamente, portanto inferiores àquela obtida com base no balanço hídrico, que foram de $109,1 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$, $63,9 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$ e $157,2 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$, respectivamente, para as três variedades da cultura.

A Figura 6 exibe os valores da pegada hídrica verde, azul e cinza das três variedades da cultura da alface cultivadas no período do verão. O valor da pegada hídrica azul, que representa a lâmina de irrigação, apresentou a maior contribuição percentual da PH total (57%) com base nos valores estimados pelo modelo e 67% com base no balanço hídrico (observado). As componentes azuis das PHs das variedades lisa, crespa e roxa foram, respectivamente, $52,4 \text{ m}^3/\text{ton}$ (modelo) e $79,2 \text{ m}^3/\text{ton}$ (observado), $72,9 \text{ m}^3/\text{ton}$ (modelo) e $109,9 \text{ m}^3/\text{ton}$ (observado), $128,7 \text{ m}^3/\text{ton}$ (modelo) e $194,4 \text{ m}^3/\text{ton}$ (observado).

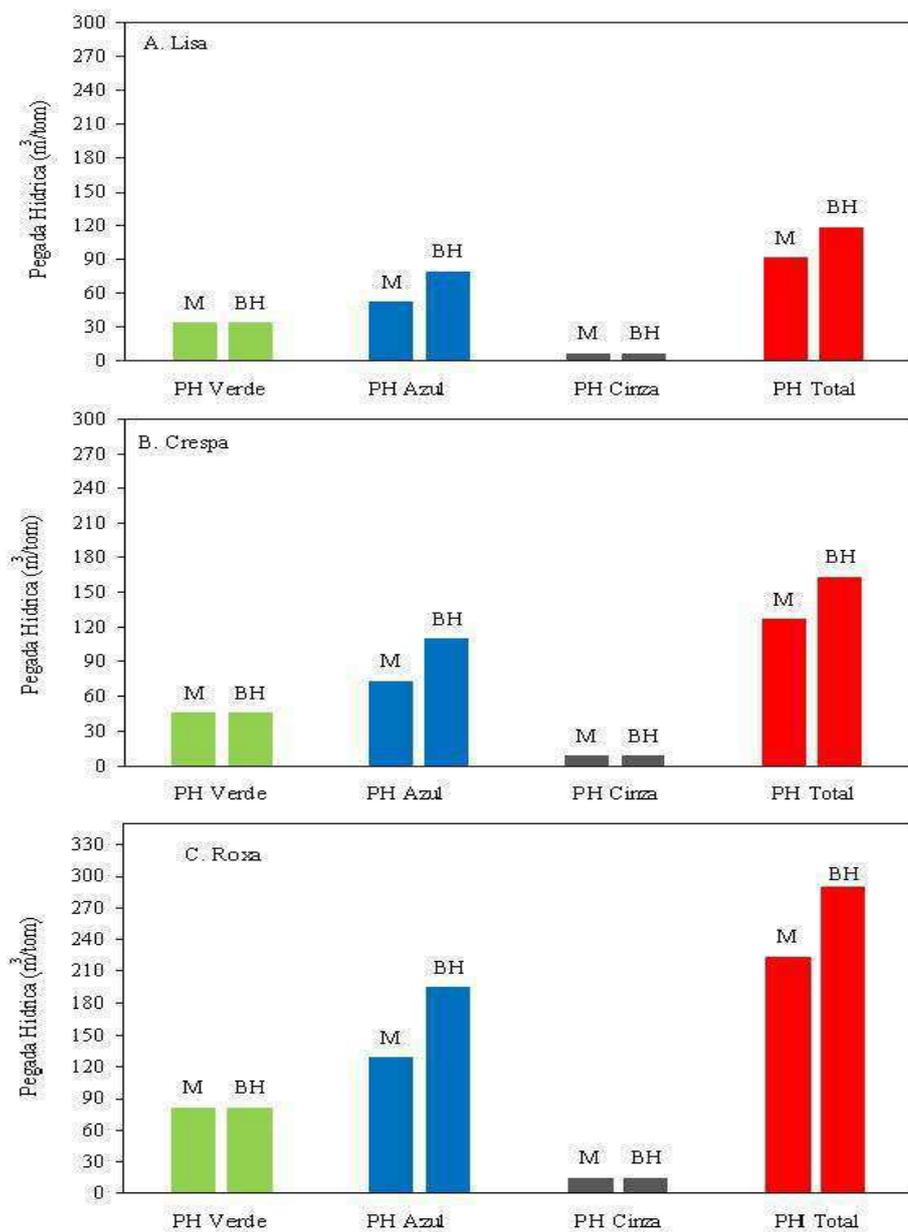


Figure 6. Pegada hídrica das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balaço hídrico (BH) no período do verão em Itabaiana – SE.

Este resultado se encontra em concordância com o conceito de pegada hídrica azul, haja vista que está componente representa a água de irrigação utilizada no processo de desenvolvimento da cultura. As componentes verde e azul da variedade crespa com base no modelo representaram, respectivamente, 36% e 56% da PH total de 126,4 m³/ton. A variedade roxa apresentou as componentes verde e azul com base em valores estimados, respectivamente, de 36% e 57% da PH total de 224,2 m³/ton; já com base nos valores

observados essas componentes representaram, respectivamente 28% e 67% da PH total de 290,0 m³/ton.

As componentes da PH verde e azul com base no modelo representaram, respectivamente, 36 e 57% da PH total que foi de 224,2 m³/ton; enquanto com base nos valores observados a PH verde e azul representaram, respectivamente, 28% e 67% da PH total que foi de 290,0 m³/ton. A alface crespa e roxa tiveram uma maior contribuição da irrigação em seu processo de desenvolvimento na estação do verão, visto que a pegada hídrica azul representa a água que é consumida (evaporada) como resultado da produção. Assim sendo, a necessidade de irrigação foi maior que nos outros períodos. SILVA et al. (2015) concluíram, através de medições e modelagem da pegada hídrica da cana de açúcar cultivada na Paraíba, que a pegada hídrica verde diminui à medida que ocorre acréscimo na lâmina de irrigação, enquanto que a pegada hídrica azul aumenta em função do aumento na lâmina de irrigação. A Pegada hídrica azul é o indicador do consumo de água doce superficial e subterrânea e a perda por evaporação durante o processo produtivo.

As variedades lisa e roxa apresentam as maiores percentagens da PH cinza, de (7%) modelo e (5%) balanço hídrico e os menores valores foram de (6%) modelo e 5% balanço hídrico, respectivamente. Essa componente representa a menor contribuição da PH total, ou seja, quanto maior for o valor da irrigação, menor será o valor da carga de poluentes envolvida no sistema. A pegada hídrica total do modelo para as variedades lisa, crespa e roxa foram 91,3 m³ t⁻¹, 126,4 m³ t⁻¹ e 224,2 m³ t⁻¹, respectivamente, portanto com valores inferiores a PH obtida com base no balanço hídrico, que foi, respectivamente, de 118,1 m³ t⁻¹, 163,4 m³ t⁻¹ e 290,0 m³ t⁻¹ para as três variedades da cultura. As variedades lisa e roxa apresentam as maiores percentagens da PH cinza, de 7% pelo modelo e de 5% pelo balanço hídrico, enquanto os menores valores foram de 6% pelo modelo e de 5% pelo balanço hídrico, respectivamente. Sendo assim essa componente representa a menor contribuição da PH total.

