



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

JOÃO PAULO CAJAZEIRA

**CRESCIMENTO E ECOFISIOLOGIA DE PITAIAS CULTIVADAS EM VASOS
SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE K E Ca**

**FORTALEZA
2016**

JOÃO PAULO CAJAZEIRA

CRESCIMENTO E ECOFISIOLOGIA DE PITAIAS CULTIVADAS EM VASOS
SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE K E Ca

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Agronomia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Área de concentração: Fitotecnia

Orientador: Prof. D.Sc. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa

FORTALEZA
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C139c Cajazeira, João Paulo.
Crescimento e ecofisiologia de pitaias cultivadas em vasos submetidas a diferentes doses de K e Ca /
João Paulo Cajazeira. – 2016.
140 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-
Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.
1. Cactaceae. 2. Fruticultura. 3. Interação nutricional. 4. Nutrição mineral. 5. Hylocereus. I. Título.
CDD 630
-

JOÃO PAULO CAJAZEIRA

**CRESCIMENTO E ECOFISIOLOGIA DE PITAIAS CULTIVADAS EM VASOS
SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE K E Ca**

Tese apresentada ao Doutorado em
Agronomia do Departamento de
Fitotecnia da Universidade Federal do
Ceará, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração:
Fitotecnia

Aprovada em: 15/07/2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)



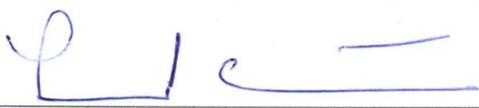
Prof. Dr. William Natale (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará (UFC)



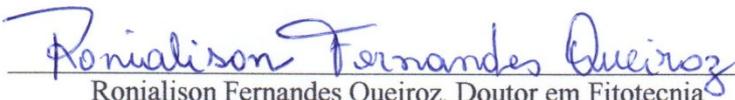
Prof. Dr. Renato Innecco (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. Edmilson Igor Bernardo Almeida (Conselheiro)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)



Lindbergue Araújo Crisóstomo, PhD (Conselheiro)
Embrapa Agroindústria Tropical (CNPAT)



Ronialison Fernandes Queiroz, Doutor em Fitotecnia
PNPD/CAPES/UFC

*À Deus Nosso Senhor.
Aos meus pais Maria Salete e José Edmilson por todo apoio e incentivo.*

DEDICO

*A minha esposa Ana Maria pela compreensão.
Ao meu querido filho, João Pedro, motivo pelo qual venço todas as batalhas impostas.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À *Deus*, pelo dom da vida, saúde e pelo privilégio de poder estudar e continuar meus estudos.

À *Universidade Federal do Ceará*, de forma especial ao *Departamento de Fitotecnia*, pela liberação de verbas para realização da pesquisa, ao de *Biologia e Bioquímica Molecular (DBBM)*, pelas realizações de análises de pigmentos, na pessoa da *prof. Rosilene*. Também ao *Departamento de Engenharia Agrícola* por fornecer dados da estação meteorológica na pessoa do *prof. Benito*.

Ao *Laboratório de Solos e Água*, da *Embrapa Agroindústria Tropical*, na pessoa do grande professor *Lindbergue* e de sua assistente *Vanderléia* sem os quais não poderia ter realizado análises químicas.

A *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)*, pela concessão de bolsa de estudo, sem a qual as limitações para este trabalho seriam maiores.

Aos Professores e Amigos, *Márcio Cleber de Medeiros Corrêa* e *William Natale*, por suas sapiências, conselhos e tranqüilidade na condução da pesquisa.

Aos *colegas* da banca examinadora por aceitarem participar desta avaliação com sugestões e observações para melhoria do trabalho de Tese.

Ao Amigo *Igor* pela ajuda nas idéias lá ... no início da pesquisa.

Ao Amigo *Roni* por sua colaboração e mão-de-obra no trabalho e também pela ajuda nas análises estatísticas e confecção de gráficos.

A *prof^a. Rose*, pelas vezes que precisamos de sua preciosa ajuda com o IRGA e pelos trabalhos de campo que varavam as madrugadas.

Aos meus pares que entraram comigo na pós *Naide* e *Márcio*.

Aos futuros colegas de profissão *Iana Maria*, *Isa*, *Fgênia* e *Jesimiel*, também pela Eng. Agrônoma *Mayara Mader* pela ajuda na coleta de dados.

A Todos os professores e colegas de pós-graduação com os quais tive o prazer de conviver durante todos esses harmoniosos anos.

Aos *Colegas*, *Amigos* e *Servidores* da Pós-Graduação com os quais convivi todo esse tempo, pelas lições aprendidas e ensinadas.

Por fim, a *Todos* que, de uma maneira ou de outra, colaboraram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado.

“A liberdade de procurar e dizer a verdade é um elemento essencial da comunicação humana, não só com relação aos fatos e à informação, mas também e especialmente sobre a natureza e destino da pessoa humana, com respeito à sociedade e o bem comum, com respeito à nossa relação com Deus.”

S. João Paulo II

RESUMO

A exploração comercial de frutos exóticos é uma alternativa econômica e torna-se atrativa em virtude da demanda crescente por parte de um público cada vez mais exigente e interessado em experimentar sabores distintos daqueles tradicionais. Frente a isso, a pitia surge como sugestão a produtores agrícolas do Nordeste brasileiro interessados em investir nela, devido aos expressivos valores alcançados na sua comercialização, além de sua aparência diferente e tolerância ao déficit hídrico. Diante disso, avaliou-se a influência do elemento potássio e cálcio, assim como sua interação, no desenvolvimento da pitia branca em relação suas trocas gasosas e composição mineral de seus tecidos. O delineamento estatístico adotado foi um DBC, arranjo 4x4. As doses constituíram os tratamentos sendo de 0, 125, 250 e 375 mg K dm⁻³ e 0, 53, 106 e 159 mg Ca dm⁻³). As determinações foram realizadas aos 120 e 270 dias para biometria e 150 e 240 dias para as avaliações de trocas gasosas. Os pigmentos fotossintéticos e a caracterização química dos cladódios foram realizados aos 270 dias. A interação 375 mg dm⁻³ de K com 53 mg dm⁻³ de Ca destacou-se no primeiro tempo e no último a interação 250:159 mg dm⁻³ (K:Ca). A fotossíntese líquida foi maior nas doses 125 mg K dm⁻³ e 0 mg Ca dm⁻³. Os pigmentos fotossintéticos se destacaram nas mesmas doses da avaliação de 270 dias da biometria. Para as condições ambientais em que o ensaio foi realizado, as doses 250 e 159 mg dm⁻³(K:Ca) foram as que se destacaram. Paralelamente estudou-se três espécies distintas (*Hylocereus undatus*, *Hylocereus* sp. e *Hylocereus setaceus*) em relação as doses de K e, determinação da quantidade deste elemento nos tecidos da planta (raiz e cladódio) e no substrato. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados. A *Hylocereus undatus*, apresentou os maiores valores para o comprimento e largura do sistema radicular, a maior concentração do potássio se deu na espécie *Hylocereus setaceus*, com valores de 57,9 g de K kg⁻¹ para os cladódios e 5,8 g de K kg⁻¹ nas raízes.

Palavras-chave: *Hylocereus*. Cactaceae. Frutas exóticas. Interação nutricional. Nutrição mineral

ABSTRACT

The commercial exploration of exotic fruits is an economical alternative and becomes attractive because of the growing demand on the part of an increasingly demanding audience and interested in trying out different flavors of those traditional. Whence, the pitaya appears to be the suggestion of the Brazilian Northeast agricultural producers interested in investing in it, due to the expressive values achieved in their marketing, in addition to his different appearance and tolerance to water deficit. Therefore, assessed the influence of the element potassium and calcium, as well as their interaction in the development of white pitaya compared their gas exchange and mineral composition of their tissues. The experimental design was a (Randomized Block Design) RDB, 4 x 4 arrangement. The doses were the treatments being of 0; 125; 250 and 375 mg dm⁻³ K and 0; 53; 106 and 159 mg dm⁻³ Ca). The determinations were performed at 120 and 270 days for biometrics and 150 and 240 days for gas exchange evaluations. Photosynthetic pigments and chemical characterization of cladodes were carried out to 270 days. The interaction 375 mg dm⁻³ of K with 53 mg dm⁻³ of Ca stood out in the first half and in the last the interaction 250:159 mg dm⁻³ (K:Ca). Net photosynthesis was greater in the dose 125 mg K dm⁻³ and 0 mg Ca dm⁻³. The photosynthetic pigments have excelled in the same doses of assessment the 270 days of biometrics. For the environmental conditions in which the test was conducted, the doses 250 and 159 mg dm⁻³ (K:Ca) were the standouts. At the same time studied three distinct species (*Hylocereus undatus*, *Hylocereus* sp. and *Hylocereus setaceus*) compared dosages of K and determination of the quantity of this element in the tissues of the plant (root and cladode) and the substrate. The experimental design was randomized blocks design. The *Hylocereus undatus*, presented the highest values for the length and width of the root, the greatest concentration of potassium in *Hylocereus setaceus* species, with values 57.9 g of K kg⁻¹ for cladodes and 5.8 g of K kg⁻¹ in the roots.

Keywords: *Hylocereus*. Cactaceae. Exotic fruits. Nutritional interaction. Mineral nutrition.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – Considerações gerais

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	Importâncias da fruticultura nacional.....	15
2.2	Introdução de frutas exóticas no Brasil.....	16
2.3	Exploração comercial de frutas exóticas.....	17
2.4	A pitaita do ponto de vista botânico.....	18
2.5	Produção comercial de pitaitas.....	20
2.6	Descrição do gênero <i>Hylocereus</i>	21
2.7	Descrição do gênero <i>Selenicereus</i>	23
2.8	Nutrição mineral das plantas.....	24
2.8.1	<i>Efeito do potássio e do cálcio na nutrição de plantas.....</i>	25
3	REFERÊNCIAS.....	28

CAPÍTULO II – Características morfológicas, químicas, pigmentos fotossintéticos e trocas gasosas da pitaita branca cultivada em vasos a céu aberto sob diferentes combinações de adubação com K e Ca

	RESUMO.....	34
	ABSTRACT.....	35
1	INTRODUÇÃO.....	36
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.1	Período de execução e descrição da área experimental.....	38
2.2	Material vegetal utilizado e preparo dos vasos.....	39
2.3	Tratamentos e delineamento estatístico.....	40
2.4	Irrigação e manejo.....	41
2.5	Análises realizadas.....	41
2.5.1	<i>Análises morfológicas aos 120 e 270 dias.....</i>	41
2.5.2	<i>Caracterização química dos cladódios aos 270 dias.....</i>	42
2.5.3	<i>Pigmentos fotossintéticos aos 270 dias.....</i>	43
2.5.4	<i>Trocas gasosas aos 150 e 240 dias.....</i>	44
2.5.5	<i>Análise de dados.....</i>	45

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
3.1	Caracteres morfológicos da pitaiá branca aos 120 dias após adubação com doses crescentes de K e Ca.....	46
3.1.1	<i>Número de cladódios (NCL).....</i>	46
3.1.2	<i>Soma do comprimento de cladódios (SCC).....</i>	48
3.1.3	<i>Diâmetro de cladódio (DCL).....</i>	49
3.1.4	<i>Espessura de cladódio (ECL).....</i>	50
3.2	Interação nutricional K x Ca e seu efeito sobre as trocas gasosas da pitaiá branca aos 150 dias após a aplicação das doses experimentais....	52
3.3	Coefficiente de correlação de produto-momento (rf), em relação à biometria e às trocas gasosas aos 150 dias após a aplicação das doses experimentais.....	59
3.4	Caracteres morfológicos da pitaiá branca aos 270 dias após adubação com doses crescentes de K e Ca.....	62
3.4.1	<i>Número de cladódios (NCL).....</i>	63
3.4.2	<i>Somatório do comprimento dos cladódios (SCC).....</i>	63
3.4.3	<i>Diâmetro do cladódio (DCL).....</i>	65
3.4.4	<i>Espessura do cladódio (ECL).....</i>	66
3.4.5	<i>Massa fresca da parte aérea (MFPA).....</i>	68
3.4.6	<i>Massa seca da parte aérea (MSPA).....</i>	69
3.5	Interação nutricional K x Ca e seu efeito sobre as trocas gasosas da pitaiá branca aos 240 dias após a aplicação das doses experimentais....	70
3.6	Coefficiente de correlação de produto-momento (rf), em relação à biometria e às trocas gasosas aos 240 dias após a aplicação das doses experimentais.....	78
3.7	Efeito nos pigmentos fotossintéticos de pitaiá branca aos 270 dias após a adubação com doses crescentes de K e Ca.....	81
3.8	Efeito na caracterização química dos cladódios de pitaiá branca, aos 270 dias após a aplicação de doses crescentes de K e Ca.....	85
3.8.1	<i>Teor de K nos cladódios da pitaiá branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos.....</i>	86
3.8.2	<i>Teor de P nos cladódios da pitaiá branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos.....</i>	88
3.8.3	<i>Teor de Ca nos cladódios da pitaiá branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos.....</i>	89
3.8.4	<i>Teor de Mg nos cladódios da pitaiá branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos.....</i>	90
3.8.5	<i>Teor de Na nos cladódios da pitaiá branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos.....</i>	92

