

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE – UERN
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – FANAT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS NATURAIS – PPGCN
MESTRADO EM CIÊNCIAS NATURAIS – MCN

ELENEIDE PINTO GURGEL

**DESENVOLVIMENTO DE *Batis maritima* L. SUBMETIDA A ESTRESSES E
CARACTERIZAÇÃO DE SEUS FRUTOS.**

MOSSORÓ - RN

2015

ELENEIDE PINTO GURGEL

**DESENVOLVIMENTO DE *Batis maritima* L. SUBMETIDA A ESTRESSES E
CARACTERIZAÇÃO DE SEUS FRUTOS.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais, da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Naturais. Área de concentração: Recursos Naturais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cynthia Cavalcanti de Albuquerque.

Co-orientador: Prof. Dr. Ramiro Gustavo Varela Camacho.

MOSSORÓ - RN

2015

**Catálogo da Publicação na Fonte.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

Gurgel, Eleneide Pinto

Desenvolvimento de *Batis maritima* L. submetida a estresses e caracterização de seus frutos. / Eleneide Pinto Gurgel. – Mossoró, RN, 2014.

82 f.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Cynthia Cavalcanti de Albuquerque.

Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Programa de Pós Graduação em Ciências Naturais

1. Salinidade - Áreas afetadas - Planta de sal. 2. Estresse hídrico - Cultivo - *Batis maritima*. I. Albuquerque, Cynthia Cavalcanti de. II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

UERN/BC

CDD 500

ELENEIDE PINTO GURGEL

**DESENVOLVIMENTO DE *Batis maritima* L. SUBMETIDA A ESTRESSES E
CARACTERIZAÇÃO DE SEUS FRUTOS.**

Aprovada, em 9 de março de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Cynthia Cavalcanti de Albuquerque (Orientadora)

Prof^a. Dr^a Patrícia Lígia Dantas de Morais

Prof. Dr. Renato Silva de Castro

“A minha família, que me apoiou em todos os momentos e que sempre foi um porto seguro e a minha eterna orientadora pela parceria de todos esses anos”.

DEDICO

“A Giovanna e a Letícia minhas pequeninas cuja esperança de dias melhores deposito”

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Á Deus criador e mantenedor do universo por ter criado em especialmente seres tão magníficos como as plantas.

A Professora Dr. Cynthia Cavalcanti de Albuquerque pelos maravilhosos anos de aprendizado, de companheirismo e de dedicação.

Ao programa de pós graduação Mestrado em Ciências Naturais pela oportunidade de cursar este maravilhoso curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concepção da bolsa de pós-graduação.

A minha família que ajudou-me com orações e pensamentos positivos Isabel (mãe) e Edilene (irmã), em especial ao meu esposo João Batista (Júnior) e ao meu Pai Antônio pela participação de algumas atividades em campo e em casa de vegetação.

A minha sobrinha Letícia que alegrou mesmo os mais sórdidos dias, e me fez ter coragem para prosseguir, assim como aliviou todo o estresse contido com apenas um sorriso.

A equipe do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais pela colaboração nas coletas, visitas, análises experimentais, conversas e companhia em todos os momentos deste trabalho, em Especial a Mônica, Val, Vanilse, Géssica, Danielle, Keithy, Julyanna, Yáscara, Fábio e Tales.

Ao Laboratório de Pós colheita de Frutos e hortaliças pela disponibilidade e ajuda na execução das análises de caracterização dos frutos, em especial a professora Dr^a. Patrícia Lúgia, Naama, Terezinha e Israel.

Ao laboratório de cromatografia, em especial a técnica Simone e ao professor Dr. Arnaldo Viana pela ajuda e ampla disponibilidade durante as análises.

Ao laboratório Laboratório de Eletroquímica e Química Analítica por disponibilizar tempo e recursos para a execução de análises, em especial a professora Suely Leal e ao técnico Thiago.

A Salina Augusto Severo em especial a seu Chico pela disponibilidade e receptividade em todas as visitas.

A banca examinadora em especial aos professores Patrícia e Renato pela disponibilidade e empenho nas correções deste trabalho.

A Thiago Mendes pela disponibilidade e eficiência em todos os momentos.

Aos docentes pelo aprendizado e pelas trocas de conhecimentos e pela dedicação ao programa.

Aos discentes pelo companheirismo e pelos bons momentos de descontração, em especial aos colegas Hilquias, Lindemberg, Danielle, Bárbara, Kélia e Monique.

Aos motorista da UERN que nos ajudaram durante a coleta em especial a seu Jadilson.

“E disse: produza a terra relva, ervas que deem sementes e árvores frutíferas que deem fruto segundo a sua espécie, cuja semente esteja nele, sobre a terra. E assim se fez. A terra, pois, produziu relva, ervas que davam sementes segundo a sua espécie e árvores que davam fruto, cuja semente estava nele, conforme a sua espécie. E viu Deus que isso era bom”.

Gênesis 1. 11 e 12.

RESUMO

As áreas afetadas pela salinidade estão aumentando em todo o mundo, especialmente em regiões áridas e semiáridas. A fitorremediação tem sido utilizada como alternativa de manejo dessas áreas, através do cultivo de plantas capazes de acumular e/ou retirar sais do solo. Aliado a isto pesquisas apontam que *Batis maritima* tem sido utilizada na alimentação humana sugerindo que estas são fontes de nutrientes e minerais nutricionalmente importantes e necessárias para a dieta humana. Apesar do alto ganho de biomassa de *B. maritima* em ambientes salinizados, não há trabalhos que investiguem a capacidade desta espécie em sobreviver em ambientes com escassez hídrica. Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar em casa de vegetação a influência do déficit hídrico, diferentes substratos e da salinidade no desenvolvimento de *B. maritima* L. e realizar uma caracterização física e físico-química de seus frutos coletados em ambiente de ocorrência natural. Em casa de vegetação, foi realizado um experimento em blocos ao acaso, com 3 repetições em esquema fatorial 2 x 4 x 2, com 2 tipos de substratos (S1: substrato do ambiente nativo da espécie e S2: areia: argila: húmus (1:1:1)), 4 períodos de rega (I1: irrigação diária, I2: irrigação a cada 10 dias, I3: irrigação a cada 20 dias e I4: irrigação a cada 40 dias), e 2 soluções de irrigação (A1: água fornecida pela CAERN e A2: água fornecida pela CAERN acrescida de 200 mg.L⁻¹ de NaCl). Aos 40 e 80 dias, através de análises destrutivas, foram obtidos prolina livre, proteínas e carboidratos solúveis das folhas. A biomassa seca das porções aéreas e radiculares, o teor relativo de água e os teores foliares de carotenoides totais, clorofilas a, b e totais foram obtidos aos 80 dias, final do experimento. Para caracterização dos frutos foram realizadas análises de pH, acidez titulável, vitamina C, sólidos solúveis, massa e comprimentos, os frutos em diferentes estádios de maturação foram coletados na Salina Augusto Severo e nas proximidades da Praia do Paraíso (Município de Areia Branca). O substrato argila, areia e húmus (1:1:1) proporcionou maior crescimento nas plantas irrigadas diariamente, estas também responderam satisfatoriamente quando cultivadas em ambiente natural e irrigadas. As variáveis bioquímicas avaliadas foram reduzidas nas folhas de *Batis maritima* L. estressadas hidricamente. Os frutos de *B. maritima* apresentam formato comprimido, os frutos intermediários (estádio 2) apresentaram uma maior biomassa. A acidez titulável é reduzida com o avanço da maturação, já os sólidos solúveis, a vitamina C e a firmeza não foram alterados no decorrer deste processo. O fruto de *B. maritima* é uma boa fonte de vitamina C.

Palavras-chaves: planta de sal; estresse hídrico; cultivo.

ABSTRACT

The areas affected by salinity are increasing worldwide, especially in arid and semiarid regions. Phytoremediation has been used as a management alternative in these areas, through the cultivation of plants capable of accumulating and/or removing soil salts. Allied to this research indicate that *Batis maritima* has been used in food suggesting that these are sources of nutrients and minerals nutritionally important and necessary for the human diet. Despite the high biomass gain of *B. maritima* in saline environments, there are no studies that investigate the ability of this species to survive in environments with water scarcity. Therefore, the aim of this study was in a greenhouse the influence of drought, substrate and salinity in the development of *B. maritima* L. and perform a physical and physicochemical characterization of its fruits collected from naturally occurring environment. In the greenhouse, an experiment in a randomized block design was carried out with three replications in a factorial 2 x 4 x 2, with 2 types of substrates (S1: Substrate species native environment and S2: sand: clay: humus (1 : 1: 1)), 4 watering times (I1: daily irrigation, I2: irrigation every 10 days, I3: irrigation every 20 days and I4: irrigation every 40 days) and 2 irrigation solutions (A1: water supplied by CAERN and A2: water supplied by CAERN added 200 mg l⁻¹ NaCl). At 40 and 80 days, through destructive analysis were obtained free proline, soluble proteins and carbohydrates from leaves. The dry biomass of aerial and root portions, the relative water content and leaf content of carotenoids, chlorophyll a, b and total were obtained at 80 days, end of the experiment. For characterization of the fruits were performed pH, titratable acidity, soluble vitamin C, solid, mass and length, the fruits at different ripening stages were collected in Salina Augusto Severo and near Paradise Beach (City of Areia Branca). The substrate clay, sand and humus (1: 1: 1) provided the highest growth in irrigated plants daily, they also responded satisfactorily when grown in irrigated and natural environment. The assessed biochemical variables were reduced in *B. maritima* L. leaves stressed by water. The fruits of *B. maritima* have compressed format, intermediate fruit (stage 2) had a higher biomass. The titratable acidity is reduced with advancing maturation, soluble solids, vitamin C and firmness were not changed during this process. The fruit of *B. maritima* is a good source of vitamin C.

Keywords: salt plant; water stress; cultivation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1- Distribuição geográfica de *Batis maritima* L. na América Central, América do Sul, Caribe e Islândia.....26

Figura 2- Hábito prostrado de *Batis maritima* L. crescendo aos arredores de salinas, Areia Branca,RN, 2014.....27

Figura 3- Flor masculina à esquerda, flor feminina centro e frutos à direita, Areia Branca, RN, 2014.....28

CAPÍTULO 2 - ESTRESSE HÍDRICO E SALINO EM *BATIS MARITIMA* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Figura 1- Comprimento (aferido aos 40 dias) do maior ramo de plantas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação, desdobramento dos intervalos de irrigação dentro de cada substrato. UERN, Mossoró, RN, 2014.....49

Figura 2- Comprimento (aferido aos 40 dias) do maior ramo de plantas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação, desdobramento dos diferentes substratos dentro de cada intervalo de irrigação. UERN, Mossoró, RN, 2014..... 50

Figura 3- Comprimento (aferido aos 80 dias) do maior ramo de plantas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação, desdobramento dos intervalos de irrigação dentro de cada substrato. UERN, Mossoró, RN, 2014.....50

Figura 4-Comprimento (aferido aos 80 dias) do maior ramo de plantas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação, desdobramento dos diferentes substratos dentro de cada intervalo de irrigação. UERN, Mossoró, RN, 2014.....51

Figura 5- Diâmetro caulinar (mm) de plantas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos intervalos de irrigação dentro de cada substrato UERN, Mossoró, RN, 2014.....53

| | |
|--|----|
| Figura 6- Diâmetro caulinar (mm) de plantas de <i>Batis maritima</i> cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos diferentes substratos dentro de cada intervalo de irrigação. UERN, Mossoró, RN, 2014..... | 53 |
| Figura 7- Biomassa seca de parte aérea de <i>Batis maritima</i> cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos intervalos de irrigação dentro de cada substrato. UERN, Mossoró, RN, 2014..... | 54 |
| Figura 8- Biomassa seca de parte aérea de <i>Batis maritima</i> cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos diferentes substratos dentro de cada intervalo de irrigação. UERN, Mossoró, RN, 2014..... | 54 |
| Figura 9- Biomassa seca de raízes de <i>Batis maritima</i> cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos intervalos de irrigação dentro de cada substrato. UERN, Mossoró, RN, 2014..... | 55 |
| Figura 10- Biomassa seca de raízes de <i>Batis maritima</i> cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos diferentes substratos dentro de cada intervalo de irrigação. UERN, Mossoró, RN, 2014..... | 55 |
| Figura 11- Teor relativo de água de <i>Batis maritima</i> cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos intervalos de irrigação dentro de cada substrato. UERN, Mossoró, RN, 2014..... | 57 |
| Figura 12- Teor relativo de água de <i>Batis maritima</i> cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos diferentes substratos dentro de cada intervalos de irrigação. UERN, Mossoró, RN, 2014..... | 57 |
| Figura 13- Carboidratos solúveis em folhas frescas de <i>Batis maritima</i> cultivadas em casa de vegetação e submetidas a 40 e 80 dias de estresse hídrico. UERN, Mossoró, RN, 2014..... | 58 |
| Figura 14- Proteínas livres em folhas secas de <i>Batis maritima</i> cultivadas em casa de vegetação e submetidas a 40 e 80 dias de estresse hídrico. UERN, Mossoró, RN, 2014..... | 59 |

Figura 15- Prolina livre em folhas frescas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação e submetidas a 40 e 80 dias de estresse hídrico. UERN, Mossoró, RN, 2014.....61

Figura 16- Clorofila a, b, totais e carotenoides em folhas frescas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação e submetidas a 40 e 80 dias de estresse hídrico. UERN, Mossoró, RN, 2014.....62

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE *B. MARITIMA* L. COLETADOS EM AMBIENTE DE OCORRÊNCIA NATURAL

Figura 1- Escala de maturação dos frutos de *Batis maritima* L.....73

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - ESTRESSE HÍDRICO E SALINO EM *BATIS MARITIMA* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Tabela 1- Caracterização físico-química das águas de irrigação utilizadas no experimento...43

Tabela 2- Composição e características químico-físicas do húmus utilizado.....43

Tabela 3 – Características físico-químicas dos substratos utilizados.....44

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE *B. MARITIMA* L. COLETADOS EM AMBIENTE DE OCORRÊNCIA NATURAL

Tabela 1- Caracterização física de frutos de *Batis maritima* L. coletados em ambiente de ocorrência natural em diferentes estádios de maturação. UERN, Mossoró, RN, 2014.....76

Tabela 2- Caracterização físico-química de frutos de *Batis maritima* L. coletados em ambiente de ocorrência natural em diferentes estádios de maturação.....77

LISTA DE SIGLAS

ANAVA – Análise da variância

ATT – Acidez total titulável

BOD – Demanda Bioquímica de Oxigênio

BSA – Albumina de sérica bovina

cm - Centímetro

°C – Graus Celsius

C – Carbono

C3 – Via metabólica para fixação de carbono, onde o dióxido de carbono e a ribulose-bifosfato são convertidos 3-fosfoglicerato.

Ca – Clorofila a

CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte

Cb – Clorofila b

CL – Comprimento longitudinal

CT – Comprimento transversal

2n – Organismo diploide

DAE – Dias após estresse

DBC – Delineamento em blocos ao acaso

DMSO – Dimetilsulfóxido

ESTAT – Software estatístico

g – Gravidade ou grama (verificar contexto)

Kg m⁻² a⁻¹ – Quilograma por metro quadrado por ano

LCTV – Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais

LEA – Late Abundant Embriogenesis

µg - Micrograma

µmol - Micromol

m – Metro

m² – Metro quadrado

mg – Miligrama

mL – Mililitro

mM - Milimolar

MF – Matéria fresca

MS – Matéria seca

nm – Nanômetro

N – Nitrogênio ou normalidade (verificar contexto)

NaCl – Cloreto de sódio

NaOH – Hidróxido de sódio

pH – Potencial hidrogênio

P – Fósforo

PA – Para análise

PF – Peso fresco

PS – Peso seco

PVP 40 – Polivinilpirrolidona a 40%

PT – Peso túrgido

RF – Relação formato de fruto

S - Sul

SDS 10 – Dodecil sulfato de sódio a 10%

SS – Sólidos Solúveis

t ha⁻¹ a⁻¹ – Tonelada por hectare por ano

Tris-HCl – Hidroximetil aminometano cloridrato

TDS – Total de sólidos Dissolvidos

UERN – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

W – Oeste

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA | 19 |
| 1.1 INTRODUÇÃO GERAL | 20 |
| 1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 22 |
| 1.2.1 ESTRESSES ABIÓTICOS | 22 |
| 1.2.2 FITORREMEDIAÇÃO | 24 |
| 1.2.3 <i>BATIS MARITIMA</i> L. | 25 |
| 1.2.4 CARACTERIZAÇÃO DE FRUTOS..... | 29 |
| 1.3 REFERÊNCIAS | 32 |
| CAPÍTULO 2 - ESTRESSE HÍDRICO E SALINO EM <i>BATIS MARITIMA</i> L. CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS | 37 |
| 2.1 RESUMO | 38 |
| 2.2 ABSTRACT | 39 |
| 2.3 INTRODUÇÃO | 40 |
| 2.4 METODOLOGIA | 42 |
| 2.4.1 Montagem do experimento | 42 |
| 2.4.2 Análises de crescimento..... | 44 |
| 2.4.2.1 COMPRIMENTO | 44 |
| 2.4.2.2 DIÂMETRO CAULINAR | 44 |
| 2.4.2.3 BIOMASSASECA | 44 |
| 2.4.2.5 TEOR RELATIVO DE ÁGUA | 45 |
| 2.4.3 Análises bioquímicas | 45 |
| 2.4.3.1 CARBOIDRATOS SOLÚVEIS | 45 |
| 2.4.3.2 PROTEÍNAS SOLÚVEIS | 46 |
| 2.4.3.3 PROLINA LIVRE | 47 |
| 2.4.3.4 PIGMENTOS | 47 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.4 Análise estatística | 47 |
| 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 49 |
| 2.5.1 Análises de crescimento | 49 |
| 2.5.2 Análises bioquímicas | 58 |
| 2.6 CONCLUSÕES | 63 |
| 2.7 REFERÊNCIAS | 64 |
| CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE <i>B. MARITIMA</i> L. COLETADOS EM AMBIENTE DE OCORRÊNCIA NATURAL..... | 69 |
| 3.1 RESUMO | 70 |
| 3.2 ABSTRACT | 71 |
| 3.3 INTRODUÇÃO..... | 72 |
| 3.4 METODOLOGIA..... | 73 |
| 3.4.1 Coleta dos frutos | 73 |
| 3.4.2 Análises físicas | 73 |
| 3.4.2.1 MASSA FRESCA | 73 |
| 3.4.2.2 COMPRIMENTO LONGITUDINAL E TRANSVERSAL | 74 |
| 3.4.2.3 FORMATO DO FRUTO | 74 |
| 3.4.2.4 FIRMEZA | 74 |
| 3.4.3 Análises físico-químicas | 74 |
| 3.4.3.1 VITAMINA C | 74 |
| 3.4.3.2 POTENCIAL HIDROGEIÔNICO | 74 |
| 3.4.3.3 SÓLIDOS SOLÚVEIS | 75 |
| 3.4.3.4 ACIDEZ TITULÁVEL | 75 |
| 3.4.3.5 RELAÇÃO SÓLIDOS SOLÚVEIS E ACIDEZ TITULÁVEL | 75 |
| 3.4.4. Análise estatística | 75 |
| 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 76 |
| 3.5.1 Análises físicas | 76 |
| 3.5.2 Análises físico-químicas | 77 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| 3.6 CONCLUSÕES | 79 |
| 3.7 REFERÊNCIAS | 80 |

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

As áreas afetadas pela salinidade estão aumentando em todo o mundo, especialmente em regiões áridas e semiáridas (FLOWERS, et al., 2010), onde a baixa precipitação não é suficiente para lixiviar os sais acumulados na superfície. Pesquisas apontam a fitorremediação como alternativa de manejo dessas áreas, através do cultivo de plantas capazes de acumular sais, retirando-os do solo. Para isso é preciso utilizar espécies vegetais capazes de tolerar elevados níveis de sais, e produzir biomassa suficiente para extrair do ambiente quantidades consideradas desses sais (FREIRE, et al., 2010). Além disso, devem acumular elevados teores de sais na parte aérea, visando possibilitar a remoção dos sais com a colheita das plantas. A fitoextração de sais utilizando plantas halófitas é uma alternativa de baixo custo para recuperação de solos salinos, não é agressiva ao ambiente e não requer alto nível tecnológico para sua efetivação (SANTOS et al., 2011).