A Figura 7 exhibe os valores das pegadas hídricas verde, azul e cinza das três variedades da cultura da alface cultivadas no período do outono. O valor da pegada hídrica azul da variedade lisa da cultura da alface, que representa a água de irrigação utilizada no processo de desenvolvimento da cultura, apresentou a maior contribuição da PH total, de 60% com base no modelo e de 63% com base no balanço hídrico (observado).

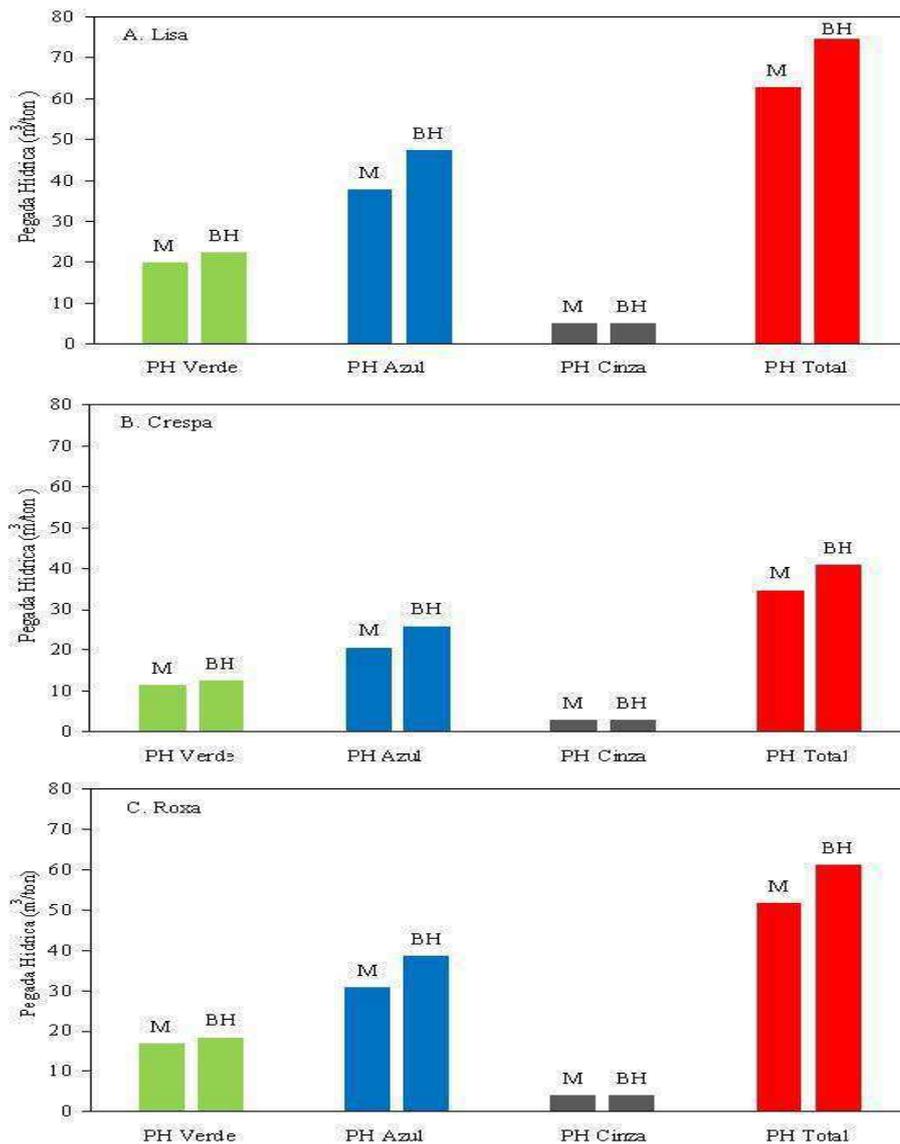


Figure 7. Pegada hídrica das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) no período do outono em Itabaiana – SE.

Os valores da PH azul com base em valores estimados foi de 62,6 m³/ton e para valores observados foi de 74,6m³/ton. A componente azul da variedade crespa apresentou valor estimado de 59% e 63% da PH total m³/ton. A variedade roxa apresentou a segunda maior PH dentre as três variedades tanto quanto com os valores observados como estimados.

O valor da pegada hídrica azul, que representa a água de irrigação utilizada no processo de desenvolvimento da cultura, apresentou a maior contribuição da PH total (60%), para o estimado (modelo), e 63% para o balanço hídrico (observado), para a variedade lisa da cultura da alface, que corresponde a 62,6 m³/ton para o estimado e 74,6m³/ton para o

observado, respectivamente. A variedade crespa apresentou valor de 59% (estimado) e 63% (observado), correspondendo a 34,5 m³/ton (estimado) e 40,8 m³/ton (observado), por sua vez observou-se que a variedade roxa expôs a segunda maior PH dentre as três variedades em conformidade com os valores totais do observado e do estimado.

Observaram-se na Figura 8 que os valores da evapotranspiração verde e azul de todas as variedades da cultura, com base no modelo para a estação do inverno, foram superiores ao do balanço hídrico. Os valores pelo modelo da ET azul das variedades lisa e crespa foram maiores do que a da ET verde, com máximo de 79,3 mm e mínimo de 35,9 mm também para as variedades lisa e crespa para o (balanço hídrico). Nota-se que a ET verde apresentou valor máximo de evapotranspiração da cultura na alface lisa no modelo e valor mínimo com base no balanço hídrico. Dessa forma, constata-se que a PH da cultura do alface com base no BH superestima aqueles com base no modelo. A ET verde da variedade lisa da cultura do alface, obtida pelo modelo, apresentou valor máximo de 77,5 mm pelo modelo e de 36,6 mm pelo balanço hídrico.