3.8.6	<i>Teor de Cu nos cladódios da pitaia branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos.....</i>	93
3.8.7	<i>Teor de Fe nos cladódios da pitaia branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos.....</i>	94
3.8.8	<i>Teor de Mn nos cladódios da pitaia branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos.....</i>	95
3.8.9	<i>Teor de Zn nos cladódios da pitaia branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos.....</i>	96
4	CONCLUSÕES.....	98
5	REFERÊNCIAS.....	99

CAPÍTULO III – Crescimento inicial e composição química de três espécies de pitaias em função de doses de potássio

	RESUMO.....	108
	ABSTRACT.....	109
1	INTRODUÇÃO.....	110
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	111
2.1	Período de execução e descrição do ambiente de trabalho.....	111
2.2	Material vegetal utilizado e preparo dos vasos.....	111
2.3	Delineamento estatístico e tratamentos.....	112
2.4	Manutenção da umidade dos vasos.....	112
2.5	Análises realizadas.....	113
2.5.1	<i>Análises de crescimento.....</i>	113
2.5.2	<i>Análises químicas para a determinação de K nos cladódios.....</i>	114
2.5.3	<i>Análises dos dados.....</i>	114
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	115
3.1	Influência das doses de potássio na biometria da pitaia branca (<i>Hylocereus undatus</i>) entre 180 e 270 dias após a aplicação das doses experimentais.....	115
3.2	Influência das doses de potássio na biometria da pitaia vermelha (<i>Hylocereus</i> sp.) entre 180 e 270 dias após a aplicação das doses experimentais.....	118
3.3	Influência das doses de potássio na biometria da pitaia do Cerrado (<i>Hylocereus setaceus</i>) entre 180 e 270 dias após a aplicação das doses experimentais.....	123
3.4	Influência das doses de potássio nas três espécies de pitaias, em relação às variáveis número de auréolas (NAU), comprimento do sistema radicular (CSR), largura do sistema radicular (LSR), massa	

	fresca da parte aérea (MFA) e massa seca da parte aérea (MSA).....	127
3.5	Influência das doses de potássio sobre o teor de K nos cladódios, no sistema radicular e no substrato em três espécies de pitaias.....	134
4	CONCLUSÕES.....	139
5	REFERÊNCIAS.....	140

CAPÍTULO I – Considerações gerais

1 INTRODUÇÃO

A economia brasileira cresceu 1,6% no segundo trimestre de 2014, segundo dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O destaque neste semestre foi para a agropecuária, com crescimento de 3,8% e participação de 23,3% no Produto Interno Bruto (PIB). Deste, a fruticultura pode ser considerada como uma das responsáveis pela variação positiva da balança comercial brasileira, sendo um dos segmentos que mais se destaca no cenário agropecuário nacional e tem sido impulsionada pela conscientização da população em busca de uma alimentação mais saudável (VITTI et al., 2003). Em pesquisa divulgada pelo Banco Central do Brasil no mês de outubro de 2015, com mais de cem instituições financeiras, indica que o Produto Interno Bruto nacional (PIB nacional) terá dois anos de retração (2015 e 2016), sendo respectivamente de 2,97 e 1,20%. Com retorno positivo de 1% em 2017 e 2% em 2018.

Mesmo assim, a produção de frutas para consumo e industrialização de sucos e néctares encontra-se em plena expansão, colocando o Brasil como terceiro maior produtor de frutas do mundo, atrás apenas da China e Índia, produzindo cerca de 43 milhões de toneladas ano⁻¹, contribuindo com 10% da produção mundial, em 2,3 milhões de hectares. O país é capaz de abastecer o mercado interno com 21 milhões de toneladas de frutas e exportar o restante.

A atividade tem grande importância social, pois gera 5,9 milhões de empregos diretos o que representa 27% da mão-de-obra agrícola do País. Segundo dados do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), cada hectare ocupado com fruticultura emprega, em média, três a seis pessoas e indiretamente outras duas ou três. Segundo dados apresentados pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em cada hectare utilizado pela fruticultura, é gerado uma renda média de US\$ 2 mil.

Com o aumento do poder aquisitivo da população brasileira, a procura por espécies mais requintadas e exóticas cresceu, devido à conscientização pela busca de uma alimentação funcional, visando à saúde. Assim, a exploração comercial destas frutas tem se tornado um mercado atrativo e promissor. Na última década o número de espécies cultivadas no Brasil, oriundas de outros países, aumentou consideravelmente e a pitáia tem se destacado dentre elas.

A pitiaia é originária das Américas e se encontra distribuída na Costa Rica, Venezuela, Panamá, Uruguai, Colômbia, México e Brasil. A planta é perene, apresenta raízes fibrosas com abundantes adventícias; seus caules são classificados como cladódios com geometria triangular, suculentos, com espinhos variando de dois a quatro mm de largura. A flor destaca-se por seu tamanho (em torno de 20 a 30 cm de comprimento), hermafrodita e de coloração branca, realizando antese durante a noite. O fruto tem escamas denominadas de brácteas com diâmetro de 10 a 20 cm no formato esférico (globuloso ou subglobuloso). As sementes medem aproximadamente três mm de diâmetro e estão inseridas uniformemente na polpa, que é gelatinosa. É rica em vitaminas A e C, fósforo e oligossacarídeos que auxiliam o processo digestivo e previne o câncer de cólon e diabetes no ser humano (CAVALCANTE, et al., 2006). Tem sido relatada como ótima fonte de betacaroteno (1,4 µg/100g) e licopeno (3,4 µg/100g). A semente contém 50% de ácidos graxos essenciais, ou seja, 48% de ácido linoléico (ômega-6) e 1,5% de ácido linolênico (ômega-3), tendo poder laxativo se consumida em excesso. É apontada como opção para dietas, pois possui um baixo nível de calorias. Existem várias formas de se consumir a pitiaia, comendo a polpa do fruto ao natural ou processado na forma de refrescos, geléias ou doces; a polpa congelada pode ser usada para fazer sorvetes (CRANE; BALERDI, 2005).

Embora se encontrem no estado do Ceará áreas comerciais de produção de pitaias, ainda são raros os trabalhos de pesquisa voltados para a recomendação de adubos, estudos biométricos de plantas, condução, trocas gasosas, estudos de pigmentos fotossintéticos, etc., sobre a cultura nas condições nordestinas. Sendo assim, o que se faz é uma aproximação dos tratamentos culturais embasados em outras regiões produtoras que, muitas vezes apresentam características ambientais diferentes.

O objetivo do trabalho foi avaliar a interação nutricional, ecofisiologia e crescimento inicial de pitiaia branca (*Hylocereus undatus*) cultivada em vasos em condições de campo e o crescimento de três espécies de cactáceas submetidas a doses crescentes de potássio, além da caracterização química de seus tecidos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importâncias da fruticultura nacional

A fruticultura é a atividade econômica cuja finalidade é abastecer de frutas o mercado interno, externo e de subsistência, estando presente em todas as regiões do Brasil, sendo este setor um dos principais geradores de renda e desenvolvimento do agronegócio. Em 2015, o Brasil exportou cerca de 673,05 mil toneladas de frutas, segundo dados do Anuário Brasileiro da Fruticultura (2015). Economicamente, esta atividade envolve mais de cinco milhões de indivíduos na sua cadeia produtiva. Dentre os fatores que a impulsionam se podem citar: as condições ambientais e a crescente demanda por frutas nativas e exóticas, em virtude do maior esclarecimento por parte das pessoas que vêem nas frutas uma opção de alimentação saudável, sendo fonte de vitaminas, minerais, diferentes fibras alimentares, compostos protetores que ajudam a regular o organismo. Para Nascente (2003), as frutas representam um grupo de alimentos rico em sais minerais (cálcio e ferro) e vitaminas essenciais (A, B1, B3 e C). Ainda neste contexto, são atribuídas às frutas o aumento dos níveis de antioxidantes no sangue, que combatem os radicais livres, a redução da pressão sanguínea, contribuindo para a redução da pressão arterial diminuindo os riscos de problemas cardiovasculares.

Embora grande parte do que é produzido seja para consumo interno, cerca de 95%, e apenas 5% das frutas frescas destinadas à exportação, o crescimento atual da fruticultura brasileira é de aproximadamente 5% para frutas *in natura* e 15% na forma de polpa e sucos (FACHINELLO et al., 2012). Dentre os estados brasileiros que mais se destacaram com a produção de frutas para exportação, o Ceará despontou com 148.944 toneladas de frutas frescas no ano de 2015, seguido por Rio Grande do Norte e Bahia com 131.200 e 115.331 t de frutas frescas, respectivamente (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015). De acordo com o documento “Cadeia Produtiva de Frutas” volume 7 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF), em 2015, afirma que a fruticultura nacional movimentou US\$ 5,8 milhões somente com produtos frescos e US\$ 12,2 bilhões quando se consideram todos os derivados das frutas; quando comparado às cifras de 2011 esse número salta para US\$ 634 milhões com negócios de frutas frescas. Ainda pela publicação, existem pelo menos 30 pólos de produção de frutas espalhados por todo o País, sendo esta uma atividade com elevado efeito multiplicador de renda e, portanto, com força suficiente para dinamizar economias locais estagnadas e com poucas alternativas de desenvolvimento.

Outra variável que afeta a cadeia produtiva da fruticultura são as constantes alterações que devem ser realizadas nos protocolos de produção, pois a qualidade não é um parâmetro estático, pelo contrário, visto que as preferências dos consumidores mudam com o tempo e com isso obriga ao setor uma frequente atualização destes protocolos de qualidade de toda cadeia produtiva e com isso a melhoria na qualificação da mão-de-obra empregada.

Do foco mercadológico, as perspectivas para o setor são estimulantes, pois mediante o desempenho temporal da fruticultura nacional, é possível observar que há incremento na produção de frutas ano após ano, corroborando com isto, no ano de 2001 registrou-se produção superior a 36 milhões de toneladas e, em 2011, foram colhidas 45,1 milhões de toneladas, 7,1% a mais que o ano anterior (SEAB, 2012). Além disso, o produto final é de excelência, tendo ampla competitividade, visto que tanto o mercado interno como o externo demandam quantidades crescentes de frutas, não sendo atendidos plenamente. Ainda dentro deste contexto, a competitividade não depende apenas do montante produzido com qualidade, mas do somatório de vários fatores técnico-econômico-político para a adoção de medidas que visem minimizar as taxas incididas sobre estes produtos, fomento a pesquisa, logística, desenvolvimento das exportações, práticas sustentáveis e gestão de empreendimentos rurais. Além do empenho de câmaras setoriais que já estão instaladas no MAPA visando o afinamento de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento do setor frutícola.

Embora o Brasil desponte como importante nação produtora de frutas, seus habitantes estão aquém de outros, quando comparados ao consumo de fruta. Segundo levantamento de dados realizado pelo SEBRAE (2015), somente 24,1% dos brasileiros consomem a quantidade de frutas e hortaliças recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) de 400g diárias.