As halófitas são plantas adaptadas a altos níveis de salinidade, têm capacidade de acumular quantidades elevadas de sais em seus tecidos e de extraí-los dos solos, sendo muito utilizadas na recuperação de solos afetados por sais, através de uma técnica denominada de fitoextração, um tipo específico de fitorremediação.

Batis maritima L., conhecida popularmente como barrilha, pirrichiu, planta de sal, bredo da praia, é um subarbusto perene nativo do nordeste brasileiro, pertencente à família Bataceae, que cresce formando tapetes adensados em regiões à beira de praias, mangues e salinas (SANDOVAL; DELGADILLO, 2008). Essa espécie sobrevive a ambientes com o dobro da concentração de sais da água do mar (1000 mM de NaCl), devido à sua grande capacidade de compartimentalizar sódio, utilizando-o provavelmente para ajuste osmótico (DEBEZ et al., 2010). Tem sido descrita como colonizadora de ambientes, melhorando a sobrevivência de espécies endêmicas de mangues (MILBRANDT; TINSLEY, 2006) e possui extrema importância na nidificação de aves migratórias e na alimentação de répteis como iguanas (SANDOVAL; DELGADILLO, 2008).

Quanto à sua utilidade, é largamente empregada na medicina popular para cura da gota, eczema, psoríase, reumatismo, doenças do sangue, distúrbio da tireoide e infecções cutâneas (LONARD et al., 2011), tendo sido isolado de suas folhas e da periderme de sua haste, flavonoides (KAGAN; MABRY, 1969). Do ponto de vista nutricional, pesquisas apontam que *B. maritima* tem sido utilizada na alimentação humana em saladas (LONARD et al., 2011) e suas sementes apresentam altos teores de proteínas, lipídeos (com predominância do ácido linoleico), K, Ca, Mg e Fe em níveis mais elevados do que muitos cereais, sugerindo que estas

são fonte de nutrientes e minerais nutricionalmente importantes e necessárias para a dieta humana (MARCONE, 2003). O cultivo destas plantas também são indispensáveis nas pastagens e forragens para animais ruminantes que necessitam de sódio em sua dieta, visto que a presença deste elemento aumenta a palatibilidade das plantas, resultando numa maior ingestão deste alimento, que promove um rápido crescimento a esses animais (VARENNE, 2003).

Apesar do alto ganho de biomassa de *B. maritima* em ambientes salinizados (EL SHAER, 2010), não há trabalhos que investiguem a capacidade desta espécie em sobreviver a ambientes com déficit hídrico. A sobrevivência de espécies em ambientes com baixa disponibilidade hídrica é fundamental para a utilização destas na biorremediação de ambientes improdutivos pelo excesso de sais, visto que devido à escassez de chuvas na região semiárida, essas plantas eventualmente estariam expostas a esse estresse. Sendo mantidas as características nutricionais, essas plantas poderão ser uma alternativa alimentar para animais em períodos de estiagem e/ou em solos improdutivos pelo excesso de sais.

O objetivo deste trabalho foi estudar em casa de vegetação a influência do déficit hídrico, diferentes substratos e da salinidade no desenvolvimento de *B. maritima* L. e realizar uma caracterização físico-química de seus frutos coletados em ambiente de ocorrência natural.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 ESTRESSES ABIÓTICOS

Estresse é qualquer desordem física, química ou biológica que traz prejuízos para as plantas. Quando a perturbação é de natureza biológica o estresse é dito como biótico, já os estresses abióticos são desordens desencadeadas pelo ambiente, que incluem, por exemplo: déficit ou excesso hídrico, salinidade, sodicidade, solos ácidos ou alcalinos, solos álicos ou com metais pesados, exposição a altas ou baixas temperaturas, danos mecânicos e excesso de defensivos agrícolas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A restrição hídrica é responsável por sérias disfunções nas plantas, pelo acentuado decréscimo que causa no turgor das células, imprescindível para o adequado metabolismo celular. Já o estresse salino pode ser responsável por alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, com reflexos sobre o transporte de água e nutrientes nas plantas. Estresses abióticos são considerados os que mais limitam a produção de culturas agrícolas ao redor do mundo (MONTEIRO et al., 2014).

No que tange à carência de água, alguns dos cenários mais preocupantes já são parte da realidade de algumas regiões do planeta, especialmente regiões áridas e semiáridas, que sinalizam para cenários ainda mais preocupantes no que diz respeito à extensão das terras afetadas por seca e salinidade e os impactos decorrentes sobre sua biodiversidade e os diversos setores produtivos envolvidos, com ênfase para a agropecuária (BENKO-ISEPPON, et al., 2011).

O Semiárido nordestino apresenta grandes potencialidades econômicas de desenvolvimento sustentável, constituindo-se em bioma rico e diversificado. Porém, os fatores mais adversos que limitam o desenvolvimento de muitas espécies são as condições climáticas e a escassez de água. Frequentemente, as plantas estão expostas a falta de água, devido ao regime de chuvas que ocorrem durante 3 a 5 meses de forma concentrada no verão chuvoso, o que faz com que as plantas da Caatinga desenvolvessem adaptações físicas e fisiológicas para sua sobrevivência (ALMEIDA et al., 2014).

O déficit hídrico muito acentuado nesta região favorece acúmulo de sais solúveis e sódio trocável, principalmente nas áreas irrigadas e onde a água é escassa, frequentemente, registram-se problemas de salinidade no solo. Em solos salinos, a deficiência hídrica é a maior causadora de redução na produtividade do vegetal, alterando o crescimento e a fotossíntese. Observa-se, também, que a redução do crescimento foliar nas plantas, diminuição da produção de massa seca das partes aérea e radicular, podem ser influenciadas

diretamente pelo acúmulo de altos teores de Na^+ e Cl^- nas folhas, ocasionando a diminuição do teor relativo de água, pressão de turgor e o potencial hídrico celular (SOUZA et al., 2007).

Dentre as características de adaptação contra o estresse salino e hídrico, podemos destacar os mecanismos morfo-anatômicos, bioquímicos e de escape à seca. Como medida imediata as plantas diminuem o limbo foliar para evitar a maior perda de água e investem numa maior densidade de estômatos na face abaxial de suas folhas. Quando as plantas são expostas a deficiência hídrica após um desenvolvimento considerável suas folhas sofrerão senescência e cairão. Outra característica refere-se ao alongamento das raízes, pois estas geralmente se alongam mais com o intuito de encontrar água. Como estratégia de sobrevivência, a planta acumula solutos compatíveis dentre os quais, a prolina e a glicina betaína são os mais amplamente estudados. Esses osmólitos buscam manter o potencial hídrico das células das raízes, mais negativos do que o solo, e com isso as plantas tendem a absorver a água que está disponível no mesmo (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O acúmulo de solutos compatíveis, no vacúolo ou no citosol, também contribuem para a manutenção do equilíbrio hídrico e a preservação da integridade de proteínas, enzimas e membranas celulares. Esse acúmulo pode chegar a até 100 vezes, em comparação ao observado em plantas cultivadas sob condições normais, o que fornece um importante parâmetro para a seleção de plantas resistentes. Segundo os autores, o acúmulo de prolina por exemplo, ocorre pela síntese “de novo” ou pela inibição do processo de oxidação desse osmorregulador. Embora haja abundante literatura sobre o acúmulo de prolina, em plantas sob vários tipos de estresse, não se sabe ao certo se esse acúmulo sempre ocorre (MONTEIRO et al., 2014).

A estratégia de escape da seca é utilizada por espécies que conseguem completar seu ciclo de vida somente nos períodos chuvosos, estas plantas são ditas como anuais. Essas plantas passam grande parte de suas vidas como sementes capazes de sobreviver a longos períodos de seca. Estas conseguem germinar, crescer, produzir flores e propágulos a serem dispersos no ambiente no pequeno intervalo de tempo, que denominamos em nossa região de verão chuvoso (GUREVITCH et al., 2009).

A salinidade nos solos nordestinos está relacionada à má qualidade da água utilizada na agricultura, e ao excesso de fertilizantes, mas sua origem pode ser edáfica, visto que nossa região é formada basicamente por substrato geológico do período Terciário, consistindo de um ambiente genuíno que inclui águas salobras e solos salinos brancos ricos em sais, principalmente os sulfatos. Os solos salinos são um dos habitats mais inóspitos para a vida das plantas condicionando estas a alto grau de especialização (LOPES; SÂNCHEZ, 2000).

Outro fator crucial para o desenvolvimento das plantas é o solo (substrato) utilizado para seu crescimento, este deve ser profundo o suficiente para permitir a infiltração da água e o desenvolvimento das raízes; deve ser composto de frações equilibradas de areia, silte e argila para permitir drenagem e retenção adequadas da água; deve ter uma porosidade capaz de manter espaços adequados para permitir a troca de oxigênio e permitir a vida dos microrganismos; seu pH deve manter-se próximo do neutro para que não possa interferir na absorção de nutrientes, além de dispor de macro e micronutrientes em quantidades adequadas para as plantas (GUREVITCH et al., 2009).

Os compostos orgânicos com altos teores de matéria orgânica proporcionam melhorias na estrutura do substrato, redução da plasticidade e coesão, aumento na capacidade de retenção de água, além de disponibilizar mais nutrientes para a plantas (BARROS, et al. 2011).

1.2.2 FITORREMEDIAÇÃO

A utilização de agentes biológicos para a melhoria da qualidade ambiental denomina-se biorremediação. Quando utiliza-se plantas e/ou sua biota associada para remediar um ambiente esta técnica denomina-se fitorremediação. Como qualquer processo de remediação, o uso de plantas destina-se à redução de contaminantes a níveis seguros e compatíveis com a proteção à saúde humana, ou a impedir/dificultar a disseminação de substâncias nocivas ao ambiente. Esta técnica apresenta ainda grande versatilidade, podendo ser utilizada para remediar o meio aquoso, o ar ou o solo (ANDRADE et al.,2007).

Os vegetais permitem a recomposição da paisagem e, por meio da evapotranspiração, reduzem a saturação de água do solo, além de minimizar a erosão e a lixiviação dos metais pesados, protegendo mais as águas superficiais e subsuperficiais (CAIRES et al. 2011).

Esta técnica possui subdivisões de acordo com os mecanismos desenvolvidos pela planta para combater o contaminante. Segundo Pereira (2005) a fitorremediação envolve dois principais processos: a fitoestabilização, técnica que visa reduzir o potencial de dano ao meio ambiente pela redução da mobilidade e disponibilidade do contaminante no solo usando processos de precipitação, complexação, humificação e lignificação, prevenindo a entrada do contaminante nas águas subterrâneas ou na cadeia alimentar e a fitodescontaminação, que visa a retirada ou a transformação do contaminante englobando processos de fitodegradação, fitovolatilização, fitoestimulação e fitoextração.

As plantas trazem diversos benefícios ao serem utilizados na recuperação de áreas degradadas, podendo ser utilizadas para tratamento dos mais diversos contaminantes tais como, acúmulo de sódio, metais pesados, inseticidas, e lugares com derramamentos de petróleo (ANDRADE et al., 2007).

O uso dos solos degradados pela salinização na agricultura não pode ser negligenciado, sendo necessário desenvolver técnicas ambientais e economicamente viáveis para sua remediação, possibilitando seu retorno ao uso agrícola produtivo, diante da necessidade de produção agrícola e dos altos investimentos exigidos pelo processo convencional de recuperação. Sendo assim, a fitorremediação surge como uma alternativa de baixo custo para recuperação de solos salinos, não é agressiva ao ambiente e pode propiciar a reabilitação de tais solos (SANTOS et al., 2013).

Apesar da importância e do alto número de possibilidades, a fitorremediação é uma técnica de recuperação de áreas degradadas ainda pouco utilizada, visto que geralmente traz resultados a longo prazo e há exigência de um conhecimento amplo que deve englobar diversas áreas de conhecimento. Há a necessidade de se conhecer bem a biota e a microbiota da área a ser recuperada de modo que se altere minimamente o ecossistema local durante o tempo de remediação, é necessário ainda se ter o cuidado de isolamento da área, visto que em locais contaminados por metais pesados, seria um risco que animais utilizassem estas plantas como recurso alimentar (ANDRADE et al., 2007).

Durante a utilização dessa técnica as plantas utilizadas devem ser de fácil propagação e obtenção, desenvolver-se em ambientes diferenciados, possuir alta taxa de crescimento e produção de biomassa, capacidade de absorção, concentração ou metabolização e tolerância ao contaminante, sistema radicular denso e profundo e fácil controle e erradicação (OLIVEIRA et al., 2007).

1.2.3 *BATIS MARITIMA* L.

A salinização progressiva das terras aráveis, cresce a taxa de 3 ha/min em todo o mundo, sendo uma grande preocupação para a produção de culturas agrícolas. Isso significa que 7 % da superfície da terra e 5 % de terras cultivadas são afetadas pela salinidade. A maior parte desta terra afetada por sal surgiu a partir do acúmulo de sais no solo ou das águas subterrâneas por meio de processos naturais durante um longo período de tempo (GUIMARÃES et al., 2014a).

No entanto, a salinidade não é prejudicial a todas as plantas. Uma ampla variedade de espécies de plantas cresce naturalmente no litoral e áreas salinas do interior, como restingas e desertos de sal (halófitas). Essas plantas sobrevivem a concentração de sal igual ou maior do que a da água do mar e essa tolerância deve-se, principalmente, a compartimentalização de íons nos vacúolos, acúmulo de solutos compatíveis no citoplasma e presença de genes para tolerância ao sal. Portanto, a utilização dessas espécies halófitas no processo de fitorremediação é uma possibilidade para revegetação de áreas afetadas pela salinidade e que são improdutivas para maioria das espécies. As halófitas *Salicornia bigelovii*, *Suaeda esteroa*, *Atriplex barclayana*, *Sesuvium portulacastrum* e *Batis maritima* têm sido sugeridas como potenciais candidatas a serem utilizados para aplicação desta técnica (GUIMARÃES et al., 2014b).

O gênero *Batis* agrupa apenas duas espécies, sendo que no Brasil ocorre unicamente a *Batis maritima* L. com distribuição Pantropical no Pacífico, Índias Ocidentais, Austrália, Litoral Norte da América do Sul, América Central (Figura 1). No Brasil sua distribuição concentra-se nas dunas litorâneas da região Nordeste (SOUZA; LORENZI, 2012).

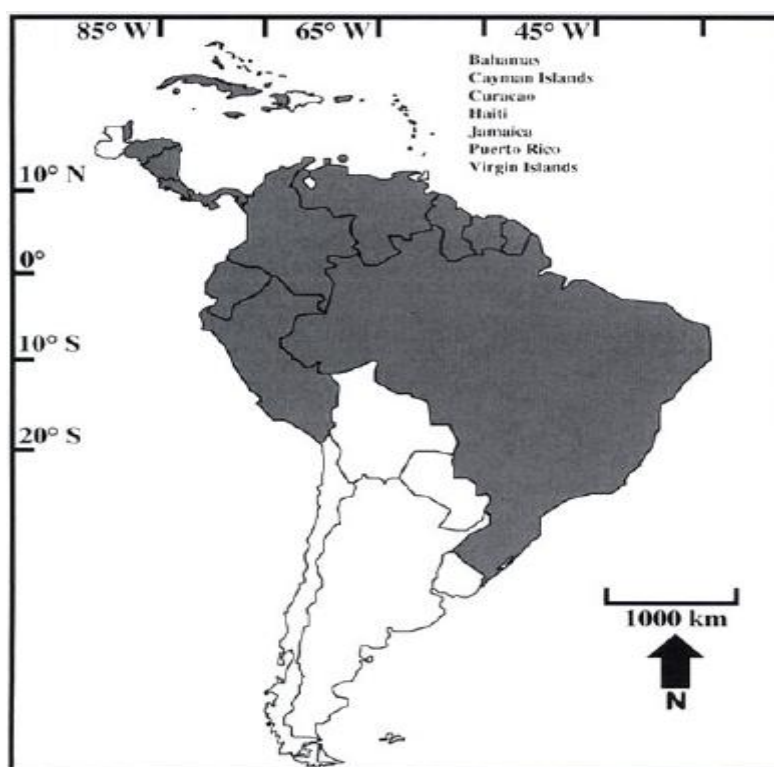


Figura 1- Distribuição geográfica de *Batis maritima* L. na América Central, América do Sul, Caribe e Islândia (LONARD et al.,2011).

B. maritima, conhecida popularmente como “beachwort”, “turtleweed”, “barrilha”, “lechuga de mar”, “vidrillos”, pirrichiu (denominação generalizada a todas as espécies vegetais que crescem aos arredores de salina) e planta de sal, tem o hábito herbáceo (quando jovem), subarbustivo ou arbustivo (quando adulta), é perene, fortemente ramificada formando tapetes adensados, podem chegar a 1,5 m de comprimento, ocorre em manguezais, salinas e areias das marés costeiras (figura 2). Possui mecanismo fotossintético do tipo C3, e são propagadas facilmente de forma assexuada por meio de estacas, podendo também propagar-se por mergulhia (LONARD et al., 2011).

Crescem até aproximadamente 20 cm de forma ereta e após atingir essa altura curvam-se e adquirem o hábito prostrado. Por terem alta capacidade de brotação, as estacas formadas muitas vezes não suportam as ramificações laterais e com o peso quebram, e como os propágulos que tocam o chão geralmente já estão enraizados, originam uma nova planta (GURGEL, 2013).



Figura 2- Hábito prostrado de *Batis maritima* L. crescendo aos arredores de salinas, Areia Branca-RN, 2014.

As plantas apresentam ou possuem raízes fibrosas, folhas verde-amareladas, suculentas, decíduas, simples, opostas, sésseis, diminutas, com margem inteira e estípulas vestigiais nas folhas e brácteas. Suas inflorescências apresentam-se em espigas, racemosas,

axilares, cônica, com flores em quatro fileiras, unissexuais (dioica), pequenas localizadas nas axilas das folhas (Figura 3). A flor estaminada (masculina) é diclamídea, possui 4-estames, 4-estaminóides, deiscência longitudinal, e 4-pétalas (SANDOVAL, DELGADILO, 2008). Há muita controvérsia na literatura com relação à estrutura tubular da flor, no entanto, estudos feitos por Craene (2005) com organismos em fase inicial de desenvolvimento, dão evidências e confirmam que a estrutura tubular é obtida a partir de quatro sépalas com lobos fundidos, com três lobos anteriores altamente reduzidos.

A flor pistilada (feminina) aclamídea, possui ovário súpero, placentação ereta, bicarpelar, 2-lóculos separados por falsos septos, 4-óvulos embutidos no tecido da inflorescência. Suas inflorescências podem ser comparadas a um abacaxi, pois surgem alternando pares de brácteas na axila sobre um crescente eixo principal, que se agregam dando a inflorescência um formato de cone. Essas brácteas caem rapidamente deixando uma cicatriz que permanece visível sobre a inflorescência. Os Frutos são múltiplos, devido a fusão de pistilos na maturidade, drupóides, carnudos, com aspecto esponjoso (quando em senescência), dicotiledonar e com embrião reto (SANDOVAL; DELGADILO, 2008, LONARD et al., 2011).



Figura 3- Flor masculina à esquerda, flor feminina centro e frutos à direita, Areia Branca, RN, 2014.

B. maritima não possui ecótipos ou variedades aceitas (LONARD et al., 2011) e tem 11 pares de cromossomos, $2n = 22$ (GOLDBLATT, 1976). Ecologicamente é descrita como espécie pioneira estabilizadora de substratos (LONARD et al., 2011) de modo que observou-se um aumento da sobrevivência de mudas de *Avicennia germinans* L. (mangue preto) quando cultivadas em associação com *B. maritima* principalmente em períodos alagados, sugerindo-a como indispensável para a sobrevivência de mudas de mangue preto. Por ser colonizadora de mangue, esta espécie facilita o estabelecimento precoce de mudas desse ecossistema (MILBRANDT; TINSLEY, 2006). *B. maritima* também tem sido apontada como sucessora

de ambientes perturbados, López-Portillo e Ezcurra (1989) observaram que em locais onde houve corte do mangue, houve um incremento proporcional desta espécie no solo, a qual pôde se estabelecer e crescer dando início a regeneração rápida do local. Há ainda relatos de sua utilização na regeneração e na estabilização de dunas no Oriente Médio (DEBEZ et al., 2010).