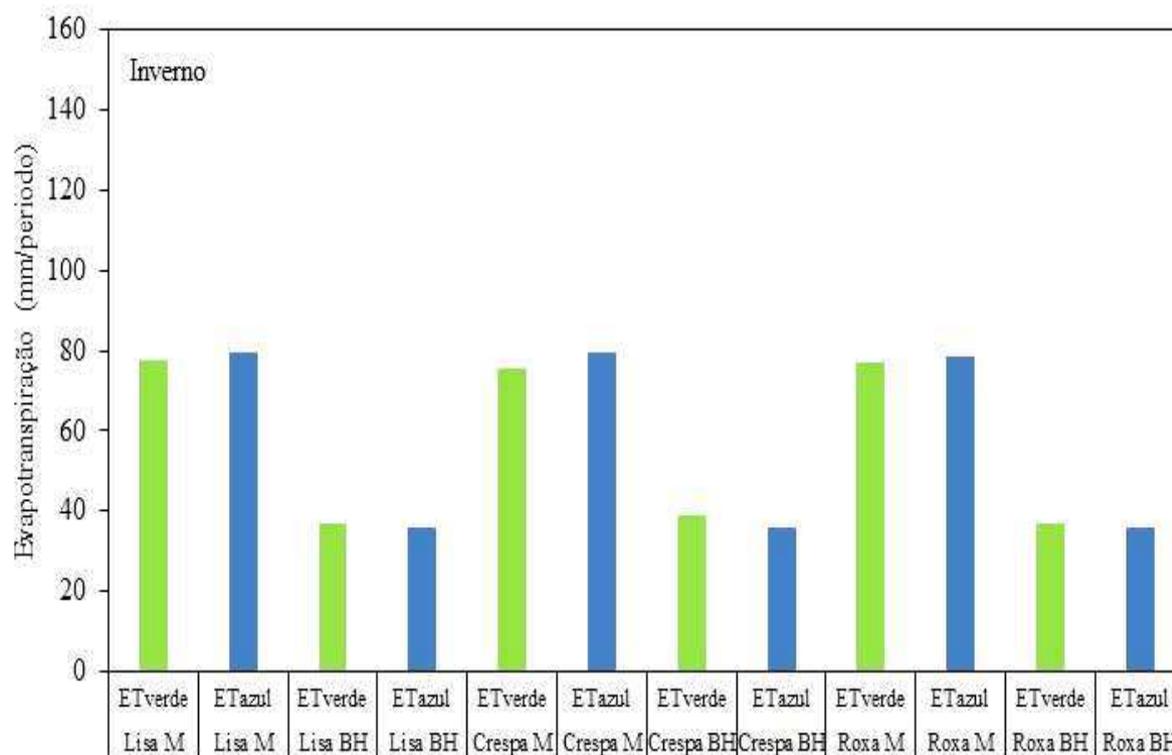


Figure 8. Valores da evapotranspiração de água verde (ET verde) e azul (ET azul) da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) para as variedades Lisa, Crespa e Roxa, na estação de inverno em Itabaiana – SE.

Para a estação do verão, constatou-se que os maiores valores de ET azul foram obtidos tanto no modelo quanto no balanço hídrico (Figura 8). Porém apresentou um valor máximo de evapotranspiração de 148,2 mm no (balanço hídrico) para a variedade de alface crespa. As análises mostraram que os valores de evapotranspiração da cultura se apresentaram constantes na ET verde com o valor de 60,9 mm para as três variedades de alface no (modelo e balanço hídrico). Pode-se considerar que estes resultados se apresentaram constante devido os valores da precipitação efetiva terem sido menores que o da ETC.

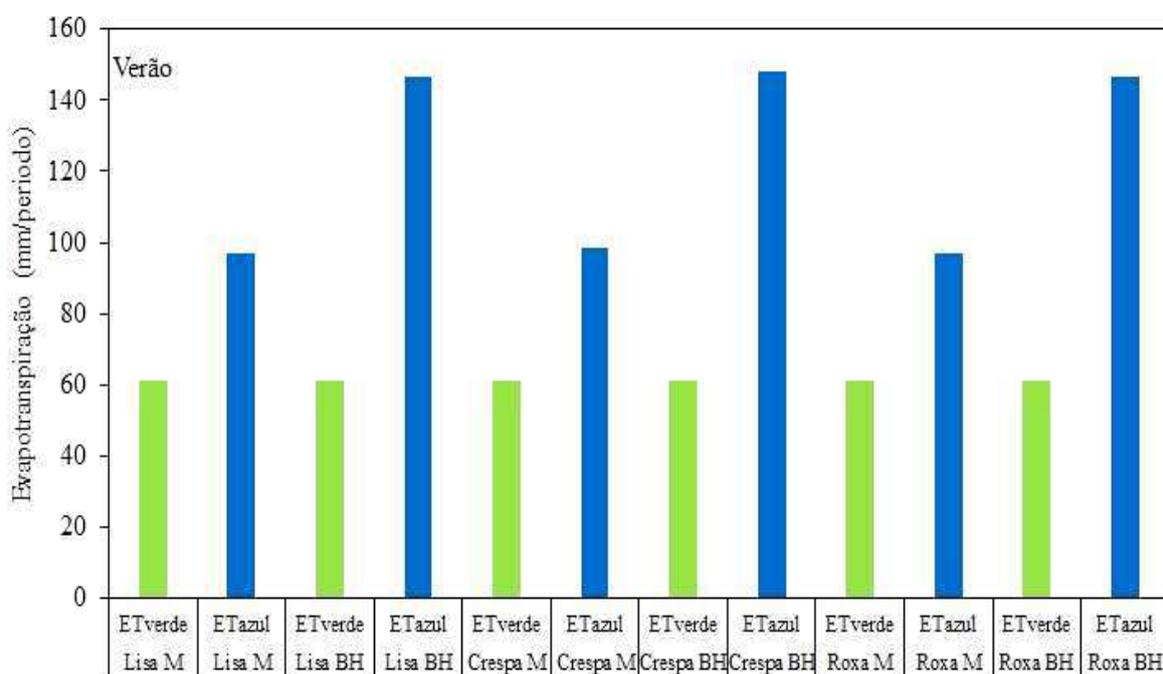


Figure 9. Valores da evapotranspiração de água verde (ET verde) e azul (ET azul) da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) para as variedades Lisa, Crespa e Roxa, na estação de verão em Itabaiana – SE.

Na Figura 10 observou-se que os valores de ET azul foram superiores ao da ET verde, com máximo na variedade da alface lisa e crespa de 104,8 mm para o BH; seu mínimo na variedade da alface roxa para o modelo com 83,2 mm. Para a ET verde o valor máximo se deu na variedade de alface crespa para o BH com 50,4 mm e seu mínimo na variedade de alface lisa para o modelo com 43,8 mm. Entretanto, pode-se concluir ao comparar o período de verão, outono e inverno a ET azul foi a mais elevada no período de verão para o BH nas três variedades de alface (lisa, crespa e roxa), ocorrendo o mesmo para o outono, com valores elevados no balanço hídrico repetidamente. Para o inverno os resultados se mostraram diferentes, com ET azul mais elevada para o modelo nas três variedades de alface, ocorrendo

o inverso, comparado ao período de verão e outono, onde os valores do no balanço hídrico se apresentaram maior. Pois para o balanço hídrico no inverno, a ET azul foi menor.