2.2 Introdução de frutas exóticas no Brasil

A fruticultura nacional encontra-se em plena expansão, devido ao crescente impulso dos meios de comunicação e campanhas sobre uma vida mais saudável, com consumidores melhor informados e, portanto, mais exigentes em relação à qualidade e suas propriedades nutraceuticas. Soma-se a isso, o aumento do poder aquisitivo do consumidor brasileiro, o que obriga o setor frutícola a inserção de novos produtos: frutos exóticos. Na seara biológica, espécies exóticas são aquelas introduzidas numa dada região por ação

humana, de maneira acidental ou intencional. Estas espécies se reproduzem e iniciam a formação de novas populações, aumentando a diversidade biológica, e podendo desenvolver a economia e a saúde humana. Divergências existem dentro desta ótica. Alguns autores, por exemplo, consideram frutas exóticas aquelas que diferem das demais no sentido de sabor, formato, tamanho, arquitetura da planta, etc. O Brasil possui condições edafoclimáticas favoráveis para a produção de diversas frutas tropicais nativas e exóticas, entretanto, há necessidade de identificação dos entraves inerentes a cada espécie e, a partir daí, desenvolver tecnologias que viabilizem o cultivo racional, incluindo melhoramento, propagação, manejo, nutrição mineral, aspectos fitossanitários, pós-colheita e conhecimento do potencial industrial alimentar, medicinal e cosmético (SACRAMENTO; BARRETTO, 2012). Dentre as frutas mais consumidas no Brasil, a grande maioria é exótica, por exemplo, abacate, banana, laranja, mamão, manga, uva, dentre outras (PACTO, 2014).

Muitos trabalhos vêm sendo realizados com o propósito de adaptar tecnologias oriundas dos países nos quais essas culturas são nativas, no sentido de adaptação às condições brasileiras, tanto em termos de produção como de aceitação no mercado, visto que existe grande potencial destas espécies que ainda muito tem de ser explorados. Assim, torna-se imprescindível trabalhos voltados para a fenologia das culturas.

Segundo Lorenzi et al. (2006), estima-se que a agricultura comercial envolva apenas pouco mais de vinte espécies. Esse número, comparado ao de frutas sem aplicação comercial (calculado em mais de 3.000), é mínimo, não chegando a 1%. Algumas destas frutíferas exóticas pouco conhecidas já são amplamente consumidas, cultivadas e exploradas comercialmente e tendem a constituir cadeias ou complexos de produção pujantes, na medida em que o mercado se torne atrativo para seus produtos, ou que novos produtos sejam criados a partir delas e lançados no mercado.

2.3 Exploração comercial de frutas exóticas

As frutas sempre fizeram parte dos hábitos alimentares dos brasileiros e, como tal, tiveram espaço no orçamento das famílias (PROTESTE, 2015). Segundo dados da maior central de abastecimento do Brasil, a CEAGESP, o montante comercializado em suas dependências pelos atacadistas no ano de 2012, foi de 11.722 t de frutas consideradas exóticas, de um total de 1.791.678 t, representando 0,65% do total comercializado de frutas frescas daquele centro. Em valores comercializados as cifras seriam de R\$ 3.035.047.456,00

de frutas frescas e R\$ 63.328.161,00 representando as frutas exóticas com 2,09% deste total (SISTEMA DE INFORMAÇÃO E ESTATÍSTICA, 2013).

Frutas exóticas, como a pitaia (*Hylocereus* sp.) tem apresentado boa aceitação para consumo “in natura”, não apenas pelo exotismo de sua aparência, mas também em virtude de suas características sensoriais. Os preços praticados nos mercados regional, nacional ou internacional estimularam a expansão e a intensificação do cultivo da pitaia em diferentes sistemas de plantio. No México, Nicarágua, Malásia, Vietnã, Israel e mesmo no Brasil, a produção se dá, predominantemente, em pequenos cultivos e a comercialização está restrita a mercados com maior poder aquisitivo (ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012; ESTELLENA, 2013).

2.4 A pitaia do ponto de vista botânico

A pitaia é uma frutífera pertencente à família Cactaceae, a qual apresenta aproximadamente 84 gêneros e 1.400 espécies, perene suculenta com caule do tipo cladódio, de onde partem numerosas raízes adventícias que permitem o crescimento da planta sobre árvores e pedras em ambientes sombreados de florestas tropicais da América. Sua polpa é rica em fibras com excelentes qualidades digestivas e de baixo teor calórico. Atualmente, no Brasil, algumas áreas têm se destacado pelo seu cultivo, tais como o Cerrado, onde é produzida a “pitaia do Cerrado” e o interior paulista, onde se cultiva principalmente a pitaia vermelha (ANDRADE et al., 2008).

Dependendo da espécie, os frutos da pitaia apresentam características diversificadas, dentre as quais podem ser citadas *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (frutos com casca vermelha e polpa branca), *Hylocereus costaricensis* (frutos com casca vermelha e polpa vermelha), *Selenicereus megalanthus* (K. Schum ex Vaupel) (frutos com casca amarela com espinhos e polpa branca) e *Selenicereus setaceus* (Rizz.) (frutos com casca vermelha com espinhos e polpa branca). As espécies *H. undatus* e a *S. megalanthus* são as mais cultivadas no mundo (MIZRAHI et al., 1997; NERD et al., 2002).

No Brasil, a pitaia tem sido considerada uma fruta exótica, apesar de serem encontradas espécies de pitaia nativas no Cerrado e matas de transição, principalmente espécies do gênero *Selenicereus* e *Hylocereus*, dentre as quais a *S. setaceus*, popularmente conhecida como pitaia do Cerrado ou “saborosa” (JUNQUEIRA et al., 2002).

A propagação da cultura pode se dar de forma sexuada ou assexuada. No entanto, a maneira mais viável é a estaquia, pelo fato de manter as características da planta mãe (clone), bem como a precocidade na produção. De acordo com Silva (2006), há viabilidade da propagação seminífera, pois, as sementes apresentam alta taxa de germinação. Porém, esse tipo de propagação ocasiona lento desenvolvimento das plantas, além da ocorrência de elevada variabilidade genética, prejudicial em pomares comerciais.

A pitaia apresenta florescimento assíncrono, ou seja, há formação de flores e frutos ao mesmo tempo, contribuindo para a produtividade do pomar. Trata-se de flores grandes com aproximadamente 30 cm de diâmetro e coloração branco creme. Há registros de dois a três picos de florada em regiões de Israel e dos Estados Unidos (MERTEN, 2003) e, em território nacional estes fluxos foram registrados entre nove e cinco nos estados de São Paulo e Minas Gerais, respectivamente (SILVA et al., 2011; MARQUES et al., 2011).

O fruto é classificado como baga que apresenta indeiscência, com formato globoso a subgloboso, tendo o desenvolvimento do botão floral entre 19 e 21 dias (MARQUES et al., 2011), com total desenvolvimento entre 34 e 43 dias (SILVA et al., 2011).

Além dos preços expressivos atualmente alcançados por esta fruta, tanto no mercado externo quanto no interno, a cultura apresenta algumas vantagens agrônomicas como tolerância ao déficit hídrico, precocidade quanto ao início da produção de frutos, custos de implantação e manutenção do pomar relativamente mais baixo do que outras frutíferas tradicionais, bem como, características adaptativas favoráveis ao seu cultivo na Região Nordeste. Contudo, a cultura da pitaia, apesar da expansão agrícola apresentada nos últimos anos no Brasil e em outros países, ainda necessita de pesquisas referenciais para auxiliar a tomada de decisão por parte de produtores. Nesse sentido há, portanto, a necessidade destas pesquisas, para que possam auxiliar os produtores no Brasil quanto à propagação, espaçamento, condução das plantas no campo, manejo da irrigação, manejo de plantas daninhas, identificação e manejo de pragas e doenças, manejo nutricional, etc., de modo a aumentar a produtividade da cultura e minimizar os impactos ambientais ocasionados pelo manejo inadequado (ALMEIDA et al., 2014). Neste contexto, Lima (2013) enfatiza que, embora a pitaia esteja entre as frutas menos conhecidas, apresenta potencial econômico promissor, usando este dado como ponto de partida para intensificações de pesquisas voltadas para esta frutífera.

Outro fator importante é que a cultura traz um rápido retorno econômico, pois produz logo no primeiro ano após o plantio (ZEE et al., 2004; LE BELLEC et al., 2006) e, sua

produção pode alcançar 20 t ha⁻¹ no quinto e sexto ano, mantendo esta regularidade por 15 a 20 anos (HESSEN; TELLEZ, 1995).

2.5 Produção comercial de pitaias

Existem cultivos comerciais na Austrália, Camboja, Colômbia, Equador, Guatemala, Indonésia, Israel, Japão, Nova Zelândia, Nicarágua, México, Peru, Filipinas, Espanha, Taiwan, Tailândia, Estados Unidos e Vietnã (NERD; MIZRAHI, 1999) e Brasil. No Brasil, a espécie que mais se destaca comercialmente é a *H. undatus*, conhecida popularmente como pitaia branca e mesmo assim a oferta é limitada, não atendendo a demanda (RODRIGUES, 2010).

Cultiva-se comercialmente pitaias em altitudes variando de zero até 1.800 m, desde que as temperaturas estejam entre 18 e 26° C, e as precipitações de 1.200 a 1.500 mm ano⁻¹. A cultura é mais exigente em água na fase de crescimento vegetativo. No entanto, devido à sua rusticidade, pode adaptar-se em condições áridas que, embora não seja a ideal, pesquisas demonstram certa adaptabilidade a estas circunstâncias. Pesquisas apontaram bons resultados em sistema de irrigação localizada por gotejamento (DONADIO, 2009).

Segundo Costa (2012), a cultura não é sujeita a ataques frequentes de doenças e pragas, no entanto, podem ocorrer problemas com bacteriose, podridão-mole, causada por *Pectobacterium carotovora*, provocando danos nos cladódios. Temperatura e pluviosidade elevadas favorecem a doença. Insetos e pássaros também podem causar injúrias durante as fases de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, fazendo com que os frutos percam qualidade, impossibilitando sua comercialização. Neste sentido, o manejo de plantas daninhas faz-se necessário, visto que estas podem ser hospedeiras de doenças e pragas para a cultura.

No quesito solo, os que oferecem melhores condições para o desenvolvimento da pitaia são aqueles com pH entre 5,5 e 6,5, não compactados, ricos em matéria orgânica, com a finalidade de manter a umidade, temperatura e características texturais, bem drenados e de textura arenosa. Quanto à adubação, mediante estudos prévios realizados pela equipe da Universidade Federal do Ceará, apresenta-se muito responsiva à adubação mineral e também à adubação orgânica (Marques et al., 2012).

No primeiro ano, na fase de implantação da cultura, os maiores custos são relativos a adubação, mão-de-obra e outras despesas inerentes ao bom estabelecimento do pomar. No segundo e terceiro anos, na fase de manutenção, os maiores custos de produção

também são com os adubos orgânicos e mão de obra (MARQUES et al., 2012). É importante ressaltar que as adubações são realizadas com doses empíricas, baseadas em experiências não comprovadas cientificamente, ou baseadas em tabelas voltadas para regiões distintas.

Além da viabilidade técnica é necessário estudar o rendimento econômico da cultura, visto que isto se torna um atrativo para os futuros produtores. Em publicação divulgada pelo Programa Brasileiro de Modernização do Mercado Hortigranjeiro (PROHORT, 2016), foram feitos levantamentos nos mercados atacadistas de entrepostos, dentre os quais do estado do Ceará, e concluiu-se que as frutas continuam com elevação dos preços devido à diminuição da oferta de produtos frutícolas, do aumento da demanda de final de ano e da valorização da moeda americana. Especificamente para a pitáia, somente no estado de São Paulo foram comercializados no atacado 454.980 kg de pitáia, gerando renda de R\$ 1.309.995,00 no ano de 2015 (PROHORT, 2016).

2.6 Descrição do gênero *Hylocereus*

De acordo com o *The Plant List* (2016), o gênero *Hylocereus* contém quinze espécies aceitas e outras cinco em estudo, as quais podem ser encontradas em regiões tropicais e subtropicais de florestas do continente americano. Das espécies de *Hylocereus* cultivadas mundialmente, destacam-se as seguintes: *H. undatus* (Haw.) Britton & Rose (*date supplied* 2012-03-23), *H. monacanthus* (Lem.) Britton & Rose (*date supplied* 2012-04-18) e *H. megalanthus* (K.Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer (*date supplied* 2012-03-23). Além de ser comercializada para consumo da fruta, a pitáia pode ser utilizada com propósitos paisagísticos e ornamentais.