Batis maritima L. apresenta uma alta produtividade em ambientes salinos 1738 g de matéria seca/m²/ano (EL SHAER, 2010) e até 17 t ha⁻¹ a⁻¹ (DEBEZ et al., 2010). Ventura e Sagi (2013) relatam rendimento de 1,7 Kg m⁻² a⁻¹ de matéria seca de *B. maritima* quando cultivadas com salinidade de 500 mM de NaCl. Estas ainda obtiveram 100% de sobrevivência mesmo quando irrigadas com 1000 mM de NaCl (concentração equivalente ao dobro da salinidade da água do mar), o que sugere que a planta utilize com sucesso o sal para ajuste osmótico (DEBEZ et al., 2010).

Na medicina popular *B. maritima* tem sido utilizada para tratamento de eczema, psoríase, doenças da pele, reumatismo, gota, distúrbios do sangue (DEBEZ et al., 2010), escorbuto (SANDOVAL; DELGADILLO, 2008) e distúrbio da tireoide (LONARD et al. 2010). Essa capacidade de tratamento para vários problemas de saúde, pode ser atribuída à presença de flavonoides como 3-O-rutinoside isolados de suas folhas e da periderme de suas hastes (KAGAN; MABRY, 1969).

Estudos sugerem que sementes de *B. maritima* têm altas concentrações de proteínas (17%), lipídeos (25%), aminoácidos essenciais, minerais e antioxidantes (DEBEZ et al., 2010; LONARD et al., 2011; MARCONE, 2003). Suas raízes são utilizadas como adoçante para café por índios e suas folhas ocasionalmente são adicionadas em saladas em Porto Rico (LONARD et al., 2011). Alguns autores reportam a importância de *B. maritima* como fonte alimentar para alguns répteis como a iguana verde (*Iguana iguana* L.) em Galápagos, sendo também um importante refúgio para a nidificação de aves migratórias (SANDOVAL; DELGADILLO, 2008). *B. maritima* também é utilizada na ornamentação e em projetos paisagísticos (MIYAMOTO et al., 1996).

A sua fácil propagação e boa disponibilidade em regiões nordestinas, são fatores que poderiam subsidiar seu uso na recuperação de ambientes. No entanto, ainda não se tem bem elucidado informações sobre seu cultivo principalmente no que diz respeito a escassez hídrica, sendo necessária essa investigação, visto que essas regiões onde se propõe sua utilização sofre com a falta de água.

1.2.4 CARACTERIZAÇÃO DE FRUTOS

Os frutos são atributos de atração e dispersão das plantas que podem servir de alimento para os demais seres vivos, pois constituem um banco diversificado de carboidratos, fibras, proteínas, vitaminas e sais minerais. Estes frutos muitas vezes estão disponíveis apenas em uma época específicas durante o ano e também são susceptíveis a salinidade do solo o que torna este recurso limitado em certas regiões, principalmente, na semiárida (SANTOS et al., 2010).

Os locais que as halófitas habitam, geralmente sofrem influência da água do mar, e por isso conseguem sobreviver a condições adversas, que para a maioria das plantas seria letal e por isso constituem um recurso proteico que pode ser utilizado como fonte alimentar disponível durante todo ano (RAVEN et al., 2011). O cultivo destas plantas também são indispensáveis nas pastagens e forragens para animais ruminantes que necessitam de sódio em sua dieta, visto que a presença deste elemento aumenta a palatibilidade das plantas, resultando numa maior ingestão deste alimento, que promove um rápido crescimento a esses animais (VARENNES, 2003).

As características sensoriais e nutricionais dos frutos dependem de vários componentes físico-químicos, estes componentes conferirão aos frutos certos atributos, que responderão pela maior ou menor aceitação, seja pelo consumidor ou pela indústria (ROSA et al., 2011). Dentre as análises físicas importantes, podemos destacar: biomassa, comprimentos longitudinais e transversais, formato e firmeza. Quanto as variáveis físico-químicas, podemos destacar o potencial hidrogeniônico (pH), a acidez total titulável (ATT), os sólidos solúveis (SS), a relação SS/ATT, os teores de vitamina C e os açúcares totais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os ácidos orgânicos influenciam o sabor, o odor, a cor, a estabilidade e a manutenção da qualidade dos frutos. A acidez titulável dos frutos varia de 0,2% a 0,3% em frutas com baixa acidez e de 2,0% a 6% para frutos com alta acidez como o limão. Outra análise que vem colaborar com a acidez é a medição do pH. Este é importante para as seguintes determinações: deterioração dos alimentos pelo crescimento de microrganismos, atividade de enzimas, retenção de sabor-odor, estabilidade de corantes artificiais no processamento de frutas e na verificação do estágio de maturação (DAMIANI, 2009).

Os sólidos solúveis presentes nos frutos são indicativos da quantidade de açúcares existente nos frutos, que permite ao consumidor a percepção de sabor agradável desenvolvido pelo fruto durante o amadurecimento. Os açúcares (carboidratos) conferem sabor doce dos frutos, destacando-se a glicose, frutose e a sacarose, que em geral, contribuem com mais de 70% dos sólidos solúveis totais dos frutos. O aumento da doçura dos vegetais tende a ser

proporcional ao aumento nos teores de seus açúcares. Os carboidratos abrangem um dos maiores grupos de compostos orgânicos encontrados em tecidos vegetais, desempenhando um papel importante na estrutura, sabor, reserva e valor nutricional de produtos hortifrutícolas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As vitaminas são micronutrientes indispensáveis à saúde humana, encontrados em produtos de origem vegetal em baixas concentrações. No entanto, desempenham um papel crucial na nutrição humana, prevenindo doenças como escorbuto, dentre outras. A quantidade necessária de vitaminas de um indivíduo varia de acordo com a idade, clima, atividade que desenvolve e estresse a que é submetido, em geral, a exigência diária do homem com relação à vitamina C é de cerca de 50 mg (SARMENTO, 2013).

A vitamina C é utilizada como índice de qualidade dos alimentos, é um excelente antioxidante, atua nas reações redox como transportador de elétrons para a cadeia respiratória, bem como regenerando diferentes substratos de sua forma oxidada para a forma reduzida, reduzindo o risco de arteriosclerose, doenças cardiovasculares e algumas formas de câncer (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

1.3 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. P. N.; PINHEIRO, C. L.; LESSA, B. F. T.; GOMES, F. M.; MEDEIROS FILHO, S. Estresse hídrico e massa de sementes na germinação e crescimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 777-787, 2014.
- ANDRADE, J. C. M.; TAVARES, S. R. L.; MAHLER, C. F. **Fitorremediação: uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BARROS, G. L.; SILVA, G. B. P.; ALMEIDA, J. P. N.; SILVA, A. R. F.; Medeiros, P. V. Q. Influência de diferentes tipos de substratos na germinação e desenvolvimento inicial de melão pepino (*Cucumis melo* Var. *Cantalupensis* NAUD.). **Revista Verde**, v. 6, p. 235-239, 2011.
- BENKO-ISEPPON, A. M.; SOARES-CAVALCANTI, N. M.; BERLARMINO, L. C.; BEZERRA NETO, J. P.; AMORIM, L. L. B.; FERREIRA NETO, J. R. C.; PANDOLFI, V.; AZEVEDO, H. M. A.; SILVA, R. L. O.; SANTOS, M. G.; ALVES, M. V. S.; KIDO, E. A. Prospecção de Genes de Resistência à Seca e à Salinidade em Plantas Nativas e Cultivadas. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 06, p. 1112-1134, 2011.
- CAIRES, S. M.; FONTES, M. P. F.; FERNANDES, R. B. A.; NEVES, J. C. L.; FONTES, R. L. F. Desenvolvimento de mudas de cedro-rosa em solo contaminado com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 6, p. 1181-1188, 2011.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Fundação de Apoio e Ensino, Pesquisa e Extensão, 1990. 293p.
- CRAENE, L. P. Floral developmental evidence for the systematic position of *Batis* (Bataceae). **American Journal of Botany**, v. 92, n.4, p. 752-760. 2005.
- DAMIANI, C. **Caracterização e agregação de valor aos frutos do cerrado: araçá (*Psidium guinnensis* SW.) e marolo (*Annona crassiflora* Mart.)**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 171 p. 2009.

DEBEZ, A.; SAADAOU, D.; SLAMA, I.; HUCHZERMAYER, B.; ABDELLY, C.

Responses of *Batis maritima* plants challenged with up to two-fold seawater NaCl salinity.

Journal of Plant Nutrition and Soil Science, v. 173, p. 291–299, 2010.

FLOWERS, T. J. GALAL, H. K.; BROMHAM, L. Evolution of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plants. **Functional Plant Biology**, 2010, v. 37, p. 604–612.

FREIRE, M. B. S.; SOUZA, E. R.; FREIRE, F. J. Fitorremediação de solos afetados pela salinidade. In: **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Ed. Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. Fortaleza, 2010, 472p.

GOLDBLATT, P. Chromosome number and its significance in *Batis maritima* (Bataceae). **Journal of the Arnold Arboretum**. v. 57, p. 536-530, 1976.

GUIMARÃES, L. L.; MONTEIRO, C. C.; MOURA, S. G. B.; LIMA, V. C. S.; BONILLA, O. H.; GOMES-FILHO, E. Tolerância de *Batis maritima* L. submetida a tratamentos salinos. In: **INOVAGRI International Meeting**, 2, Fortaleza, 2014a, p. 4226-4231.

GUIMARÃES, L. L.; MOURA, S. G. B.; SOUSA, L. A.; REIS, A. T.; BONILLA, O. H.; GOMES-FILHO, E. Acúmulo da biomassa de *Batis maritima* L. submetida a tratamentos salinos. In: **INOVAGRI International Meeting**, 2, Fortaleza, 2014b, p. 4521-4525.

GUREVITCH, J; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia vegetal**. 2. ed, Porto Alegre, 2009, 592p.

GURGEL, E. P. **Influência do substrato no crescimento de *Batis maritima* L. (Bataceae) cultivadas em casa de vegetação**. Mossoró: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2013, 42p.

KAGAN, J.; MABRY, T. J. Isohamnertin 3-O-rutinoside, the flavonoid pigment in *Batis maritima*. **Phytochemistry**, v. 8, p. 325–326, 1969.

LONARD, R. I.; FRANK, W. J.; STALTER, R. The Biological Flora of Coastal Dunes and Wetlands: *Batis maritima* C. Linnaeus. **Journal of Coastal Research**: v. 27, n. 3, p. 441-449, 2011.

LÓPEZ, M. D. B.; SÁNCHEZ, S. L. Comunidades halófitas del sector corológico bardenas-monegros en la rioja logroñesa (Logroño, España). In: **Congreso de Botánica en homenaje a Francisco Loscos**, Teruel, 2000, p. 675-686.

LÓPEZ-PORTILLO, J.; EZCURRA, E. Zonation in mangrove and salt marsh vegetation at Laguna de Mecoacan, Mexico. **Biotropica**, v. 21, n. 2, p. 107-114, 1989.

MARCONE, M. F. *Batis maritima* (Saltwort): a nutritious, halophytic, seed bearings, perennial shrub for cultivation and recovery of otherwise unproductive agricultural land affected by salinity. **Food Research International**, v.36, p. 123–130, 2003.

MILBRANDT, E.C.; TINSLEY, M.N. The role of saltwort (*Batis maritima* L.) in regeneration of degraded mangrove forests. **Hydrobiologia**, v. 568, p. 369–377, 2006.

MIYAMOTO, S.; GLENN, E. P.; OLSEN, M. W. Growth, water use and salt uptake of four halophytes irrigated with saline water. **Journal of Arid Environments**, v. 32, p. 141–159, 1996.

MONTEIRO, J. G.; CRUZ, F. J. R.; NARDIN, M. B.; SANTOS, D. M. M. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n.1, p.18-25, 2014.

OLIVEIRA, D. M.; CARA, D. V. C.; XAVIER, P. G.; PAULA, M. S.; SOBRAL, L. G. S.; LIMA, R. B.; LOUREIRO, A. **Fitorremediação: O estado da arte**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007, 49p.

PEREIRA, B. F. F. **Potencial fitorremediador das culturas de feijão-de-porco, girassol e milho cultivadas em latossolo vermelho contaminado com chumbo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2005. 68f.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F. EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**, 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011, 830p.

ROSA, C. L. S.; SOARES, A. G.; FREITAS, D. G. C.; ROCHA, M. C.; FERREIRA, J. C. S.; GODOY, R. L. O. Caracterização físico-química, nutricional e instrumental de quatro acessos de tomate italiano (*Lycopersicon esculentum* Mill) do tipo 'Heirloom' produzido sob manejo orgânico para elaboração de polpa concentrada. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 649-656, 2011.

SANDOVAL, F. J. R.; DELGADILLO, R. R. **Bataceae**. Flora de Jalisco y áreas colindantes, fasc. 23, 22p. 2008.

SANTOS, K. C. F.; SILVA, M. S. L.; SILVA, L. E.; MIRANDA, M. A.; FREIRE, M. B. G. S. Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo de *Atriplex nummularia*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 619-627, 2011.

SANTOS, M. A.; FREIRE, M. B. G. S.; ALMEIDA, B. G.; LINS, C. M. T.; SILVA, E. M. Dinâmica de íons em solo salino-sódico sob fitorremediação com *Atriplex nummularia* e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.4, p.397-404, 2013.

SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX-JUNIOR, J. C. B.; GUIM, A.; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M. V. Potencial of Caatinga forage plants in ruminant feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 204-215, 2010.

SARMENTO, J. D. A. **Caracterização de frutos de ameixa silvestre no semiárido do Nordeste brasileiro**. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 146 f. 2013.

SOUZA, L. A.; LOPES, W. A. L.; ALMEIDA, O. J. G. Morfoanatomia da plântula e do tirodendro de *Arrabidaea mutabilis* Bureau & K. Schum. (Bignoniaceae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, n. 2, p. 131-136, 2007.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado no APG II**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2012, 768p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

VARENNE, A. **Produtividade dos Solos e Ambientes**. 1. ed. Lisboa: Escolar Editora, 2003.490p.

VENTURA, Y.; SAGI, M. Halophyte crop cultivation: The case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. **Environmental and Experimental Botany**. n. 92, p. 144-153, 2013.

**CAPÍTULO 2 - ESTRESSE HÍDRICO E SALINO EM *BATIS MARITIMA* L.
CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS**

2.1 RESUMO

As áreas afetadas pela salinidade estão aumentando em todo o mundo, especialmente em regiões áridas e semiáridas. A fitorremediação tem sido utilizada como alternativa de manejo dessas áreas, através do cultivo de plantas capazes de acumular e/ou retirar sais do solo. Portanto, é importante o estudo acerca da fisiologia dessas espécies para que o processo da fitorremediação seja mais eficiente. Apesar do alto ganho de biomassa de *Batis maritima* em ambientes salinizados, não há trabalhos que investiguem a capacidade desta espécie em sobreviver em ambientes com escassez hídrica. Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar em casa de vegetação a influência de estresses no desenvolvimento de *B. maritima* L. Em casa de vegetação, foi realizado um experimento em blocos ao acaso, com 3 repetições em esquema fatorial 2 x 4 x 2, com 2 tipos de substratos (S1: substrato do ambiente nativo da espécie e S2: areia: argila: húmus (1:1:1)), 4 períodos de rega (I1: irrigação diária, I2: irrigação a cada 10 dias, I3: irrigação a cada 20 dias e I4: irrigação a cada 40 dias), e 2 soluções de irrigação (A1: água fornecida pela CAERN e A2: água fornecida pela CAERN acrescida de 200 mg.L⁻¹ de NaCl). Aos 40 e 80 dias, através de análises destrutivas, foram obtidos prolina livre, proteínas e carboidratos solúveis das folhas. A biomassa seca das porções aéreas e radiculares, o teor relativo de água e os teores foliares de carotenoides totais, clorofilas a, b e totais foram obtidos aos 80 dias, no final do experimento. *B. maritima* foi influenciada negativamente pelo déficit hídrico. O substrato argila, areia e húmus (1:1:1) proporcionou maior crescimento nas plantas irrigadas diariamente, estas também responderam satisfatoriamente quando cultivadas em ambiente natural e irrigadas. As variáveis bioquímicas avaliadas foram reduzidas nas folhas de *Batis maritima* L. estressadas hidricamente.

Palavras-chaves: planta de sal; cultivo; fitorremediação.

2.2 ABSTRACT

The areas affected by salinity are increasing worldwide, especially in arid and semiarid regions. Phytoremediation has been used as a management alternative in these areas, through the cultivation of plants capable of accumulating and/or removing soil salts. Therefore, it is important the study of the physiology of these species for the phytoremediation process more efficient. Despite the high gain *Batis maritima* biomass in saline environments, there are no studies that investigate the ability of this species to survive in environments with water scarcity. Therefore, the aim of this study was in a greenhouse the influence of stress in the development of *B. maritima* L. in the greenhouse, an experiment was conducted in a randomized block design with three replications in a factorial 2 x 4 x 2, 2 substrates (S1: Substrate species native environment and S2: sand + clay + humus (1: 1: 1)), 4 watering times (I1: daily irrigation, I2: irrigation every 10 days, I3 : irrigation every 20 days and I4: irrigation every 40 days) and 2 irrigation solutions (A1: water supplied by CAERN and A2: water supplied by CAERN added 200 mg l⁻¹ NaCl). At 40 and 80 days, through destructive analysis were obtained free proline, soluble proteins and carbohydrates from leaves. The dry biomass of aerial and root portions, the relative water content and leaf content of carotenoids, chlorophyll a, b and total were obtained at 80 days, at the end of the experiment. *B. maritima* was negatively influenced by water deficit, the substrate clay, sand and humus (1: 1: 1) provided the highest growth in irrigated plants daily, they also responded satisfactorily when grown in irrigated and natural environment. The assessed biochemical variables were reduced in *Batis maritima* L. leaves stressed of water.

Keywords: salt plant; cultivation; phytoremediation.

2.3 INTRODUÇÃO

As áreas afetadas pela salinidade estão aumentando em todo o mundo, especialmente em regiões áridas e semiáridas (FLOWERS, et al., 2010), onde a baixa precipitação não é suficiente para lixiviar os sais acumulados na superfície. Pesquisas apontam a fitorremediação como alternativa de manejo dessas áreas, através do cultivo de plantas capazes de acumular sais, retirando-os do solo. Para isso é preciso utilizar espécies vegetais capazes de tolerar elevados níveis de sais e produzir biomassa suficiente para extrair quantidades consideradas desses sais (FREIRE, et al., 2010).

As halófitas são plantas adaptadas a altos níveis de salinidade e têm capacidade de acumular quantidades elevadas de sais em seus tecidos e de extraí-los do ambiente, sendo muito utilizadas na recuperação de solos afetados por sais, técnica denominada de fitoextração, um tipo específico de fitorremediação. Para o sucesso da fitorremediação em solos salino-sódicos, as plantas devem apresentar tolerância ao excesso de sais e alta produção de biomassa nesta condição. Além disso, devem acumular elevados teores de sais na parte aérea, visando possibilitar a remoção dos mesmos com a colheita das plantas. A fitoextração de sais utilizando plantas halófitas é uma alternativa de baixo custo para recuperação de solos salinos, não é agressiva ao ambiente e não requer alto nível tecnológico para sua efetivação (SANTOS et al., 2011).

Batis maritima L., conhecida popularmente como barrilha, pirrichiu, planta de sal, bredo da praia, é um subarbusto perene nativo do nordeste brasileiro, pertencente à família Bataceae, que cresce formando tapetes adensados em regiões à beira de praias, mangues e salinas (SANDOVAL; DELGADILLO, 2008). Apresenta produtividade anual de até 17 t ha⁻¹, em seu habitat natural (DEBEZ et al., 2010) e há relatos de que o rendimento dessa espécie chegou a 1,7 Kg m⁻² a⁻¹ de matéria seca quando cultivadas com salinidade de 500 mM de NaCl (VENTURA; SAGI, 2013). As plantas de *B. maritima* apresentaram 100% de sobrevivência mesmo quando irrigadas com 1000 mM de NaCl (concentração equivalente ao dobro da salinidade da água do mar), o que sugere que a planta utiliza com sucesso o sal para ajuste osmótico (DEBEZ et al., 2010).

