



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS
CURSO: AGRONOMIA

RAFAELLE DA SILVA FREITAS

**CULTIVO HIDROPÔNICO DE CULTIVARES COUVE RÁBANO (*Brassica oleracea*
var. *gongyloides*) EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO
NUTRITIVA**

MOSSORÓ – RN

2017.

RAFAELLE DA SILVA FREITAS

CULTIVO HIDROPÔNICO DE CULTIVARES COUVE RÁBANO (*Brassica oleracea* var. gongyloides) EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: D. Sc. Francisco de Assis de Oliveira – UFERSA

MOSSORÓ – RN

2017.

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

862c FREITAS, RAFAELLE DA SILVA.
 CULTIVO HIDROPÔNICO DE CULTIVARES COUVE RÁBANO
 (Brassica oleracea var. gongyloides) EM
 DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA /
 RAFAELLE DA SILVA FREITAS. - 2017.
 49 f. : il.

 Orientador: Francisco de Assis de Oliveira.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2017.

 1. Hortaliças exóticas. 2. Cultivo protegido. 3.
 Nutrientes. 4. Hidroponia. I. Oliveira,
 Francisco de Assis de, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

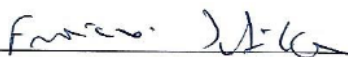
RAFAELLE DA SILVA FREITAS

CULTIVO HIDROPÔNICO DE CULTIVARES COUVE RÁBANO (*Brassica oleracea* var. gongyloides) EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

APROVADA EM: 20 / 05 / 2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. D. Sc. Francisco de Assis de Oliveira – UFERSA

Presidente



D. Sc. Mychelle Karla Teixeira de Oliveira – UFERSA

Primeiro Membro



Eng. Agrônoma Ana Jacqueline de Oliveira Targino – UFERSA

Segundo Membro



Eng. Agrônomo Jefferson Mateus Alves Pereira dos Santos – UFERSA

Terceiro Membro

DEDICO

A minha avó, Maria Marli Barbosa da Silva e a minha tia Maria dos Remédios Barbosa da Silva.
(*In Memoriam*).

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Em especial a minha mãe por seu cuidado e dedicação, que em alguns momentos, foi minha esperança para seguir. Vô, sua presença significa muito pra mim e agradeço a Deus todos os dias por sua vida.

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me guiado e iluminado meus passos nessa caminhada, por ouvir minhas preces e me dar forças para continuar. Que o Senhor esteja comigo todos os dias da minha vida.

Agradeço a toda minha família, tias, tios, primos, avô pelo apoio e pelo esforço de lutarem comigo para que esse momento se concretizasse. Minha base!

Agradeço em especial a minha mãe, que sempre foi minha melhor amiga, a que me ouviu e me aconselhou em todos os momentos e que sempre se esforçou ao máximo para proporcionar o melhor pra mim. Minha vida!

Agradeço ao meu namorado, Emerson por ser meu maior incentivador a lutar pelos meus objetivos, por está ao meu lado nos momentos de alegria e também nas dificuldades e por transmitir a mim toda a confiança que eu preciso. Te amo!

Agradeço também a sua família, que me acolheu e que sempre me apoiaram e torceram por minhas conquistas.

Agradeço a todos os amigos que fiz durante essa etapa, com os quais pude compartilhar momentos de alegria, angústia, medo, vitórias. Em especial aos que quero levar comigo além da universidade: Thomaz, Tony, Isabelly, Amanda e Ricardo, obrigada pela amizade de vocês e pelos bons momentos que passamos juntos.

Agradeço a professora e minha primeira orientadora Adriana Diniz, com a qual ingressei na área científica e com quem aprendi muito além dos ensinamentos universitários. Obrigada pela oportunidade e por ser essa pessoa tão humilde, paciente e sempre disposta a ajudar.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Francisco de Assis (Thikão), pelo conhecimento transmitido e competência no desenvolvimento deste trabalho e por ter acreditado em mim, ter sido paciente, calmo e compreensivo em todo meu processo de preparação. Saiba que passei a te admirar e respeitar ainda mais. Muito obrigada!

Agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da concretização deste sonho, meu muito obrigada!

RESUMO

A couve rábano   uma cultura que tem grande potencial para ser explorada, pois a sociedade está cada vez mais preocupada com sua saúde e bem-estar, aumentando a busca por alimentos saudáveis e por espécies não convencionais. A couve rábano destaca-se por ser rica em vitaminas, antioxidantes, fibras, dentre outros benefícios. Objetivou-se avaliar o cultivo de cultivares de couve rábano em diferentes concentrações de solução nutritiva em substrato de fibra de coco. Para isso, o trabalho foi desenvolvido em ambiente protegido no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas (DCAT) da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Campus Oeste, em Mossoró, RN. Onde foram avaliados 10 tratamentos em esquema fatorial 2 x 5, sendo duas cultivares (C1- Roxa e C2 – Branca) e cinco concentrações de solução nutritiva (C1 - 50%, C2 - 75%, C3 - 100%, C4 - 125% e C5 - 150%), utilizando solução nutritiva padrão para o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas. Foi utilizando o delineamento em blocos casualizado, com três repetições e quatro plantas por parcela. A colheita foi realizada aos 78 dias após a semeadura e foram avaliadas as seguintes variáveis: massa fresca de folhas, massa fresca de bulbos, massa fresca da parte aérea, volume dos bulbos, massa seca total, massa seca de folhas, massa seca da raiz, massa seca dos bulbos, número de folhas, área foliar, área foliar específica e razão de área foliar; e as análises qualitativas do bulbo: pH, teor de sólidos solúveis, firmeza, acidez titulável, vitamina C e razão SS/AT. Pode-se concluir que a adição de nutrientes   solução nutritiva favoreceu um incremento em produção e qualidade de bulbos de couve rábano em sistema hidropônico, a cultivar Roxa apresenta plantas mais vigorosas, entretanto a cultivar Branca é mais tolerante ao aumento da concentração de nutrientes na solução nutritiva.

Palavras-chave: Hortaliças exóticas, Cultivo protegido, Nutrientes, Hidroponia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Estrutura utilizada no experimento.....	20
Figura 2:	Massa fresca de folha (A), massa fresca do bulbo (B), massa fresca da parte aérea (C) e volume de bulbo (D) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva.....	28
Figura 3:	Massa seca total (A), massa seca de folhas (B), massa seca de raiz (C) e massa seca de bulbo (D) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva.....	32
Figura 4:	Número de folhas (A), área foliar (B), área foliar específica (C) e razão área foliar (D) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva.....	36
Figura 5:	pH (A), sólidos solúveis (B), firmeza (C), acidez titulável (D), vitamina C (E) e razão SS/AT (F) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Quantidade de sais para o preparo de 1000 litros de solução nutritiva recomendação de Furlani (1999) para hortaliças folhosas.....	21
Tabela 2:	Quantidade de sais para preparo da solução nutritiva concentrada.....	21
Tabela 3:	Resumo da análise de variância para as variáveis massa fresca de folha (MFF), massa fresca do bulbo (MFB), massa fresca da parte aérea (MFPA) e volume de bulbo (VB) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva.....	26
Tabela 4:	Valores médios de massa fresca de folha (MFF), massa fresca do bulbo (MFB), massa fresca da parte aérea (MFPA) e volume de bulbo (VB) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva.....	27
Tabela 5:	Resumo da análise de variância para as variáveis de massa seca total (MST), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de bulbo (MSB) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva.....	30
Tabela 6:	Valores médios de massa seca total (MST), massa seca de folhas (MSF), massa seca da raiz (MSR) e massa seca de bulbo (MSB) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva.....	31
Tabela 7:	Resumo da análise de variância para as variáveis número de folhas (NF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão área foliar (RAF) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva.....	34
Tabela 8:	Valores médios de volume do bulbo (VB), número de folhas (NF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão área foliar (RAF) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva.....	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1. Couve rábano	12
2.2. Cultivo Hidropônico.....	13
2.3. Sistemas de Cultivo.....	15
2.4. Solução Nutritiva.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. Localização Geográfica e Classificação Climática	20
3.2. Instalação e Condução do Experimento	20
3.3. Colheita	22
3.4. Características Avaliadas	22
3.4.1. Análises Quantitativas.....	22
3.4.2. Análises Qualitativas.....	24
3.5. Análise Estatística	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Crescimento e Produção.....	26
4.2. Qualidade de Bulbo.....	38
5. CONCLUSÃO	43
6. REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

A sociedade brasileira vem mudando seus hábitos alimentares em busca de mais saúde e bem-estar, inserindo em suas dietas maior quantidade de frutas e hortaliças, e com isso, cresce também a procura por espécies não convencionais.

Dentre estas espécies, insere-se a couve rábano (*Brassica oleracea* var. *gongyloides*), pertencente à família das brassicaceas, assim como couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), couve folha (*Brassica oleracea* var. *acephala*), repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) e rabanete (*Raphanus sativus*).

A couve rábano é rica em bioflavonoides, que são capazes de prevenir diversos tipos de câncer. Além dos bioflavonoides, esta hortaliça também é rica em vitamina C, potássio, antioxidantes e fibras. A série de importantes nutrientes presentes nesta hortaliça pode ajudar na prevenção do câncer, na perda de peso e na saúde do coração (SILVA, 2016).

Esta hortaliça é cultivada principalmente pelo seu caule alargado (bulbo), parecida com o nabo, que fica bastante acima do solo que é geralmente utilizada como um vegetal cozido, mas na forma crua também é bastante aceitável (JUNG et al., 2014). Existem diversas variedades de couve-rábano com várias cores, como Branca, Roxa e Verde (CHOI et al., 2010).

O cultivo de couve rábano pode ser realizado em sistema protegido, seja em solo, substrato ou hidroponia. O cultivo hidropônico (NFT) ou semi-hidropônico apresentam vantagens sobre o cultivo em solo, principalmente quanto ao melhor manejo de nutrientes em solução nutritiva.

Sabe-se que cada cultura apresenta exigência nutricional específica ou em grupos, de acordo com a família botânica ou classificação de grupos, como hortaliças de frutos, raízes ou folhosas. Na literatura podem ser encontrados vários relatos de estudos realizados para avaliar o efeito de concentrações de nutrientes em solução nutritiva para várias espécies de hortaliças. No caso das folhosas, a maioria das hortaliças é cultivada utilizando soluções nutritivas tomando-se como base a cultura da alface, devido a maior popularidade da mesma, que apresenta-se como hortaliça folhosa mais produzida e consumida no mundo (SALA; COSTA, 2012).

No entanto, pesquisas já realizadas demonstram que existe grande variabilidade nas respostas das culturas ao aumento da disponibilidade de nutrientes na solução nutritiva, variando principalmente em função da espécie, do sistema de cultivo e da solução de referência utilizada (LUZ et al., 2012; LACERDA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2016)

Desta forma, são imprescindíveis estudos para determinação de concentrações de nutrientes na solução nutritiva para o cultivo hidropônico ou semi-hidropônicos de diferentes hortaliças, com destaque para a couve rábano, para a qual são escassos estudos na literatura brasileira.

Diante do exposto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito das concentrações de solução nutritiva sobre a produção de couve rábano cultivadas em fibra de coco, estudar a ação de soluções nutritivas sobre a qualidade de bulbos em cultivares de couve rábano e observar a nutrição de couve rábano fertirrigadas com soluções nutritivas de diferentes concentrações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Couve rábano

A couve rábano (*Brassica oleracea* var. *gongyloides*) pertencente à família Brassicaceae (CHOI et al., 2010), é uma hortaliça tradicional do Egito, onde ainda cresce em áreas dispersas, muito limitadas (SALEH et al., 2013). Existem várias variedades de couve-rábano com várias cores; Branca, Roxa, e Verde (CHOI et al., 2010).

Sendo cultivada principalmente por seu caule alargado (bulbo), parecido com o nabo, que fica bastante acima do solo e que, geralmente é utilizada como um vegetal cozido, mas na forma crua também é bastante aceitável (JUNG et al., 2014).