A *Hylocereus undatus* é uma espécie de Cactaceae originária das Américas, estando distribuída na Costa Rica, Venezuela, Panamá, Uruguai, Brasil, Colômbia e México, sendo os dois últimos países os principais produtores em nível mundial. Encontra-se, porém, maior diversidade genética no México e na Nicarágua. Dentre os múltiplos nomes vulgares existentes para a espécie *Hylocereus undatus*, destacam-se: pitáia, pitaya, pitahaya ou “rainha da noite”, devido às flores grandes, brancas ou rosadas que apresentam antese noturna. Conforme Echeverri (1990), a palavra “pitáia” é um termo haitiano que significa “fruto escamoso”. Para Ortiz-Hernández (1999), os nomes “pitaya” e “pitahaya” utilizados nas Américas Central e do Sul têm o mesmo significado, sendo que no México é mais comum utilizar o termo “pitahaya”. Nos países do oriente, como China, Vietnã, Malásia e Japão, é

conhecida como “fruta-do-dragão”, pela semelhança com as escamas características da figura do dragão, sendo considerada uma das mais belas do mundo (ZEE et al., 2004).

É uma planta perene e que comumente cresce sobre árvores ou pedras; tem raízes fibrosas, abundantes e desenvolve também numerosas raízes adventícias que ajudam na fixação e na obtenção de nutrientes; os cladódios são triangulares, suculentos e apresentam espinhos com dois a quatro mm de espessura; a flor é hermafrodita, de coloração branca, grande (mede cerca de 20 a 30 cm de comprimento) e abre durante a noite; e os frutos são vermelhos externamente, muito atrativos ao consumidor, com polpa esbranquiçada, de sabor agradável, levemente adocicado, apresentando um grande número de diminutas sementes de coloração preta (CANTO, 1993).

A propagação desta pitaia é comumente realizada através da estaquia. As plantas originadas por este método iniciam o florescimento após um ou dois anos depois do plantio. Além da precocidade na produção, a propagação por estaquia, de cladódios inteiros ou segmentados, é a forma mais recomendável do ponto de vista prático, pois possibilita obter plantações uniformes, fator importante para cultivos comerciais, em virtude da manutenção das características fenológicas e de qualidade de frutos, necessárias ao mercado. O método sexual é utilizado principalmente quando se objetiva a obtenção de variabilidade genética em programas de melhoramento da espécie (ANDRADE et al., 2008; GUNASENA et al., 2007).

Estudos de sistemas reprodutivos conduzidos em Israel têm verificado que a *Hylocereus* sp. apresenta total ou parcial autoincompatibilidade e, portanto, há necessidade de pólen de outras espécies compatíveis para que ocorra a produção de frutos nos pomares comerciais. A polinização artificial pode ser utilizada como estratégia em pequenas plantações. No entanto, na prática são observados diferentes resultados, dependendo da cultivar doadora do pólen. A polinização manual com utilização de diferentes genótipos pode favorecer o incremento no vigor dos frutos (LE BELLEC, 2004; NERD et al., 2002; LICHTENZVEIG et al., 2000).

De acordo com Le Bellec et al. (2006), a produtividade média da pitaia oscila de 10 a 30 t ha⁻¹ ano⁻¹, o que ocorre em função das condições edafoclimáticas, técnicas de cultivo e idade do pomar. No Brasil, existem pequenas áreas de produção de pitaia, situadas principalmente no estado de São Paulo, localizadas na região de Catanduva. Entretanto, devido ao maior consumo de frutas exóticas e ao seu valor comercial, surgiu interesse por parte dos fruticultores no plantio e cultivo dessa frutífera. Na região Sudeste, a produção dos

frutos ocorre durante os meses de dezembro a maio e, em média, a produtividade anual é de 14 toneladas ha⁻¹ (BASTOS et al., 2006).

Os frutos de *Hylocereus undatus* podem ser consumidos ao natural ou processados na forma de sorvetes, sucos, vinhos e saladas. Os cladódios podem ser utilizados para fabricação de medicamentos, com efeito espasmolítico em vasos coronários, visando à melhora da circulação sanguínea. A pitiaia-roxa (*Hylocereus polyrhizus*) tem sido utilizada para combater a anemia. Outras espécies do gênero *Hylocereus* são comercializadas como plantas ornamentais na Europa e nos Estados Unidos (ZEE et al., 2004; CHANG; YEN, 1997).

2.7 Descrição do gênero *Selenicereus*

Atualmente, este gênero conta com vinte e oito espécies catalogadas e tem a mesma importância que o gênero anterior, sendo menos conhecida comercialmente. As espécies mais difundidas são a *S. setaceus* e *S. megalanthus* (K. Schum. Ex Vaupel) Moran (date supplied 2012-04-18), de nomes comuns: pitiaia-do-Cerrado ou saborosa ou pitiaia baby e, pitiaia amarela ou colombiana respectivamente. Tem ainda o mesmo potencial paisagístico e ornamental que o gênero *Hylocereus*, além da produção de frutos. Na última atualização do *The Plant List* (2016), a espécie *Selenicereus setaceus* foi realocada em outro gênero, o *Hylocereus*, passando a ser chamada de *Hylocereus setaceus* (Salm-Dyck ex DC.) Ralf Bauer (date supplied 2012-03-23).

As características morfológicas deste gênero são semelhantes também, com o diferencial da maior presença de espinhos, menores, mais pontiagudos e menos espaçados. Os frutos apresentam espinhos e espículas, que dificultam os tratamentos na colheita e pós-colheita.

Na pitiaia do Cerrado, há presença de cladódios articulados com formato colunar. Suas flores são sésseis e de tamanho elevado (altura e diâmetro), variando entre 15 a 30 centímetros e 20 centímetros, respectivamente; sua coloração é branca/creme, apresentando grande potencial para ornamentação. Os botões florais se abrem depois do pôr-do-sol, e as flores duram apenas uma noite (JUNQUEIRA et al., 2002).

Pode ser consumida sem processamento ou na forma de sucos, molhos para saladas ou ainda na forma de doces ou coquetéis. Crescem sobre árvores, formando ramos triangulares pendentes, com diâmetro em torno de 1,5 centímetros. Apresentam de um a três espinhos por auréola e flores longas e brancas, com segmentos internos do perianto com

comprimento igual a 11 centímetros e largura de 3,5 centímetros. Apresentam numerosos estames e estigmas, constituídos de vários lóbulos.

Seus frutos são avermelhados, tendendo para o roxo, com polpa branca e succulenta, com pequenas e numerosas sementes escuras, em menor tamanho se comparado com o gênero *Hylocereus*. O formato é similar, mas de menor tamanho em relação à pitáia amarela, porém, de sabor e aparência mais agradáveis para o consumidor (JUNQUEIRA, 2002). A pitáia amarela apresenta polpa esbranquiçada e frutos com casca amarela.

2.8 Nutrição mineral das plantas

É consenso dentre os estudiosos da ciência do solo, que os elementos minerais são fatores de importância singular para a manutenção da vida vegetal, dentre todos, alguns são considerados fundamentais por exercerem funções diretas como a participação de algum composto ou alguma reação sem o/a qual a planta não vive; ou indiretas como sua ausência impede o ciclo da planta ou este não pode ser substituído por outro.

Neste contexto, Malavolta (2008) formulou uma equação em relação à adubação: $M_a = (M_e - M_f) \times f$; em que M_a corresponde ao elemento M disponibilizado pela adubação; M_e é o mesmo elemento em nível de exigência pela cultura; M_f é o elemento disponibilizado no solo; e, f é um fator maior que 1 em decorrência das perdas. Para a pitáia é fundamental a determinação e o monitoramento dos elementos minerais, visto que estes são exportados do solo definitivamente, sem que ocorra uma ciclagem nutricional e, com o passar dos anos, há diminuição considerável na composição química do solo.

Em virtude da escassez de trabalhos voltados para a nutrição mineral da pitáia *in loco*, é arbitrário apresentar aqui tabelas de adubação voltadas para a cultura. Ao invés disso, utilizam-se recomendações oriundas de locais que apresentam ecossistema distinto do daqui. Além de doses aproximadas de cultivos locais sem qualquer validação científica ou de utilidade comprovada.

Os principais elementos demandados pela pitáia são o nitrogênio, o fósforo e o potássio, segundo reporta Hernandez (2000). O primeiro elemento citado é fundamental para o desenvolvimento de um sistema radicular saudável, que possa atuar de forma a explorar bem o solo e, conseqüentemente, aproveitar ao máximo o aporte de adubo (LUDERS, 2004). O potássio promove o aumento do diâmetro do caule (INTA, 2002), sendo um dos elementos mais requeridos, especialmente por exercer as funções na translocação de carboidratos e

regulação da abertura e fechamento dos estômatos (MARSCHNER, 2005), fundamental para plantas que utilizam um metabolismo ácido das crassuláceas.

Malavolta (2006) alerta para recomendações com base na extrapolação de outros sistemas ecológicos, sem conhecer a dinâmica nutricional daquela espécie associada ao ambiente. Com relação ao ambiente, existem alguns trabalhos voltados para essa linha, porém, ainda são incipientes e não permite apontar com precisão os valores adequados para um programa de adubação para a cultura da pitaita, requerendo estudos mais intensos. A adequada nutrição mineral está ligada diretamente à sanidade vegetal, visto que nutrição favorece o aumento da espessura da camada de cera da lamela média e a produção de compostos fenólicos, implicando em maior resistência das plantas às moléstias (HUBER, 2002).

Além disso, boas produtividades e qualidade de frutos estão associadas à nutrição mineral equilibrada, bem como sua resistência a fitopatógenos, segundo Oliveira e Caldas (2004).

2.8.1 Efeito do potássio e do cálcio na nutrição de plantas

Todos os nutrientes são fundamentais, se não vejamos a lei do mínimo, em que a falta de um dado elemento causa distúrbio fisiológico, dificultando ou mesmo impedindo que a planta complete seu ciclo.

De acordo com Oliveira et al. (2004), a disponibilidade do K depende de sua difusão no solo; além disso, sua concentração na solução do solo e a capacidade de adsorção são fatores fundamentais para esta difusão (PHILLIPS E BURTON, 2005). Ainda neste contexto, os níveis deste elemento podem chegar a patamares ínfimos, sem no entanto, as plantas apresentarem algum tipo de sintoma visual, porém, com reflexos na produção em virtude da deficiência de K (LANA et al., 2002).

O potássio destaca-se em muitas reações no metabolismo vegetal pelo fato de promover o aumento da espessura da parede celular e, com isso, conferir maior rigidez aos tecidos, além de estar envolvido em reações na abertura e fechamento estomatal (ANDRIOLO et al., 2010), ativação enzimática, fotossíntese e respiração (HEIDARI; JAMSHID, 2010). Ainda segundo estes autores, a correta utilização dos insumos potássicos pode promover competição de K com outros elementos, principalmente o Na, minimizando problemas com a

salinização. No entanto, Lacerda et al. (2003) ressaltam que o aumento na dose de K nem sempre proporciona efeitos benéficos.

Em culturas que aportam resíduos ao solo, a ciclagem deste elemento é elevada, de acordo com Lupwayi et al. (2005); 52 dias é tempo suficiente para que aproximadamente 90% do K contido nos tecidos das plantas sejam liberados para o solo. Em pesquisa conduzida por Kayser e Isselstein (2005), a dinâmica de K pode ser alterada com o acúmulo de carbono, em virtude de incremento na CTC, modificando inclusive, a adubação com K.

O cálcio atua regulando a estabilidade das membranas, funcionando como um agente cimentante que liga as células, constituindo uma barreira física, em caso de deficiência pode ocorrer efluxo de moléculas de baixo peso molecular do citoplasma para o apoplasto, favorecendo assim a incidência de fitopatógenos (MARSCHNER, 1995).