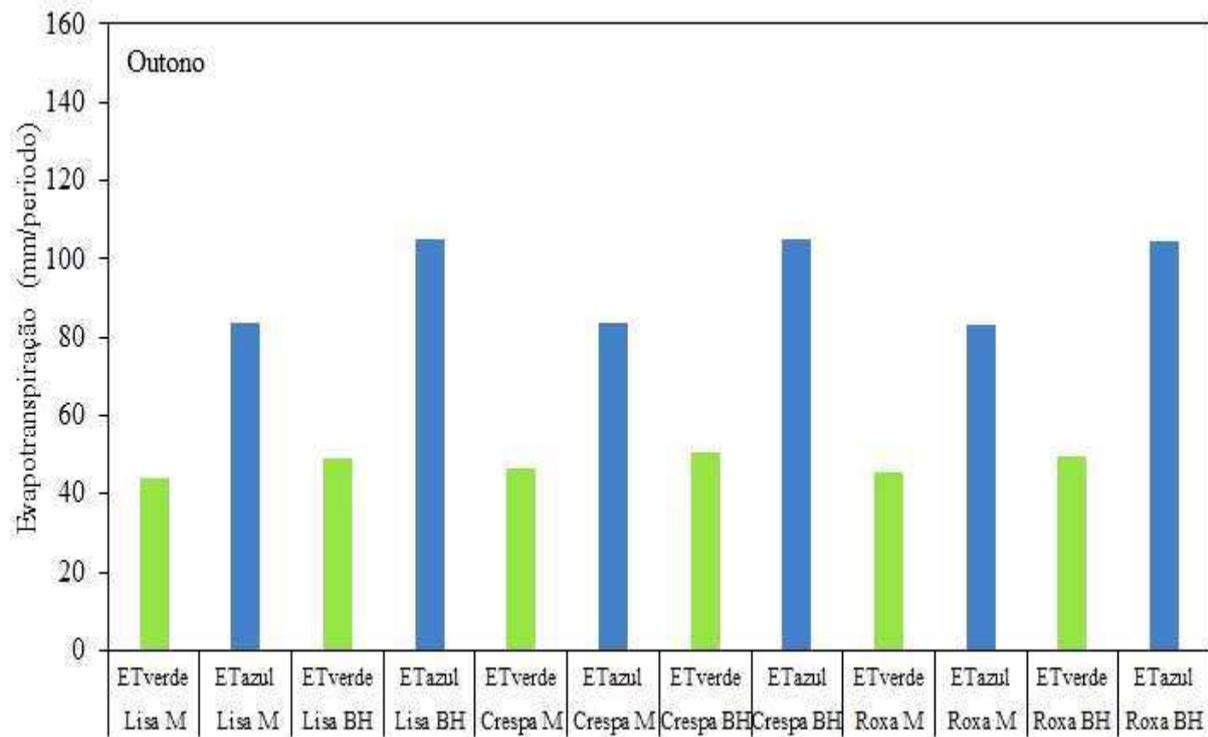


Figure 10. Valores da evapotranspiração de água verde (ET verde) e azul (ET azul) da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) para as variedades Lisa, Crespa e Roxa, na estação de outono em Itabaiana – SE.

A Figura 11 exibe os valores da necessidade hídrica verde e azul das três variedades da cultura da alface cultivadas no período do inverno. Os valores da NCH verde da variedade lisa apresentaram valores superiores, quando comparados aos da NCH azul. Observa-se que com o aumento na lâmina de irrigação, ocorre uma maior contribuição da NCH total que foi de 775,0 m³/ha com base no modelo e de 793,0 m³/ha com base no balanço hídrico, totalizando 1568,0 m³/ha. A NCH verde das variedades lisa foi de 775,0 m³/ha (modelo) e de 793,0 m³/ha (balanço hídrico), enquanto a variedade crespa foi de 754,0 m³/ha (modelo) e 793,0 m³/ha (balanço hídrico) e roxa de 768,0 m³/ha (modelo) e DE 787,0 m³/ha (balanço hídrico). Dessa forma NCH verde > NCH azul em todas as variedades e nos dois modelos.

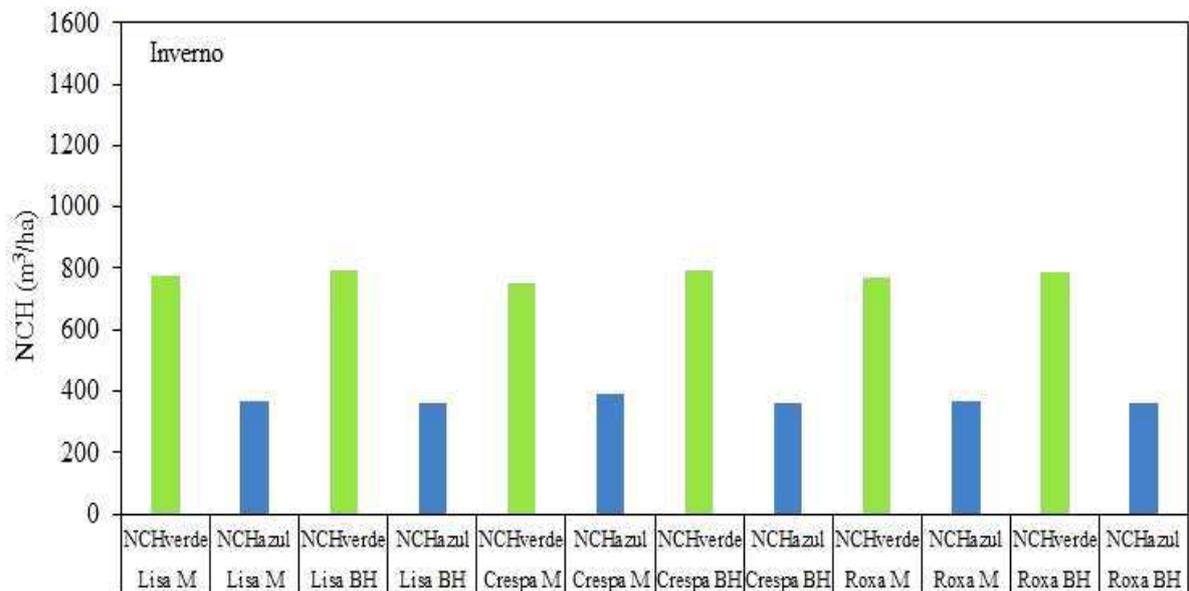


Figure 11. Necessidade hídrica das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) no período do inverno em Itabaiana – SE.

As necessidades hídricas das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo e balanço hídrico no período do verão são exibidas na Figura 12. Neste período verificou-se resultados bastantes diferentes daqueles do período de inverno, pois a NCH azul foi sempre superior ao NCH verde, em face do aumento da demanda hídrica neste período. Dentre as três variedades da alface, a crespa apresentou valores máximos de NCH com base no BH quando comparados com o modelo, de 1481,9 m³/ha, a lisa de 1468,0 m³/ha e roxa de 1465,6 m³/ha. Entretanto, a maior contribuição da NCH total foi com base no modelo (983,0 m³/ha) quando comparado com o BH 1481,9 m³/ha, totalizando 2464,9 m³/ha.

As variedades de alface crespa, lisa e roxa que apresentaram valores máximos de NCH com base no BH de 1048,5 m³/ha, 1468,0 m³/ha e 1465,6 m³/ha, respectivamente. Então pode-se concluir que a NCH azul é a que mais contribui com o valor total da necessidade hídrica da cultura para o período verão-outono. Portanto, NCH azul > NCH verde tanto pelo BH quanto pelo modelo CROPWATER.