Apesar da couve rabano não ser uma cultura muito difundida em escala mundial, nas últimas décadas o seu cultivo vem crescendo em diferentes países.

Atualmente, os consumidores de produtos hortícolas são extremamente conscientes da saúde e sua preferência é por produtos de alta qualidade (rica em vitaminas e minerais) e livre de resíduos químicos (nitrato e metais pesado) (FAO, 2002). Como resultado, os recursos naturais ou a agricultura ecológica são cada vez mais adotados em todo o mundo.

Por ser um vegetal de estações fresca, é produzido extensamente nos EUA e norte da Europa (SPLITTSTOESSER, 1990). Há também alguma produção na Itália, França, Bélgica e Países Baixos, onde é menos importante e é cultivada principalmente para legumes frescos ou para fins de processamento (BEHR, 1993).

Nas últimas décadas, o cultivo de couve-rábano aumentou após a descoberta da presença de glucosinolatos em todos os vegetais da família Brassicaceae, incluindo rabanete, repolho, repolho chinês, couve-rábano e brócolis. Este composto tem propriedades anticarcinogênicas fortes (JOHNSON 2002). São também fontes importantes de compostos anticancerígenos "nutracêuticos", fibras (incluindo pectina e celulose), cálcio, zeaxantina, glucosinolatos e fenólicos (HARBAUM et al., 2007).

A couve rábano pode ser uma alternativa promissora para os produtores de hortaliças pelo seu valor nutricional e valores medicinais. São ricas em vitaminas (A, B, C e E), fibra dietética, incluindo celulose, que são úteis para controlar o peso corporal (LIU et al., 2003), minerais (K, Ca, Mg, Zn), além de, ter apenas 27 calorias por 100 g,

uma quantidade desprezível de gordura e colesterol zero.

Quantidades mais elevadas de fibras dietéticas são úteis para controlar o peso corporal e podem ser fornecidas apenas a partir de vegetais com textura como couve-rábano e rabanete (TERRY et al., 2001, LIU et al., 2003).

Os açúcares redutores, incluindo a glicose, afetam a qualidade sensorial dos vegetais, fornecendo um sabor doce. As plantas crucíferas, incluindo repolho, repolho chinês e brócolis, são fontes importantes de compostos anticancerígenos "nutracêuticos", por exemplo, fibras de β -caroteno, vitamina C, Pectina e celulose, cálcio, luteína e zeaxantina (DIVISI et al., 2006), glucosinolatos (HAYES et al., 2008) e fenólicos (HARBAUM et al., 2007).

2.2. Cultivo Hidropônico

De acordo com a etimologia, o termo hidroponia (do grego: hydro = água e ponos = trabalho) quer dizer trabalho com água. Este termo é relativamente recente e foi proposto em 1930 por William F. Gericke, pesquisador da Universidade da Califórnia que popularizou o cultivo de plantas sem solo, com seus ensaios em nutrição vegetal (JONES JÚNIOR, 1982). Com os quais ele concluiu que “As plantas alimentam-se da água e de elementos nela dissolvidos, que se encontram na terra. Quando conseguirmos descobrir quais são esses elementos, poderemos prescindir da terra, para cultivá-las”. Porém, a técnica hidropônica não é recente e a literatura cita relatos da utilização de meio líquido para o crescimento de plantas no século XVII. Nos dois séculos seguintes intensificou-se o interesse dos pesquisadores da época pela nutrição das plantas e novos relatos foram se sucedendo (FAQUIN et al., 1996).

Em 1860, Sachs e Knop desenvolveram a tecnologia para o cultivo de plantas em solução nutritiva e foram estes os primeiros a elaborar fórmulas de solução nutritiva (BATAGLIA, 2003). Em 1950, Hoagland e Arnon elaboraram duas soluções nutritivas para o cultivo de tomateiro, as quais foram consideradas as mais adequadas em sua época, de forma que ainda hoje estas soluções nutritivas são amplamente empregadas e citadas como base para a elaboração de diversas outras soluções nutritivas (BEZERRA NETO; BARRETO, 2000).

Em 1965, o inglês Allen Cooper lançou as bases de uma nova técnica que veio viabilizar a hidroponia em escala comercial, o NFT (*Nutrient Film Technique*) ou

técnica de fluxo laminar de nutrientes. O princípio básico é o cultivo da planta com raízes parcialmente submersas em fluxo de solução onde estão dissolvidos todos os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento (MARTINEZ; SILVA FILHO, 1997).

A hidroponia consiste num conjunto de técnicas de cultivo de plantas sem uso do solo, utilizando substratos inertes como fibra de coco, areia, vermiculita, cascalho, etc., na qual os nutrientes minerais essenciais são fornecidos às plantas por meio de uma solução de nutrientes (BEZERRA NETO; BARRETO, 2012).

Em muitos países onde a quantidade e qualidade de terras agricultáveis são insuficientes, o cultivo hidropônico em escala comercial tem se acelerado bastante nos últimos anos, notadamente com cultivo de hortaliças e flores (BEZERRA NETO; BARRETO, 2012). Segundo Donnan (2003), a primeira produção efetiva de grande escala não ocorreu até a Segunda Guerra Mundial. O primeiro uso comercial significativo não ocorreu até a metade da década de 1960, no Canadá. Existia uma sólida indústria de estufas de vidro em Columbia Britânica, principal produtor de tomates, que chegou a ser devastado por enfermidades do solo. Eventualmente, a única opção para sobreviver foi evitando o solo, pelo uso da hidroponia. A técnica que usaram foi rega por gotejamento em bolsas de serragem (SILVA; MELO, 2003).

A substituição do cultivo em solo pelos sistemas hidropônicos se faz de forma gradativa. Segundo Furlani et al. (1999), no Brasil, tem crescido nos últimos anos o interesse pelo cultivo hidropônico, predominando o sistema NFT (*Nutrient film technique*).

Muitos desses cultivos não obtêm sucesso, principalmente em função do desconhecimento dos aspectos nutricionais desse sistema de produção que requer formulação e manejo adequados das soluções nutritivas. Outros aspectos que interferem igualmente nos resultados relacionam-se com o tipo de sistema de cultivo. Para a instalação de um sistema de cultivo hidropônico, é necessário que se conheça detalhadamente as estruturas básicas que o compõem (CASTELLANE; ARAUJO, 1994).

2.3. Sistemas de Cultivo

Os sistemas de cultivo hidropônico foram adaptados a diversas situações que diferem entre si quanto à forma de sustentação da planta (meio líquido e substrato), ao reaproveitamento da solução nutritiva (circulantes ou não circulantes) e ao fornecimento da solução nutritiva (contínua ou intermitente). Entre os mais utilizados, segundo Bezerra Neto e Barreto (2012) estão:

Hidroponia de aeração estática (*floating*) - Neste sistema as plantas são mantidas em vasos, sem substrato, com as raízes completamente submersas na solução nutritiva, e um sistema de bombeamento de ar para proporcionar a respiração das raízes. Como não se usa substrato, é necessário se adaptar um sistema de sustentação para manter as plantas na posição vertical.

Usualmente empregam-se placas de poliestireno (isopor) com furos, onde se colocam as plantas. Exige um grande volume de solução nutritiva ou ajuste frequente da mesma, para impedir que a absorção de nutrientes pelas raízes produza mudanças radicais nas concentrações dos nutrientes e no pH do meio. Um tipo especial deste sistema de cultivo é o chamado de piscinão, o qual consta de um grande tanque, com cerca de 30 a 40 cm de profundidade, no qual são colocadas diversas placas de poliestireno com as plantas a serem cultivadas. Este sistema de cultivo é adequado apenas para plantas leves, como alface, coentro, etc., não se prestando, portanto para plantas de maior porte como o tomate, pepino, uva, etc. Este sistema tem sido empregado com sucesso em cultivos comerciais (BEZERRA NETO; BARRETO, 2012).

Técnica do filme de nutriente (NFT) ou técnica do fluxo laminar de nutrientes - Neste sistema, as plantas são cultivadas em canais de cultivo por onde a solução nutritiva circula, intermitentemente, em intervalos definidos e controlados por um temporizador. As raízes das plantas ficam apenas parcialmente submersas na lâmina de solução nutritiva que circula, de forma a permitir a respiração normal das raízes. Existem no mercado perfis hidropônicos próprios para este sistema de cultivo, e também podem ser utilizados tubos de PVC inteiros ou cortados ao meio, longitudinalmente (BEZERRA NETO; BARRETO, 2012).

O sistema NFT foi desenvolvido em 1965 por Allen Cooper na Inglaterra e tem sido considerado o mais viável comercialmente para o cultivo de diferentes culturas, em

especial para as hortaliças folhosas (COMETTI, 2003). Esse sistema não utiliza substrato e é classificado entre as técnicas de cultivo hidropônico como um sistema fechado, isto é, a solução nutritiva circula pelos canais de cultivo sendo reutilizada continuamente (RODRIGUES, 2002). Este sistema de cultivo pode ser instalado tanto no sentido horizontal como no sentido vertical.

Um fator limitante no cultivo hidropônico NFT tem sido o elevado consumo de energia elétrica empregada para a circulação da solução nutritiva em intervalos curtos de tempo, geralmente de 15 minutos, por meio de motobombas (NOGUEIRA FILHO; MARIANI, 2000).

Aeroponia - É uma técnica de cultivo de plantas de forma que as raízes ficam suspensas no ar e recebem nebulizações intermitentes de solução nutritiva, ficando a umidade relativa do ar, no ambiente radicular, próxima a 100%. As plantas ficam suspensas pelo caule em um suporte, e as raízes são mantidas dentro de câmaras opacas protegidas da luz, para evitar o desenvolvimento de algas. Este sistema é pouco utilizado comercialmente devido ao custo de implantação e dificuldades operacionais. Algumas pessoas, inadequadamente, costumam confundir aeroponia com hidroponia vertical (BEZERRA NETO; BARRETO, 2000). Qualquer sistema de cultivo, seja NFT, aeroponia, aeração estática, etc. pode ser chamado de cultivo vertical, desde que se disponha as plantas em camadas verticais.

Cultivo por submersão e drenagem (*flood and drain*) - É uma técnica de cultivo sem substrato, de forma que as plantas são cultivadas em vasos, com as raízes completamente submersas na solução nutritiva, semelhantemente à técnica de aeração estática, porém diferindo desta porque intermitentemente a solução nutritiva é completamente drenada para o depósito e em seguida bombeada novamente para encher os vasos onde são cultivadas as plantas. Neste sistema de cultivo não há necessidade de bombear o ar para arejar as raízes porque as mesmas conseguem respirar após cada drenagem da solução nutritiva.

Cultivo com substratos - Nesse sistema, o substrato deve ser inerte, como, por exemplo, areia, vermiculita, cascalho, brita, lã-de-rocha ou misturas diversas (CORTEZ; ARAÚJO, 2002). A escolha do substrato tem uma importância fundamental para o desenvolvimento das plantas. O substrato mais adequado deverá atender às seguintes características: ser inerte quanto ao fornecimento de nutrientes, ter pH neutro e apresentar retenção de água e porosidade adequadas para oxigenação das raízes,

oferecer sustentação para a muda e proteger as raízes dos danos físicos (FURLANI et al., 1999).

É considerado um sistema de cultivo aberto, isto é, a solução nutritiva não retorna para o depósito. O fornecimento da solução nutritiva pode se dar de diversas formas, como por exemplo: capilaridade, gotejamento, inundação e circulação. Diversos recipientes podem ser usados no cultivo com substratos: vasos, tubos de PVC, canaletas, filmes plásticos, canteiros de alvenarias, telhas, sacos, etc. Os canteiros podem ser suspensos ou ao nível do solo e de modo geral, são usados para culturas que têm o sistema radicular e a parte aérea mais desenvolvidas, como o tomate, pepino, pimentão, uva, etc. Para ser considerado como um cultivo hidropônico, o substrato deve ser inerte, diferentemente da fertirrigação aplicada em solos (BEZERRA NETO; BARRETO, 2012).