Outra função importante deste elemento é a estabilidade da parede celular, principalmente na estrutura e resistência (TAIZ; ZIEGER, 2004). Associado a isto está o combate a enzimas pectinolíticas que dissolvem a lamela média, facilitando a entrada de patógenos. Além disso, o cálcio confere firmeza aos frutos, assim como na qualidade do armazenamento. Segundo Ferreira et al. (2013), a aplicação de Ca ao solo visa aumentar a disponibilidade de fósforo em regiões tropicais, fomentando sua biodisponibilidade.

De acordo com Vitti e Domeniconi (2010), o Ca é absorvido pelas plantas por fluxo de massa, acumulando-se nas folhas, tendo seu transporte limitado pelo floema; logo, não há distribuição das folhas mais velhas para as mais novas.

Segundo relatado por Prado (2008), a absorção dos nutrientes pela planta é específica e seletiva, embora possa ocorrer uma série de reações antagônicas ou sinérgicas. De encontro com essa afirmação, Marschner (2012) diz em seu estudo de interações nutricionais que os transportadores iônicos raramente são seletivos e que íons com propriedades físico-químicas (valência e raio iônico) semelhantes tendem a competir por este sítio transportador. Por exemplo, na presença de altas doses de K^+ e Ca^{++} no solo ocorre diminuição na seletividade do elemento Mg^{++} , sendo considerada inibição não competitiva (MARSCHNER, 2012). Ao contrário, têm-se quando ao realizar um procedimento de calagem, aumenta-se o teor de Ca^{++} no ambiente rizosférico e, conseqüentemente a absorção de cátions e ânions devido a sua função de manter a integridade da plasmalema (SILVA, 2015).

Em trabalho desenvolvido por Silva et al. (2008), foi observado aumento quadrático nas medidas de altura e diâmetro do pseudocaule de bananeira, quando se aplicou

K junto ao Ca. As maiores medidas para estas variáveis foram obtidas nas doses 350 e 437,5 mg dm⁻³ de K, respectivamente.

Santos et al. (2004) verificaram que houve significativo aumento (18%) na produção de matéria seca para a referida cultura com a aplicação de Ca, se comparado com a sua ausência, a 1% de probabilidade. Na ausência, observou-se diminuição nos teores de K com o aumento das doses de Mg para a massa fresca das mudas. Por fim, foi verificado pelos autores relações antagônicas existentes entre K e Ca.

3 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.I.B.; CORRÊA, M.C.M.; CRISÓSTOMO, L.A.; ARAÚJO, N.A.; SILVA, J.C.V. Nitrogênio e potássio no crescimento de mudas de pitaia [*Hylocereus undatus* (Haw) BRITTON & ROSE]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p. 1018-1027, 2014.
- ANDRADE, R.A.; LEMOS, E.G. de. M.; MARTINS, A.B.G.; PAULA, R.C.P.; JÚNIOR, J.L.P.; Caracterização morfológica e química de frutos de rambutan. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30., n.4., p. 958-963, 2008.
- ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; PICIO, M.D.; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L. Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n.2, p. 267-272, 2010.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2015. São Paulo: Editora Gazeta, 2015. 108 p.
- BASTOS, D.C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J.A.; LIBARDI, M.N.; ALMEIDA, L.F.P.; GALUCHI, T.P.D.; BAKKER, S.T. Propagação de pitaia vermelha por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 1106-1109. 2006.
- CANTO, A.R. **El cultivo de pitahaya em Yucatán**. Yucatán: Universidad Autónoma Chapingo, 1993. 53p.
- CAVALCANTE, I.H.L.; JESUS, N.; MARTINS, A.B.G. Physical and chemical characterization of yellow mangosteen fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28(2), p. 325-327, 2006.
- CHANG, F.R.; YEN, C.R. Flowering and fruit growth of pitaia (*Hylocereus undatus* Britt. & Rose). **Journal of the Chinese Society for Horticultural Science**, v. 43, p. 314–21. 1997.
- COSTA, A.C. **Adubação orgânica e ensacamento de frutas na produção da pitaia vermelha**. 2012. 69p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) / Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- CRANE, J.H.; BALERDI, C.F. Pitaya growing in the Florida home landscape. Orlando: **IFAS Extension of University of Florida**, 2005. 9p.
- DONADIO, L.C. Pitaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 637-929, 2009.
- ECHEVERRI, A.C. **El cultivo de la pitaya**. Instituto de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Bogotá, Colombia. 1990. 19 p.
- ESTELLANA, N.T. **Dragon fruit production guide. Pinoy bisnes ideas: money making business ideas for entrepreneurs**. Disponível em:<<http://www.pinoybisnes.com/agribusiness/dragon-fruit-production>>. Acesso em 22 de abril de 2013.

FACHINELLO, J.C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.S1, p.109-120, 2011. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010029452011000500014&script=sci_arttext&lng=es>. Acesso em: 14 ago. 2012.

FERREIRA, A. L. L.; LIMA, I. M. A.; NASCIMENTO, B. L. M.; AQUINO, B. F. Influência da calagem na adsorção de fósforo em diferentes solos do estado do Ceará. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.9, p.1-5, 2013.

GUNASENA, H.P.M.; PUSHPAKUMARA, D.K.N.G.; KARIYAWASAM, M. Dragon fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. In: PUSHPAKUMARA, D.K.N.; GUNASENA, H.P.M.; SINGH, V.P. (Ed.). **Underutilized fruit trees in Sri Lanka**. Nairobi: World Agroforestry Centre, 2007. p. 110-142.

HEIDARI, M.; JAMSHID, P. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 5, n. 6, p. 39-46, 2010.

HERNANDEZ, Y.D.O. **Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya**. Oaxaca: Ipn-Sibej-Conacyt-Fmcn, 2000. 124 p.

HESSEN, A.J.; TELLEZ, A. La pitahaia se abre paso! **Cultivo exótico com pontecial para exportación para las regiones tropicales de la America Latina**. Agricultura de las Américas. p. 6-10, 1995.

HUBER, D.M. (2002) Relationship between mineral nutrition of plants and disease incidence. In: Workshop Relação entre nutrição de plantas e incidência de doenças. Piracicaba, Potafos, Anais e Vídeo, vídeo 01. CD-ROM.

INTA. Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuária. **Guía tecnológica Del cultivo de la pitahaya**. 2002. p. 2, 5 e 7.

JUNQUEIRA, K.P. JUNQUEIRA, N.T.V.; RAMOS, J.D.; PEREIRA, A.V. **Informações preliminares sobre uma espécie de Pitaya do Cerrado**. Documentos/EMBRAPA Cerrados, Ed. 1. Planaltina, DF, 2002. 18p.

KAYSER, M.; ISSELSTEIN, J. Potassium cycling and losses in grassland systems: A review. **Grass. For. Sci.**, v. 60, p. 213-224, 2005.

LACERDA, C. F.; OLIVEIRA, H. P. M.; OLIVEIRA, T. S.; GOMES FILHO, E. Crescimento e acúmulo de íons em folhas de sorgo forrageiro submetido a soluções iso-osmóticas de sais (NaCl + KCl). **Revista Ciência Agrônômica**, v. 34, n. 1, p. 1-6, 2003.

LANA, R.M.Q.; HAMAWAKI, O.T.; LIMA, L.M.L; ZANÃO JÚNIOR, L.A. Resposta da soja a doses e modos de aplicação de potássio em solo de Cerrado. **Bioscience Journal**, v. 18, n. 2, p. 17-23, 2002.

LE BELLEC, F.; VILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaia (*Hylocereus* spp.): a new crop, a market with a future. **Fruits**, France, v. 61, n. 4, p. 237 – 250. 2006.

LE BELLEC, F. Pollinisation et fécondation de *Hylocereus undatus* et de *H. costaricensis* à l'île de la Réunion. **Fruits**, v. 59, p. 411-422, 2004.

LICHTENZVEIG, J.; ABBO, S.; NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Cytology and mating system in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 87, n. 7, p. 1058-1065, 2000.

LIMA, C.A. **Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do Cerrado**. Tese (doutorado) – Brasília/DF: UNB, 2013. 140 p.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640p.

LUDERS, L. **The pitaya or dragon fruit (*Hylocereus undatus*)**. Darwin: University of Darwin, 2004. 5p. (Agnote N°778).

LUPWAYI, N.Z.; CLAYTON, G.W.; HARKER, K.N.; TURKINGTON, T.K.; JOHNSTON, A.M. Impact of crop residue type on potassium release. **Better Crops**, v. 89, p. 14-15, 2005.

MALAVOLTA, E. O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. **Informações Agronômicas**, n.121, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: CERES, 2006. 631 p.

MARQUES, V.B.; RAMOS, J.D.; ARAÚJO, N.A.; MOREIRA, R.A. Custo de produção e rentabilidade na cultura da pitaya sob o efeito de adubação orgânica. **Científica**, Jaboticabal, v.40, n.2, p.138-149, 2012.

MARQUES, V.B.; MOREIRA, R.A.; RAMOS, J.D.; ARAÚJO, N.A.; SILVA, F.O.R. Fenologia reprodutiva de pitaya vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, v.41, n. 6, p. 984-987, 2011.

MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3^a ed. Austrália: Elsevier, 2012, 651p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 6th ed. London: Academic, 2005. 889 p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 888p.

MERTEN, S. A review of *Hylocereus* production in the United States. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, Davis, v. 5, n. 1, p. 98-105, Nov. 2003.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; NOBEL, P.S. Cacti as crops. **Horticultural Review**, New York, v. 18, p. 291–320, 1997.

NASCENTE, A.S.; **A fruticultura no Brasil. Ciência e Pesquisa – artigos técnicos**. Disponível em: <http://www.sede.embrapa.br> Acesso em: 23 de março, 2003.

NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Fruit of vine and columnar cacti. In: NOBEL, P. S. (Ed.). **Cacti: biology and uses**. Los Angeles: UCLA, p. 254–262. 2002.

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Reproductive biology of cactus fruit crops. **Horticultural Reviews**, v. 18, p. 321-349, 1999.

OLIVEIRA, A.M.G.; CALDAS, R.C. Produção do mamoeiro em função de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, S.P., v. 26, n. 1, p. 160-163. 2004.

OLIVEIRA, R.H.; ROSOLEM, C.A.; TRIGUEIRO, R.M. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 439-445, 2004.

ORTIZ-HERNÁNDEZ, Y.D.; CARRILLO-SALAZAR, J.A. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): a short review. **Comunicata Scientiae**, v. 3, p. 220 – 237. 2012.

ORTIZ-HERNÁNDEZ, Y.J. Pitahaya: Um Nuevo Cultivo para México. **Colección de Textos Politécnicos**. Serie Biotecnologías, Limusa/Noriega Editores, México, 1999. 111p.

PACTO MATA ATLÂNTICA. **Espécies exóticas**. Disponível em: <<http://www.pactomataatlantica.org.br/especies-exoticas.aspx?lang=>>. Acesso em: 28 de junho de 2014.

PHILLIPS, I.; BURTON, E. Nutrient leaching in undisturbed cores of an acidic sandy podosol following simultaneous potassium chloride and di-ammonium phosphate application. **Nutr. Cycling Agroecosyst.**, n. 73, p. 1385-1314, 2005.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 407p.

PROHORT. **Produto no Ano**. Disponível em: <http://dw.prohort.conab.gov.br/ViewAction?solution.html> Acesso em: 06 fevereiro de 2016.

PROTESTE. **Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional**. Disponível em: <http://www4.planalto.gov.br/consea/comunicacao/noticias/2015/abril/pesquisa-revela-habitos-alimentares-dos-brasileiros-1>. Acesso em: 06 fevereiro de 2016.

RODRIGUES, L.J. **Desenvolvimento e processamento mínimo de pitaiá nativa**. (*Selenicereus setaceus* Rizz.) do Cerrado brasileiro. Tese (doutorado) – Lavras: UFLA, 2010. 164 p.

SACRAMENTO, C.K.; BARRETO, W.S. Frutas tropicais não tradicionais para o cultivo no Brasil. In: **XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 22. 2012, 11 p. Bento Gonçalves, Anais Rio Grande do Sul, 2012.

SANTOS, J.A.; SILVA C.R.R.; CARVALHO, J.G.; NASCIMENTO, T.B. Efeito do calcário dolomítico e nitrato de potássio no desenvolvimento inicial de mudas de bananeira ‘Prata anã’ (AAB), provenientes de cultura in vitro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 150-154. 2004.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural. **Fruticultura – Análise da Conjuntura Agropecuária**. Curitiba, 2012. 11p.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Agronegócio: Fruticultura**, 2015. 4p. (Boletim de Inteligência).