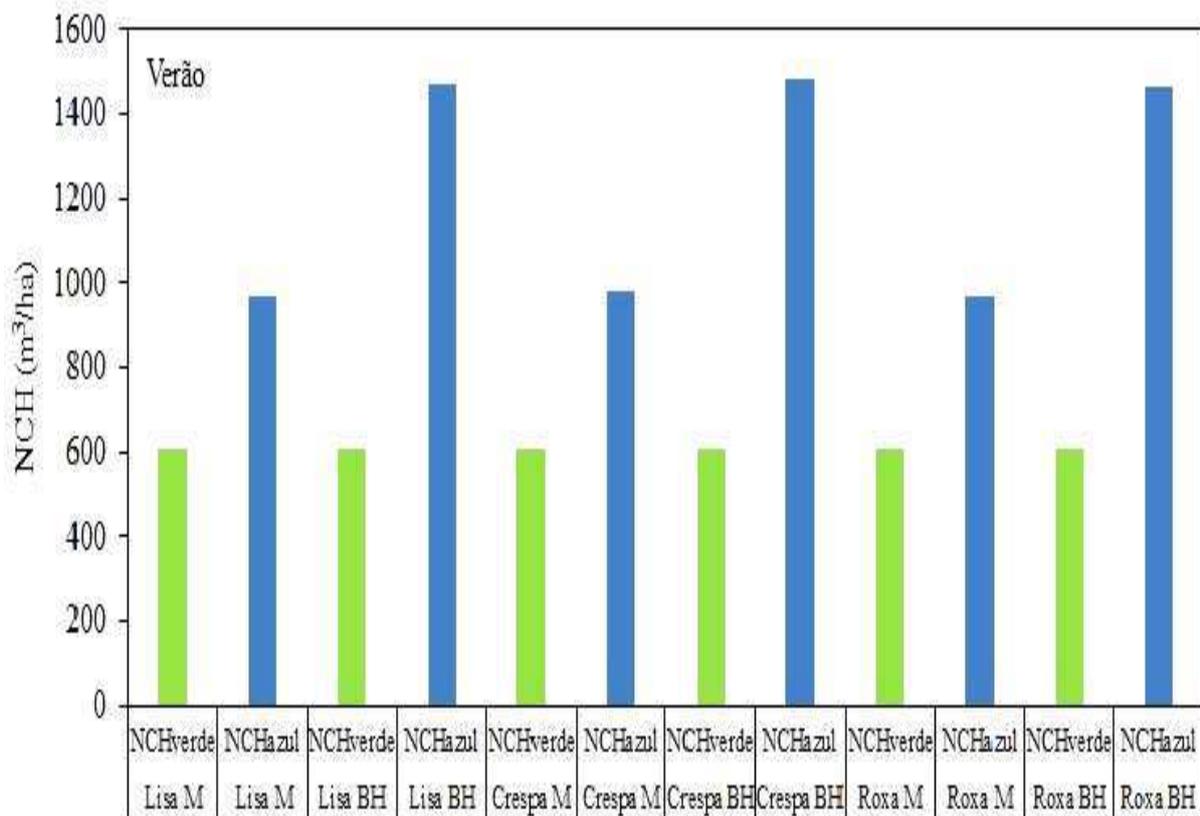


Figure 12. Necessidade hídrica das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) no período do verão em Itabaiana – SE.

A Figura 13 exibe a necessidade hídrica das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo CROPWAT e balanço hídrico no período do outono na região de estudo. Similarmente durante o período de verão, e contrário ao período de inverno, a necessidade hídrica da cultura azul de todas as variedades foram maiores do que a verde, tanto com base no modelo quanto no BH. A necessidade hídrica azul das três variedades ultrapassa 1400 m³/ha, enquanto a necessidade hídrica verde representa menos de 50% com base no modelo.

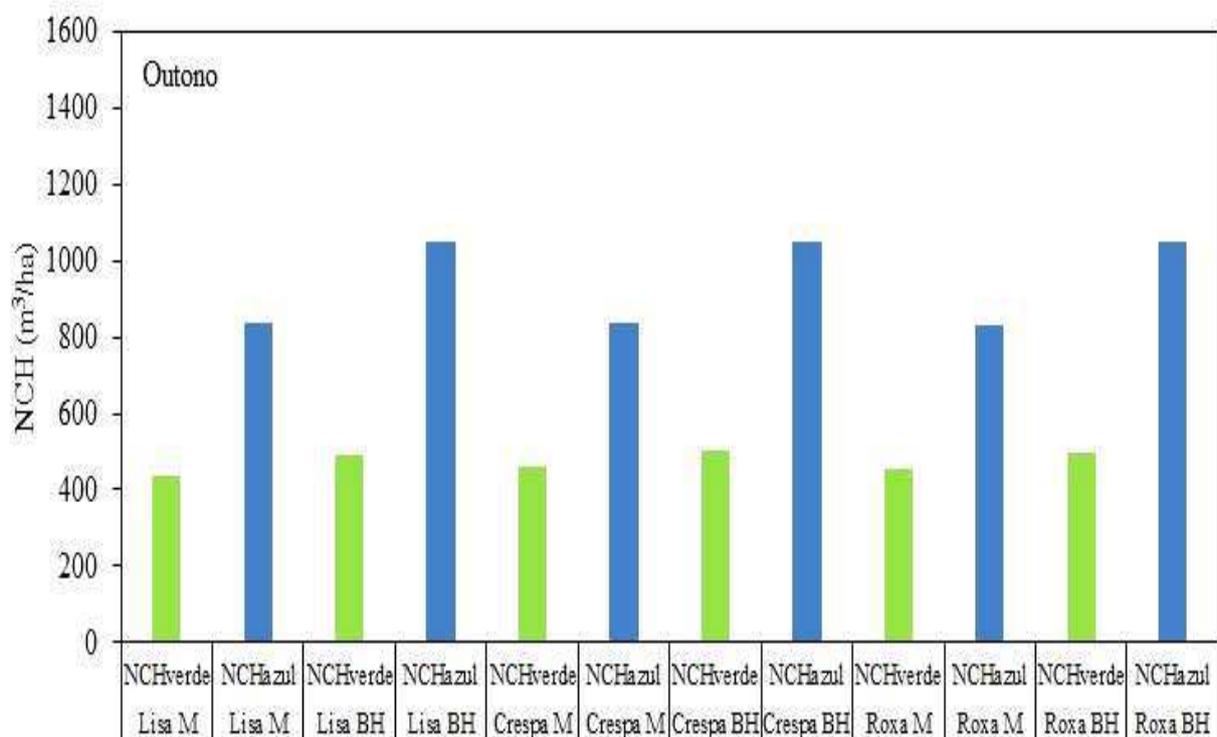


Figure 13. Necessidade hídrica das três variedades da cultura da alface obtidos através do modelo (M) e balanço hídrico (BH) no período do outono em Itabaiana – SE.

5.2 Custos e rentabilidade na produção da alface.

De acordo com os dados obtidos no experimento, as precipitações efetivas de cada estação para cada ciclo de desenvolvimento da cultura da alface foram de 139,4 mm no inverno, 60,9 mm no verão e de 108,6 mm no outono.

A evapotranspiração média da cultura do alface em função do dia após plantio (DAP) durante as três estações de cultivo é exibida na Tabela 1. No período do inverno o maior valor da ETC da alface chegou a um valor de 4,29 mm (DAP 21), enquanto nos demais períodos como no verão foi 6,33 mm (DAP 21) e no outono 5,12 mm (DAP 21). A menor média ocorreu no inverno com 2,72 mm/dia (DAP 42). Assim, o valor de ETC médio mais elevado foi da crespa no verão com 4,98 mm e o menor foi a variedade lisa no inverno com 2,74 mm.

Tabela 1. Média da evapotranspiração da cultura (ETc) da alface em função das estações do ano em Itabaiana – SE

ETc									
(mm/dia)									
DAP	Lisa	Crespa	Roxa	Lisa	Crespa	Roxa	Lisa	Crespa	Roxa
	Inverno	Inverno	Inverno	Verão	Verão	Verão	Outono	Outono	Outono
7	1,81	1,70	1,74	5,27	5,18	4,98	1,68	1,92	2,09
14	2,81	2,78	2,83	5,18	5,16	5,24	4,24	4,12	4,14
21	4,29	4,28	4,28	6,24	6,32	6,33	4,88	4,76	5,12
28	2,41	2,41	2,39	3,92	3,98	4,16	4,62	4,70	4,31
35	2,09	2,07	2,11	5,00	5,04	4,83	3,59	3,62	3,47
42	3,05	3,08	3,04	4,06	4,18	4,10	0,88	1,21	0,97
Média	2,74	2,72	2,73	4,95	4,98	4,94	3,31	3,38	3,35

A produtividade da massa fresca da parte aérea das três variedades de alface durante as estações de inverno, verão e outono, em Itabaiana – SE, são exibidos na Tabela 2. A variedade de alface que obteve maior produtividade foi a crespa no período do outono, com valor de 326,27 kg/ha. A alface do tipo lisa apresentou sua maior produtividade no verão, cujo valor foi de 148,23 kg/ha. A do tipo roxa alcançou os menores valores de produtividade no verão, chegando a 60,30 kg/ha.