Recentemente, a EMBRAPA desenvolveu um sistema semi-hidropônico para cultivo de morango, no qual são utilizadas bolsas plásticas contendo substrato orgânico irrigado com solução nutritiva (EMBRAPA, 2004; EMBRAPA, 2006), e esta forma de cultivo vem sendo utilizada com sucesso por vários produtores de morango (PIRAÍ DO SUL, 2012).

Segundo Andriolo et al. (2004), o emprego de substratos para o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas pode simplificar tanto o manejo da fertirrigação como os controles da solução nutritiva e, ainda, diminuir o consumo de energia elétrica, sem depreciar comercialmente o produto.

2.4. Solução Nutritiva

Um dos princípios básicos para produção vegetal, tanto no solo como sobre sistemas de cultivo sem solo (hidroponia) é o fornecimento de todos os nutrientes de que a planta necessita. Em um meio sem solo, as plantas também deverão suprir as mesmas necessidades, por meio da formação da solução nutritiva (SILVA; MELO, 2003).

Em cultivos hidropônicos, a absorção é geralmente proporcional à concentração de nutrientes na solução próxima às raízes, sendo muito influenciada pelos fatores ambientais, tais como: salinidade, oxigenação, temperatura, pH da solução nutritiva, intensidade de luz, fotoperíodo, temperatura e umidade do ar (ADAMS, 1992, 1994,

FURLANI et. al. 1999).

A solução nutritiva é o meio pelo qual os nutrientes previamente dissolvidos em água são colocados à disposição das plantas e, é tida como uma das partes mais importantes de todo o sistema hidropônico, sendo que o mau uso desta pode acarretar sérios prejuízos para as plantas (MARTINEZ; SILVA FILHO, 2006; ANDRIOLO, 1999).

Na literatura podem ser encontrados vários relatos de estudos realizados para avaliar o efeito de concentrações de nutrientes em solução nutritiva para várias espécies de hortaliças. Andriolo et al. (2009) avaliando o efeito de concentrações de nutrientes na solução nutritiva em morangueiro verificaram que na medida em que se aumento as concentrações da solução nutritiva houve redução na produtividade, entretanto, observaram aumento no teor de sólidos solúveis e na acidez titulável.

Para a cultura da pimenteira ornamental, Xavier et al. (2006) avaliaram concentrações variando de 75 a 125% e concluíram que a solução nutritiva preconizada por Schwarz, na concentração original (100%), promoveu os melhores resultados de cultivo, não se justificando a utilização de concentrações maiores. Além disso, esses autores observaram que a concentração de 75% não foi eficiente no suprimento da demanda nutritiva da espécie.

Em estudo desenvolvido com a alface hidropônica em sistema NFT, Cometti et al. (2008) avaliaram concentrações crescentes de solução nutritiva variando de 12,5 a 100% da recomendação de Furlani et al. (1997) e verificaram que a redução da concentração da solução nutritiva permite uma economia de pelo menos 50% no custo da solução nutritiva básica, sem comprometer a produtividade.

Luz et al. (2012) trabalhando com as culturas do coentro e da salsa crespa sob diferentes concentrações de solução nutritiva (FURLANI et al., 1999) variando de 50 a 125% e constataram que ambas as culturas apresentaram melhores rendimentos (produção de massa fresca, número de folhas e altura) sob cultivo com 100% da concentração da solução utilizada. Verificaram ainda que em ambas culturas, o aumento da concentração para 125% é mais prejudicial ao desenvolvimento que a redução para 75%.

Para a cultura da couve manteiga cultivada em substrato e fertirrigada com soluções nutritivas variando de 12,5 a 100% da concentração recomendação de Hoagland e Arnon (1958), Lacerda et al. (2012) concluíram que a presença de nutrientes

na solução nutritiva na concentração de 100% proporcionou maior eficiência no crescimento e acúmulo de massa seca em plantas. Os resultados das pesquisas apresentadas demonstram que existe grande variabilidade nas respostas das mais diferentes culturas ao aumento da disponibilidade de nutrientes na solução nutritiva.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização Geográfica e Classificação Climática

O experimento foi desenvolvido no período de fevereiro a abril de 2017, em ambiente protegido, no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas (DCAT) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Campus Oeste, em Mossoró, RN. O município de Mossoró está a 18 m de altitude, a 5° 11' de latitude Sul e 37° 20' de longitude Oeste.

3.2. Instalação e Condução do Experimento

Para o desenvolvimento do experimento foi instalado uma estrutura composta por 120 vasos plásticos com capacidade para 3,0 L, os quais foram preenchidos com substrato de fibra de coco e dispostos em cima de tijolo, ficando a uma altura de 9 cm do nível do solo (Figura 1).



Figura 1. Estrutura utilizada no experimento.

O experimento foi desenvolvido utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 2 x 5, com três repetições, representadas por quatro vasos contendo uma planta cada. O primeiro fator foi composto por duas cultivares de couve rábano (C_1 - roxa e C_2 - branca) e o segundo formado por cinco diferentes concentrações de solução nutritiva (C_1 - 50%, C_2 - 75%,

C3 - 100%, C4 - 125% e C5 - 150%).

As soluções nutritivas foram adaptadas segundo recomendação de Furlani et al. (1999) para o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade de sais para o preparo de 1000 litros de solução nutritiva segundo recomendação de Furlani (1999) para hortaliças folhosas

Fertilizante	g/1000L
Nitrato de cálcio	750
Nitrato de potássio	500
Sulfato de magnésio	400
MAP	150

Para facilitar o uso das soluções nutritivas utilizadas para enchimento dos recipientes, preparou-se soluções concentradas de fertilizantes. Para obtenção da solução nutritiva concentrada, os nutrientes foram dissolvidos em água e armazenados em dois galões com capacidade para 20 L (Tabela 2). O galão com a solução A continha nitrato de potássio, sulfato de magnésio e MAP e o galão com a solução B continha nitrato de cálcio. Esse cuidado foi tomado para se evitar uma reação previa entre os reagentes, que poderiam se precipitar. Todos os reagentes utilizados para o preparo da solução nutritiva foram dissolvidos separadamente em um balde, antes de serem adicionados aos reservatórios de 60 L usados na irrigação.

Após a adição dos nutrientes foi verificado a condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva para cada tratamento, com valores na ordem de 1,31; 1,71; 2,37; 2,98 e 3,75 dS m⁻¹, nas concentrações C1, C2, C3, C4 e C5, respectivamente.

Tabela 2. Quantidade de sais para preparo da solução nutritiva concentrada

Solução	Fertilizante	g/20L
A	Nitrato de potássio	2500
	MAP	750
	Sulfato de magnésio	2000
B	Nitrato de cálcio	3750

As mudas de couve rábano foram produzidas em bandeja de 128 células, com duas a três sementes por célula e irrigadas manualmente duas vezes ao dia, com água de

abastecimento ($CE = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$).

Aos quatro dias após a semeadura, as sementes germinaram e com 10 dias foi feito o desbaste, deixando-se em cada célula a plântula mais vigorosa. Após o desbaste as mudas receberam fertirrigação diária utilizando a solução nutritiva (FURLANI et al., 1999) diluída em 50%.

Aos 20 dias após o semeio, quando as mudas apresentavam quatro folhas completas, foram transplantadas para os vasos. Uma semana após o transplante as plantas passaram a ser irrigadas com as soluções nutritivas.

Para aplicar a solução nutritiva foi instalado um sistema de irrigação independente para cada concentração, formado por um reservatório plástico (60 L) mangueiras de polietileno de 16 mm de diâmetro, emissores do tipo microtubos com 25 cm de comprimento e uma eletrobomba.

O controle da irrigação foi feito através de temporizador digital, adotando-se a frequência de irrigação de acordo com a necessidade das plantas. Na qual, no primeiro mês o Timer foi programado para efetuar seis eventos diários de irrigação com o tempo de 1,0 minuto; e no mês seguinte, a frequência aumentou para nove eventos de irrigação de 1,0 minuto e 1,5 minutos, intercalados, até a colheita.

Após um mês do plantio realizaram-se as avaliações de diâmetro dos bulbos em intervalos semanais, utilizando-se um paquímetro digital.

3.3. Colheita

A colheita foi realizada no dia 18 de janeiro de 2017, aos 78 dias após semeadura. As plantas foram coletadas e acondicionadas em sacolas plásticas devidamente identificadas e transportadas para o Laboratório de Hidroponia da UFERSA, para dar procedimento às avaliações.

3.4. Características Avaliadas

3.4.1. Análises Quantitativas

Para fins de avaliação foram realizadas as seguintes análises: massa fresca de folhas, massa fresca de bulbos, massa fresca da parte aérea, volume dos bulbos, massa

seca total, massa seca de folhas, massa seca da raiz, massa seca dos bulbos, número de folhas, área foliar, área foliar específica e razão de área foliar.

O número de folhas da planta foi determinado logo após a colheita, com contagem das folhas que apresentavam coloração verde, desprezando-se as folhas de coloração amarelas e/ou secas.

A massa fresca da parte aérea, massa fresca de folhas e massa fresca dos bulbos foram obtidas mediante o peso das mesmas em balança digital de precisão (0,01 g).

A determinação da área foliar foi feita pelo método dos discos, com um disco de 50 mm de diâmetro, no qual foi retirada uma amostra de 10 discos das folhas de cada tratamento, em cada repetição.

$$AF = \frac{AD \times MSF}{\frac{MSD}{10}} \quad (1)$$

Em que:

AF – área foliar, cm²;

AD – área foliar do disco, cm²;

MSF – massa seca de folhas, g;

MSD – massa seca do disco foliar, g;

10 – número de discos utilizados na parcela.

O volume dos bulbos foi obtido por meio do deslocamento de água pelo fruto em uma proveta de 1.000 mL, contendo água até o nível de 500 mL, onde os bulbos eram imersos e o resultado dado pela diferença entre o volume final menos o volume inicial de água.

Para determinação da massa seca as amostras foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados encaminhadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Ciências Ambientais da UFERSA, onde as amostras foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C (±1). As plantas permaneceram na estufa até estarem completamente secas. Em seguida foram feitas as mensurações da massa seca da raiz; massa seca da parte aérea e massa seca do bulbo mediante o peso das mesmas em balança digital de precisão (0,01 g) e com o somatório das mesmas obtiveram a massa seca total.

3.4.2. Análises Qualitativas

As análises de qualidade foram realizadas no Laboratório de Pós-colheita da UFRSA, onde se avaliou os seguintes parâmetros do bulbo: pH, teor de sólidos solúveis, firmeza, acidez titulável, vitamina C e razão SS/AT.

As amostras foram trituradas em liquidificador doméstico, em seguida retiradas as quantidades necessárias para cada análise. Para determinação do pH foram separadas amostras contendo 10 g de polpa de couve rábano, adicionada 100ml de água destilada e a determinação foi feita através de pHmetro de bancada, a análise foi realizada em duplicata.

Os teores de sólidos solúveis (SS) totais foram determinados com o uso de refratômetro digital. A amostra do bulbo triturado foi esmagada manualmente e cerca de duas gotas foram transferidas para o refratômetro. Os resultados foram expressos em graus Brix.

A firmeza do fruto foi obtida com o auxílio de penetrômetro analógico com ponteira de 8 mm de diâmetro e penetração de 5 mm, os resultados dessas leituras foram obtidas em libra sendo convertidos para Newton ($1\text{ N} = 4,45\text{ libra}$).

A acidez titulável (AT) foi feita por meio da titulação de 10 g de poupa diluída em 100 mL de água destilada. Procedimento volumétrico: encheu-se a bureta com NaOH 0,02N, acrescentou-se a amostra 3 a 4 gotas de fenolftaleína e titulou com o NaOH até que a cor ficasse levemente rósea.