SIEM - Sistema de Informação e Estatística de Mercado da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. São Paulo: CEAGESP, Seção de Economia e Desenvolvimento, 2013. Não publicado.

SILVA, A.C.C.; MARTINS, A.B.G.; CAVALLARI, L.L. Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, S.P., v. 33, n. 4, p. 1162-1168. 2011.

SILVA, J.T.A.; SILVA, I.P.; MOURA NETO, A.; COSTA, E.L. Aplicação de potássio, magnésio e calcário em mudas de bananeira ‘prata anã’ (AAB). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30., n.3., p. 782-786, 2008.

SILVA, M.L.S.; TREVIZAM, A.R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações agrônomicas Nº 149**. Lavras, MG, 2015. 7p.

SILVA, M.T.H. **Propagação sexuada e assexuada da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw)**. 2005. 44 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p

The Plant List. **A working list of all plant species**. Disponível em: <http://www.theplantlist.org.html>. Acesso em: 02 fevereiro de 2016.

VITTI, A. et al. Ha espaço para exportar mais? **Hortifruticultura Brasileira**, Brasília, ano 2, n. 18, p. 12-15, out. 2003.

VITTI, G.; DOMENICONI, R. Fósforo. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. v. 2. Piracicaba, INPI. 2010. p. 411-467.

ZEE, F.; CHUNG-RUEY, Y; NISHINA, M. **Pitaya (dragon fruit, strawberry pear)**. Manoa: University of Hawaii, 2004. 3p.

CAPÍTULO II – Características morfológicas, químicas, pigmentos fotossintéticos e trocas gasosas da pitaia branca cultivada em vasos a céu aberto sob diferentes combinações de adubação com K e Ca

RESUMO

É notório que a agricultura nacional vem se modificando em ritmo acelerado nos últimos anos. A exigência do mercado consumidor, somada à necessidade de novos produtos, é responsável por estas modificações. Diante disso, a cultura da pitiaia branca tem se mostrado uma alternativa viável a produtores agrícolas da região Nordeste. Como fatores limitantes, destacam-se: as incipientes informações em relação à nutrição mineral da planta, aliada a dados referentes ao crescimento da cultura (fenologia). Diante disso, desenvolveu-se este trabalho visando avaliar a influência do potássio e cálcio no desenvolvimento da pitiaia branca, bem como nas relações de trocas gasosas e caracterização mineral de seus cladódios, no estado do Ceará. O delineamento estatístico foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial 4x4, com 16 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos por doses de potássio, (0, 125, 250 e 375 mg K dm⁻³) e doses de cálcio, (0, 53, 106 e 159 mg Ca dm⁻³). As avaliações foram realizadas em dois tempos distintos: 120 e 270 dias para as determinações biométricas e 150 e 240 dias para as avaliações de trocas gasosas. Os pigmentos fotossintéticos e a caracterização química dos cladódios foram realizados aos 270 dias. Para os caracteres morfológicos, a interação nutricional 375:53 mg dm⁻³ (K:Ca) foi a que se destacou nos primeiros 120 dias e, na etapa final, a interação que se destacou foi 250:159 mg dm⁻³ (K:Ca). A fotossíntese líquida foi maior nas doses 125 mg K dm⁻³ e 0 mg Ca dm⁻³. Os pigmentos fotossintéticos se destacaram nas mesmas doses da avaliação de 270 dias da biometria. Para as condições ambientais em que o ensaio foi realizado, as doses 250 e 159 mg dm⁻³(K:Ca) foram as que se destacaram.

Palavras-chave: *Hylocereus undatus*. Cactaceae. Fruticultura. Interação nutricional.

ABSTRACT

It is obvious that the national agriculture has been changing rapidly in recent years. Market demand coupled with the need for new products are responsible for these modifications. Given this, the culture of Dragon fruit has been shown in a viable alternative to farmers in the Northeast region. How do limiting factors include: the incipient information regarding mineral plant nutrition combined with growth data of culture (phenology). Given this, developed a work in order to evaluate the influence of potassium and calcium in the development of white pitaya and its relationship to gas exchange and mineral characterization of their cladodes in the State of Ceará. The statistical design used was randomized blocks, in factorial 4 x 4, with 16 treatments and three replicates. The treatments were composed of potassium doses, with four levels (0, 125, 250 and 375 mg K dm⁻³) and doses of calcium, with four levels (0, 53, 106 and 159 mg Ca dm⁻³). The evaluations were conducted at two different times: 120 and 270 days for biometrics and 150 and 240 days for the evaluations of gas exchange. Photosynthetic pigments and chemical characterization of cladodes were carried out to 270 days. For the morphological characters, the nutritional interaction 375:53 mg dm⁻³ (K:CaO) was the one that stood out in the first 120 days, in the final step, the interaction that stood out was 250:159 mg dm⁻³ (K:Ca). Net photosynthesis was greater in the 125 mg dm⁻³ dose and 0 mg Ca dm⁻³. The photosynthetic pigments have excelled in the same doses of the 270-day assessment of biometrics. For the environmental conditions in which the test was conducted, the 250 and 159 mg dm⁻³ (K:Ca) doses were the ones that stood out.

Keywords: *Hylocereus undatus*. Cactaceae. Fruit growing. Nutritional interaction.

1 INTRODUÇÃO

Os nutrientes disponibilizados às plantas são afetados por fatores de natureza química, física e biológica, sendo que no primeiro caso, a interação iônica pode influenciar diretamente a composição mineral da cultura (SILVA; TREVIZAM, 2015). Portanto, para que ocorra absorção efetiva dos elementos, estes devem estar na solução do solo e disponíveis às culturas por mecanismos de fluxo em massa, difusão ou mesmo posicionado espacialmente para que ocorra a interceptação radicular (ROSOLEM et al., 2003).

A interação nutricional pode ocorrer mesmo antes da assimilação por parte do vegetal, na interface solo-planta, havendo influência na absorção, transporte e metabolismo, causando problemas de desordem nutricional e influenciando na produtividade da cultura (PRADO, 2008). Neste aspecto, Fontes (2014) ressalta a importância do manejo adequado dos nutrientes na interface solo-planta-ambiente-genótipo, tendo como consequência a eficiência no uso dos nutrientes pelas plantas.

O potássio tem grande relevância nas trocas gasosas da pitiaia por estar relacionado à translocação de carboidratos e à abertura e fechamento estomático (MARENCO; LOPES, 2011), visto que o aumento da pressão estomática se dá em função do transporte de seus íons para o interior das células e, com isso, há aumento da pressão osmótica que eleva a pressão de turgescência sobre as células-guarda ocorrendo a abertura do ostíolo. Kano et al. (2010) reforçam a importância deste cátion na produção vegetal, ressaltando que o K está envolvido na ativação de enzimas ligadas à respiração e à fotossíntese.

No caso da pitiaia, por esta cultura apresentar metabolismo CAM (ácido das crassuláceas), há acúmulo de CO₂ atmosférico durante o período noturno na forma da malato (4C), e essa concentração interna favorece o fechamento estomático durante o dia, mecanismo que diminui as perdas de água.

O significado do vocábulo pitiaia, segundo a enciclopédia britânica, é proveniente do termo pitahaya, e remonta a civilização pré-colombiana Tainos, que significa fruto escamoso (MERRIAM-WEBSTER, 2014).

Segundo Nunes et al. (2014), no Brasil, a espécie mais difundida comercialmente é a *Hylocereus undatus*, conhecida como pitiaia branca. Os autores destacam a importância da pitiaia branca no aspecto econômico, tendo em vista a grande demanda pelos mercados europeu e americano, requerendo maiores pesquisas no que concerne à potencialidade nutricional da cultura. Atualmente, a pitiaia está distribuída nas áreas tropicais do globo, sendo

cultivada, também, em regiões asiáticas. No entanto, acredita-se que seu centro de origem seja ao sul do México, precisamente na localidade de Yucatán (BAUER, 2003).

A pitaia branca apresenta diferentes aplicações do ponto de vista econômico, podendo ser associada tanto na alimentação humana como na fabricação de ração animal, sendo que no segundo caso, não apenas o fruto é aproveitável, podendo-se utilizar os talos, as flores e os cladódios de maneira geral. Além disso, o fruto da pitaia branca apresenta maiores concentrações de água (g), proteínas (g) e vitamina C (mg) em sua composição nutricional por 100 g de polpa, se comparada as espécies *H. polyrhizus*, *H. megalanthus* e *H. setaceus* (CHOO; YONG, 2011; BRUNINI; CARDOSO, 2011; ABREU et al., 2012; LIMA et al., 2013;). Em estudo conduzido por Kim et al. (2011), ficou demonstrado que compostos obtidos da casca da pitaia branca são inibidores do desenvolvimento de células cancerígenas.

O objetivo deste ensaio foi avaliar a influência de diferentes doses de potássio e cálcio, bem como sua interação, no crescimento e ecofisiologia de plantas de pitaia branca, a fim de determinar a importância desses macronutrientes no desenvolvimento inicial das plantas, no município de Fortaleza, estado do Ceará.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Período de execução e descrição da área experimental

O experimento foi conduzido de 22 de abril de 2014 à 22 de janeiro de 2015, em vasos a céu aberto, no Setor de Horticultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, no município de Fortaleza, CE. O posicionamento geográfico da área é 3°43'02"S e 38°32'35"W, estando numa altitude de 19,6 m (IPECE, 2011). De acordo com a classificação de Köppen, o clima local é Aw (ALVARES et al., 2014), clima tropical chuvoso, com temperatura média do mês mais frio maior ou igual a 18°C. Os índices pluviométricos apresentam média anual de 1.390 mm, sendo a precipitação do mês mais seco menor que 30 mm; a época mais seca ocorre no inverno e o máximo de chuvas ocorre no outono, sendo a temperatura média anual é de 26,5°C.

Os dados meteorológicos do período experimental foram coletados na estação meteorológica mais próxima da área, distante cerca de 2 km, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola (DENA), localizada no Campus do Pici, UFC. Os dados referentes aos valores mínimos, máximos e médios de temperatura e umidade relativa, além de precipitação total, insolação e evaporação total, estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados coletados na estação meteorológica durante a condução do experimento (abril de 2014 a janeiro de 2015). Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza (CE)

Mês/Ano	Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)			Precipitação Total (mm)	Insolação Total (h)	Evaporação Total (mm)
	9h	15h	21h	9h	15h	21h			
Abr/2014							272,0	150,3	76,9
Máximo	30,4	31,0	28,8	98	92	97			
Mínimo	24,2	26,4	24,8	64	61	72			
Média	27,7	29,3	27,0	81	71	85			
Mai/2014							255,6	181,9	67,5
Máximo	29,0	31,0	27,6	97	87	97			
Mínimo	24,4	26,8	24,6	69	61	79			
Média	27,6	29,4	26,7	80	70	86			
Jun/2014							34,0	236,9	116,3
Máximo	29,4	30,8	27,8	92	70	88			
Mínimo	25,6	27,8	25,8	52	49	78			
Média	28,1	29,8	26,8	68	61	83			
Jul/2014							43,2	273,6	149,0

Máximo	29,8	30,0	27,2	97	77	90			
Mínimo	24,2	27,0	24,4	50	46	75			
Média	27,7	29,2	26,3	65	59	80			

Ago/2014							10,5	310,6	191,1
Máximo	29,2	30,6	27,0	77	66	84			
Mínimo	26,8	27,8	25,4	46	50	72			
Média	28,3	29,6	26,3	59	56	78			

Set/2014							7,0	290,9	178,3
Máximo	30,0	30,0	26,8	89	70	87			
Mínimo	25,4	28,4	25,6	46	53	76			
Média	28,4	29,4	26,2	64	60	80			

Out/2014							6,6	328,8	188,2
Máximo	30,8	30,4	26,8	76	65	84			
Mínimo	27,4	28,6	26,0	47	53	70			
Média	29,2	29,7	26,5	59	58	76			

Nov/2014							17,7	296,4	154,7
Máximo	30,4	30,6	27,0	83	84	90			
Mínimo	27,0	26,4	26,0	57	56	72			
Média	28,7	29,5	26,5	66	61	79			