Tabela 2. Produtividade da massa fresca da parte aérea das três variedades de alface durante as três estações: inverno, verão e outono em Itabaiana – SE.

	Massa fresca da parte aérea (MFPA (kg/ha)		
	Inverno	Verão	Outono
Lisa	92,63	148,23	117,17
Crespa	158,07	107,83	326,27
Roxa	64,05	60,30	217,10

O plantio da cultura da alface foi iniciado com a semeadura em bandeja de polietileno, mantidas em cultivo protegido e irrigadas por micro aspersão, por aproximadamente um mês. Após este período, quando as mudas apresentaram quatro folhas definitivas, foram transplantadas para os canteiros. No experimento sua colheita foi realizada em torno de 45 dias após o transplante (TAVARES, 2016). Foram analisados os custos ocorridos durante o ciclo do cultivo da alface, apurando os resultados financeiros da atividade, considerando a produtividade da cultura em uma área de 6,5 m².

As fileiras de cultivo possuem espaçamento de 14,0 m x 0,70 m, com intervalo entre fileiras (sulco) de 0,40 m. Os dados utilizados foram obtidos junto à Empresa Hortaliças Vida Verde. Foi analisado a participação de cada item de despesa de custos para a produção da alface na Unidade de Produção. A análise econômica é muito importante, pois por meio dos custos de produção, se tem um grande auxílio para a tomada de decisões na empresa agrícola.

A análise dos custos de produção da alface na Empresa Hortaliças Vida Verde é apresentada na Tabela 3. Os gastos dos insumos correspondem a 26% dos custos operacionais da manufatura, sendo o farelo de mamona e o esterco de caprino/ovino um dos itens mais onerosos respondendo por 16% dos custos dos insumos.

Ainda de acordo com a Tabela 3, observa-se que a mão de obra correspondeu a 26% dos custos. Verificou-se, ainda, que os agroquímicos respondem por 8% dos custos operacionais, enquanto os adubos e fertilizantes são encarregados por 19% desse mesmo custo. Quanto as sementes, a pesquisa revela um custo adicional de 47% do gasto para a produção da alface. Para se ter uma concepção mais precisa da rentabilidade da alface, considerou-se os custos operacionais efetivos que corresponde a um valor de R\$ 201,24 para a produção da cultura. Considerando que o valor médio anual de comercialização do molho de alface é de R\$ 0,80 e a produtividade média é de R\$ 16,9 molho m² pode-se considerar que a receita líquida da produção foi de R\$ 8.000,14.

Tabela 3. Fatores dos custos de produção de um canteiro em uma área total de 6,5 m², em Itabaiana – SE

Descrição	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Farelo de mamona	kg	60	1/4 de farelo	15
Uréia	kg	1,2	900 gramas	1,08
Fosfato bicálcico	kg	1,4	900 gramas	1,26
Esterco de boi	kg	5	1/2 saco	2,5
Esterco de caprino/ovino	kg	7	1/2 saco	17,5
Amistar/furadan	litro	33,15	0,50 ml	16,58
Sementes	kg	365	259 sementes	94
Mão de obra	horas	4	13,33 horas	53,32
Total				201,24

Analisando a Tabela 4, que exhibe o valor da renda bruta e dos custos de produção por m², tem-se uma renda líquida de R\$ 1,65 com índice de lucratividade de 16,9% e taxa de retorno de R\$ 1,20. Isso constata que a exploração da alface apresenta um resultado economicamente satisfatório para ser explorado na região. Segundo Beltrão et al. (1984), a renda líquida demonstra melhor o valor econômico dos procedimentos do que a renda bruta, pois é nela que se encontra os custos de produção.

Tabela 4. Indicadores econômicos da Renda Bruta (RB), Custo de Produção (CP), Renda Líquida (RL), Taxa de retorno e Índice de Lucratividade da cultura da alface em um canteiro, em uma área total de 6,5 m², em Itabaiana-SE.

96,0	79,82	40,18	1,50	41,2
Renda bruta (R\$)	Custo de produção (R\$)	Renda líquida (R\$)	Taxa de retorno (R\$)	Índice de lucratividade (%)
9,80	8,14	1,65	1,20	16,9
Prod X Valor (R\$)	Despesas fixas e variáveis	RB - CP	RB/CP	RL/RB

A relação benefício custo foi de R\$ 1,65, indicando que para cada R\$ 1,00 utilizado no custo total de produção da alface houve um retorno de R\$ 1,65. Segundo Henz e Suinaga (2009), por ser uma prática muito difundida e de grande importância econômica em todo território brasileiro, o cultivo da alface gera renda para pequenos e médios produtores, além de movimentar grande volume de recursos em sementes, adubos, defensivos e mão de obra. Penã (2008) apurou que a hipótese de se avaliar a eficiência na produção de alface permite mapear produtos com menor consumo de recursos, o que pode levar, por sua vez, a uma maior rentabilidade de quem produz.

7. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitiram as seguintes conclusões:

1. A pegada hídrica cinza apresenta a menor contribuição da pegada hídrica total e seus valores decrescem em função do aumento da irrigação.

2. Os valores pelo modelo da ET azul das variedades lisa e crespa foram maiores do que a ET verde para o inverno.

3. Ao comparar o período de verão, outono e inverno a ET azul foi a mais elevada no período de verão para o BH nas três variedades de alface (lisa, crespa e roxa), ocorrendo o mesmo para o outono, com valores elevados no balanço hídrico repetidamente.

4. Para o inverno os resultados se mostraram diferentes, com ET azul mais elevada para o modelo nas três variedades de alface, ocorrendo o inverso, comparado ao período de verão e outono, onde os valores no balanço hídrico se apresentaram maior.

5. Para a estação do verão, constatou-se que os maiores valores de ET azul foram obtidos tanto no modelo quanto no balanço hídrico.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCSEM - Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas. **Dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil, 2011.** Disponível em http://http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Hortalicas. Acessado em 03/10/2017
- ALLAN, A. J. **Virtual Water: a strategic resource, global solutions to regional deficits. Groundwater**, v. 36, n. 4, p.545-546, 1998.
- BELTRÃO, N.E.M . et al., **Comparação entre indicadores agroeconômicos de avaliação de agroecossistemas consorciados e solteiros envolvendo algodão upland e feijão caupi.** Campina Grande : Embrapa . CNPA , 1984.
- BERNARDO, Salassier; SOARES, Antônio Alves e MANTOVANI, Charluni Everaldo; **Manual de Irrigação.** 8.ed. Ed. UFV, Viçosa, 2006.
- BERTINI, C. H. M.; PINHEIRO, E. A. R.; NÓBREGA, G. N.; DUARTE, M. L. **Desempenho agrônomo e divergência genética de genótipos de coentro. Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE. n.41, v.3, p.409-416, 2010.
- CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, V. P. R.; AZEVEDO, P. V.; BORGES, C. J. R.; SOARES, J. M.; MOURA, M. S. B.; SILVA, B. B. Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.150-156, 2008.
- CARVALHO, D. M.; COSTA, J. E. **A Intervenção do Estado em Infraestrutura e o Processo de Circulação de Hortifrutigranjeiro em Itabaiana/SE.** Scientia Plena, v.6, n.3, 2010.
- CHITHRA, V., LEELAMMA, S. **Coriandrum sativum - effect on lipid metabolism in 1,2-dimethyl hydrazine induced colon cancer.** Journal of Ethnopharmacology, v.71, n.3, p.457-463, 2000.
- CHAPAGAIN, A; TICKNER, D. Pegada Hídrica: evolução do conceito e sua utilidade na