Do ponto de vista ecológico, a espécie é considerada colonizadora de ambientes, melhorando a sobrevivência de espécies endêmicas de mangues (MILBRANDT; TINSLEY, 2006) e possui extrema importância na nidificação de aves migratórias e na alimentação de répteis como iguanas (SANDOVAL; DELGADILLO, 2008).

Apesar do alto ganho de biomassa de *B. maritima* em ambientes salinizados (EL SHAER, 2010), não há trabalhos que investiguem a capacidade desta espécie em sobreviver a ambientes com déficit hídrico. A sobrevivência de espécies em ambientes com baixa disponibilidade hídrica é fundamental para a utilização destas na biorremediação de ambientes improdutivos pelo excesso de sais, visto que devido à escassez de chuvas na região semiárida, essas plantas eventualmente estariam expostas a esse estresse. As plantas estressadas pelos sais estão simultaneamente expostas à deficiência hídrica, visto que a exposição a salinidade dificulta a absorção da água, já que os sais elevam o potencial osmótico do solo tornando-o mais negativo, e dessa forma as plantas tendem a perder água para o solo em vez de absorvê-la. Sendo mantidas as características nutricionais, essas plantas poderão ser uma alternativa alimentar para animais em períodos de estiagem e/ou em solos improdutivos pelo excesso de sais.

O objetivo deste trabalho foi estudar em casa de vegetação a influência do déficit hídrico, de diferentes substratos e da salinidade no desenvolvimento de *Batis maritima* L.

2.4 METODOLOGIA

2.4.1 Montagem do experimento

O experimento foi conduzido na Casa de Vegetação anexo ao Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais (LCTV) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) em blocos casualizados com 3 repetições, onde cada uma destas foi constituída por um vaso contendo uma única planta. A luminosidade da casa de vegetação foi controlada por sombrite que barra 70% de irradiância e a irrigação foi realizada de forma manual de acordo com a capacidade de campo, uma vez por dia. Estacas com aproximadamente 15 cm de altura foram retiradas com auxílio de uma tesoura de poda de plantas matrizes de mesma população, no município de Areia Branca localizado a latitude de 04° 55' 55.6" S e longitude de 37° 05' 58.6" W nas proximidades da Praia do Paraíso. Um espécime de *B. maritima* L. foi herborizado e está depositado no Herbário Dárdano de Andrade Lima (Herbário MOSS), sob o número de tomo 14522.

Para avaliar a influência do substrato, suspensão da irrigação e salinidade, as estacas foram plantadas em vasos de polietileno com capacidade para 8 L contendo os seguintes substratos: S1- areia + argila + húmus da marca polifétil® (1:1:1) ou S2- Substrato natural da referida espécie. Aliados a esses substratos foram avaliados também quatro intervalos de irrigação: I1- irrigação diária; I2- irrigação a cada 10 dias; I3- irrigação a cada 20 dias; I4- irrigação a cada 40 dias. A água utilizada na irrigação foi fornecida pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e para os tratamentos salinos, houve acréscimo de 200 mg.L⁻¹ de NaCl. Cada grupo de plantas teve os substratos, os intervalos de rega e a presença ou ausência de NaCl na solução, combinados obedecendo ao esquema fatorial 2 (substratos) x 4 (intervalos de irrigação) x 2 (soluções de água para irrigação), totalizando 16 tratamentos, com 3 blocos, onde cada repetição foi formada por 3 vasos contendo uma planta em cada, perfazendo um total de 48 unidades experimentais por bloco. O experimento foi montado em novembro de 2013, após a uniformização das plantas (30 dias após a montagem do experimento) iniciou-se a aplicação dos estresses.

As águas utilizadas para irrigação foram analisadas por uma semana nos seguintes parâmetros: pH, condutividade, salinidade, temperatura e sólidos totais dissolvidos (TDS). Para isso foi utilizado equipamento multi parâmetro, sendo feitas análises diretas nos recipientes de armazenamento (baldes de 60 L com tampa). Os resultados obtidos podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1- Caracterização físico-química das águas de irrigação utilizadas no experimento. UERN, Mossoró, RN, 2014.

| Água utilizada | PH | Condutividade μS | Salinidade ppm | Temperatura $^{\circ}\text{C}$ | TDS ppm |
|---|------|--------------------------------|-------------------|-----------------------------------|---------|
| CAERN | 8,54 | 354 | 234 | 29,4 | 254 |
| CAERN + 200 mg.L ⁻¹ de NaCl | 8,46 | 511 | 334 | 28,4 | 362 |

Como parte do substrato foi utilizado um fertilizante orgânico, cuja matéria prima era composta por esterco bovino e esterco de galinha, que não possuía especificações granulométricas. As características garantidas pelo fabricante encontram-se na tabela (2). O substrato do ambiente natural foi coletado na mesma localidade de onde coletou-se os espécimes de *B. maritima*, no município de Areia Branca localizado a latitude de 04° 55' 55.6" S e longitude de 37° 05' 58.6" W nas proximidades da Praia do Paraíso. O solo foi coletado de 0 a 20 cm de profundidade com auxílio de pá reta.

Tabela 2- Composição e características químico-físicas do húmus utilizado. UERN, Mossoró, RN, 2014.

| N total % | Umidade % | Carbono orgânico % | pH | C/N gL ⁻¹ | CTC mmolc.dm ⁻³ |
|-----------|-----------|-----------------------|-----|----------------------|----------------------------|
| 1,0 | 50,0 | 15,0 | 6,0 | 18/1 | 80 |

Os substratos foram caracterizados quanto ao pH, TDS (total de sólidos dissolvidos), salinidade total, textura e densidade aparente (DA). O pH, o TDS e a salinidade total (Tabela 3) foram obtidas por análise direta, onde 1,0 g de cada tipo de solo foi posto em béquer de 100 mL, com 25 mL de água, a qual foi agitada junto com a amostra do material e após 1 h, o eletrodo foi introduzido para coleta dos resultados. A granulometria para análise textural (Tabela 3) foi realizada através do método da peneiração onde, 15,0 g de cada tipo de solo passaram por peneiras de 10, 60 e 150 meshe através da pirâmide textural e as proporções de cada fração foram traçadas para identificação da textura do solo. A DA foi determinada pelo método da proveta conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (1997), onde os substratos foram postos para secar em estufa a 105 °C e em seguida pesou-se a quantidade de solo necessária para aferir 100 mL em proveta. O material foi inserido e compactado com

batidas na proveta em superfície emborrachada, repetindo-se este processo três vezes. Todas as análises de solo foram feitas com cinco repetições.

Tabela 3- Características físico-químicas dos substratos utilizados. UERN, Mossoró, RN, 2014.

| Substrato | PH | Salinidade total ppt | TDS ppt | Textura | DA g.cm ⁻³ |
|----------------------------|--------------------|----------------------|---------|-----------------|-----------------------|
| Areia:argila:húmus (1:1:1) | 7,54 (neutro*) | 1,36 | 1,38 | Franco-argilosa | 1,89 |
| Ambiente natural | 6,51 (pouco ácido) | 4,98 | 4,74 | Franco-argilosa | 1,88 |

*Segundo classificação de Varennes (2003).

2.4.2 Análises de crescimento

2.4.2.1 COMPRIMENTO

Para as análises de comprimento, foi selecionados o maior ramo, foram utilizadas 3 plantas por tratamento de cada bloco. Essa variável foi mensurada aos 40 e 80 DAE (dias após estresse), com auxílio de uma trena.

2.4.2.2 DIÂMETRO CAULINAR

O diâmetro do caule das estacas foi obtido aos 80 DAE em 3 plantas de cada tratamento por bloco com auxílio de um paquímetro digital (o valor foi obtido pelo somatório das medidas de todos os ramos da planta).

2.4.2.3 BIOMASSA SECA

Ao término de 80 DAE foram realizadas análises destrutivas para obtenção da biomassa seca das porções aérea e radicular em 3 plantas por tratamento de cada bloco. No ato da coleta, efetuou-se a lavagem com água corrente de ambas as partes para a remoção do substrato e em seguida o material foi separado, identificado e acondicionado em sacos de papel kraft. Após esse procedimento o material foi posto a secar em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C até atingir o peso constante, cerca de 72 h e em seguida parte aérea e radicular foram individualmente pesadas em balança semi-analítica para obtenção da biomassa seca.

Para quantificação do material vegetal colhido antes dos 80 DAE (material utilizado em análises bioquímicas executadas antes do final do experimento) foram calculados fatores de correção, através da coleta aleatória de 10 amostras com massa de 1,0, 0,75 e 0,3 g (correspondendo a biomassa utilizada para as análises de pigmentos fotossintetizantes e carotenoides, prolina livre e carboidratos solúveis, respectivamente). Estas amostras foram postas para secar nas mesmas condições descritas acima e a média foi adicionada aos valores de biomassa obtidos da parte aérea nas plantas onde foi feita a retirada.

2.4.2.4. TEOR RELATIVO DE ÁGUA

Para avaliar o teor relativo de água (TRA), foram selecionadas três folhas entre a 4ª e 10ª folha a partir do ápice do maior ramo, estas foram retiradas com auxílio de tesoura cirúrgica e imediatamente pesadas para obtenção do peso fresco. Em seguida, as folhas foram dispostas em placa de Petri forrada com papel de filtro embebida com 3 mL de água destilada, onde permaneceram por 10 horas no escuro em câmara tipo BOD a uma temperatura de ± 25 °C. Após esse período as folhas foram novamente pesadas para determinação do peso túrgido e postas a secar em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C, até obtenção de peso constante. Após a obtenção do peso seco, o TRA foi quantificado pela seguinte fórmula: $TRA = \left(\frac{Pf - Ps}{Pt - Ps} \right) * 100$, expresso em percentagem (%), onde Pf, Ps e Pt correspondem respectivamente ao peso fresco, peso seco e peso túrgido. Para esta análise utilizou-se 3 plantas de cada tratamento em cada bloco e seguiu-se a metodologia proposta por Hall et al. (1993).

2.4.3 Análises bioquímicas

2.4.3.1 CARBOIDRATOS SOLÚVEIS

Os teores de carboidratos solúveis foram obtidos de acordo com a metodologia descrita por Dubois et al. (1956), onde 0,3 g de matéria foliar fresca foram maceradas com etanol 80% (v/v) e em seguida aquecidas em banho Maria a 60 °C por 30 minutos. Logo após, as amostras foram centrifugadas a 1433 g (força de gravidade) em temperatura de 4°C por 30 min. Ao sobrenadante obtido adicionou-se 1,0 mL de clorofórmio e 1,0 mL de água destilada e após um período de 45 minutos, uma alíquota de 200 μ L foi retirada, adicionando-se a esta

1,8 mL de água destilada. Após esta diluição foi retirada uma nova alíquota de 500 µL a qual acrescentou-se 500 µL de fenol a 5% (v/v) e 2,5 mL de ácido sulfúrico PA. As amostras foram incubadas a temperatura ambiente por 15 minutos e após esse período foram agitadas em vortex sendo em seguida, efetuadas as leituras em espectrofotômetro a 485 nm.

Para a curva de calibração utilizou-se glicose como padrão para estimativa da quantidade de açúcares solúveis em cada amostra. Foram feitas diluições a partir de uma solução aquosa de glicose a uma concentração de 100 mg/100 mL, onde obteve-se concentrações de 0,0, 10,0, 20,0, 30,0, 40,0, 50,0, 60,0, 70,0, 80,0 e 90,0 µg/mL de glicose. Após o preparo de todos os padrões e amostras, foram realizadas leituras em espectrofotômetro no comprimento de onda de 485nm, em cubetas de vidro, para gerar a curva de calibração e quantificar cada tratamento. Como controle negativo foi utilizado um branco com 3 mL de água destilada como amostra. Para o cálculo da concentração de carboidrato, utilizou-se a equação obtida a partir da curva padrão: $Y = (0,0077 * x) + 0,0325$, onde Y corresponde a concentração de carboidratos e x a absorbância obtida.

2.4.3.2 PROTEÍNAS SOLÚVEIS

Para extração das proteínas solúveis seguiu-se a metodologia proposta por Stefanuto (2002) e para tanto, foram utilizadas 0,1 g de matéria foliar seca a qual foi macerada com uma solução de extração (tris-HCl pH 6,8, 2-mercaptoetanol, SDS-10% (p/v), glicerol, DMSO, PVP 40 e água destilada). Após a maceração as amostras ficaram em repouso por 1 h a temperatura ambiente. Em seguida a mistura foi fervida por 3 min e após resfriamento, as amostras foram centrifugadas a 436 g. Uma alíquota de 100 µL dessa mistura foi utilizada para quantificação de proteínas solúveis de acordo com a metodologia de Bradford (1976).

A alíquota foi misturada ao corante Coomassie Brilliant Blue G, etanol PA, ácido fosfórico PA e água destilada para leitura em espectrômetro a 595 nm. Para obtenção da concentração de proteínas solúveis utilizou-se uma solução padronizada de albumina sérica bovina (BSA) a 100 mg/mL em diferentes concentrações: de 0,0 a 1,6 mg/mL. Os ensaios foram realizados em triplicata, onde cada tudo de ensaio correspondente a cada concentração, recebeu 3,0 mL do reagente de Bradford, sendo cada solução transferida para uma cubeta de vidro para fazer leituras a 595 nm, em espectrofotômetro.

Para o cálculo da concentração de proteínas, utilizou-se a equação obtida a partir da curva padrão: $Y = 0,5325 x + 0,0111$, onde Y corresponde a concentração de proteínas solúveis e x a absorbância obtida no comprimento estudado.

2.4.3.3 PROLINA LIVRE

Para quantificação da prolina livre foram utilizadas 0,750 g de folhas frescas colhidas entre 8 e 9 horas da manhã, mediante método de Bates et al. (1973). O material foi macerado com 15,0 mL de ácido sulfussalicílico a 3% (p/v) e em seguida centrifugado a 560 g durante 3 min. Adicionou-se a tubos de ensaio com tampa, 3,0 mL do sobrenadante, 3,0 mL de ácido acético glacial PA e 3,0 mL de ninhidrina ácida. A mistura foi aquecida por 1 h a 100 °C, as amostras foram resfriadas com banho de gelo e em seguida adicionou-se 6,0 mL de tolueno PA para a separação das fases e após esse procedimento realizou-se a leitura em espectrômetro a 520 nm. Os dados de absorbância foram obtidos mediante a seguinte

$$\text{equação: } \frac{\frac{(\mu\text{g prolina mL}^{-1} * \text{mL tolueno})}{115,5 \mu\text{g}\mu\text{mol}^{-1}}}{\frac{\text{g amostra}}{5}}.$$

2.4.3.4 PIGMENTOS

Os carotenóides totais, a clorofila a, b e totais foram quantificados aos 80 DAE conforme metodologia de Dere et al., (1998). Para isso, 1,0 g de material foliar fresco foi macerado com 50,0 mL de metanol PA no escuro, e em seguida foi realizada a centrifugação a 89 g por 1 min. O material obtido foi filtrado utilizando tecido organza, sendo este em seguida centrifugado a 560 g por 10 min. Foram feitas leituras em espectrômetro a 662, 646 e 470 nm respectivamente para clorofila a, clorofila b e carotenoides totais. Os valores de clorofila totais foram obtidos pelo somatório das clorofilas a e b. Os valores de absorbância foram obtidos utilizando as seguintes equações: clorofila a = $((15,65 * (Abs\ 662) - 7,34 * (Abs\ 646)))$, clorofila b = $((27,05 * (Abs\ 646) - (11,21 * (Abs\ 662)))$, clorofila total = $Clorofila\ a + clorofila\ b$ e carotenoides totais = $\frac{((1000 * Abs\ 470) - (2,86 * Ca) - (129,2 * Cb))}{245}$, onde Abs 470, 646, 662 corresponde as absorbâncias obtidas nos respectivos comprimentos de onda de 470, 646 e 662 nm. Ca e Cb correspondem aos valores obtidos de clorofila a e clorofila b respectivamente.

2.4.4 Análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizado (DBC), com 3 repetições, cada uma delas contendo 3 plantas, uma em cada vaso. Os dados foram

transformados em $\sqrt{x} + \alpha$, com α 0,5. Os valores obtidos foram submetidos a análise de variância (ANAVA), tendo suas médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de significância com o auxílio do programa estatístico ESTAT[®] da UNESP (Universidade Estadual Paulista).

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.5.1 Análises de crescimento

Os resultados obtidos mostram redução do crescimento nos tratamentos com suspensão hídrica e que houve influência da interação deste fator com o dos substratos de cultivo no desenvolvimento desta espécie. O substrato formulado em casa de vegetação (areia + argila + húmus de iguais proporções) proporcionou um maior crescimento dos espécimes de *Batis maritima* L. irrigados diariamente para a avaliação feita aos 40 DAE (Figuras 1 e 2). Aos 80 DAE as plantas irrigadas diariamente quando cultivadas em substrato contendo areia + argila + húmus continuaram apresentando crescimento superior, já no intervalo de irrigação a cada 10 dias observou-se um maior crescimento das plantas cultivadas em substrato do ambiente natural (Figuras 3 e 4).

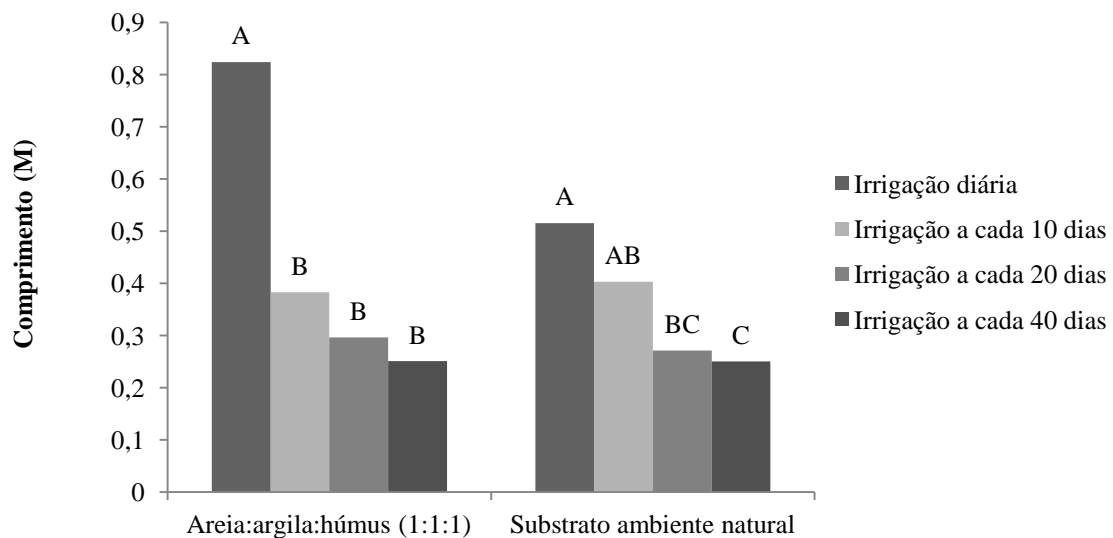


Figura 1- Comprimento (aferido aos 40 dias) do maior ramo de plantas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação, desdobramento dos intervalos de irrigação dentro de cada substrato. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada substrato, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (** $P \leq 0,01$).