Dez/2014							19,3	279,7	171,2
Máximo	30,0	31,0	27,4	89	72	85			
Mínimo	26,4	28,2	26,0	59	50	69			
Média	28,9	30,0	26,8	66	59	78			

Jan/2015							105,5	270,8	143,6
Máximo	29,6	30,8	27,2	97	76	89			
Mínimo	23,8	26,4	22,0	59	46	8			
Média	28,3	29,5	25,9	69	61	77			

2.2 Material vegetal utilizado e preparo dos vasos

A planta teste foi a pitáia de polpa branca (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose), oriunda de matrizeiro mantido no Setor de Horticultura da UFC. A propagação se deu por meio de estaquia, obedecendo a critérios da literatura pertinente (PONTES FILHO et al., 2014). Selecionaram-se estacas sadias, com comprimento médio de 25 cm para a formação das mudas. As estacas foram plantadas à 3 cm de profundidade, em sacos de polietileno com volume de 3 dm³ e durante 120 dias ficaram em ambiente protegido até o adequado enraizamento. Após esse período, realizou-se o transplântio para vasos de polipropileno com volume de 11 dm³ (preenchimento: 10 dm³), nos quais se preparou o substrato com areia e

composto orgânico na proporção 1:1. A análise química para fins de fertilidade do substrato encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Atributos químicos do substrato utilizado no enchimento dos vasos experimentais. Fortaleza (CE)

M.O.	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	S	T	V	m	C	N
g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹cmol _c kg ⁻¹		%	g kg ⁻¹			
16,86	5,5	30,0	0,10	2,30	1,00	0,17	0,25	2,31	3,6	5,9	61	4,2	9,78	1,10

Extratores: P, Na e K – Mehlich; Ca, Mg e Al – KCl; H + Al = Acetado de cálcio; pH – Água

Após 45 dias, tempo para adaptação das plantas no novo recipiente e substrato, os vasos foram levados a campo, sendo alocados sobre plataformas de 0,15 m de altura (tijolos) para evitar o contato direto com o solo e, assim, diminuir a probabilidade de contato das raízes, além de facilitar a visualização de eventuais lixiviados. Os vasos foram dispostos a distância média de 0,70 m entre vasos e 2,00 m entre fileiras.

2.3 Tratamentos e delineamento estatístico

O experimento foi instalado a céu aberto, distribuindo-se os vasos conforme um delineamento estatístico em blocos casualizados (DBC), em arranjo fatorial 4 x 4, com dezesseis tratamentos e três repetições, perfazendo 48 parcelas experimentais, cada uma composta, por um vaso contendo uma planta.

Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro doses crescentes de potássio (0, 125, 250 e 375 mg K dm⁻³) e quatro doses crescentes de cálcio (0, 53, 106 e 159 mg Ca dm⁻³).

Como fonte de nutrientes empregou-se o cloreto de potássio e o óxido de cálcio na sua forma pura. As doses foram ajustadas ao volume de substrato (10 dm³). No caso do potássio, foi usado como adubo cloreto de potássio (KCl), foi necessário calcular a quantidade de K para K₂O, multiplicando-se pelo fator de conversão 1,205, obtido mediante o peso molecular do potássio e do oxigênio e, em seguida, de K₂O para KCl (60% K₂O), fazendo uma conversão simples.

Na montagem do experimento foi realizada a adubação básica aplicada em todos os vasos indistintamente, empregando-se a adubação padrão à base de nitrogênio (375 mg N dm⁻³), fósforo (160 mg P dm⁻³) e micronutrientes (25,40 mg FTE dm⁻³). Como fontes foram utilizados sulfato de amônio (SA), superfosfato simples (Ca(H₂PO₄)₂.H₂O + CaSO₄.2H₂O -

SSP) e FTE BR 12 (*Fritted Trace Elements*), respectivamente. Portanto, foram utilizados 18,75 g de SA vaso⁻¹, 20,35 g de SSP vaso⁻¹ e 0,25 g de FTE BR 12 vaso⁻¹, que foram aplicados de forma única, exceção do nitrogênio que teve sua aplicação parcelada em três vezes conforme descrito a seguir.

Por ocasião da instalação do experimento, durante o transplante das mudas enraizadas para os vasos de 11 dm³, foi realizada adubação com fósforo e micronutrientes em parcela única, além do cálcio, conforme cada tratamento, homogeneizando-se bem com o substrato. Quarenta e cinco dias depois, fez-se a aplicação da primeira parcela da adubação básica com N e das doses de K referentes aos tratamentos. Ambos foram aplicados em sulcos de ± 3 cm de profundidade, a uma distância de cinco centímetros do colo da planta. As outras duas parcelas de N e K foram aplicadas da mesma forma, após 30 e 60 dias da primeira, totalizando três aplicações.

2.4 Irrigação e manejo

O trabalho foi conduzido em regime de irrigação localizada por gotejamento do tipo *off line*, no qual se perfura a mangueira principal acoplando mangueiras secundárias denominadas “chicote”, e na outra extremidade localiza-se o bico gotejador. A vazão de serviço da área foi de 850 mL para cada pulso de 10 minutos, portanto, 5,1 L h⁻¹. Foram feitas observações visuais para determinar o tempo de irrigação sem que houvesse vazamento pela parte inferior do vaso e, mediante estas observações estipulou-se turno de rega diário de 2’30”.

Em relação à manutenção dos vasos, foram realizadas periodicamente capinas manuais com o intuito de controlar as plantas daninhas, além de inspeções de rotina, uma vez por semana, para avaliar o estado sanitário das plantas.

2.5 Análises realizadas

2.5.1 Análises morfológicas aos 120 e 270 dias

Foram realizadas medidas biométricas de atributos de crescimento vegetativo aos 120 dias após a aplicação dos tratamentos. As mensurações foram realizadas sobre o número de cladódios emitidos (NCL) cladódios laterais, a partir do cladódio principal, com a

contagem unitária de cada artículo (brotação de cladódio) emitido, cujo resultado foi apresentado em unidade de cladódio. Outra variável avaliada foi o somatório do comprimento de todos os cladódios emitidos (SCC); excetuando-se o principal, essa medição foi realizada com a utilização de uma escala milimetrada no comprimento do cladódio, apresentando o valor do acumulado total em centímetros. Em seguida, avaliou-se o diâmetro do cladódio (DCL), com o auxílio de um paquímetro digital, medindo-se as extremidades do cladódio, expressando os resultados em milímetros; a outra variável analisada foi a espessura do cladódio (ECL), medida tomada de uma face a outra da *costilha*, que seria a distância entre um sulco e outro subsequente do cladódio, realizada com paquímetro digital, expressando o resultado em milímetros.

Na ocasião do desmonte do experimento realizou-se a segunda tomada dos dados biométricos, aos 270 dias, avaliando-se as mesmas variáveis anteriores, além da massa fresca da parte aérea (MFPA), feita por coleta destrutiva, pela qual se removeu todos os cladódios laterais, picando-se com o auxílio de uma tesoura de poda para facilitar a pesagem; o material foi acondicionado em sacos de papel poroso e identificados para pesagem em balança analítica, cujos resultados foram expressos em gramas de massa fresca. Após a mensuração da MFPA, o material foi encaminhado ao laboratório para alocação em estufa com circulação forçada de ar (65°C), durante 72 horas. Após a secagem o material foi imediatamente pesado para a determinação da massa seca da parte aérea (MSPA). Os resultados foram expressos em gramas.

2.5.2 Caracterização química dos cladódios aos 270 dias

Após a determinação da massa seca da parte aérea dos cladódios (MSPA), o material foi moído em moinho tipo Willey, com malha de 1 mm de abertura e, em seguida, colocado em potes de polietileno, evitando-se o contato do material moído com o ar, identificado e levado ao Laboratório de Solo e Água da Embrapa Agroindústria Tropical para realização da caracterização química do material vegetal, seguindo metodologia de trabalho proposta por Silva (2009).

O primeiro passo foi digestão a seco, em que se procedeu a pesagem de 0,5 g do material moído em cadinhos de porcelana, levando-o ao forno mufla até temperatura constante de 550 °C por 2 horas. Em seguida, realizou-se a filtragem do material, previamente

resfriado em dessecador, com a adição de 50 mL de HNO₃ 1M para dissolução das cinzas e filtro de velocidade rápida, obtendo-se o extrato para análise.

O fósforo foi determinado pelo método do azul de molibdênio, por espectrofotometria de UV/Vis, em aparelho Perkin Elmer Lambda 25 UV/Vis, com λ 660 nm, pela leitura da absorbância. Os elementos sódio e potássio foram determinados por fotometria de chama. O cálcio e o magnésio foram determinados através de leituras dos extratos por espectrometria de absorção atômica. O cobre, ferro, manganês e zinco foram determinados por espectrometria de absorção atômica e correção em curva padrão. Os macronutrientes foram expressos em g kg⁻¹ e os micronutrientes em mg kg⁻¹.

2.5.3 Pigmentos fotossintéticos aos 270 dias

Preparou-se 48 frascos de 7 mL identificados, correspondentes às parcelas experimentais, além de um recipiente opaco para a coleta do material em campo, ambos revestidos com papel alumínio para evitar o contato das amostras com a luz, minimizando a degradação da clorofila. Para cada frasco pipetou-se 3 mL de DiMetilSulfÓxido (DMSO) saturado com CaCO₃, seguindo metodologia proposta por Wellburn (1994).

A amostragem foi realizada aos 270 dias, no início da manhã, em todas as plantas úteis do experimento, realizando-se a coleta na porção mediana da *costilha* de um cladódio terciário representativo da planta, com o auxílio de um vazador circular com área de 78 mm². Cada amostra foi acondicionada em recipiente devidamente identificado e, após todas as coletas, em local sombreado, retirou-se individualmente as amostras e fez-se um corte longitudinal de modo que, ao invés de ter um disco espesso, se obtivesse dois discos mais finos, facilitando a ação do DMSO na extração dos pigmentos; em seguida os discos foram devolvidos aos frascos correspondentes.

A extração dos pigmentos cloroplastídicos (clorofila *a*, clorofila *b*, total e carotenóides) foi feita no Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular (DBBM), no Laboratório de Fisiologia Vegetal. Inicialmente, todos os frascos foram incubados em banho-maria por uma hora a temperatura de 65°C, visando facilitar a extração. Paralelamente calibrou-se o espectrofotômetro com os comprimentos de onda (λ) 665 (A₆₆₅), 649 (A₆₄₉) e 480 nm (A₄₈₀), fazendo-se posteriormente as leituras pela transferência do líquido de cada frasco para a cuba de quartzo. Levou-se os frascos destampados novamente a estufa (\cong 30°C) pelo período de 15 dias para se obter a massa seca dos discos. A unidade de medida utilizada

foi $\mu\text{g g}^{-1}$ de matéria seca ($\mu\text{g/g MS}$) para clorofilas *a*, clorofila *b* e clorofila total. Para os carotenóides, adotou-se a unidade mg g^{-1} , para facilitar a apresentação dos dados em tabela e figura.

Utilizaram-se as seguintes equações para determinar os valores de clorofila *a* (Clor a), clorofila *b* (Clor b), clorofila total (Clor t) e carotenóides (Ctn):

$$\text{Clor a} = (12,47 \times A_{665}) - (3,62 \times A_{649});$$

$$\text{Clor b} = (25,06 \times A_{649}) - (6,50 \times A_{665});$$

$$\text{Clor t} = (7,15 \times A_{665}) - (18,71 \times A_{649});$$

$$\text{Ctn} = ((1000 \times A_{480}) - (1,29 \times \text{Clor a}) - (53,78 \times \text{Clor b}))/220$$

2.5.4 Trocas gasosas aos 150 e 240 dias

As medidas de trocas gasosas foram realizadas nas plantas de pitaiia aos 150 e aos 240 dias após o início das atividades experimentais. Utilizou-se para as medições um analisador portátil de gás que mede, em sistemas de fluxo aberto de trocas gasosas, a concentração de CO_2 e de vapor de água por radiação infravermelha (IRGA), modelo LCi system ADC, Bioscientific Ltd. Hoddesdon, UK. Segundo Hunt (2003), devido aos avanços da microeletrônica, as mensurações de processos fisiológicos com este tipo de aparelho são rápidas e precisas. As variáveis analisadas foram concentração interna do CO_2 (C_i), taxa de transpiração (*E*), condutância estomática (g_s), assimilação líquida de CO_2 (*A*) e razão entre as concentrações internas de CO_2 (C_i/C_a), em área de $11,35 \text{ cm}^2$ de cladódio pela equação geral de trocas gasosas. Em relação à eficiência instantânea do uso da água (*A/E*), à eficiência intrínseca do uso da água (*A/G_s*) e à eficiência de carboxilação (*A/C_i*), todas foram obtidas pela relação entre a assimilação líquida de CO_2 e a transpiração, condutância estomática e concentração interna de CO_2 , respectivamente.