Para determinação da vitamina C pesou-se uma amostra de 10g do material triturado e diluiu para 100 mL de ácido oxálico, em seguida retirou-se uma alíquota de 5 ml e adicionou 45 ml de água. A titulação foi efetuada com DFI (0,094 mg/mL) até atingir uma coloração rosada.

A razão SS/AT foi determinada pela divisão das variáveis SS e AT.

As análises foram feitas logo após a coleta em bulbos de todos os tratamentos e em ambas as cultivares (Branca e Roxa), coletando-se um fruto de cada cultivar em cada parcela experimental, totalizando 30 frutos analisados.

3.5. Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância pelo teste F, e as médias dos fatores qualitativos (cultivares) comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de

probabilidade, enquanto que os resultados dos fatores quantitativos (concentrações de solução nutritiva) foram submetidos à análise de regressão. As análises foram realizadas através do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Crescimento e Produção

A análise dos dados revelou que houve efeito significativo da interação entre os fatores cultivares (CT) e concentrações de nutrientes (CN) para as variáveis massa fresca de folhas (MFF) e massa fresca da parte aérea (MFPA) ($p < 0,05$), bem como para a massa fresca de bulbo (MFB) e volume de bulbo (VB) ($p < 0,01$). Analisando o efeito isolado das cultivares verificou-se que houve resposta significativa a 1% de probabilidade para MFF, MFPA, assim como para MFB e VB ao nível de 5%. Com relação ao efeito das concentrações ocorreram respostas significativas ao nível de 1% para todas as variáveis analisadas (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis massa fresca de folha (MFF), massa fresca do bulbo (MFB), massa fresca da parte aérea (MFPA) e volume de bulbo (VB) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva

FV	GL	Quadrados médios			
		MFF	MFB	MFPA	VB
Cultivares-CT	1	61053,68**	307,52*	52854,50**	272,59*
Concentrações-CN	4	6076,73**	1067,77**	11542,04**	1125,59**
CT x CN	4	1394,74*	530,80**	2233,79*	355,90**
Bloco	2	247,59 ^{ns}	12,69 ^{ns}	895,11 ^{ns}	11,25 ^{ns}
Resíduo	18	243,05	40,10	750,53	57,67
CV		12,87	17,7	17,51	21,7

**, *, ^{ns} significativo a 1 e 5%, não significativo, respectivamente

A cultivar Roxa foi superior a Branca para a variável MFF, independentemente da concentração de nutrientes na solução nutritiva, sendo as maiores diferenças obtidas nas concentrações de 125% e 150%, com superioridade de 249 e 476%, respectivamente (Tabela 4).

Para a MFB verificou-se que, com exceção da concentração 125%, houve diferença entre as cultivares nas demais concentrações; a cultivar Roxa foi superior nas concentrações 50, 75 e 150%, enquanto a cultivar Branca foi superior na concentração 100% (Tabela 4).

Com relação à MFPA a cultivar Roxa foi superior à branca em todas as

concentrações, especialmente na diluição mais concentrada em que esta foi superior a cultivar Roxa em 439% (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios de massa fresca de folha (MFF), massa fresca do bulbo (MFB), massa fresca da parte aérea (MFPA) e volume de bulbo (VB) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva

Concentrações	Cultivares	MFF	MFB	MFPA	VB
		----- g planta ⁻¹ -----			cm ³
50%	Roxa	213,49 a ¹	55,71 a	269,2 a	62,35 ^a
	Branca	112,98 b	43,90 b	156,88 b	38,35 b
75%	Roxa	180,5 a	45,65 a	226,15 a	49,55 a
	Branca	125,24 b	46,6 b	171,84 b	44,35 a
100%	Roxa	160,15 a	37,55 b	197,70 a	48,25 a
	Branca	117,40 b	56,48 a	173,88 b	37,45 b
125%	Roxa	158,76 a	34,58 a	188,35 a	39,16 a
	Branca	65,35 b	26,32 a	98,32 b	26,35 b
150%	Roxa	136,98 a	27,26 a	164,24 a	23,66 a
	Branca	23,76 b	6,72 b	30,48 b	10,80 b

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, em cada concentração, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste deTukey

Não houve diferença entre as cultivares para volume de bulbo (VB) nas plantas medidas à concentração de 75%, entretanto, ocorreu diferença significativa nas demais soluções, sendo a cultivar Roxa superior à Branca, principalmente nas soluções mais concentradas (125 e 150%), nas quais a cultivar roxa superou a branca em 68,8 e 119,1%, respectivamente (Tabela 4).

Analisando o efeito das concentrações de nutrientes, verifica-se que a massa fresca de folhas (MFF) das duas cultivares de couve rábano foi afetada pela concentração de nutrientes da solução nutritiva, entretanto, ocorreu resposta diferente para cada cultivar. Para a cultivar Roxa houve resposta linear e negativa, de forma que a MFF foi reduzida com o aumento da concentração iônica, ocorrendo perda de 0,699 g planta⁻¹ por aumento unitário da concentração, resultando em perda total de 34,1%. Para a cultivar Branca houve resposta quadrática, de forma que a MFF aumentou até o nível de 72% (124,79 g planta⁻¹) e decresceu a partir deste nível. Verifica-se ainda que as plantas fertirrigadas com a solução nutritiva de 3,75 dS m⁻¹ (18,70 g planta⁻¹) apresentou redução de 79,3% na MFF em relação a menor CEs (113,79 g planta⁻¹) (Figura 2A).

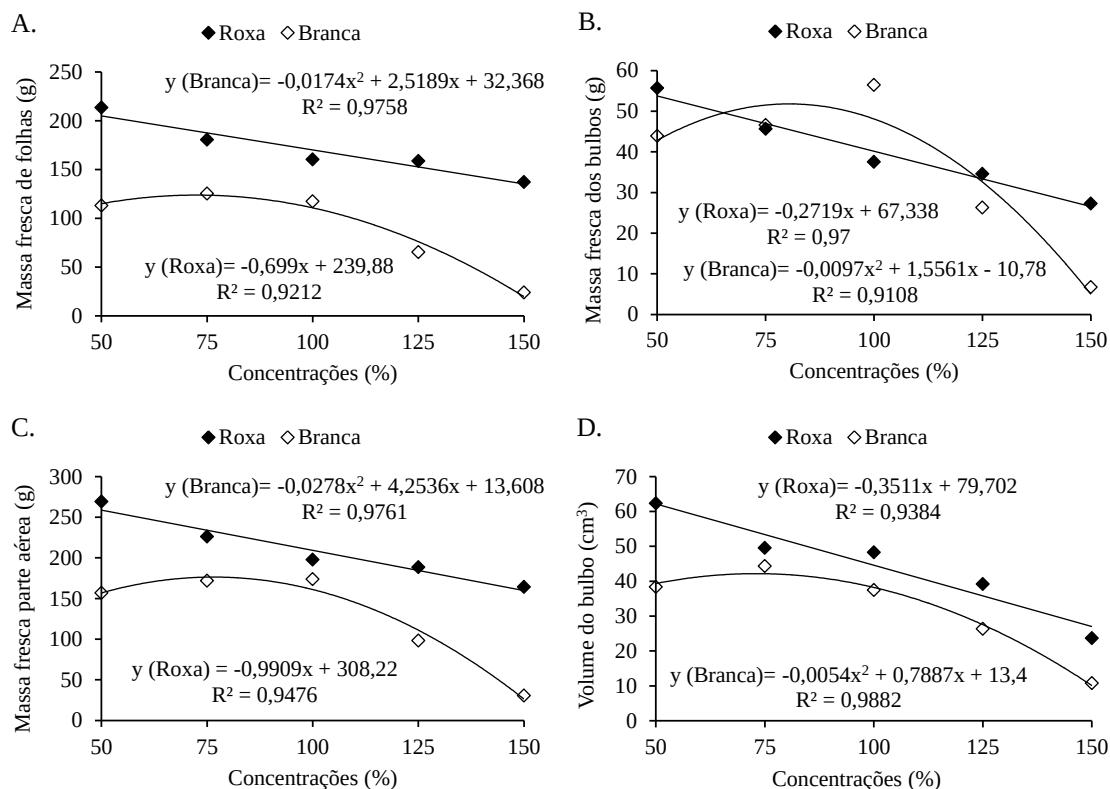


Figura 2. Massa fresca de folha (A), massa fresca do bulbo (B), massa fresca da parte aérea (C) e volume de bulbo (D) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva

Silva et al. (2011) também observaram decréscimo no acúmulo de massa fresca de alface em resposta ao aumento da salinidade, observando resposta linear. Resultados similares ao do presente experimento foram observados por Santos et al. (2012) trabalhando com a cultura da rúcula cultivada em fibra de coco, os quais observaram comportamento quadrático, com maiores valores ocorrendo na salinidade de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Com relação a massa fresca dos bulbos (MFB) ocorreram respostas diferentes nas duas cultivares ao aumento da concentração de nutrientes na solução nutritiva. Na cultivar Roxa verificou-se resposta linear e negativa, ocorrendo perda de $0,2719 \text{ g}$ por planta por aumento unitário da concentração de nutrientes, de forma que na maior concentração (150%) ocorreu a menor MFB ($26,55 \text{ g}$ por planta), representando uma perda total de $50,6\%$ em relação ao valor obtido na concentração de 50% ($53,74 \text{ g}$ por planta). Para a cultivar Branca houve resposta quadrática, de forma que a MFB aumentou até o nível de 80% ($51,63 \text{ g}$ por planta) e decresceu a partir deste nível, apresentando uma MFB de $4,4 \text{ g}$ por planta na concentração de 150% (Figura 2B).

A redução na massa fresca de bulbo observada na maior concentração pode ser ocorrida em resposta a maior salinidade nesta solução, concordando com os resultados apresentados por Biswas, Mannam e Dash (2016) e Osman e Salim (2016), os quais também relatam redução do bulbo de couve rábano como resposta à salinidade.

Para a massa fresca da parte aérea (MFPA), as duas cultivares de couve rábano foram afetadas pela concentração de nutrientes da solução nutritiva, entretanto, ocorreu resposta diferente para cada cultivar. Para a cultivar Roxa houve resposta linear e negativa, de forma que a MFPA foi reduzida com o aumento da concentração de nutrientes, ocorrendo perda de $0,9909 \text{ g planta}^{-1}$ por aumento unitário da concentração, resultando em perda total de 38,3%. Para a cultivar Branca houve resposta quadrática, de forma que a MFPA aumentou até o nível de 76,5% ($176,32 \text{ g planta}^{-1}$) e decresceu a partir deste nível, apresentando valores na ordem de $26,15 \text{ g planta}^{-1}$ na concentração de 150% (Figura 2C).

Com relação ao efeito das soluções nutritivas, verifica-se para o volume dos bulbos (VB) que houve resposta variada de acordo com a cultivar utilizada. A cultivar Roxa apresentou resposta linear negativa, havendo um decréscimo no VB, chegando a 27 cm^3 na maior concentração testada (150%), o que resultou em perda de 56,5% no VB em comparação com o valor obtido na concentração de 50% ($62,1 \text{ cm}^3$). Em se tratando da cultivar Branca, a resposta foi quadrática, ou seja, o VB aumentou até a concentração de 73% ($42,2 \text{ cm}^3$), decrescendo a partir deste ponto, apresentando um VB de $10,2 \text{ cm}^3$ na concentração de 150% (Figura 2D).

A redução no VB na maior concentração ocorreu em virtude da elevada salinidade da mesma, confirmando os resultados apresentados por Biswas et al. (2016) os quais verificaram redução no tamanho do bulbo em plantas submetidas ao estresse salino. Além disso, constata-se que a cultivar Roxa apesar de produzir bulbos mais volumosos foi mais afetada pela salinidade.

Viana et al. (2001), trabalhando com solução salina em alface, também notaram redução linear da fitomassa da parte aérea em decorrência do aumento da salinidade da água utilizada na irrigação para a cultivar de alface 'Elba'; no entanto, Dias et al. (2005), também trabalhando com alface, constataram resposta quadrática para acúmulo de massa fresca, com maior valor observado na salinidade de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, sendo a massa fresca decrescente a partir deste nível salino.