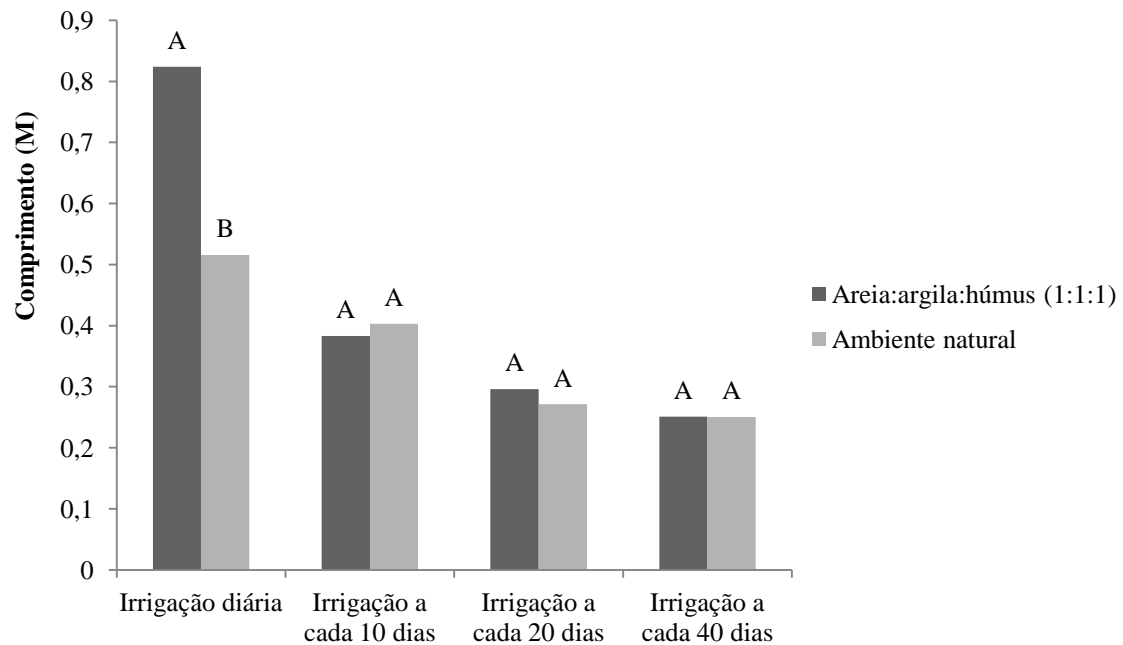


Figura 2- Comprimento (aferido aos 40 dias) do maior ramo de plantas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação, desdobramento dos diferentes substratos dentro de cada intervalo de irrigação. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada intervalo de irrigação, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (** $P \leq 0,01$).

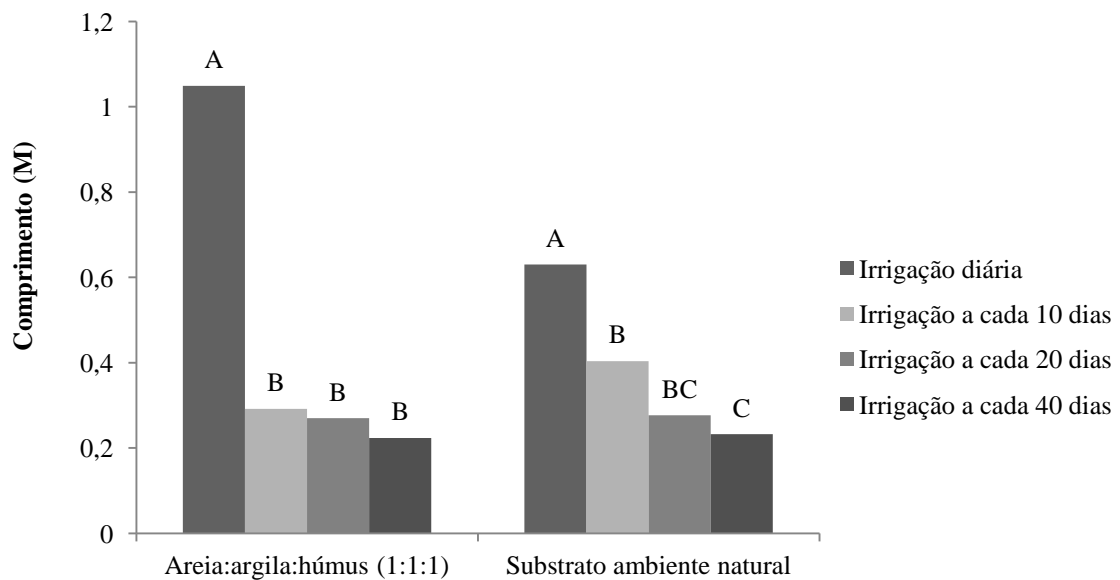


Figura 3- Comprimento (aferido aos 80 dias) do maior ramo de plantas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação, desdobramento dos intervalos de irrigação dentro de cada substrato. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada substrato, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (** $P \leq 0,01$).

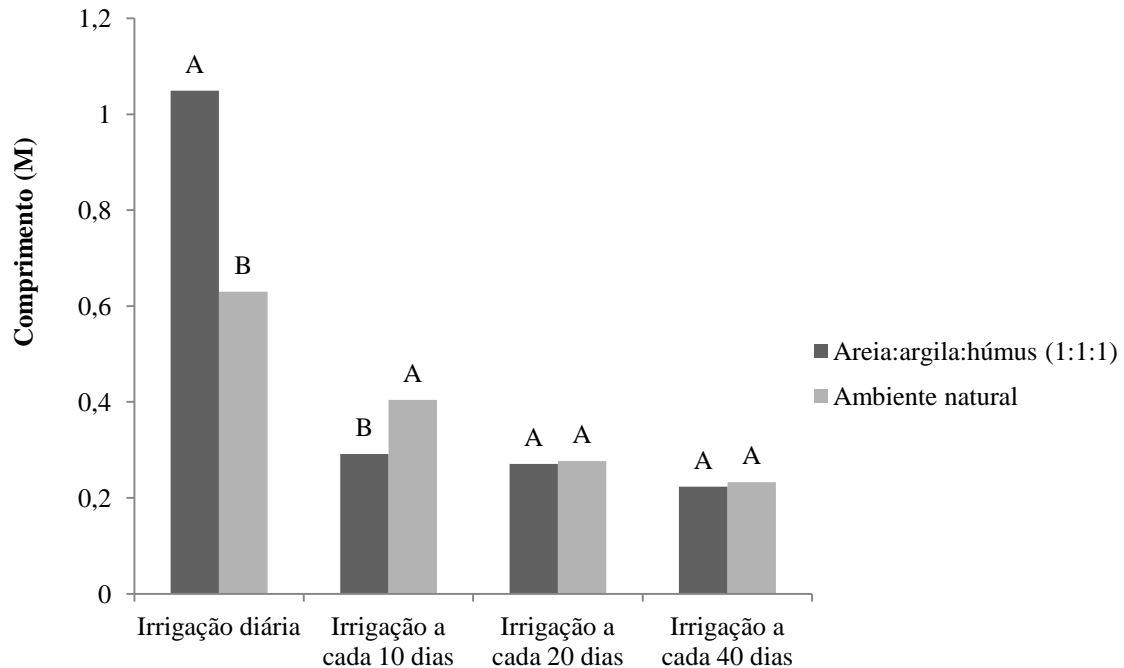


Figura 4- Comprimento (aferido aos 80 dias) do maior ramo de plantas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação, desdobramento dos substratos dentro de cada intervalo de irrigação. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada intervalo de irrigação, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (* $P \leq 0,05$).

A escassez de água faz com que as plantas reduzam sua área fotossintetizante, visto que a abertura dos estômatos para captura de CO_2 culmina com a perda de água pela planta e consequentemente, redução no seu crescimento. Aliado à resistência estomática, a diminuição na síntese dos pigmentos fotossintéticos observados neste trabalho (Figura 16), também pode ter contribuído para redução do crescimento das plantas.

Outras evidências observadas no presente trabalho foram a redução da área foliar e sua senescência. Esses dados não foram quantificados, no entanto, foi possível visualizar esses eventos nas plantas estressadas hidricamente. Redução na altura de mudas de tamarindeiras também foi observada por Melo et al. (2014), quando submetidas a déficit hídrico.

Carvalho et al., (2005) atribuíram a redução da altura de plantas submetidas a uma capacidade de campo de 50%, à inibição ou interrupção do crescimento de raízes que, consequentemente, causou diminuição no suprimento de nutrientes às plantas. Segundo Melo et al., (2014) sob condições de estresse há uma tendência das plantas acumularem uma maior porcentagem de biomassa no sistema radicular como forma de adaptação (MELO et al., 2014).

Apesar de não haver influência significativa, quando avaliou-se individualmente a solução salina de irrigação, pôde-se verificar que o substrato de cultivo coletado no ambiente de ocorrência natural da espécie estudada neste trabalho, apresentava alta salinidade total

(Tabela 3). Isto contribuiu para uma menor produção de biomassa nos tratamentos cultivados neste substrato, visto que a presença de sais no solo torna o seu potencial mais negativo, e quanto mais negativo mais dificuldade das plantas conseguirem absorver água. Resultados semelhantes foram obtidos por Coelho et al. (2013), os quais mostraram que o feijoeiro teve seu crescimento afetado pelos níveis de salinidade do solo, apresentando alterações morfológicas (folhas menores e menor número de folhas) que também contribuíram para um consumo menor de água, pela planta.

O trabalho de Coelho et al. (2013) comprovou que a redução do crescimento se deu em função dos sais acrescentados a esses solos. Os autores atribuíram a redução do crescimento à diminuição do potencial osmótico da solução do solo, que além de ocasionar maior dificuldade de absorção de água, causa também toxicidade iônica em função do acúmulo excessivo de determinados íons, o que acarreta geralmente interferência na absorção de elementos considerados essenciais ao desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Outro fator que merece destaque é o suprimento de matéria orgânica que no substrato formulado (areia + argila + húmus) foi de 33,3%, o que pode ter favorecido o crescimento das plantas, visto que este possuía alta relação C/N que é fundamental para o crescimento das plantas. Resultados similares foram obtidos por Gurgel (2013), que observou maior produção de biomassa fresca e maior taxa de crescimento relativo de *B. maritima* no substrato com as mesmas proporções de areia, argila e húmus. No entanto, Noaman (2004) não observou melhorias no crescimento de plantas de *B. maritima* quando cultivadas em diferentes doses de N e P aliadas a irrigação com solução salina de 20 g.L⁻¹.

Com relação ao somatório dos diâmetros, os dados também foram significativos quanto à deficiência hídrica, sendo a interação desta com o substrato de cultivo igualmente significativas. Observou-se que as plantas cultivadas no substrato contendo areia, argila e húmus (1:1:1) apresentaram diâmetros superiores entre os substratos estudados aliado a irrigações diárias (Figuras 5 e 6). A redução do potencial hídrico causa diminuição da expansão celular que pode ser refletida no crescimento total da planta. Quando há um acúmulo de prolina essa expansão pode ser mantida na maioria das vezes, visto que este aminoácido é um importante protetor de membranas vegetais. No entanto, no nosso estudo não foi observado acúmulo de prolina nas plantas estressadas (Figura 15), e também não foi mantido o crescimento das plantas com exceção dos tratamentos controle.

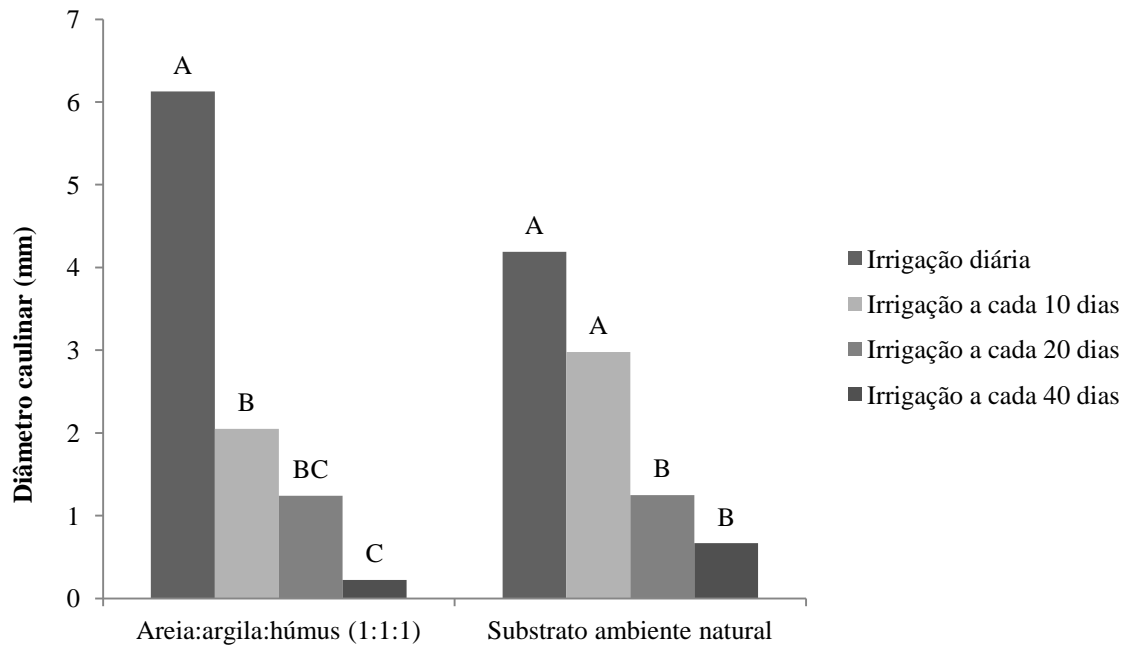


Figura 5- Diâmetro caulinar (mm) de plantas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos intervalos de irrigação dentro de cada substrato UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada substrato, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (* $P \leq 0,01$).

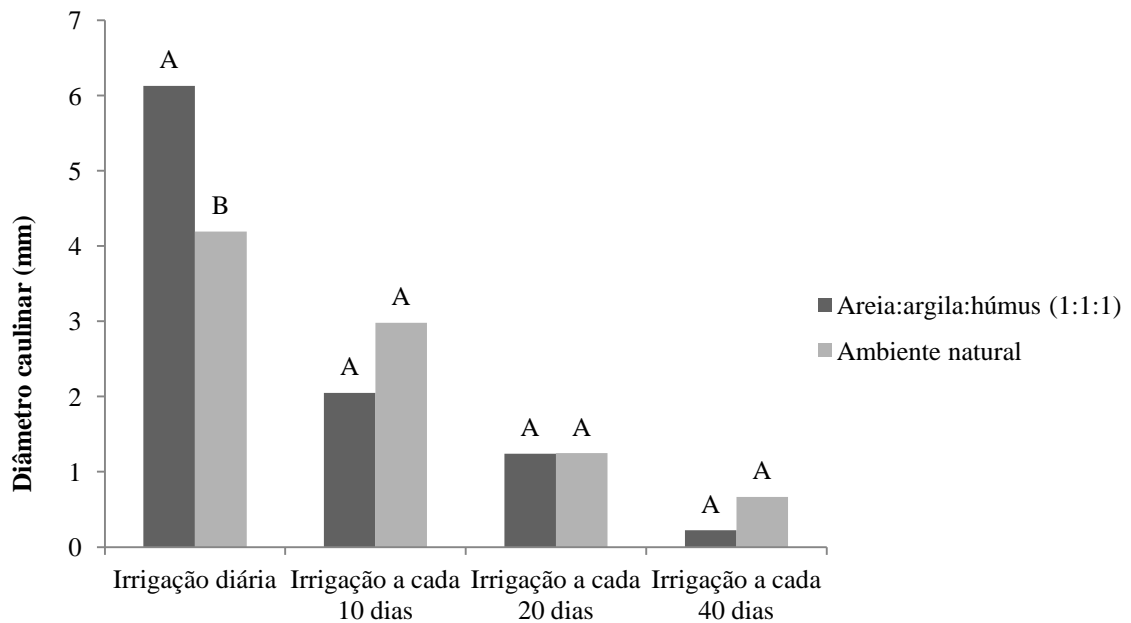


Figura 6- Diâmetro caulinar (mm) de plantas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos substratos dentro de cada intervalo de irrigação. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada intervalo de irrigação, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (* $P \leq 0,01$).

Observou-se redução na produção de biomassa seca tanto da parte aérea como das raízes (figuras 7, 8, 9 e 10). Essa redução foi significativa quando avaliou-se o déficit hídrico, e a interação deste fator com os substratos utilizados no cultivo. O déficit hídrico causa a

perda de turgescência das células das plantas, afetando vários processos fisiológicos, como a expansão celular, conseqüentemente, o primeiro sintoma do estresse hídrico é a diminuição no desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

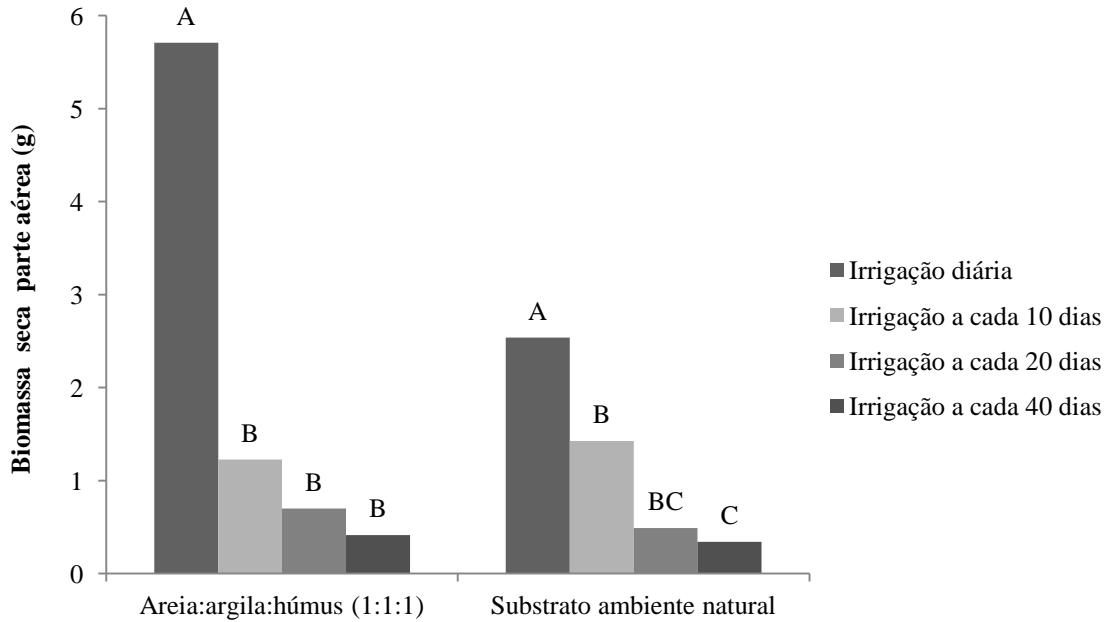


Figura 7- Biomassa seca de parte aérea de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos intervalos de irrigação dentro de cada substrato. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada substrato, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (** P ≤ 0,01).

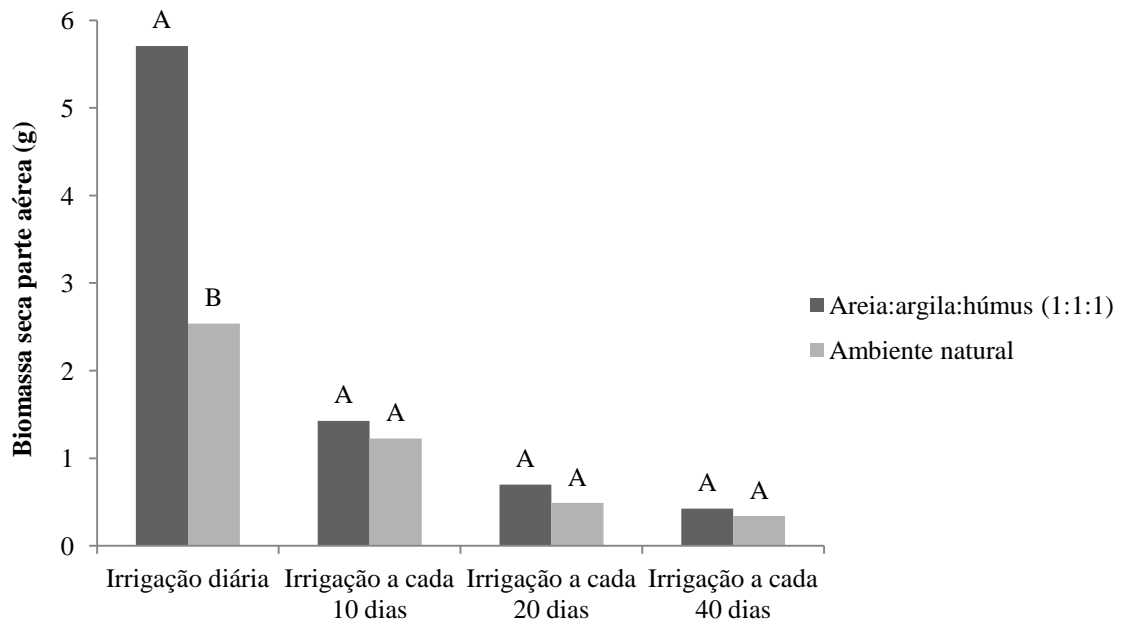


Figura 8- Biomassa seca de parte aérea de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos substratos dentro de cada intervalo de irrigação. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada intervalo de irrigação, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (** P ≤ 0,01).