- prática. In: EMPINOTI, V; JACOBI, P.R.(Org.). **Pegada Hídrica : inovação, corresponsabilização e os desafios de sua aplicação.** São Paulo: Annablume, 2012
- COSTA, C. P.; SALA, F. C. **A evolução da alficultura brasileira.** Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 23, n. 1, 2005.
- DUARTE, R.L.R.; SILVA, P.H.S.; RIBEIRO, V.Q. **Avaliação de cultivares de alface nos períodos chuvosos e secos em Teresina-PI.** Horticultura Brasileira, v.10, p.106-108,1992.
- DUARTE, R.L.R.; SETÚBAL, J.W.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; SOBRINHO, C.A.; SILVA,P.H.S.; RIBEIRO, V.Q. **Introdução e avaliação de cultivares de alface (Lactuca sativa L.) nos períodos seco e chuvoso em Teresina-PI.** Teresina: UEPAE Teresina, 1991. 8 p. (UEPAE Teresina. Pesquisa em Andamento, 53).
- EMPINOTTI, V.; JACOBI, P. R. **Novas práticas de governança de água? O uso da pegada hídrica e a transformação das relações entre o setor privado, organizações ambientais e agências internacionais de desenvolvimento.** Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curitiba, v. 27, p. 23-36, jan./jun., 2013.
- EMPINOTI, V; JACOBI , P.R. **Pensando as questões da água de uma nova forma** .In: EMPINOTI, V; JACOBI, P.R.(Org.).Pegada Hídrica : inovação , corresponsabilização e os desafios de sua aplicação. São Paulo: Annablume, 2012.
- EMPINOTTI, Vanessa. **O setor privado e a Pegada Hídrica: risco, oportunidades e vulnerabilidade.** In: EMPINOTI, V; JACOBI, P.R.(Org.).Pegada Hídrica : inovação , corresponsabilização e os desafios de sua aplicação. São Paulo: Annablume, 2012.76
- EMPINOTTI, Vanessa; JACOBI, Pedro Robert. (org.). **Pegada Hídrica: Inovação, corresponsabilização e os desafios de sua aplicação.** Annablume, PROCAM-USP, IEE-USP, São Paulo, 2012.
- FERREIRA, S.; SANTOS, D.C.; GOMES, L.A.A.; MALUF, W.R. **Amplitude de variação quanto ao número de dias para florescimento em diferentes genótipos de alface.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 48. Resumos... Maringá: ABH, 2008. (CD-ROM).

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura-Cultura e comercialização de hortaliças.** v.2. São Paulo-SP, 1982.

FERNANDES, E. J.; TURCO, J. E. P. Evapotranspiração de referência para o manejo de irrigação em cultura de soja. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 132-141, 2003.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: UFV, 2003. 402p.

FIGUEIREDO, E.B.; MALHEIROS, E.B.; BRAZ, L.T. Interação genótipos x ambiente em cultivares de alface na região de Jaboticabal. **Horticultura Brasileira**, v.22, p66-71,2004.

GHIBERTO, P. J.; LIBARDI, P. L.; BRITO, A. S.; TRIVELIN, P. C. O. Components of the water balance in soil with sugarcane crops. **Agricultural Water Management**, v.102, p.1-7, 2011.

GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; BIONDI, L. N. **Avaliação de Eficiência por Análise de Envoltória de Dados:** conceitos, aplicações à agricultura e integração com sistemas de informação geográfica. - Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003. 39 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 28).

GOMES, E.G.; MANGABEIRA, J.A.C. Uso de análise envoltória de dados em agricultura; o caso de Holambra. **Engevista**, v. 6, p. 19-27, 2004.

GERBENS-LEENES, P. M.; HOEKSTRA, A. Y. **Business Water Footprint Accounting: A Tool to Assess how Production of Goods and Services Impacts on Freshwater Resources WorldWide.** Delft: UNESCO-IHE, 2008. p. 40

GHIBERTO, P. J.; LIBARDI, P. L.; BRITO, A. S.; TRIVELIN, P. C. O. Components of the water balance in soil with sugarcane crops. **Agricultural Water Management**, v.102, p.1-7, 2011.

HENS, G. P. E.; SUINAGA, F. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico 75, Brasília, DF, 7p, 2009.

HOEKSTRA. **Business Water Footprint Accounting: A tool to access how production of goods and services impacts on freshwater resources worldwide**. Delft: UNESCO – IHE, March 2008, p. 43. 2008b

HOEKSTRA, Arjen Y. et al. **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: estabelecendo o padrão global**. Earthscan. 2011.

HENS, G. P. E.; SUINAGA, F. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico 75, Brasília – DF. 2009. 7p.

KIMURA, R.; LIU, Y.; TAKAYAMA, N.; ZHANG, X.; KAMICHIKA, M.; MATSUOKA, N. Heat and water balances of the bare soil surface and the potential distribution of vegetation in the Loess Plateau, China. **Journal of Arid Environments**, v.63, p.439-457, 2005.e

Loomis, R. S.; Connor, D. J. Crop ecology: productivity and management in agricultural systems. Cambridge: **University Press**, 1992.

LEDO, F. J. S.; SOUSA, J. A.; SILVA, M. R. **Desempenho de cultivares de alface no Estado do Acre**. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 18, p. 225-228, 2000.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba: ESALQ – Departamento de Física e Meteorologia, 497 p, 1995.

LIMA, J. R. DE S.; ANTONINO, A. C. D.; SOARES, W. DE A.; SOUZA, E. S. DE; LIRA, C. A. D. DE O. Balanço hídrico no solo cultivado com feijão caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v.1, p.89-95, 2006.

LOPES, E. S. A.; COSTA, J. E.; SANTANA, M. C. S.; CARVALHO, D. M.; VIEIRA, G. S. S.; JESUS, G.; DANTAS, I. B.; LOPES, Z. A. **Impactos do PRONAF B nos municípios de São Cristóvão e Itabaiana, Estado de Sergipe: para além da dimensão econômica**,

2007. Disponível em: <http://www.campusitabaiana.ufs.br/npgeo/attachments/212>. Acesso em: 15 mai. 2011.
- MOGHARBEL, A. D. I.; MASSON, M. L. Perigos associados ao consumo da alface, (*lactuca sativa*), in natura. **Alimentos e Nutrição, Araraquara - SP**, v. 16, n. 1, p. 83-88, 2005.
- MOMENTÉ, V.G.; BARRETO, H.G.; SILVEIRA, M.A.; SANTANA, W.R.; TAVARES, I.B.; SOUZA, R.C.; ANDRE, C.M.G. **Avaliação de linhagens F8 de alface ao pendoamento precoce sob condições de temperaturas elevadas de Palmas TO**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 47. Resumos. Porto Seguro: ABH, 2007. (CD-ROM).
- MOCELIN, A. F. B.; FIGUEIREDO, P. M. S. Avaliação Microbiológica e Parasitológica das Alfaces Comercializadas em São Luís – MA. **Revista de Investigação Biomédica do Uniceuma**, v.1, n.1, p.97-107, 2009.
- MEKONNEN, M.M. AND HOEKSTRA, A.Y. (2013) Water footprint benchmarks for crop production, Value of Water Research Report Series No. 64, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- MILLER JR, G.T. Ciência Ambiental. Tradução All Tasks. Revisão Técnica Wellington Braz Carvalho. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- MEKONNEN MM, HOEKSTRA A.Y (2011) **The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products**. Hydrol Earth Syst Sci 15:1577–1600
- MEKONNEN, M. M.; Hoekstra, A.Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.15, n.5, 2011.
- Matos, Rigoberto & Ediclécia Borges, Vitória & Suassuna de Lima, Antônio & Ferreira da Silva, Patrícia & Dantas Neto, José & Lúcia Antunes de Lima, Vera. (2017). Sustainability of the grey water footprint (GWF) for cultivation of onion in the Brazilian semi-arid regions. **Australian Journal of Crop Science**. 11. 749-756. 10.21475/ajcs.17.11.06.p569.