Sabe-se que altas concentrações de sais diminuem o potencial osmótico na solução do substrato reduzindo a disponibilidade de água para as plantas, sendo que as culturas mais sensíveis sofrem redução progressiva na produção e componentes de produção sempre que a concentração salina aumenta (MAAS; HOFFMAN, 1977).

Com relação ao acúmulo de massa seca, a análise dos dados revelou que houve efeito significativo da interação entre os fatores cultivares e concentrações de nutrientes para as variáveis massa seca de raiz (MSR) e massa seca de bulbo (MSB) ($p < 0,01$), não ocorrendo efeito significativo para as variáveis massa seca total (MST) e massa seca foliar (MSF) ($p > 0,05$). Analisando o efeito isolado das cultivares verificou-se que houve resposta significativa ao nível de 1% de probabilidade para MST e MSF, não havendo efeito significativo para as variáveis MSR e MSB ($p > 0,05$). Com relação ao efeito das concentrações ocorreram respostas significativas ao nível de 1% de probabilidades para todas as variáveis analisadas (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para as variáveis de massa seca total (MST), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de bulbo (MSB) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva

FV	GL	Quadrado médios			
		MST	MSF	MSR	MSB
Cultivares-CT	1	766,49**	646,44**	0,037 ^{ns.}	0,32 ^{ns.}
Concentrações-CN	4	96,42**	82,35**	0,45**	2,45**
CT x CN	4	8,39 ^{ns.}	2,97 ^{ns.}	0,35**	1,57**
Bloco	2	14,05 ^{ns.}	15,23 ^{ns.}	0,03 ^{ns.}	0,06 ^{ns.}
Resíduo	18	5,72	7,34	0,03	0,12
CV		16,17	20,94	22,71	20,48

**, *, ^{ns.} significativo a 1 e 5%, não significativo, respectivamente

Para as variáveis MST e MSF, ocorreram diferenças significativas entre as cultivares para todas as concentrações, sendo a cultivar Roxa superior à Branca, independentemente da concentração de nutrientes na solução nutritiva, sendo as maiores diferenças obtidas nas concentrações de 125 e 150% (Tabela 6).

Com relação à MSR, não houve diferença significativa entre as cultivares para as concentrações 75 e 100%, por outro lado, a cultivar roxa foi superior nas demais concentrações (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios de massa seca total (MST), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de bulbo (MSB) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva

Concentrações	Cultivares	MST	MSF	MSR	MSB
----- g planta ⁻¹ -----					
50%	Roxa	27,64 a ¹	22,54 a	1,55 a	3,55 a
	Branca	14,75 b	12,21 b	0,80 b	1,74 b
75%	Roxa	19,69 a	17,29 a	0,85 a	1,75 a
	Branca	12,85 b	10,45 b	0,57 a	1,83 a
100%	Roxa	20,31 a	18,21 a	0,65 a	1,45 a
	Branca	12,06 b	9,54 b	0,61 a	1,91 a
125%	Roxa	16,93 a	14,44 a	0,75 a	1,74 a
	Branca	6,37 b	4,53 b	0,44 b	1,40 a
150%	Roxa	15,76 a	13,47 a	0,69 a	1,60 a
	Branca	4,83 b	3,89 b	0,34 b	0,60 b

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Para a MSB não houve diferença entre as cultivares nas concentrações 75, 100 e 125%. Sendo a cultivar Roxa foi superior nas concentrações 50 e 150%. (Tabela 6).

Com relação ao efeito das soluções nutritivas sobre o acúmulo de massa seca, verifica-se que a massa seca total (MST) e massa seca de folhas (MSF) apresentaram resposta linear negativa para ambas as cultivares. Para a cultivar Roxa ocorreu perda de 0,1069 g planta⁻¹ na MST e 0,08396 g planta⁻¹ na MSF por aumento da concentração de nutrientes, de forma que na maior concentração a (150%) ocorreram a menor MST (14,7 g planta⁻¹) e MSF (13 g planta⁻¹), representando uma perda total de 42 e 39% para a MST e MSF da cultivar Roxa, respectivamente. Já para cultivar Branca as perdas foram de 0,1053 g planta⁻¹ na MST e 0,09024 g planta⁻¹ na MSF por aumento unitário da concentração de nutrientes, apresentando, na maior concentração os menores valores de MST (4,9 g planta⁻¹) e MSF (3,61 g planta⁻¹), o que significa uma perda total de 68 e 71% para as variáveis MST e MSF, respectivamente (Figuras 3A e 3B).

Resultados semelhantes foram observados por outros autores avaliando a produção de couve rábano em condições salinas (OSMAN; SALIM; 2016, BISWAS; MANNAN; DASH, 2016) os quais também verificaram redução significativa no acúmulo de massa seca em consequência do aumento da salinidade.

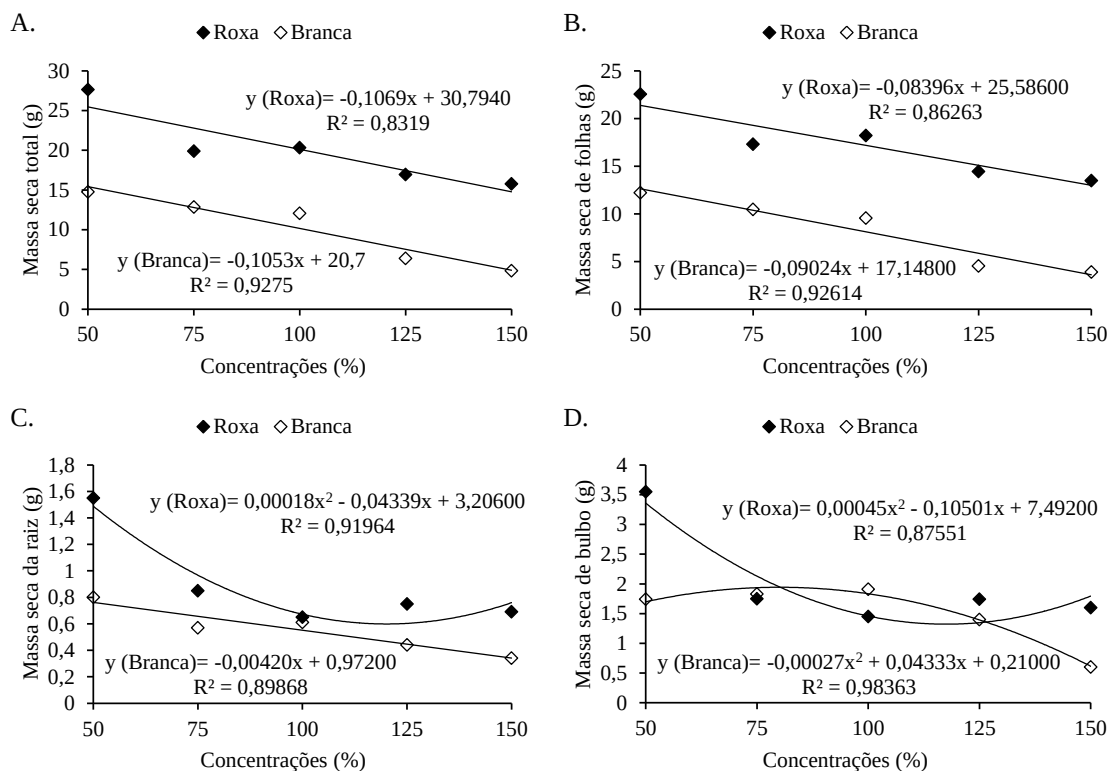


Figura 3. Massa seca total (A), massa seca de folhas (B), massa seca de raiz (C) e massa seca de bulbo (D) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva

Redução significativa na massa seca em resposta à salinidade também têm sido observada para outras hortaliças folhosas, como a alface (SOARES et al., 2007; SANTOS et al., 2010; DIAS et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011). Esses resultados negativos podem ser atribuídos ao aumento da concentração de sais no substrato, que atuam negativamente no processo fisiológico, reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática, o alongamento celular e, em consequência, reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A massa seca de raiz (MSR) foi afetada pelas doses de nutrientes e a resposta variou de acordo com a cultivar analisada. Para a cultivar Roxa foi observada resposta quadrática, ocorrendo inicialmente decréscimo na MSR a medida que se aumentou a dose de nutrientes e após atingir seu ponto mínimo ($0,5 \text{ g planta}^{-1}$) na concentração de 120%, esse índice apresentou aumento. Apesar de ter ocorrido resposta quadrática, verifica-se que não houve variação considerável na MSR desta cultivar entre as soluções 75 e 150%. A cultivar Branca apresentou resposta linear negativa, ou seja, a partir da

dose de 50% (menor dose estudada), houve queda na MSR, atingindo $0,34 \text{ g planta}^{-1}$, uma perda de 55% para a maior concentração testada (150%) (Figura 3C).

Com relação a massa seca de bulbo (MSB) as cultivares foram afetadas pelas concentrações de nutrientes, com resposta quadrática para ambas as cultivares. Sendo que a cultivar Roxa decresceu até a concentração de 116,7% ($1,36 \text{ g planta}^{-1}$), aumentando a partir deste nível, apresentando uma MSB de $1,86 \text{ g planta}^{-1}$ na concentração de 150%. Para a cultivar Branca houve comportamento inverso, onde apresentou um ponto de máxima na concentração de 72% ($1,93 \text{ g planta}^{-1}$), decrescendo em seguida, apresentando uma MSB de $0,63 \text{ g planta}^{-1}$ na concentração de 150% (Figura 3D).

A resposta diferente entre as cultivares quanto ao aumento da concentração de nutrientes pode ser atribuída a dois fatores. O primeiro pode estar relacionado a diferenciação na exigência de nutrientes entre as cultivares. Além disso, confirmam que a tolerância à salinidade é variável entre espécies e, mesmo em uma espécie, entre estádios de desenvolvimento, em cada fase a tolerância a salinidade é controlada por mais de um gene e altamente influenciada por fatores ambientais (FLOWERS, 2005; MUNNS, 2005).

Na literatura são escassos os estudos com efeito de solução nutritiva em couve-rábano, no entanto, existem relatos de redução na MFB em plantas submetidas ao estresse salino (OSMAN; SALIM; 2016, BISWAS; MANNAN; DASH, 2016). Desta forma, a redução desta variável nas soluções mais concentradas pode ser devido a maior salinidade das mesmas.

A análise dos dados revelou que houve efeito significativo da interação entre os fatores cultivares e concentrações de nutrientes para as variáveis área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF) ($p < 0,01$) e para número de folhas (NF) ($p < 0,05$), ocorrendo efeito não significativo para a área foliar específica (AFE). Analisando o efeito isolado das cultivares verificou-se que houve resposta significativa a 1% de probabilidade para NF, AF e AFE, não apresentando efeito significativo para RAF ($p > 0,05$). Com relação ao efeito das concentrações ocorreram respostas significativas para todas as variáveis analisadas, sendo o efeito significativo a 1% para NF, AF e AFE e a 5% para RAF (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para as variáveis número de folhas (NF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão área foliar (RAF) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva

FV	GL	Quadrado médio			
		NF	AF	AFE	RAF
Cultivares-CT	1	32,68**	212505338,31**	110145,35**	5263,96 ^{ns}
Concentrações-CN	4	16,36**	31904760,56**	19272,15**	15293,12*
CT X CN	4	10,88*	9340010,45**	11164,58 ^{ns}	40434,51**
Bloco	2	3,91 ^{ns}	455002,95 ^{ns}	12296,96 ^{ns}	7567,20 ^{ns}
Resíduo	18	2,67	604734,19	4782,77	3442,11
CV		15,06	9,10	10,53	11,03

**, *, ^{ns} significativo a 1 e 5%, não significativo, respectivamente

Para o número de folhas (NF), houve diferença significativa entre as cultivares apenas na concentração de 150%, na qual a cultivar Roxa foi superior a cultivar Branca em 141,4% (Tabela 8).