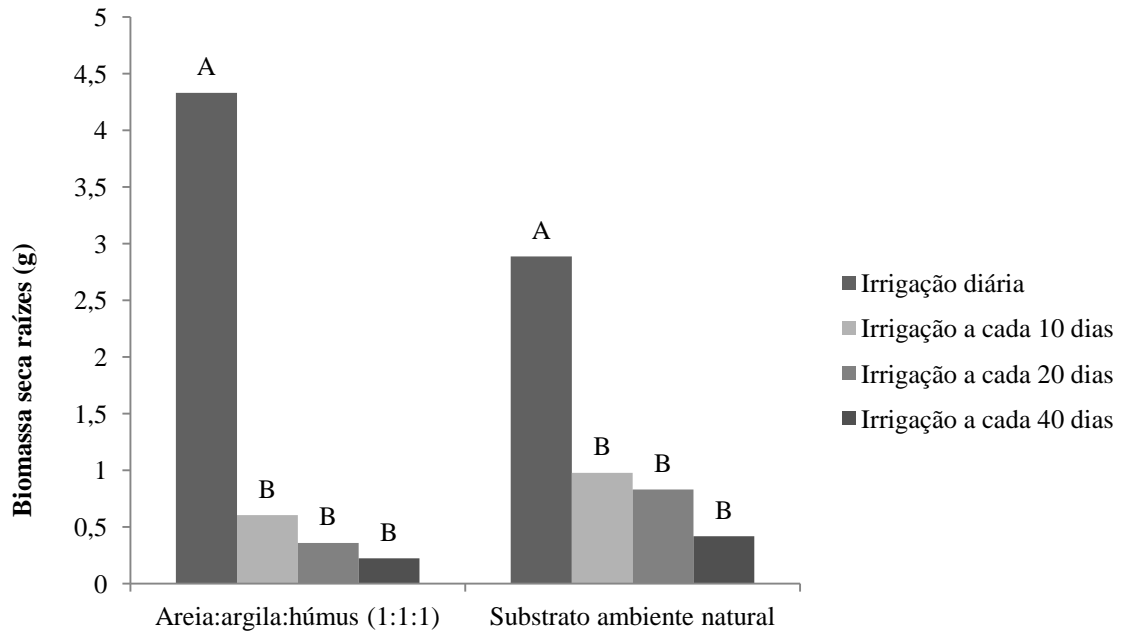


Figura 9- Biomassa seca de raízes de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos intervalos de irrigação dentro de cada substrato. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada substrato, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (** $P \leq 0,01$).

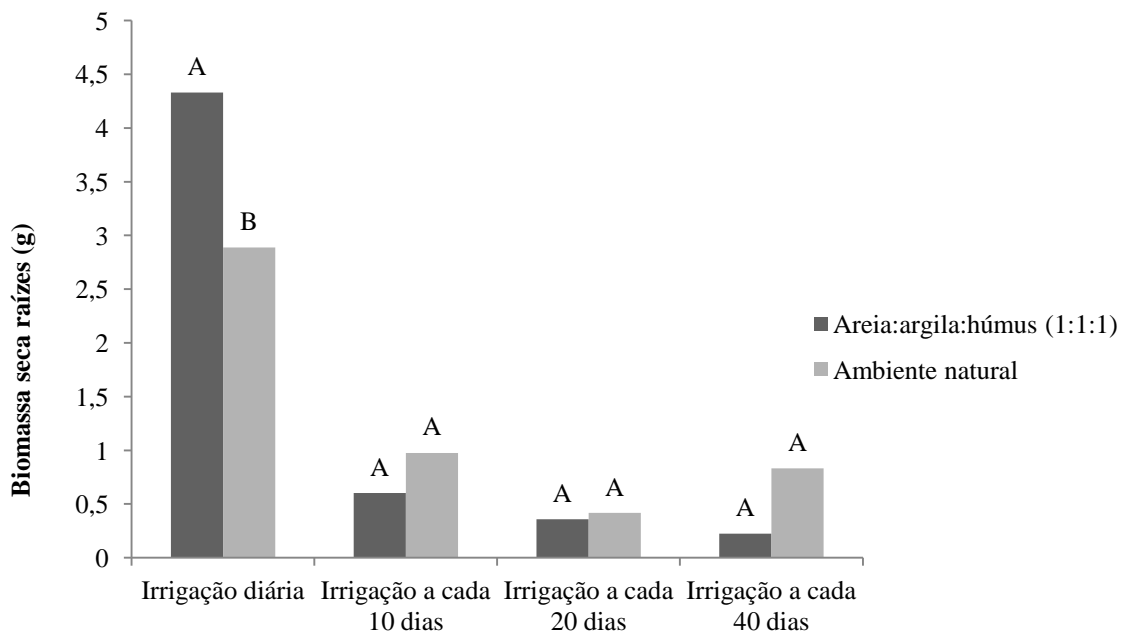


Figura 10- Biomassa seca de raízes de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos substratos dentro de cada intervalo de irrigação. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada intervalo de irrigação, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (** $P \leq 0,01$).

O déficit hídrico pode mudar a partição de assimilados entre as raízes e parte aérea, o que pode causar grande efeito na produtividade da planta, diminuindo também acumulação de

biomassa na sua parte aérea (MELO et al., 2014). Também foram observadas reduções significativas na biomassa seca em tomateiros sob estresse hídrico e salinidade (SILVA JÚNIOR, 2012) e no feijoeiro *vigna* quando cultivados em diferentes níveis de salinidade (COELHO et al., 2013).

Com relação ao teor relativo de água (TRA), verificou-se que as plantas cultivadas em areia-argila-húmus apresentaram redução desta variável já no regime de irrigação a cada 10 dias. Em contrapartida o substrato natural, embora tenha apresentado níveis de sais mais altos, proporcionou TRA mais elevados nesse mesmo período e nesse substrato a redução no teor relativo de água só foi evidenciada nos intervalos de 20 e 40 dias (Figuras 11 e 12). O TRA pode se manter constante em plantas estressadas hidricamente ou com diferentes níveis de salinidade, quando estas investem na produção de osmorreguladores que permitem que o potencial hídrico celular fique mais negativo em relação ao solo. As reduções observadas neste experimento mostram que os baixos níveis de prolina foliares, provavelmente não foram suficientes para manter a absorção de água nas plantas estressadas hidricamente.

O próprio sódio absorvido pelas plantas podem ter servido como osmorregulador, este melhora o estado hídrico das plantas durante a escassez hídrica, esse íon causa o fechamento mais rápido dos estômatos e uma abertura mais tardia, o que significa que os estômatos permanecem fechados durante mais tempo, sendo a transpiração mais baixa e a conservação da água maior. O sódio também acumula-se mais rapidamente do que o potássio nos vacúolos, o que resulta numa expansão celular mais precoce, no entanto, o transporte de sódio para o vacúolo celular necessita de água e em estresse hídrico severo a turgidez pode ser comprometida (VARENNES, 2003).

Marques et al. (2011), relatam que os níveis do TRA mantiveram-se similares ao tratamento controle quando as plantas de *Eugenia uniflora* L. foram irrigadas com solução salina de 30, 60 e 90 mM de NaCl. Esses autores sugerem que as mudas de pitangueira ajustaram-se osmoticamente como forma de assegurar a manutenção do turgor e a entrada de água para o crescimento celular de forma a manter sua atividade metabólica. De forma semelhante, Ragagnin et al. (2014) comprovaram que o acúmulo de prolina nas plantas de *Lippia gracilis* Shauer irrigadas com diferentes soluções salinas mantiveram o TRA elevados, variando 60-68% aos 20 dias de estresse e de 66-73% aos 40 dias de estresse.

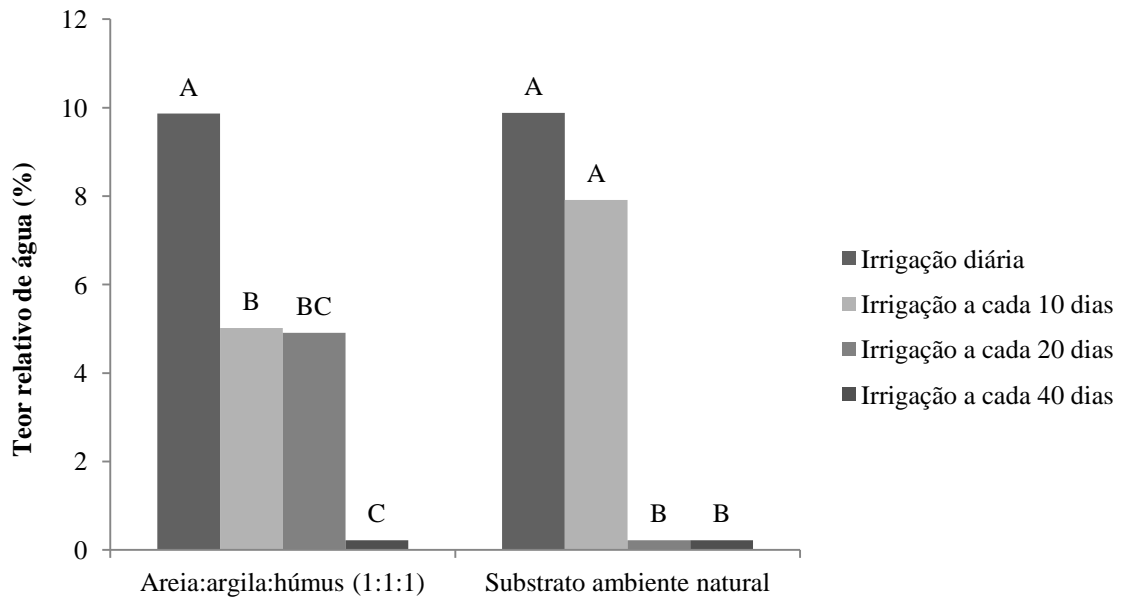


Figura 11- Teor relativo de água de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos intervalos de irrigação dentro de cada substrato. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada substrato, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (** $P \leq 0,01$).

Embora em grande parte dos trabalhos seja comprovado que o aumento da prolina é uma estratégia para manter os TRA elevado, resultados divergentes foram obtidos por Nogueira et al. (2001), os quais observaram que plantas de *Malpighia emarginata* DC (aceroleira) estressadas hidricamente, com irrigações a cada 20 dias, mesmo acumulando elevados teores de prolina em relação ao tratamento controle, apresentaram um reduzido teor relativo de água.

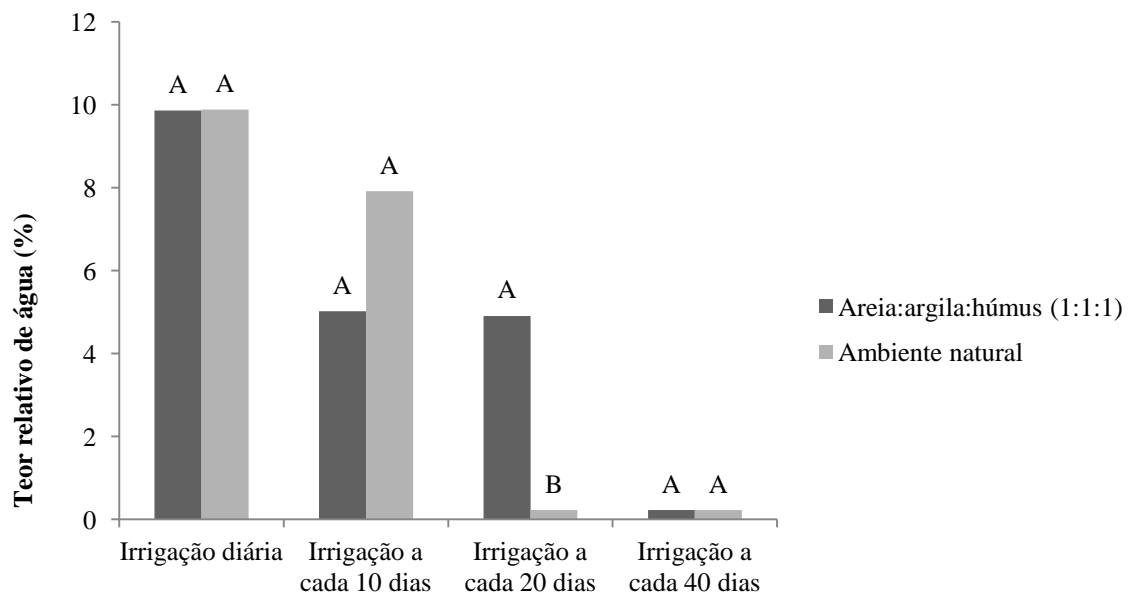


Figura 12- Teor relativo de água de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação durante 80 dias, desdobramento dos substratos dentro de cada intervalo de irrigação. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada intervalo de irrigação, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (** $P \leq 0,01$).

2.5.2 Análises bioquímicas

Os metabólitos produzidos pelas plantas podem variar conforme a disponibilidade de nutrientes, condição hídrica, salinidade, sazonalidade, temperatura, luminosidade e estágio de desenvolvimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2009). Todas as variáveis bioquímicas foram significativas somente quando isolado o fator suspensão hídrica, não havendo assim interação com nenhum dos fatores.

Os teores de carboidratos solúveis decaíram conforme o aumento do intervalo de irrigação em ambas as épocas avaliadas (Figura 13), sendo estes valores significativos a 5% de significância. A diminuição dessa produção se deve ao fato das plantas estressadas manterem seus estômatos fechados para evitar a perda de água e em contrapartida deixam de captar o CO₂ atmosférico, diminuindo assim a produção de fotoassimilados, conforme pôde ser observado nas reduções de crescimento (Figuras 1 a12).

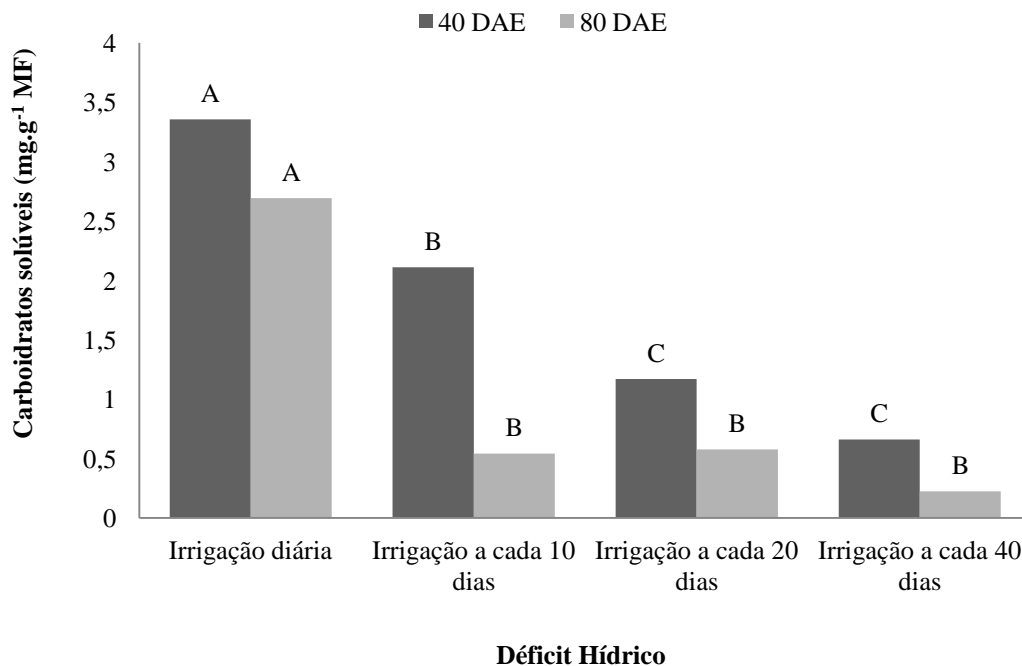


Figura 13- Carboidratos solúveis em folhas frescas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação e submetidas a 40 e 80 dias de estresse hídrico. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada intervalo de irrigação, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (** P ≤ 0,01).

Esses resultados indicam que a taxa fotossintética não foi mantida nos tratamentos estressados, com mudanças mais bruscas no segundo período de avaliação, onde somente o tratamento controle manteve-se superior aos demais.

Resultados semelhantes foram observados por Melo et al. (2007), os quais verificaram diminuição na concentração de açúcares solúveis em folhas e raízes de setária, em condições de deficiência hídrica. De acordo com os autores, esse fato pode ser um indicativo de um baixo potencial osmorregulatório desta espécie, e possivelmente, esta diminuição está associada ao consumo destas moléculas para a manutenção da sobrevivência, uma vez que a fotossíntese também caiu bruscamente quando estressadas hidricamente, chegando a taxas de aproximadamente 3,5 vezes menor que as plantas do tratamento controle.

Por outro lado, em condições não tão severas de déficit hídrico, o vegetal pode evitar a redução na turgescência celular iniciando medidas osmorregulatórias, como a síntese de compostos orgânicos e a conversão do amido em carboidratos solúveis, garantindo deste modo o influxo de água e a manutenção do volume da célula (FANTI; PEREZ, 2004).

Os resultados mostram que houve um decréscimo nos níveis de proteínas solúveis a partir do 2º intervalo de irrigação (irrigação a cada 20 dias) aos 40 DAE e a partir do 1º intervalo (irrigação a cada 10 dias) aos 80 dias após estresse (Figura 14).

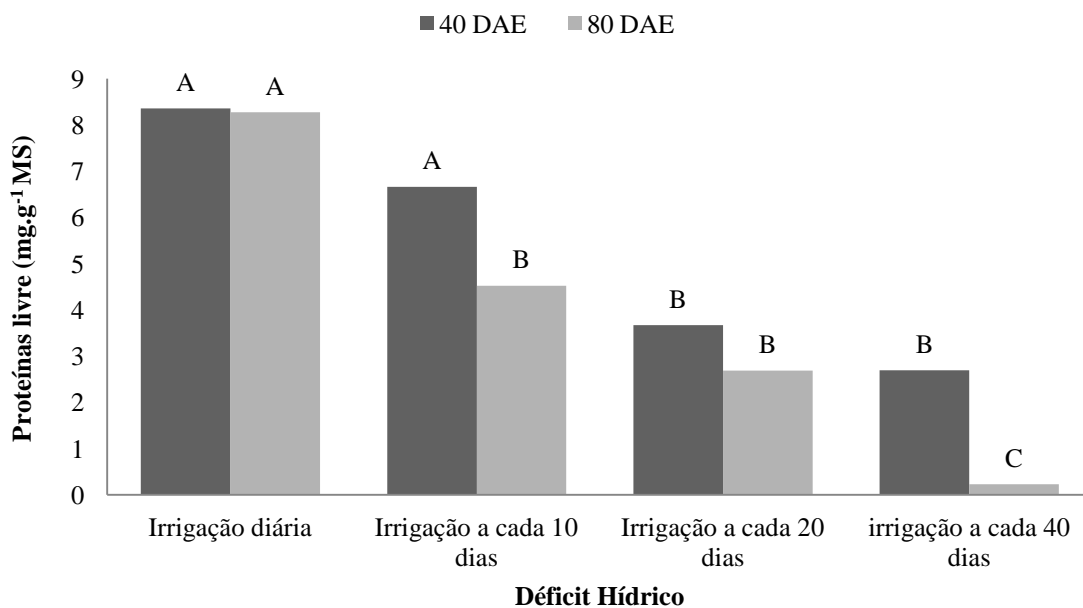


Figura 14- Proteínas livre em folhas secas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação e submetidas a 40 e 80 dias de estresse hídrico. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada intervalo de irrigação, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (** P ≤ 0,01).

O estresse hídrico afeta intensamente o metabolismo do nitrogênio nas plantas, o que acarreta diminuição na síntese de proteínas e acumulação de aminoácidos, amônia e poliaminas livres (BRITO et al., 2008). Os teores de proteínas podem variar de acordo com a

idade das folhas estudadas, e por isso observa-se normalmente uma diminuição das mesmas em tecidos novos, onde o estresse hídrico provoca rápida inibição da síntese proteica, seguida de eventual perda de proteínas.