- NUNES, M. U. C. Produtividade e principais problemas fitossanitários de cultivares de batata em Sergipe. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.3, p.424- 427, 2002.
- NAGAI, H. Alface tipo manteiga. In: FURLANI, A.M.C.; VIÉGAS, G.P. (eds.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo. 1993. p.204-221.
- NUNES, M. U. C. Produtividade e principais problemas fitossanitários de cultivares de batata em Sergipe. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v.20, n.3, p.424- 427, 2002.
- ODUM, Eugene P. **Ecologia**. Tradução Cristopher J. Tribe. Rio de Janeiro, RJ: Editora Guanabara Koogan S.A, 1988.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)- ração**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 183p. 1997.
- PENÃ, C.R. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). **Revista de Administração Contemporânea**, v. 12, p. 83-106, 2008.
- REES, W. E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. **Environment and Urbanization**, v. 4, n. 2, p. 121-130, 1992.
- RODRIGUES, I.N.; LOPES, M.T.G.; LOPES, R.; GAMA, A.S.; MILAGRES, C.P. **Avaliação de cultivares de alface crespa para a região de Manaus**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 47. Resumos... Porto Seguro: ABH, 2007. (CD-ROM).
- RYDER, E.J. **Lettuce breeding**. In: **Vegetables Crops**. Westport, Connecticut: The AVI Publishing Company, 1986. p.433-474.

- SALA, F. C.; COSTA, C. P. Pira Roxa: cultivar de alface crespa de cor vermelha intensa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p.158-159, 2005.
- STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Simulação do impacto da mudança climática sobre a água disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 424-433, 2006.
- SILVA GS; REZENDE BLA: CECÍLIO FILHO AB; BARROS JÚNIOR AP; MARTINS MIEG; PORTO DRQ. 2008. Viabilidade econômica do cultivo da alface crespa em monocultura e em consórcio com pepino. **Ciência e Agrotecologia** 32:1516-1523.
- SOUSA, I. F.; SILVA, V. P. R.; SABINO, F. G.; NETTO, A. O. A.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P.V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.14,n.6, p.633–644, 2010.
- SANTOS, W. O.; NUNES, R. L. C.; GALVÃO. D. C.; PEREIRA, V. C.; MANIÇOSA, R. M.; LIMA, J. G. A.; VIANA, P. C. Evapotranspiração da cultura do milho verde, análise 78 estatística. **Revista ACSA - Agropecuária Científica no Semiárido** - PB, v. 9, n. 1, p. 75 - 81, jan - mar, 2013.
- SILVA, V. P. R.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E.; DANTAS NETO, J.; ALEIXO, D. O.; CAMPOS, J. H. B. C. Pegada hídrica de indivíduos com diferentes hábitos alimentares. **Ambi-Agua**, Taubaté,v.8,n.1,p.250-262, 2013.(<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.967>)
- SILVA, V. P. R. **On climate variability in Northeast of Brazil**. *Journal of Arid Environments* n.58, p.575-596, 2004.
- SILVA, V. de P.R. da et al. Medições e modelagem da pegada hídrica da cana-de-açúcar cultivada no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 19, n.6, 2015
- SMITH, M. (1992) ‘CROPWAT – A computer program for irrigation planning and management’, *Irrigation and Drainage Paper* 46, FAO, Rome

- SALA F. C.; COSTA, C. P. 'Gloriosa': cultivar de alface americana tropicalizada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, p. 409-410, 2008.
- SILVA, V.F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z.; PEDROSA, J.F. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, n.18, p.183-187, 2000.
- SILVA, A.C.F.; REBELO, J.A.; MÜLLER, J.J.V. **Produção de sementes de alface em pequena escala**. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 41-44, março 1995.
- SILVA, A.C.F.; VIZZOTTO, V.J. Avaliação de cultivares de alface no verão para o Litoral Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 23-27, março 1994.
- SILVA, A.C.F.; REBELO, J.A.; MÜLLER, J.J.V. Produção de sementes de alface em pequena escala. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 41-44, março 1995.
- SALA F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.
- SOUSA, I. F.; SILVA, V. P. R.; SABINO, F. G.; NETTO, A. O. A.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P. V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.14, n.6, p.633-644, 2010.
- SANTOS, W. O.; NUNES, R. L. C.; GALVÃO. D. C.; PEREIRA, V. C.; MANIÇOSA, R. M.; LIMA, J. G. A.; VIANA, P. C. Evapotranspiração da cultura do milho verde, análise estatística. **Revista ACSA - Agropecuária Científica no Semiárido** - PB, v. 9, n. 1, p. 75 - 81, jan - mar, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant physiology*. Redwood: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1991.

THOEH, Frederich. R; THOMPSON, Louis M. Solos e Fertilidade do Solo. 6 ed. Tradução Durval Dourado Neto; Manuella Nóbrega Dourado. São Paulo: Andrei Editora LTDA, 2007.

TOSTA, M. S. BORGES, F. S. P.; REIS, L. L.; TOSTA, J. S.; MENDONÇA, V.; TOSTA, P. A. F. **Avaliação de quatro variedades de alface para cultivo de outono em Cassilândia-MS.** Agropecuária Científica no Semi-Árido, UFCG – Patos – PB. v.05, p.30-35, 2009.

TADEU. N.D; SINISGALLI. P. **O uso da Pegada Hídrica na análise do ambiente.** In: EMPINOTI, V; JACOBI, P.R.(Org.). Pegada Hídrica: inovação, corresponsabilização e os desafios de sua aplicação. São Paulo: Annablume, 2012.

TAVARES, A. L. **Fenometria, produtividade e necessidade hídrica das culturas da alface e do coentro em clima tropical.** 2016 Tese (Doutorado em Meteorologia) Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas. Campina Grande, 2016

VIGGIANO, J. **Produção de sementes de alface.** In: CASTELLANE, P.D. (Ed.). Produção de sementes de hortaliças. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1990.

VICENTE DE P. R. DA SILVA¹, MONIK F. DE ALBUQUERQUE¹, LINCOLN E. DE ARAÚJO², JOÃO H. B. DA C. CAMPOS³, SILVIA L. A. GARCÊZ¹ & RAFAELA S. R. ALMEIDA. **Medições e modelagem da pegada hídrica da cana-de-açúcar cultivada no Estado da Paraíba.**

WAHNFRIED, I. e HIRATA, R., 2005 – Comparação dos Métodos de Estimativa de Recarga de Aquíferos em uma Planície Aluvionar na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (São Paulo). In: ABRH – **Revista Brasileira dos Recursos Hídricos.** 15 – 25 p.

YOKOYAMA, S.; MÜLLER, J.J.V.; SILVA, A.C.F. da. EMPASC 357 – Litoral: cultivar de alface para o verão. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 3, n. 4, p. 11-12, dez. 1990.

ZHAO, C.; FENG, Z.; CHEN, G. Soil water balance simulation of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in the semiarid Chinese Loess Plateau. **Agricultural Water Management**, v.69, p.101-114, 2004.