Em se tratando da área foliar (AF), verificou-se que exceto para a dose de 100%, houve diferença significativa nas demais concentrações de solução nutritiva, nas quais a cultivar Roxa foi superior à Branca. (Tabela 8).

Analisando as variáveis NF e AF em conjunto, verifica-se que a AF apresentou maior diferenciação entre as cultivares na solução nutritiva, apesar de ter ocorrido pouca variação no NF. Considerando que a AF é função do NF por planta e do tamanho do limbo foliar, constata-se que a cultivar Roxa apresenta folhas maiores.

Tabela 8. Valores médios de volume do bulbo (VB), número de folhas (NF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão área foliar (RAF) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva

Concentrações	Cultivares	NF Und	AF cm ²	AFE cm ² g ⁻¹ MSF	RAF cm ² g ⁻¹ MST
50%	Roxa	11,81 a ¹	14656,30 a	650,235 a	530,257 a
	Branca	11,25 a	8173,24 b	669,389 a	554,118 a
75%	Roxa	11,18 a	11690,21 a	676,126 b	587,743 b
	Branca	11,25 a	9516,50 b	910,67 a	740,584 a
100%	Roxa	12,96 a	10389,97 a	570,564 b	511,569 b
	Branca	12,18 a	8989,12 a	942,255 a	745,366 a
125%	Roxa	11,83 a	10614,72 a	735,091b	588,36 b
	Branca	9,5 a	4599,05 b	1015,24 a	721,986 a
150%	Roxa	11,66 a	7663,53 a	568,933 a	486,265 a
	Branca	4,83 b	2921,96 b	751,147 a	604,961 a

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Para a área foliar específica (AFE) e razão área foliar (RAF) não houve diferença significativa entre as cultivares nas doses de 50 e 150%, já para as demais concentrações a cultivar Branca mostrou-se superior à Roxa (Tabela 8).

A AFE expressa a espessura do limbo foliar, assim verifica-se que nas soluções 75, 100 e 125%, a cultivar Branca apresentou maior AFE e, conseqüentemente folha de menor espessura. Em geral, folhas com estômatos menores apresentam maior eficiência de uso de água e a diferença no tamanho da abertura estomática apresenta maior efeito sobre a difusão de água do que a difusão de CO₂, sendo assim, com maior capacidade fotossintética por unidade de área foliar (BIDWELL, 1974; ABRAMS et al., 1994).

De acordo com Klich (2000) o aumento da espessura da folha está relacionado ao aumento dos tecidos do mesófilo. Essa característica é citada como um mecanismo estrutural que potencializa a fotossíntese por unidade de área foliar e habilita a uma maior eficiência no uso da água.

A RAF expressa a área foliar útil para fotossíntese, assim plantas com maior RAF apresentam maior capacidade de produção de fotoassimilados por unidade de área foliar. Assim, apesar de ter apresentado menor desenvolvimento foliar (AF), a cultivar Branca apresentou maior eficiência fotossintética. De acordo com Poorter (1998) plantas com maior AFE apresentam maior eficiência no uso do nitrogênio disponível, resultando assim, na maior RAF conforme observado no presente trabalho.

O número de folhas (NF) da cultivar Roxa não foi afetado pela concentração de nutrientes da solução nutritiva, obtendo-se um valor médio de 12 folhas por planta. Já para a cultivar Branca houve resposta quadrática, de forma que o NF aumentou até o nível de 79,2% (12 folhas) e decresceu a partir desse nível, apresentando um número de 5 folhas por planta na concentração de 150%. Verifica-se ainda que, apesar dos dados apresentarem resposta quadrática, houve pequena variação no NF para estas cultivares entre as concentrações de 50 a 100% (Figura 4A).

Na literatura brasileira são escassos estudos com couve rábano, entretanto, pode ser encontrados relatos sobre o efeito da concentração de nutrientes em outras folhosas. Lacerda et al. (2012) trabalhando com couve manteiga cultivada em fibra de coco, com concentrações variando de 25 a 100% da solução proposta por Hoagland & Arnon (1958), verificaram redução no NF com aumento na concentração de nutrientes.

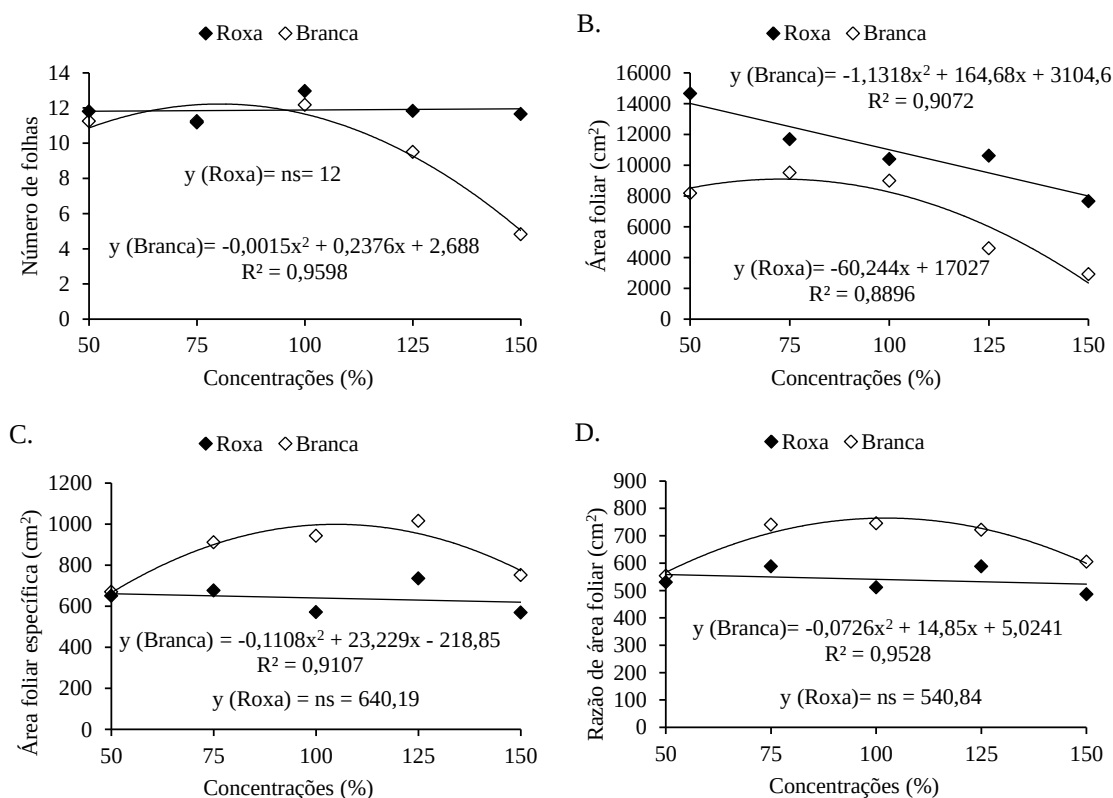


Figura 4. Número de folhas (A), área foliar (B), área foliar específica (C) e razão de área foliar (D) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva

Em estudo desenvolvido por Luz et al. (2012), com as culturas da salsa crespa e coentro em cultivo hidroponico NFT, os autores observaram resposta significativa apenas para o coentro, na qual apresentou resposta quadrática e o maior NF foi obtido na concentração de 91,44% da solução padrão utilizada para esse experimento. Oliveira et al. (2016), testando o efeito de concentrações de nutrientes na cultura do coentro cultivada em fibra de coco, verificaram maior NF na concentração de 75%.

Este comportamento demonstra que o efeito da salinidade sobre o crescimento das plantas é variável em função do material genético utilizado, estando assim de acordo com Parida e Das (2005). Como mostra também a investigação com a cultura da alface sob efeito da salinidade realizada por Gervásio et al. (2000), não relaciona a redução do número de folhas com o incremento da salinidade porém os autores observaram, a partir da CE 3 dS m^{-1} , folhas com coloração verde-escuro, sem brilho e pouco tenras; as referidas observações podem estar relacionadas ao alto grau de salinidade presente na solução do solo.

Para a área foliar (AF) ocorreram respostas diferentes nas duas cultivares ao aumento da concentração de nutrientes na solução nutritiva. Na cultivar Roxa verificou-se resposta linear e negativa, ocorrendo perda de $60,244 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ por aumento unitário da concentração de nutrientes, de forma que na maior concentração (150%) ocorreu a menor AF ($790,4 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$), representando uma perda total de 43% em relação ao valor obtido na concentração de 50% ($14014,8 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$). Para a cultivar Branca houve resposta quadrática, de forma que a AF aumentou até o nível de 72% ($9094,95 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) e decresceu a partir deste nível, apresentando uma AF de $2341,1 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ na concentração de 150%. De forma geral, verifica-se que, para ambas as cultivares ocorreu redução na área foliar na maior concentração de nutrientes. Este comportamento pode ser atribuído a elevada salinidade da solução nutritiva desta concentração $4,4 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 4B).

Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2011), trabalhando com cultivares de alface em diferentes níveis de salinidade, em que a área foliar foi afetada significativamente pela salinidade em todas as cultivares. A área foliar tem sua importância por ser uma variável de crescimento indicativa da produtividade, visto que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química, sendo este um processo que ocorre diretamente na folha (TAIZ: ZEIGER, 2013).

Para Richards (1974), o efeito osmótico reduz a disponibilidade de água para a planta e compete para a adaptação ao estresse hídrico, com redução progressiva da superfície transpiratória, segundo os níveis de sais usados nos tratamentos. O fator de redução de AF também pode ser associado à redução no consumo hídrico pela cultura com o aumento da salinidade, como observado por Paulus (2008), em alface sobre hidroponia em águas salinas. Desta forma, a inibição na expansão do limbo foliar é uma das características mais comuns em plantas submetidas ao estresse, e já tem sido observada na cultura da rúcula (SILVA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2012), e em outras hortaliças folhosas, como alface (DIAS et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2011), agrião e couve chinesa (DANTAS, 2012).

O decréscimo da área foliar decorre, provavelmente, da diminuição do volume de células e, segundo Mittova et al. (2002) e Sultana et al. (2002), as reduções de área foliar e de fotossíntese contribuem, de certo modo, para adaptação da cultura à

salinidade; a redução da área foliar sob estresse hídrico pode ser um mecanismo de sobrevivência que permite a conservação de água pela menor área transpiratória das plantas.

Em se tratando da área foliar específica (AFE) e da razão de área foliar (RAF), a cultivar Roxa não foi afetada pela concentração de nutrientes da solução nutritiva, em ambas as variáveis, apresentando valores médios de $640 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ MSF}$ para a AFE e $540 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ MST}$ para RAF. Já a cultivar Branca apresentou resposta quadrática para ambas as variáveis analisadas, sendo que a AFE aumentou até o nível de 105% ($998,62 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ MSF}$) e, a partir deste nível houve um decréscimo, apresentando uma AFE de $772,5 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ MSF}$. Para a variável RAF, a cultivar Branca apresentou um ponto de máxima na concentração de 102% ($764,40 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ MST}$), decrescendo a partir deste ponto, apresentando um valor mínimo de $599,02 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ MST}$ na concentração de 150% (Figura 4C e 4D).

Esses resultados negativos podem ser atribuídos ao aumento da concentração de sais no substrato, que atuam negativamente no processo fisiológico, reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática, o alongamento celular e, em consequência, reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

4.2. Qualidade de Bulbo

O pH do bulbo não foi afetado pelas soluções nutritivas em nenhuma das cultivares, obtendo-se valor médio de 6,29 e 6,22 nas cultivares Roxa e Branca, respectivamente (Figura 5A). Na literatura são escassos estudos relatando o efeito de soluções nutritivas sobre o pH do bulbo de couve rábano, no entanto pode ser encontrados estudos avaliando a qualidade dos bulbos em condições de armazenamento, verificando-se, após a colheita pH em torno de 6,5 (PARK et al. 2014, ESCALONA et al. 2007), valor próximo ao observado nesse trabalho.