Alguns autores (MAIA et al., 2007; LECHINOSKI et al., 2007) atribuem essa redução ao aumento de proteases, que são proteínas que possuem a função enzimática de degradar outras proteínas, essa degradação ocorre em função de uma quebra nas ligações peptídicas e como consequência liberação de aminoácidos que são distribuídos pelas partes da planta com deficiência, já que a produção de aminoácidos é baixa em plantas com escassez hídrica.

Já em tecidos maduros, sob estresse mais severo, o comportamento é diferente, nesse caso a síntese proteica pode permanecer alta durante o estresse hídrico (CASCARDO et al., 1993). Esse aumento se deve à síntese de diversas proteínas de proteção ao estresse, tais como as do grupo LEA (Late Abundant Embriogenesis) e as chaperonas, relativas à manutenção da estrutura de outras proteínas (BRITO et al., 2008).

Observou-se uma redução nos valores de prolina em plantas estressadas pelo déficit hídrico, aos 40 DAE essa redução aconteceu nas plantas irrigadas a cada 20 dias e a cada 40 dias. Sendo que, essa redução foi mais acentuada aos 80 DAE, onde nas plantas estressadas com irrigações a cada 10 dias já foi possível observar a redução desse aminoácido (Figura 15). Resultados semelhantes foram observados em plantas de *B. maritima* submetidas a diferentes níveis de NaCl (DEBEZ et al., 2010), onde a prolina provavelmente não contribuiu para o ajuste osmótico, já que a concentração citoplasmática deste aminoácido foi cerca de 15%. Neste trabalho também foram observadas fortes correlações entre a osmolaridade e a concentração de Na⁺ na parte aérea, sugerindo que a planta aparentemente usa Na para ajuste osmótico.

Os níveis superiores de prolina livre no tratamento controle podem ser explicados pelo fato das halófitas produzirem naturalmente altos níveis deste aminoácido. Segundo Molinari (2006) as plantas naturalmente adaptadas a ambientes salinos produzem altos níveis de prolina (aproximadamente 100 $\mu\text{mol g}^{-1}$ de matéria fresca).

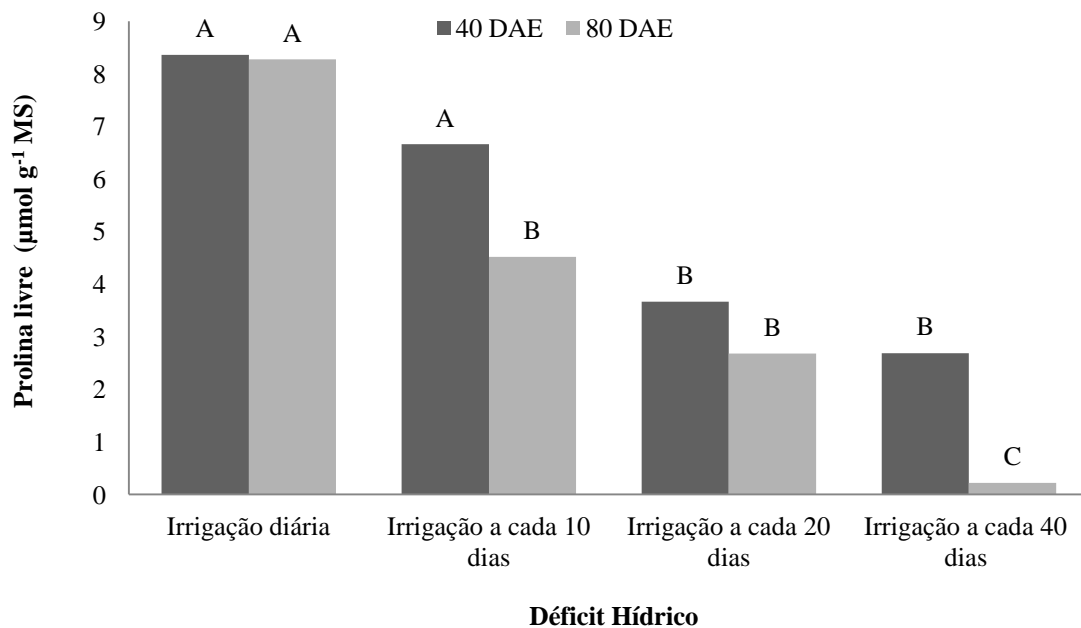


Figura 15- Prolina livre em folhas frescas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação e submetidas a 40 e 80 dias de estresse hídrico. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada intervalo de irrigação, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (** P ≤ 0,01).

Dentre os solutos envolvidos no processo de ajustamento osmótico, a prolina tem sido apontada na literatura como o aminoácido produzido em altas concentrações pela maioria das espécies, como estratégia de sobreviver às condições de estresse hídrico (BORTOLO et al., 2009). O ajuste osmótico constitui-se um dos mecanismos fisiológicos mais eficazes para manutenção da turgescência celular, sob condições de baixo potencial hídrico no solo, pois esse mecanismo confere à planta proteção por curtos períodos de tempo de estresse e é importante quando as condições não tardam a se normalizar (MONTEIRO et al., 2014).

O trabalho de Rhein et al., (2011), com cana-de-açúcar cv. IAC 91-5155 mostrou que sob déficit hídrico moderado e severa acidez do solo, não houve acúmulo de prolina livre, no entanto, quando as plantas foram submetidas a condições de deficiência hídrica e acidez severa houve um acúmulo desse osmorregulador, que pode ter sido ocasionado pelo efeito sinérgico da interação desses estresses. Segundo Pereira et al. (2012), sob estresse de 7 dias de suspensão hídrica total, cinco genótipos de amendoim estudados, com níveis diferentes de tolerância ao estresse hídrico, tiveram um aumento nos níveis de prolina livre.

Os teores de clorofilas a, clorofila b, clorofila totais e os carotenoides decaíram quando as plantas foram submetidas aos intervalos de rega a cada 20 e a cada 40 dias, conforme mostra a figura 16. O crescimento das plantas é determinado por sua performance fotossintética e as reduções observadas nos pigmentos fotossintéticos se refletiram no crescimento das plantas estudadas. As plantas de *B. maritima* submetidas a diferentes níveis

de salinidade mantiveram suas concentrações de clorofilas inalteradas, sugerindo que a síntese desses pigmentos não foi prejudicada pela exposição ao sal (DEBEZ et al., 2010).

Decréscimo nos teores de clorofila a, b, totais e carotenoides também foram observados por Oliveira et al. (2013), em plantas jovens de graviola (*Annona muricata* L.) submetidas a déficit hídrico por um período de 40 dias.

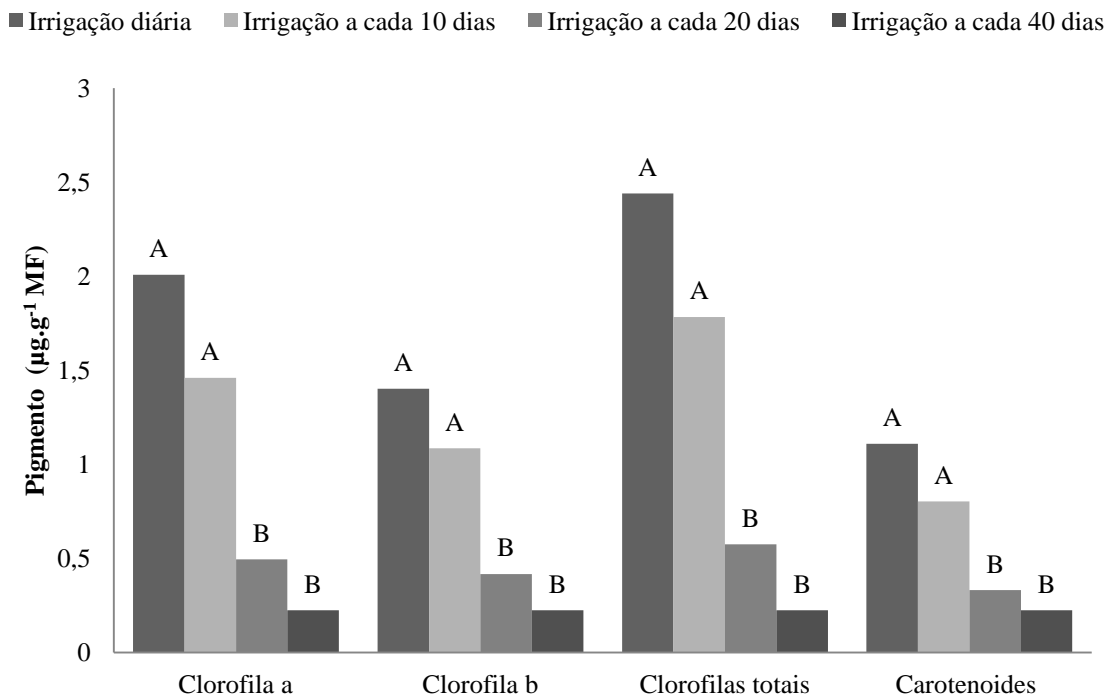


Figura 16- Clorofila a, b, totais e carotenoides em folhas frescas de *Batis maritima* cultivadas em casa de vegetação e submetidas a 80 dias de estresse hídrico. UERN, Mossoró, RN, 2014. Colunas dentro de cada intervalo de irrigação, seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (** $P \leq 0,01$).

Os teores de clorofila e carotenoides nas folhas são utilizados para estimar o potencial fotossintético das plantas, pela sua ligação direta à absorção e transferência de energia luminosa e ao crescimento e adaptação a diversos ambientes. Valores baixos destes pigmentos também podem estar relacionados ao efeito negativo da deficiência de nitrogênio sobre a taxa fotossintética (SCOPEL et al., 2011).

Os pigmentos foliares podem ser utilizados como parâmetros indicativos de estresse nas plantas. Em vegetais submetidos ao estresse salino, os decréscimos na concentração de clorofila podem ser atribuídos ao aumento da atividade da enzima clorofilase que degrada a clorofila (SCOPEL et al., 2011).

2.6 CONCLUSÕES

Não foram observadas influências significativas do fator salinidade estudados de forma isolada, nem interagindo com nenhum fator, tantos nas variáveis de crescimento quanto nas bioquímicas.

O substrato argila, areia e húmus (1:1:1) proporcionou maior crescimento nas plantas irrigadas diariamente, estas também responderam satisfatoriamente quando cultivadas em ambiente natural e irrigadas.

Os níveis de proteínas solúveis, prolina livre, carotenoides, clorofila a. clorofila b e clorofila total foram reduzidas nas folhas de *Batis maritima* L. estressadas hidricamente.

REFERÊNCIAS

BATES, L. S.; WALDREN, R. P. TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v.39, p.205-207, 1973.

BORTOLO, D. P. G.; MARQUES, P. A. A.; PACHECO, A. C. Teor e rendimento de flavonoides em calêndula (*Calendula officinalis* L.) cultivada com diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, p. 435-441, 2009.

BRADFORD, M. M. A. Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. **Analytical Biochemistry**. v.72, p. 248-254, 1976.

BRITO, L. K. F. L.; SILVEIRA, J. A. G.; LIMA, L. L. F.; TIMÓTEO, A. R. S.; CHAGAS, R. M.; MACEDO, C. E. C. Alterações no perfil de frações nitrogenadas em calos de cana-de-açúcar induzidas por deficit hídrico. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 43, n.6, p.683-690, 2008.

CARVALHO, L. M.; CASALI, V. W. D.; SOUZA, M. A.; BARBOSA, L. C. A.; CECON, P. R. Crescimento, teor de partenolídeo e de prolina em plantas de *Tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip crescidas em substrato com diferentes teores de umidade. **Acta Scientiarum**. v. 27, n. 1, p. 151-157, 2005.

CASCARDO, J. C. M.; OLIVEIRA, L. E. M.; SOARES, A. M. Disponibilidade de água e doses de gesso agrícola nas relações hídricas da seringueira. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 5, p. 31-34, 1993.

COELO, J. B. M.; BARROS, M. F. C.; BEZERRA NETO, E.; CORREA, M. M. Comportamento hídrico e crescimento do feijão vigna cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.4, p.379–385, 2013.

DEBEZ, A.; SAADAOU, D.; SLAMA, I.; HUCHZERMAYER, B.; ABDELLY, C. Responses of *Batis maritima* plants challenged with up to two-fold seawater NaCl salinity. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 173, p. 291–299, 2010.

DERE, S.; GUNES, T.; SIVACI, R. Spectrophotometric determination of chlorophyll A, B and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. **Journal of Botany**, v. 22, p. 13-17, 1998.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. **Analytical chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

EL SHAER, H. M. Halophytes and salt-tolerant plants as potential forage for ruminants in the Near East region. **Small Ruminant Research**. v. 91, p. 3–12, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**, SNLCS. Rio de Janeiro, RJ. Súmula x Reunião Técnica de Levantamento de Solos, 1997.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.39, n.9, p.903-909, 2004.

FLOWERS, T. J. GALAL, H. K.; BROMHAM, L. Evolution of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plants. **Functional Plant Biology**. v. 37, p. 604–612, 2010.

FREIRE, M. B. S.; SOUZA, E. R.; FREIRE, F. J. Fitorremediação de solos afetados pela salinidade. In: **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Ed. Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. Fortaleza, 2010, 472p.

GURGEL, E. P. **Influência do substrato no crescimento de *Batis maritima* L. (Bataceae) cultivadas em casa de vegetação**. Mossoró: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2013, 42p.

HALL, D. O.; SCURLOCK, J. M. O.; BOLHARNORDENKAMPF, H. R.; LEEGOOD, R. C.; LONG, S. P. **Photosynthesis and production in a changing environment: A field and laboratory manual**. London: Chapman e Hall, 1993.

- LECHINOSKI, A.; FREITAS, J. M. N.; CASTRO, D. S.; LOBATO, A. K. S.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CUNHA, R. L. M. Influência do Estresse Hídrico nos Teores de Proteínas e Aminoácidos Solúveis Totais em Folhas de Teca (*Tectona grandis* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 927-929, 2007.
- MAIA, P. S. P.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CASTRO, D. S.; LOBATO, A. K. S.; SANTOS, P. C. M.; COSTA, R. C. L. Resposta do Déficit Hídrico sobre o CRA e Teor de Aminoácidos Solúveis Totais em Folhas de Duas Variedades de Milho (*Zea mays* L.). **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.43, n.6, p.683-690, 2007.
- MARQUES, R. P.; FREIRE, C. S.; NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações Hídricas e Produção de Pigmentos Fostossinteticos em Mudanças de *Eugenia uniflora* L. Sob Condições de Salinidade. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 03, p. 497-509, 2011.
- MELO, H. C.; CASTRO, E. M.; SOARES, A. M.; MELO, L. S.; ALVES, J. D. Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setaria anceps* Stapf ex Massey e *Paspalum paniculatum* L. sob condições de déficit hídrico. **Hoehnea**, v. 34, n. 2, p. 145-153, 3 tab., 2007.
- MELO, P. R. M.; BEZERRA, J. D.; VIEIRA, F. A.; MELO, D. R. M.; MELO, A. S. Crescimento e produção de fitomassa de mudas de tamarindeiro sob estresse hídrico. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 1, p. 80-84, 2014.
- MILBRANDT, E.C.; TINSLEY, M.N. The role of saltwort (*Batis maritima* L.) in regeneration of degraded mangrove forests. **Hydrobiologia**, v. 568, p. 369–377, 2006.
- MOLINARI, H. B. C. **Expressão estresse-induzida do gene P5CS em plantas transgênicas de cana-de-açúcar submetidas ao déficit hídrico**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006, 109f.
- MONTEIRO, J. G.; CRUZ, F. J. R.; NARDIN, M. B.; SANTOS, D. M. M. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n.1, p.18-25, 2014.

NOAMAN, M. N. Effect of Potassium and Nitrogen Fertilizers on the Growth and Biomass of Some Halophytes Growth under High Levels of Salinity. **Journal of Agronomy**, v. 3, n. 1, p. 25-30, 2004.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. & BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.

OLIVEIRA, L. M.; SILVA, J. N.; COELHO, C. C. R.; NEVES, M. G.; SILVA, R. T. L.; OLIVEIRA NETO, C. F. Pigmentos fotossintetizantes, aminoácidos e proteínas em plantas jovens de graviola submetida ao déficit hídrico. **Agroecossistemas**, v. 5, n. 1, p. 39-44, 2013.

PEREIRA, J. W. L.; MELO FILHO, P. A.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 766-773, 2012.

RAGAGNIN, R. C. G.; ALBUQUERQUE, C. C.; OLIVEIRA, F. F. M.; SANTOS, R. G.; GURGEL, E. P.; DINIZ, J. C.; ROCHA, S. A. S.; VIANA, F. A. Effect of salt stress on the growth of *Lippia gracilis* Schauer and on the quality of its essential oil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 28, n. 3, p. 346-351, 2014.

RHEIN, A. F. L.; SANTOS, D. M. M.; DOMINGUES CARLIN, S. D. Atividade da enzima redutase do nitrato e teores de prolina livre em raízes de cana-de-açúcar sob os estresses hídrico e ácido no solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1345-1360, 2011.

SANDOVAL, F. J. R.; DELGADILLO, R. R. **Bataceae**. Flora de Jalisco y áreas colindantes, fasc. 23, 22p. 2008.

SANTOS, K. C. F.; SILVA, M. S. L.; SILVA, L. E.; MIRANDA, M. A.; FREIRE, M. B. G. S. Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo de *Atriplex numulária*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 619-627, 2011.

SCOPEL, W.; Barbosa, J. Z.; Vieira, M. L. Extração de pigmentos foliares em plantas de canola. **Unoesc e Ciência**, v. 2, n. 1, p. 87-94, 2011.

SILVA JUNIOR, J. F. **Desenvolvimento do tomate em diferentes níveis de irrigação e de doses de salinidade**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2012, 74 f.

STEFANUTO, V. A. **Efeito do cálcio na homeostase de brotações de um clone de *Eucalyptus grandis* Hill (exMaiden) sob condições de deficiência hídrica induzida *in vitro***. Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002. 65p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

VARENNE, A. **Produtividade dos Solos e Ambientes**. 1. ed. Lisboa: Escolar Editora, 2003.490p.

VENTURA, Y.; SAGI, M. Halophyte crop cultivation: The case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. **Environmental and Experimental Botany**. n. 92, p. 144-153, 2013.

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS FRUTOS DE *B. MARITIMA* L. COLETADOS EM AMBIENTE DE OCORRÊNCIA NATURAL

3.1 RESUMO

As halófitas são de interesse atual não apenas devido ao conhecimento que elas podem oferecer acerca dos mecanismos osmorregulatórios de plantas, mas também devido ao seu potencial como plantas cultivadas. Estudos sugerem que determinadas espécies de halófitas tem grande potencial para uso na alimentação de ruminantes e até para o consumo humano, dentre estas halófitas podemos destacar *Batis maritima* L. que frutifica durante quase todo ano e as suas sementes possuem altas concentrações de proteínas (17%), lipídeos (25%), aminoácidos essenciais, minerais e antioxidantes. No entanto, não há trabalhos que investiguem características físico-químicas dos frutos desta espécie. Conforme exposto o objetivo deste trabalho é realizar a caracterização físico-química de frutos de *B. maritima* L. Os frutos foram coletados em três estádios diferentes de maturação: 100% verdes, 50% verde e amarelo e 100% amarelo. Os frutos foram analisados quanto a massa fresca, comprimentos, formato, firmeza, pH, vitamina C, sólidos solúveis, acidez total titulável e a relação sólidos solúveis/acidez titulável. Os frutos de *B. maritima* apresentam formato comprimido, os frutos intermediários (estádio 2) apresentaram uma maior biomassa. A acidez titulável é reduzida com o avanço da maturação, já os sólidos solúveis, a vitamina C e a firmeza não foram alterados no decorrer deste processo. O fruto de *B. maritima* é uma boa fonte de vitamina C.

Palavras-chaves: halófitas, planta de sal, vitamina C.

3.2 ABSTRACT

The halophytes are of current interest not only because of the knowledge that they can provide about the osmoregulatory mechanisms of plants, but also because of its potential as cultivated plants. Studies suggest that certain species of halophytes has great potential for use in ruminant feed and even for human consumption, among these halophytes *Batis maritima* L. we can highlight that bears fruit for almost every year and their seeds have high protein concentrations (17%), lipids (25%), essential amino acids, minerals and antioxidants. However, there are no studies that investigate physical and chemical characteristics of the fruits of this species. As explained the objective of this work is to perform the physical-chemical characterization of fruit *B. maritima* L. Fruits were collected at three different stages of maturation: 100% green, 50% green and yellow and 100% yellow. The fruits were analyzed for fresh mass, length, shape, texture, pH, vitamin C, soluble solids, titratable acidity and soluble solids/titratable acidity. The fruits of *B. maritima* have compressed format, intermediate fruit (stage 2) had a higher biomass. The titratable acidity is reduced with advancing maturation, soluble solids, vitamin C and firmness were not changed during this process. The fruit of *B. maritima* is a good source of vitamin C.

Keywords: halophytes, salt plant, vitamin C.

3.3 INTRODUÇÃO

As halófitas são de interesse atual não apenas devido ao conhecimento que elas podem oferecer acerca dos mecanismos osmorregulatórios de plantas, mas também devido ao seu potencial como plantas cultivadas. Há por volta de 30 mil km de deserto litorâneo e cerca de 400 milhões de ha de desertos, os quais possivelmente têm suprimentos de água, que são salinas demais para as plantas cultivadas. Além disso, a cada ano cerca de 200 mil ha de terras irrigadas tornam-se tão salinas que impossibilitam novos cultivos (RAVEN et al., 2011). Esse problema é considerado grave, visto que a necessidade crescente por alimentos é uma realidade e vastas áreas deixam de ser aproveitadas na agricultura devido aos problemas ocasionados pelo sal.

Estudos sugerem que determinadas espécies de halófitas tem grande potencial para uso na alimentação de ruminantes e até para o consumo humano (SANTOS et al., 2010; RAVEN et al., 2011). Dentre estas halófitas podemos destacar *Batis maritima* L. que frutifica durante quase todo ano e as suas sementes possuem altas concentrações de proteínas (17%), lipídeos (25%), aminoácidos essenciais, minerais e antioxidantes (DEBEZ et al., 2010; LONARD et al., 2011; MARCONE, 2003). As raízes dessa espécie são utilizadas como adoçante para café por índios e suas folhas ocasionalmente são adicionadas em saladas em Porto Rico (LONARD et al., 2011). Alguns autores reportam a importância de *B. maritima* como fonte alimentar para alguns répteis como a iguana verde (*Iguana iguana* L.) em Galápagos (SANDOVAL; DELGADILLO, 2008).

No entanto, informações mais aprofundada das propriedades físico-químicas dos frutos de *B. maritima* são escassas e os estudos podem contribuir para comprovar características organolépticas e nutricionais dos frutos, os quais pode ser mais uma nova opção de alimentação para animais, seres humanos e para atividade industrial (ROSA et al., 2011). Dentre as análises físicas importantes, podemos destacar: biomassa, comprimentos longitudinais e transversais, formato e firmeza. Dentre as variáveis físico-químicas podemos destacar o potencial hidrogênio (pH), a acidez total titulável (ATT), os sólidos solúveis (SS), a relação SS e ATT, os teores de vitamina C, e os açúcares totais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Conforme exposto o objetivo deste trabalho é realizar a caracterização física e físico-química de frutos de *B. maritima* L. obtidos em ambiente natural.

3.4 METODOLOGIA

3.4.1 Coleta dos frutos

Para a caracterização dos frutos foram necessárias coletas em campo em duas localidades: Salina Augusto Severo localizada a latitude 04° 55' 58.7" S e longitude 37° 05' 58.6" W e nas proximidades da Praia do Paraíso localizada a latitude 04° 55' 55.6" S e longitude 37° 05' 58.6" W. Foram realizadas coletas manuais dos frutos (que facilmente se desprendem dos ramos), e estes foram imediatamente acondicionados em sacos plásticos e armazenados com gelo em caixa térmica. Foram coletados frutos em três estádios diferentes de maturação, os quais foram classificados da seguinte forma: 1- 100% verdes, 2- 50% verde e amarelo e 3- 100% amarelo (Figura 1).

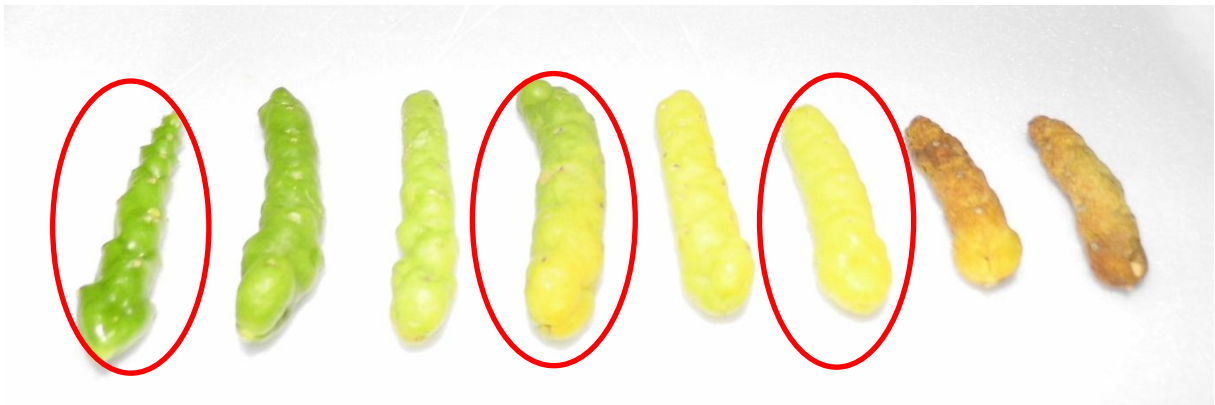


Figura 1- Escala de maturação dos frutos de *Batis maritima* L. O fruto em destaque a esquerda corresponde ao fruto 100% verde, ao centro o 50% verde e amarelo e a direita 100% amarelo.

As amostras foram encaminhadas para o laboratório de pós-colheita de frutos e hortaliças da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA). Para cada variável foram realizadas análises em quintuplicata. Em laboratório, as amostras de cada estágio de maturação foram trituradas separadamente, em liquidificador até a obtenção de uma pasta.

3.4.2 Análises físicas

3.4.2.1 MASSA FRESCA

Para obtenção da massa fresca, foram utilizadas 5 repetições de 20 frutos para cada estágio de maturação. Os frutos foram pesados individualmente em balança analítica.

3.4.2.2 COMPRIMENTO LONGITUDINAL E TRANSVERSAL

Essas medidas foram obtidas com auxílio de um paquímetro digital e os comprimentos longitudinal e transversal foram mensurados em cinco repetições de 20 frutos, totalizando 100 frutos para cada estágio de maturação.

3.4.2.3 FORMATO DO FRUTO

O formato dos frutos foi obtido pelo cálculo da relação entre o comprimento (comprimento longitudinal-CL) e diâmetro (comprimento transversal-CT) de 20 frutos por repetição. A classificação foi feita de acordo com escala adaptada de Lopes (1982): comprimido ($RF < 0,9$), esférico ($0,9 \leq RF \leq 1,1$), oblongo ($1,1 < RF \leq 1,7$) e cilíndrico ($RF > 1,7$).

3.4.2.4 FIRMEZA

A firmeza foi obtida com auxílio de um texturômetro, modelo TA.XT Express da marca *Stable Micro Systems* acoplado ao software *Exponent Lite Express* e para tal foram feitas duas medições por fruto com probe de 2 mm (P/2) a uma velocidade de 2 mm/s profundidade de 8 mm e força de 5 g. Para isso utilizou-se 5 repetições de cada estágio de maturação de 20 frutos, sendo em cada fruto realizado duas leituras.

3.4.3 Análises físico-químicas

3.4.3.1 VITAMINA C

Foram determinados os teores de vitamina C, pelo método de Strohecker e Henning (1967) e para isso, aproximadamente 1,0 g da pasta foi utilizada para preparar um extrato aquoso, do qual retirou-se uma alíquota de 4 mL que foi transferida, juntamente com 50 mL de água destilada. Após a homogeneização, a solução foi titulada com o reagente de Tillman até o ponto de viragem. Foram realizadas duas titulações para cada uma das cinco repetições de cada estágio de maturação estudados.

3.4.3.2 POTENCIAL HIDROGEIÔNICO

Para determinação do pH, foram feitas duas leituras diretas no recipiente da pasta em cada uma das cinco repetições de cada estágio de maturação estudados.

3.4.3.3 SÓLIDOS SOLÚVEIS (SS)

A determinação de sólidos solúveis foi realizada com auxílio de um refratômetro digital portátil com compensação automática de temperatura, onde uma colher de chá contendo a pasta obtida foi filtrada utilizando tecido organza, sendo algumas gotas utilizadas para a leitura no refratômetro de acordo com metodologia proposta por AOAC (2002), para isso foram feitas duas leituras para cada uma das cinco repetições de cada estágio de maturação.

3.4.3.4 ACIDEZ TITULÁVEL (AT)

A acidez total titulável foi obtida de acordo com a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (1985). Cerca de 1,0 g da pasta foi pesada e misturada a 50 mL de água destilada e três gotas de fenolftaleína em um Erlenmeyer. A titulação foi realizada utilizando NaOH 0,1 N, até a obtenção da coloração levemente rosa. Foram realizadas análises em duplicata para cada uma das 5 repetições de cada estágio de maturação.

3.4.3.5 RELAÇÃO SS/AT

Essa medida é obtida através da divisão dos valores de sólidos solúveis pelos valores obtidos na acidez titulável.

3.4.4 Análise estatística

As médias dos dados obtidos foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de significância com o auxílio do programa estatístico ESTAT[®] da UNESP (Universidade Estadual Paulista).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1 Análises físicas

Os frutos obtidos apresentaram um formato comprimido segundo a classificação utilizada por Lopes (1982), visto que a relação CL/CT foi inferior a 0,9 cm (tabela 1). Os comprimentos longitudinais variaram de 3,49 a 3,71 cm não diferindo entre os estágios de maturação estudados. O comprimento transversal foi de no máximo 0,80 cm, nos quais os frutos verdes apresentaram os menores valores. Foram observadas variações na sua massa fresca, os frutos intermediários apresentaram uma maior biomassa com relação aos frutos verdes, assemelhando-se aos frutos amarelos. Ressaltando que os frutos no estágio 1 (100% verdes) ainda não completaram seu crescimento e que os frutos 100% amarelos (estágio 3) provavelmente tiveram sua massa reduzida pela perda de água, que é bastante comum durante a senescência de muitos frutos.

Tabela 1- Caracterização física de frutos de *Batis maritima* L. coletados em ambiente de ocorrência natural em diferentes estágios de maturação. UERN, Mossoró, RN, 2014.

| Estádio de maturação | CL (cm) | CT (cm) | Formato (cm) | Massa (g) | Firmeza N |
|----------------------|---------|---------|--------------|-----------|-----------|
| Amarelos | 3,71a* | 0,74a | 0,41b | 1,45ab | 13,72a |
| Intermediários | 3,49a | 0,80a | 0,43ab | 1,79a | 12,17a |
| Verdes | 3,50a | 0,66b | 0,54a | 1,23b | 14,26a |

*Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Com relação à firmeza, os valores obtidos foram semelhantes estatisticamente (Tabela 1). A redução da firmeza dos frutos durante a maturação normalmente é devido há um aumento de enzimas hidrolíticas que promovem intensa solubilização das pectinas que constituem a parede celular dos frutos, ocasionando assim seu amolecimento (ABREU, 2010), fato que não foi observado neste estudo, pois a firmeza foi a mesma nos estágios de maturação, indicando que a redução na firmeza não é um bom indicativo da maturação desse fruto. A firmeza desses frutos foi semelhante à de frutos de pessegueiro (*Prunus persica*) variedade chimarrita (MELO et al., 2006).

3.5.2 Análises químicas

A composição nutricional do fruto pode variar bastante dependendo do estágio de maturação, tipo do cultivo, do clima, tipo e fertilidade do solo (MOTTA, 2009).

Os teores de vitamina C mostraram-se semelhantes nos frutos independentemente do estágio de maturação estudados (tabela 2), sendo os valores médios obtidos bem parecidos com os teores de vitamina C do pequi planta nativa do Cerrado (Paz et al., 2014).

Tabela 2- Caracterização físico-química de frutos de *Batis maritima* L. coletados em ambiente de ocorrência natural em diferentes estádios de maturação.

| Estádio de maturação | Vitamina C (mg.100g) | pH | SS °BRIX | ATT % | SS/ATT |
|----------------------|----------------------|-------|----------|---------|---------|
| Amarelos | 71,20a* | 4,78a | 13,89a | 0,1048b | 136,90a |
| Intermediários | 73,52a | 4,64a | 12,66a | 0,0974b | 131,48a |
| Verdes | 68,88a | 4,64a | 11,99a | 0,1615a | 75,60b |

*Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Valores semelhantes de vitamina C também foram obtidos por Couto et al., (2010) em estudos com citros. Os autores observaram-se que a laranja valência apresentou teor de ácido ascórbico de $78,47 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ de suco, resultados muito semelhantes aos encontrados nos frutos de *B. maritima*. Esta espécie pode ser uma nova fonte desta vitamina se incorporada na alimentação, visto que ela encontra-se disponível durante todo ano e é facilmente encontrada em regiões litorâneas do Brasil, habitat restrito para a maioria das espécies conhecidas pela exposição constante a altos níveis de sais.

A vitamina C apresenta atividade antioxidante e está envolvida na prevenção de várias doenças crônicas não transmissíveis, como, por exemplo, o câncer e as doenças cardiovasculares, entretanto, superdoses desta vitamina não são recomendadas para a população em geral, uma vez que podem acarretar distúrbios gastrointestinais, cálculos renais e absorção excessiva de ferro (PAZ et al., 2014).

Os sólidos solúveis (SS) mostraram-se semelhantes nos frutos estudados como pôde ser observado na tabela 2. Valores diferentes foram obtidos em trabalhos com carambola (*Averroa carambola* L.), onde houve relação entre o estágio de maturação e os valores de SS,

tendo os frutos verdes apresentado uma maior quantidade desta variável (ALMEIDA et al., 2011). Nos frutos ricos em amido ocorre um acentuado aumento nos sólidos solúveis durante o amadurecimento, pois o amido é degradado, resultando em açúcares solúveis. O fato desta variável mostrar-se alta no presente trabalho, pode ser atribuído aos elevados teores de sais (facilmente percebido durante sua ingestão) encontrados nestes frutos, pois a análise de sólidos solúveis é capaz de detectar substâncias solúveis em água como proteínas, açúcares, aminoácidos, sais dentre outras. Sendo necessária a realização da análise complementares como açúcares totais.

A acidez titulável apresentou-se superior nos frutos 100% verdes (Tabela 2), sendo os valores obtidos neste trabalho, muito parecidos com os de Moura e colaboradores (2013) em umbu armazenados sob atmosfera modificada e temperatura ambiente, em diferentes estádios de maturação. Segundo estes autores, o teor de ácidos orgânicos em geral, diminui com a maturação dos frutos, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares.

Os valores médios do potencial hidrogeniônico (pH) obtidos apresentaram-se muito semelhantes entre os estádios de maturação estudados, variando de 4,78 para os frutos 100% amarelos e 4,64 para os frutos intermediários e 100% verdes, provavelmente devido a capacidade tamponante destes frutos. Resultados diferentes foram observados por Almeida et al. (2011) em frutos carambola (*Averroa carambola* L.), os quais verificaram que os frutos maduros correspondentes a frutos 100% amarelos, tiveram os valores de pH mais altos quando comparados aos demais estágios de maturação estudados.

A relação sólidos solúveis e acidez l titulável variou de 75,60 a 136,90, tendo os frutos verdes apresentado os menores valores desta variável. A relação SS/AT é muito importante na avaliação do sabor dos frutos, pois esta aumenta com o amadurecimento, devido ao decréscimo na acidez, fato que permite uma relação elevada em frutas contendo alto teor de sólidos solúveis e baixos teores de acidez titulável, como é o caso da manga (OLIVEIRA et al., 2013).

3.6 CONCLUSÕES

Os frutos de *B. maritima* apresentam formato comprimido, os frutos intermediários (estádio 2) apresentaram uma maior biomassa com relação aos frutos verdes.

O frutos de *B. maritima* é uma boa fonte de vitamina C.

A acidez titulável é reduzida com o avanço da maturação, os sólidos solúveis, a vitamina C e a firmeza não foram alterados no decorrer da maturação.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. R. **Monitoramento de alterações físicas, químicas e fisiológicas durante o amadurecimento de goiaba cv “Pedro Sato”**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010, 94p.

ALMEIDA, M. B.; SOUZA, W. C. O.; BARROS, J. R. A.; BARROSO, P. A.; VILAR, F. C. R. Caracterização física e química dos frutos de carambola (*Averroa carambola* L.). **Revista Semiárido De Visu**, v. 1, n. 2, p. 116-125, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17. ed. Washindton, AOAC, 2002. 1115p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Fundação de Apoio e Ensino, Pesquisa e Extensão, 1990. 293p.

COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, supl. 1, p. 15-19, 2010.

DEBEZ, A.; SAADAOU, D.; SLAMA, I.; HUCHZERMAYER, B.; ABDELLY, C. Responses of *Batis maritima* plants challenged with up to two-fold seawater NaCl salinity. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 173, p. 291–299, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985, v. 1, 533p.

LONARD, R. I.; FRANK, W. J.; STALTER, R. The Biological Flora of Coastal Dunes and Wetlands: *Batis maritima* C. Linnaeus. **Journal of Coastal Research**: v. 27, n. 3, p. 441-449, 2011.

LOPES, J. F. Melhoramento genético (chuchu, melancia, melão e pepino). *In*: LOPES, J. F. **Cucurbitáceas**: informativo agropecuário. Belo Horizonte: [s.n.], 1982. p. 61-65.

MARCONE, M. F. *Batis maritima* (Saltwort): a nutritious, halophytic, seed bearings, perennial shrub for cultivation and recovery of otherwise unproductive agricultural land affected by salinity. **Food Research International**, v.36, p. 123–130, 2003.

MELO, G. W. B.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; CERETTA, C. A.; FURLANETTO, V. Resposta do pessegueiro à adubação nitrogenada em um Cambissolo Húmico na Serra Gaúcha. **Embrapa uva e vinho**, v. 72, p. 1-7, 2006.

MOTTA, E. L. **Avaliação da composição nutricional e atividade antioxidante de *Litchi chinensis* Sonn. (“Lichia”) cultivada no Brasil**, Rio de Janeiro: Faculdade de Farmácia, 2009, 80f.

MOURA, F. T.; SILVA, S. M.; SCHUNEMANN, A. P. P.; MARTINS, L. P. Frutos do umbuzeiro armazenados sob atmosfera modificada e ambiente em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 764-772, 2013.

OLIVEIRA, G. P.; SIQUEIRA, D. L.; SILVA, D. F. P.; MATIAS, R. G. P.; SALOMÃO, L. C. C. Caracterização de acessos de mangueira Ubá na Zona da Mata Mineira. **Ciência Rural**, v. 43, n. 6, p. 962-969, 2013.

PAZ, J. G.; PACHECO, P.; SILVA, C. O.; PASCOAL, G. B. Análise da composição nutricional e de parâmetros físico-químicos do pequi (*Caryocar brasilienses* CAMB) in natura. **Linkania**, ed. 8, v. 1, n. 5, 2014.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F. EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**, 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011, 830p.

ROSA, C. L. S.; SOARES, A. G.; FREITAS, D. G. C.; ROCHA, M. C.; FERREIRA, J. C. S.; GODOY, R. L. O. Caracterização físico-química, nutricional e instrumental de quatro acessos de tomate italiano (*Lycopersicon esculentum* Mill) do tipo ‘Heirloom’ produzido sob manejo orgânico para elaboração de polpa concentrada. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 649-656, 2011.

SANDOVAL, F. J. R.; DELGADILLO, R. R. **Bataceae**. Flora de Jalisco y áreas colindantes, fasc. 23, 22p. 2008.

SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX-JUNIOR, J. C. B.; GUIM, A.; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M. V. Potencial of Caatinga forage plants in ruminant feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 204-215, 2010.

STROHECKER, R.; HENINING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 42 p.