Em relação ao teor de Sólidos solúveis (SS) a cultivar Roxa não foi afetada pela concentração de nutrientes da solução nutritiva, apresentando um valor médio de 7,78 °Brix. Já para a cultivar Branca houve resposta quadrática, havendo inicialmente um decréscimo no teor de SS, com um ponto de mínima de 6,18 °Brix, na concentração de 93%, aumentando em seguida e apresentando um teor de SS de 8,72 °Brix na maior

concentração estudada (Figura 5B).

Análises pós-colheita realizadas por outros autores (ESCALONA et al. 2003, 2007, BART et al. 2014) encontraram valores de SS variando de 6,5 a 9,9 °Brix, assim, verifica-se que os valores obtidos nesse trabalho são próximos aos encontrados na literatura. A ausência de efeito significativo na cultivar Roxa pode ter ocorrido por não ter havido diferença no teor de água no bulbo desta cultivar, que variou de 93,6 a 96,1%. Já na cultivar Branca constatou-se menor teor de água (91,1%) no bulbo das plantas irrigadas com solução mais concentrada, enquanto nas demais concentrações observou-se teor de água médio de 95%. Além disso, na solução mais concentrada, a cultivar Branca produziu bulbos muito pequenos de forma que ocorreu efeito da concentração nesses bulbos. O aumento no teor de SS em plantas submetidas ao estresse salino ocorre devido ao ajustamento osmótico pela planta, na tentativa de atingir o equilíbrio em relação ao potencial osmótico da solução, conforme observado por Freire et al. (2009) e Sarmiento et al. (2014), trabalhando com alface.

Os sólidos solúveis totais representam a percentagem (em peso) de sólidos que se encontram dissolvidos no alimento. No caso de frutas, os sólidos solúveis totais têm tendência a exibir maior concentração com a evolução da maturação, devido aos processos de biossíntese ou ainda pela degradação de polissacarídeos. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o conteúdo de sólidos solúveis totais representa uma das melhores formas de avaliação do grau de doçura do produto.

Os valores de firmeza do bulbo variaram de acordo com as soluções nutritivas para ambas as cultivares. Para a cultivar Roxa a resposta foi linear negativa, onde da menor concentração (50%) para a maior concentração (150%) de nutrientes os valores variaram de 29,6 N a 22,8 N, respectivamente. Em se tratando da cultivar Branca a resposta foi quadrática, atingindo o ponto máximo de firmeza na concentração de 103%, com 23,25 N, decrescendo em seguida, aonde na maior concentração de nutrientes a firmeza chegou a 19,74 N (Figura 5C).

Parker et al. (2014) observaram firmeza de 55,45 N ($\pm 10,5$) em bulbos de couve rábano após a colheita. Mesmo considerando esse desvio padrão verifica-se que os bulbos produzidos neste trabalho apresentaram firmeza inferior ao apresentado por esses autores. Essa diferença pode ser devido a diferentes fatores, tais como material genético e condições de cultivo.

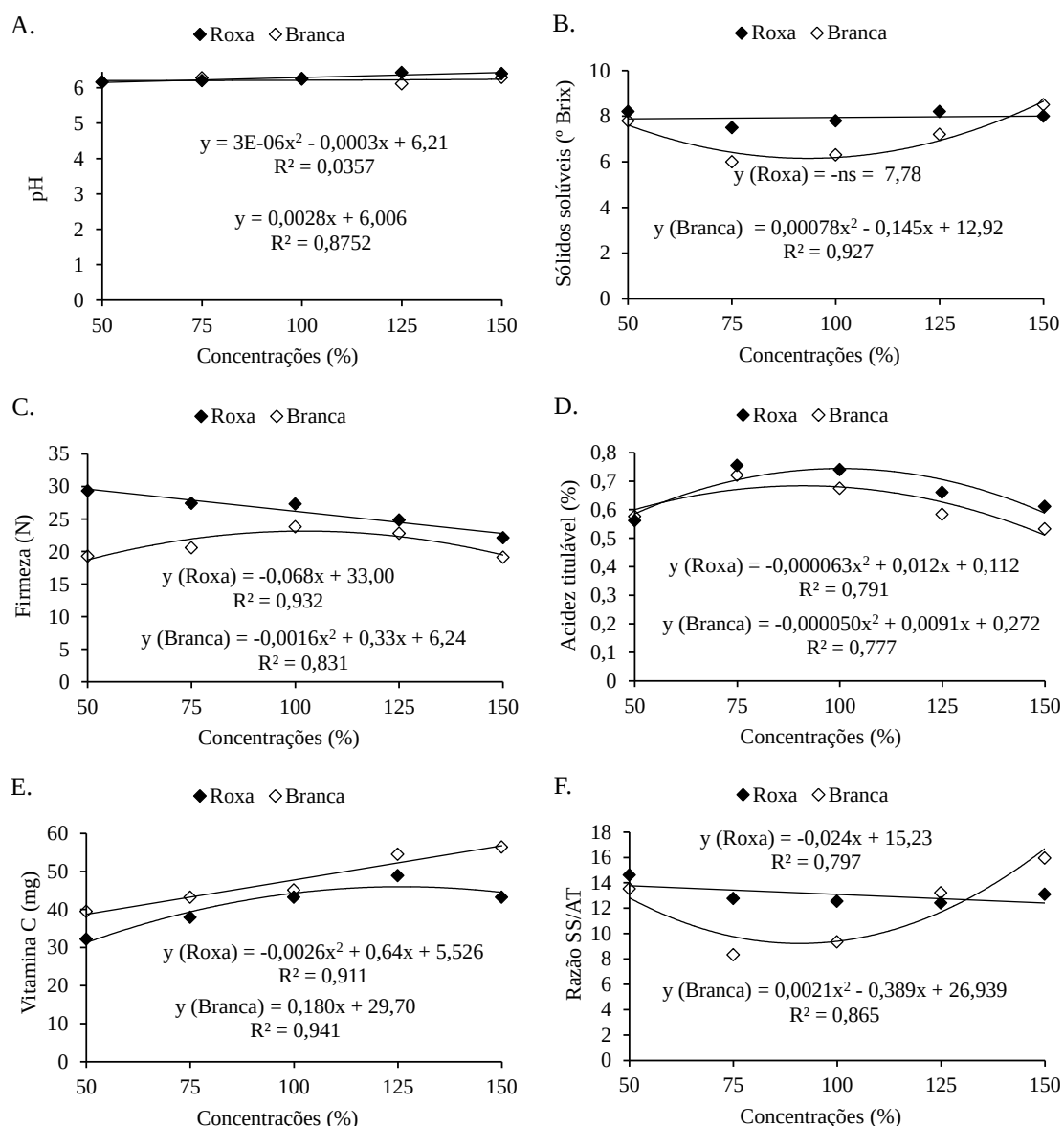


Figura 5. pH (A), sólidos solúveis (B), firmeza (C), acidez titulável (D), vitamina C (E) e razão SS/AT (F) de cultivares de couve rábano fertirrigadas com diferentes concentrações de solução nutritiva.

Osman e Salim (2016) verificaram redução na firmeza do bulbo de couve rábano de plantas cultivadas sobre estresse salino, além disso, esses autores verificaram que existe uma correlação negativa entre o tamanho do bulbo e a sua firmeza. Frutos com baixa firmeza são propensos aos danos físicos reduzindo, assim, a vida útil em termos de comercialização (BATISTA et al., 2017).

Em se tratando da Acidez titulável (AT) em % de ácido cítrico, ambas as

cultivares apresentaram resposta quadrática, com os maiores valores observados nas concentrações de 95 e 91% de solução nutritiva para a cultivar Roxa e Branca, respectivamente, com AT de 0,68% para ambas as cultivares (Figura 5D). Os valores de AT obtidos nesse trabalho estão próximos aos apresentados por Parker et al. (2014), os quais verificaram AT média de 0,45% em bulbos de couve rábano.

Aumento no teor de AT em resposta ao aumento da concentração de nutrientes da solução nutritiva também foi observado por Andriolo et al. (2009) em frutos de morangueiro.

A variação entre os resultados encontrados neste trabalho e na literatura deve-se provavelmente a divergência genética e ambiental utilizada, evidenciando assim que o desenvolvimento e a composição química das plantas podem variar entre diferentes espécies e mesmo dentro de cada espécie, de acordo com as condições ambientais as quais são submetidas (TESTER; DAVENPORT, 2003, TAIZ; ZEIGER, 2013).

No que se refere à Vitamina C, houve resposta linear positiva para a cultivar Branca, com um acréscimo no teor de vitamina C do bulbo na medida em que se aumentou a concentração da solução nutritiva, com valores variando de 38,7 a 56,7 mg 100 g⁻¹ de matéria fresca, nas concentrações de 50 e 150%, respectivamente. Já para a cultivar Roxa houve resposta quadrática, na qual o maior teor de vitamina C foi obtido na concentração de solução nutritiva de 123% (45 mg 100 g⁻¹ de matéria fresca), decrescendo em seguida na maior concentração (Figura 5E).

Os teores de vitamina C observados no presente trabalho estão próximos dos obtidos por Saleh et al. (2013), os quais trabalhando com diferentes fontes de nutrientes (orgânicos e/ou minerais) verificaram teores próximos a 50 mg 100 g⁻¹ de matéria fresca.

Trabalhos realizados com outras culturas demonstram que o teor de vitamina C tende a aumentar em resposta ao incremento da salinidade da solução nutritiva, como observado por Sarmento et al. (2014) e Freire et al. (2009) na cultura da alface. Diniz et al. (2014) trabalhando com tomate cereja também observaram um aumento de 34,5 a 46,07 mg 100 g⁻¹ em função do aumento da salinidade da solução nutritiva.

Para a relação SS/AT observou-se que as cultivares de couve rábano apresentaram respostas diferentes. Para a cultivar Roxa a resposta foi linear e negativa, a medida que a concentração de nutrientes da solução nutritiva aumentou a relação SS/AT diminuiu, apresentando valores na ordem de 14,03 e 11,63, nas concentrações de

50 e 150%, respectivamente. Com relação a cultivar Branca a resposta foi quadrática com um ponto de mínima na concentração de 92,6% (Figura 5F).

Segundo Lima et al. (2009), a razão SS/AT é utilizada como critério de avaliação do sabor do produto, uma vez que o balanço entre as duas variáveis é que confere ao fruto o sabor característico e mais ou menos atrativo. Então, quanto maior o valor entre a razão SS/AT, mais doces serão as frutas.

5. CONCLUSÃO

A adição de nutrientes à solução nutritiva favoreceu um incremento em produção e qualidade de bulbos de couve rábano hidropônico.

A cultivar Roxa apresenta plantas mais vigorosas, entretanto a cultivar Branca é mais tolerante ao aumento da concentração de nutrientes.

A qualidade de bulbos de couve rábano, exceto quanto ao pH, é afetada pelo aumento de nutrientes na solução nutritiva e a resposta variou para cada cultivar.

6. REFERÊNCIAS

- ABRAMS, M. D.; KUBISKE, M. E.; MOSTOLLER, S. A. Relating wet and dry year ecophysiology to leaf structure in contrasting temperate tree species. **Ecology**, v. 75, n. 1, p. 123–133, 1994.
- ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria, ed. da UFSM, 141 p., 1999.
- ANDRIOLO, J. L.; JÄNISCH, D. I.; SCHMITT, O. J.; VAZ, M. A. B.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 39, n. 3, p. 684-690, 2009.
- ANDRIOLO, J. L. ; LUZ, G. L. ; GIRALDI, C.; GODOI, R. S.; BARROS, G. T. Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT? **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.4, p.794-798, 2004.
- BATAGLIA, O. C. Nutrição mineral de plantas: a contribuição brasileira. **O Agrônomo**, Campinas, v 55, n 1, p 40-43, 2003.
- BATISTA, A. A.; DUTRA, I.; CARMO, F. F.; IZIDIO, N. S C.; BATISTA, R. O. Qualidade dos frutos de mamoeiro produzidos com esgoto doméstico tratado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 70-80, 2017.
- BEHR, H. C. Die Kleine Marktstudie: Kohlrabi. **Gemuse**, Munchen, v 29, n 7, p 398-400, 1993.
- BEZERRA NETO, F.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SILVA, E. O.; NEGREIROS, M. Z.; OLIVEIRA, E. Q.; SILVEIRA, L. M. S.; CÂMARA, M. J. T.; NUNES, G. H. S. Qualidade nutricional de cenoura e alface cultivadas em Mossoró-RN em função da densidade populacional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 476-480, 2006.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v. 8, p. 107-137, 2012.
- BISWAS, A. K.; MANNAM, A.; DASH, P. K. Germination, growth and yield response of Kohlrabi, *Brassica oleracea* var. *gongylodes* L. to NaCl induced salinity stress. **Bioscience and Bioengineering Communications**, Khulna v. 2, n. 1, p. 81-89, 2016.
- CASTELLANE, P. D.; ARAUJO, J. A. C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. 2ª ed., FUNESP, Jaboticabal, 43 p, 1995.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.

CHOI, S. H.; RYU, D., K.; PARK, S.; AHN, K. G.; LIM, Y. P.; AN, G. H. Composition Analysis between Kohlrabi (*Brassica oleracea* var. gongylodes) and Radish (*Raphanussativus*). **Korean Journal of Horticultural Science & Technology**, Daejeon, v. 28, n. 3, p. 469-475, 2010.

COMETTI, N. N. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura hidropônica – sistema NFT**. 2003. 106 f. (Tese de Doutorado) - Instituto de Agronomia – UFRRJ, Seropédica, 2003.

COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M. S. Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico–sistema NFT. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 252-257, 2008.

CORTEZ, G. E. P.; ARAÚJO, J. A. C. Hidroponia. In: ZANINI, J. R., VILLAS BÔAS, R. L., FEITOSA FILHO, J. C. **Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia**. Jaboticabal: Funesp – Editora Afiliada, v.1 65 p. 2002.

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; YOSHINAGA, R. T.; TELES FILHO, J. F. Produção de alface sob diferentes níveis de salinidade do solo. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 1, p. 20-29, 2005.

DIAS, N. S.; SOUSA NETO, O. N.; COSME, C. R.; JALES, A. G. O.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, A. M. Resposta de cultivares de alface à salinidade da solução nutritiva com rejeito salino em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 991-995, 2011.

DIVISI, D.; DI TOMMASO, D.; SALVEMINI, S.; GARRAMONE, S.; CRISCI, R. Diet and cancer. **Acta Biomed**, v. 77, n. 2, p. 118-123, 2006.

DONNAN, R. A **Hidroponia no Mundo**. Disponível em: <<http://kidmais.sites.mol.com.br/boletim3.htm>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Produção de Morangos no Sistema Semi-Hidropônico**. 2006. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/MorangoSemiHidroponico/index.htm>> Acesso em 28/04/2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa apresenta o **Sistema de Produção de Morangos Semi-hidropônicos**. 2004. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2004/setembro/bn.2004-1125.3719582771/>> Acesso em 28/04/2016.

FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.78, n. 1/2, p.15-24, 2005.

FREIRE, A. G.; OLIVEIRA, F. A.; CARRILHO, M. J. S. O.; OLIVEIRA, M. C. T.; FREITAS, D. C. Qualidade de cultivares de alface produzida em condições salinas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.4, p.81-88, 2009.

FREIRE JÚNIOR, M. **Efeito da temperatura de armazenamento e da atmosfera modificada na qualidade do alface hidropônico minimamente processado**. 2000. 106f. Tese (Doutorado em Tecnologia Pós-Colheita) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FAQUIN, V; FURTINI NETO, A E; VILELA, A. A. **Produção de alface em hidroponia**. 1996. 50 p (Apostila). Lavras: UFLA/FAEPE, 1996.

FURLANI, P. R.; BOLONHESI, L.C.P.; FANQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. 1991. 180 p. (Boletim Técnico) Campinas, Instituto Agrônomo, 1999.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. 1999. 52 p. (Boletim técnico) Instituto Agrônomo, Campinas, 1999.

HARBAUM, B.; HUBBERMANN, E.M.; WOLFF, C.; HERGES, R.; ZHU, Z.; SCHWARZ, K Identification of flavonoids and hydroxycinnamic acids in pakchoi varieties (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* var. *communis*) by HPLC-ESI-MSn and NMR and their quantification by HPLC-DAD. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 20, p. 8251-8260, 2007.

HAYES, J. D.; KELLEHER, M. O.; EGGLESTON, I. M. The cancer chemopreventive actions of phytochemicals derived from glucosinolates. **European Journal Nutrition**, London, v. 47, n. 5, p. 73-88, 2008.

HEYES, J.; BYCROFT, B. **Handling and processing of organic fruits and vegetables in developing countries**. FAO, 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/004/AC300E/AC300E00.HTM>> Acesso em 28/04/2016

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Agricultural Experimental Station, Berkeley: California, p. 1-39, 1950. (Circular n. 347)

JOHNSON, J. T. Glucosinolates in the human diet bioavailability and implications for health. **Phytochemistry**, New York, v. 1, n. 2, p. 183-188, 2002.

JONES JÚNIOR, J. B. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 5, n. 8, p. 1003-1030, 1982.

JUNG, H. A.; KARKI, S.; EHOM, N. Y.; YOON, M. H., KIM, E. J.; CHO, J. S. Anti-Diabetic and Anti-Inflammatory Effects of Green and Red Kohlrabi Cultivars (*Brassica oleracea* var. *gongylodes*). **Preventive Nutrition and Food Science**, Busanjin-gu, v.19, n. 4, p. 281-290, 2014.

KLICH, M.G. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 44, n. 3, p. 171-183. 2000.

LACERDA, F. H. D.; MACEDO, E. C. F.; FORTUNATO, T. C. S.; MEDEIROS, J. E.; CAMPOS, JÚNIOR, J. E. Substrato e concentração de nutrientes na solução nutritiva na produção de couve manteiga. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 7, n. 4, p. 51-58, 2012.

LIMA, L. M.; MORAIS, P. L. D.; MEDEIROS, E. V.; MENDONÇA, V.; XAVIER, I. F.; LEITE, G. A. Qualidade pós-colheita do mamão formosa ‘Tainung 01’ comercializados em diferentes estabelecimentos no Município de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 902-906, 2009.

LIU, S., WILLETT, W. C., MANSON, J. E., HU, F. B., ROSNER, B. and COLDITZ, G. Relation between changes in intakes of dietary fiber and grain products and changes in weight and development of obesity among middle-aged women. **The American Journal Clinical Nutrition**, New York, v. 78, n. 5, p. 920-927, 2003.

LUZ, J. M. Q.; ANDRADE, L. V.; DIAS, F. F.; SILVA, M. A. D.; HABER, L. L.; OLIVEIRA, R. C. Produção hidropônica de coentro e salsa crespa sob concentrações de solução nutritiva e posições das plantas nos perfis hidropônicos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 589-597, 2012.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – Current Assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, New York, v. 103, n. 2, p.115-134, 1977.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. Viçosa: UFV, 52 p., 1997.

MITTOVA, V.; TAL, M.; VOLOKITA, M.; GUY, M. Salt stress induces up-regulation of an efficient chloroplast antioxidant system in the salt-tolerant wild tomato species but not in the cultivated species. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 115, n. 3, p. 393-400, 2002.

MUCKE, L. R.; MASSAROLO, L. P.; MUCKE, N. **Avaliação comparativa de parâmetros físico-químicos entre vegetais minimamente processados e in natura**. 2012. 73 f. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2012.

NOGUEIRA FILHO, H.; MARIANI, O. A. Estruturas para produção de alface hidropônica. In: SANTOS, O. (ed.). **Hidroponia da alface**. Santa Maria: UFSM, 2000, p.102-110.

OLIVEIRA, F. A.; CARRILHO, M. J. S. O.; MEDEIROS, J.N. F.; MARACAJÁ, P. B.; OLIVEIRA, M. K. T. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.771-777, 2011.

OLIVEIRA, F. A.; SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. T.; MARTINS, D. C.; COSTA, J. P. M. M. Production of coriander in substrate fertigated with increasing nutrient concentrations. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 59, n. 3, p. 275-279, 2016.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: **A review. Ecotoxicology and Environmental Safety**, San Diego, v. 60, n. 3, p. 324-349, 2005.

PIRAÍ DO SUL. **Produtores de morango aprovam sistema semi-hidropônico**. 2012. Disponível em: <http://www.piraidosul.pr.gov.br/site/index.php?option=com_content&view=article&i=314:produtores-de-morango-aprovam-sistemasemihidroponico&catid=38&Itemid=118> Acesso em 28/04/2017

POORTER, H.; EVANS, J. R. Photosynthetic nitrogen-use efficiency of species that differ inherently in specific leaf area. **O ecologia**, Berlin, v. 116, n. 1, p. 26-37, 1998.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep, 762 p., 2002.

SALEH, S. A.; ZAKI, M. F., Hassan; M. K.; Ezzo, M. I. Optimizing nitrogen sources and doses for optimum kohlrabi production in new reclaimed lands. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 9, n. 3, p. 1642-1650, 2013.

SANTOS, A. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.9, p.961-969, 2010.

SARMENTO, J. A.; MORAIS, P. L. D.; ALMEIDA, M. L. B.; SOUSA NETO, O. N.; DIAS, N S. Qualidade e conservação da alface cultivada com rejeito da dessalinização. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 90-97, 2014.

SILVA, A. O.; SILVA, D. J. R.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido-PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.1, p.147-155, 2011.

SILVA, A. P. P., MELO, B., 2003. **Hidroponia**. Disponível em <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/hidropo.htm>>. Acesso em: 28/04/2017.

SILVA, F. V. **Cultivo hidropônico da rúcula (*Eruca sativa* Mill) utilizando águas salinas**. 2009. 70 p. (Tese de Doutorado) Piracicaba: Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SILVA, J. K. M.; OLIVEIRA, F. A.; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. S.; MESQUITA, L. X. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 30-35, 2008.

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MÉLO, R. F.; JORGE, C. A.; SILVA, E. M. B. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 235- 248, 2007.

SPLITTSTOESSER, W. E. **Vegetable Growing Handbook**: Organic and Traditional Methods. Van Nostrand Reinhold, New York, 4th Edition, 362 p., 1990.

SULTANA, N.; KEDA, T.; KASHEM, M. A. Effect of seawater on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Photosynthetica**, Praha, v. 40, n. 1, p. 115-119, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TEIXEIRA, N. T. **Hidroponia**: Uma Alternativa Para Pequenas Áreas. Editora Agropecuária, Guaíba, 86 p., 1996.

TERRY, P.; GIOVANNUCCI, E.; MICHELS, K. B.; BERGKVIST, L.; HANSEN, H.; HOLMBERG, L.; WOLK, A. Fruit and vegetables, dietary fiber, and risk of colorectal cancer. **Journal of the National Cancer Institute**, Washington, v. 93, n. 7, p. 525-533, 2001.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, London, v. 91, n. 3, p. 503- 527, 2003.

THAKUR, O. P.; SHARMA, P. P.; SINGH, K. K. Effect of nitrogen and phosphorus with and without boron on curd yield and stalk rot incidence in cauliflower. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 18, n. 2, p. 115-121, 1991.

VIANA, S. B. A.; RODRIGUES, L. N.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. Produção de alface em condições de salinidade a partir de mudas produzidas com e sem estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 60-66, 2001.

XAVIER, V. C. et al. Concentração da solução nutritiva no cultivo hidropônico de pimenta ornamental. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 13, n. 1, p 24-32. 2006.