Devido à cultura estudada realizar metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), as tomadas de dados ocorreram entre 01:00 h e 03:00 h da manhã, momento em que a planta se encontrava com os estômatos abertos e realizava suas trocas gasosas com a máxima eficiência de fixação do carbono, segundo estudos preliminares desenvolvidos pela equipe de trabalho.

As leituras foram realizadas em cladódios representativos das pitaiias, que se apresentavam uniformes e sadios. Além disso, houve a necessidade de se fazer adaptações na pinça do IRGA visando a vedação da câmara de leitura com borrachas vedantes.

2.5.5 Análise de dados

Preliminarmente, realizou-se a caracterização das variáveis por meio da estatística descritiva de Fisher, incluindo a aplicação do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (S-W), a 5% de significância com o propósito de avaliar a distribuição de frequências das variáveis (curva de Gauss), optando pela não transformação dos dados em caso de distribuição normal. Para validação da normalidade, considerou-se medidas de posição como média, mediana e assimetria (CAJAZEIRA; ASSIS JÚNIOR, 2011), além de valores de assimetria (SOUZA et al., 2004) e o valor w do teste em questão.

Após esta etapa, rejeitando-se a hipótese alternativa, os dados foram submetidos à análise de variância, teste F com nível de significância $p \leq 0,05$, de modo a avaliar os efeitos principais dos fatores e de sua interação. Foi realizado teste de comparação de médias pelo teste de Tukey para o fator qualitativo ($p < 0,05$) e ajuste de regressão para o fator quantitativo (modelo linear: $Y = a + bx$; modelo quadrático: $Y = a + bx + cx^2$), quando apropriado. Havendo interação significativa fez-se o desdobramento das médias entre os fatores.

A interação entre os nutrientes estudados nesta pesquisa foi retratada por meio de gráficos de superfície de resposta tridimensionais, com a interpolação dos dados para observar a distribuição da variabilidade espacial das variáveis estudadas, cujo eixo x representou a dose de K, o eixo y representou a dose de Ca e o eixo w representou a superfície de resposta da variável em análise, procedendo-se o ajuste em superfície de resposta do tipo $Y = \beta_0 + \beta_1(A) + \beta_2(A)^2 + \beta_3(B) + \beta_4(B)^2 + \beta_5(A) \cdot (B) + e$, em que Y foi a variável de resposta; A , dose de A (mg dm^{-3} de A); B , dose de B (mg dm^{-3} de B); $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ e β_4 , os parâmetros do modelo e e , o erro aleatório associado a cada observação.

Quanto ao aparato computacional, utilizou-se para a tabulação dos dados e geração de arquivos para análises, o programa Libre Office 5.0. As análises de estatística descritiva, teste de normalidade e análises de variância, Tukey e regressão foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Sisvar[®]; a confecção dos gráficos foi feita com os programas SigmaPlot 11.0[®] e Surfer 8.0[®] e as equações foram validadas com o auxílio do MS Excel[®] e Statistica 7.0[®].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracteres morfológicos da pitaiia branca aos 120 dias após adubação com doses crescentes de K e Ca

Aos 120 dias após aplicação dos tratamentos, as doses de potássio influenciaram as variáveis: número de cladódios laterais (NCL), diâmetro de cladódio (DCL) e espessura de cladódio (ECL), com significância de 1% ($p < 0,01$), diferentemente da adubação com CaO que influenciou apenas a espessura de cladódio, no mesmo nível de significância (Tabela 3).

Para o NCL e ECL houve efeito de interação K x Ca ($p < 0,01$) (Tabela 3). Para a variável DCL observou-se resposta significativa apenas para as doses crescentes de K usando-se, portanto, regressão para analisar os dados. Não se observou resposta significativa para a variável soma do comprimento de cladódios (SCC) em qualquer das doses estudadas.

Os coeficientes de variação oscilaram de 5 a 15%, sendo considerados baixos segundo Pimentel Gomes (2000), inferindo que houve adequada precisão experimental.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância dos fatores doses de potássio e cálcio sobre os caracteres morfológicos: número de cladódios laterais (NCL), somatório do comprimento dos cladódios (SCC), diâmetro de cladódio (DCL), espessura de cladódio (ECL) para pitaiia branca, aos 120 dias após a implantação do experimento. Fortaleza, CE, 2014

FV	GL	Quadrados médios			
		NCL	SCC	DCL	ECL
Dose K	3	19,5763 ^{**}	191,6296 ^{ns}	56,7592 ^{**}	4,2288 ^{**}
Dose Ca	3	1,5763 ^{ns}	7242,7452 ^{ns}	28,3054 ^{ns}	3,6313 ^{**}
K x Ca	9	17,9282 ^{**}	1114,7987 ^{ns}	16,4863 ^{ns}	1,1042 ^{**}
Bloco	2	3,0625 ^{ns}	2899,1039 ^{ns}	33,6500 ^{ns}	1,5685 [*]
Resíduo	30	3,6625	6005,7346	10,2610	0,3398

C.V.(%)		8,0	14,5	5,6	8,5

Média		23,9	535,7	56,8	6,8

FV – Fonte da variação; GL – Grau de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; ^{*} – Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{**} – Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} – Não significativo até 5% de probabilidade.

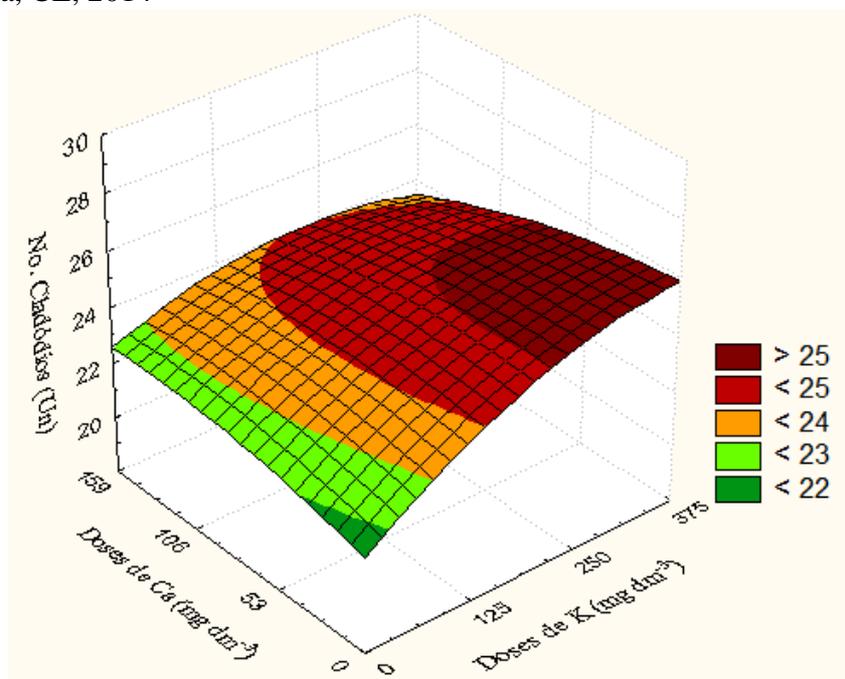
3.1.1 Número de cladódios (NCL)

Para esta variável verificou-se a amplitude de sete unidades de cladódio, com valores médios variando de 21,0 a 28,0 unidades. Os menores valores (< 23,9 unidades) encontraram-se na dose controle e, também, nas doses 0-53 e 250-159 mg dm⁻³ de K e Ca,

respectivamente. Em relação às doses que apresentaram o maior número de brotação de artigo (28,0 unidades), destacam-se as 250-0 e 250-53 mg dm⁻³ de K e Ca, respectivamente (Tabela 3 e Figura 1).

O efeito da adubação potássica no NCL variou em função das doses de Ca aplicadas (Figura 1). Combinada às menores doses de Ca (de zero até cerca de 53 mg dm⁻³), o incremento nas doses de K promoveram o aumento no NCL, com o número máximo de emissões relacionado a cerca de 250 mg K dm⁻³, decrescendo em torno de 1,4% a partir daí. Porém, com a aplicação de doses mais elevadas de Ca foi necessária a dose mais elevada de K testada (375 mg dm⁻³) para a obtenção de valores de NCL próximos a 28 unidades, maior média obtida no experimento (Figura 1). Com a maior dose de Ca aplicada (159 mg dm⁻³), nem a aplicação de 375 mg de K dm⁻³ foi suficiente para alcançar mais do que 24 cladódios por planta. Este comportamento pode ser justificado pelo antagonismo entre estes dois elementos, que competem pelos sítios de absorção (FAGERIA, 2001).

Figura 1 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm⁻³), para o número de emissão de cladódios (unidades) em pitáia branca aos 120 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 21,405 + 0,0225(K) + 0,0178(Ca) - 0,00002(K)^2 - 0,00006(K)(Ca) - 0,00006(Ca)^2$; $R^2 = 0,884^{**}$. Fortaleza, CE, 2014



De acordo com Silva e Trevisan (2015), plantas com nutrição adequada do nutriente K tendem a crescer mais, mesmo em detrimento do Ca, como pôde ser observado na ausência do Ca na Figura 1; junto com o incremento de KCl houve também maior número de

brotações. Além disso, os menores teores de potássio estão diretamente ligados a diminuição do turgor da célula, assim como associado à expansão celular, além de influenciar na abertura e fechamento estomático atuando diretamente na absorção do CO₂ atmosférico e, com isso nos processos fotossintéticos (MYERS et al., 2005). Sua carência induz redução da taxa fotossintética por unidade de área foliar e taxas de respiração mais elevadas, diminuindo a fixação de CO₂ (SILVEIRA, 2002). Segundo o mesmo autor, plantas deficientes em potássio tendem a diminuir a síntese de compostos de alto peso molecular, como celulose, implicando em menor formação de cladódios.

Na ausência da adubação potássica, é possível perceber incremento no número de brotações com o aumento das doses de Ca, em média dois cladódios. Isto se deve, provavelmente, ao fato deste elemento ser considerado nutriente estrutural, atuante na divisão celular e estar associado à síntese da parede celular, conferindo à mesma maior rigidez e integridade, além de haver alguma disponibilidade de K no substrato (Tabela 2).

A resposta da adubação potássica, mesmo na ausência da adubação com Ca, pode ser justificada pela disponibilidade de Ca inicialmente no substrato e pela importância do potássio nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas em virtude do metabolismo do nitrogênio, que foi padrão em todos os tratamentos. Segundo Xu et al. (2002), o metabolismo do nitrogênio nas plantas requer adequadas quantidades de potássio no citoplasma, sendo importante para a produção de aminoácidos e produtividade das culturas.

3.1.2 Soma do comprimento de cladódios (SCC)

Dos caracteres morfológicos avaliados, este foi o único em que as doses estudadas não apresentaram efeito significativo (Tabela 3). De qualquer forma, quando se avalia as doses de K isoladamente, observa-se tendência quadrática entre as médias obtidas; já nas doses de Ca o comportamento é linear crescente (ausência de K). Trabalhando com a mesma cultura e doses de potássio variando entre 0 e 300 mg dm⁻³, Almeida et al. (2014) encontraram o mesmo comportamento para esta variável. Portanto, pode-se inferir que com o aumento das doses de potássio a pitiaia branca respondeu positivamente, sem chegar a um ponto de máxima, pois as doses 125, 250 e 375 mg de K dm⁻³, apresentaram valores de 467,8; 505,8 e 525,2 cm de comprimento.

Em relação às doses de Ca, embora não tenham sido significativas estatisticamente, as plantas responderam positivamente as adubação crescentes, obtendo

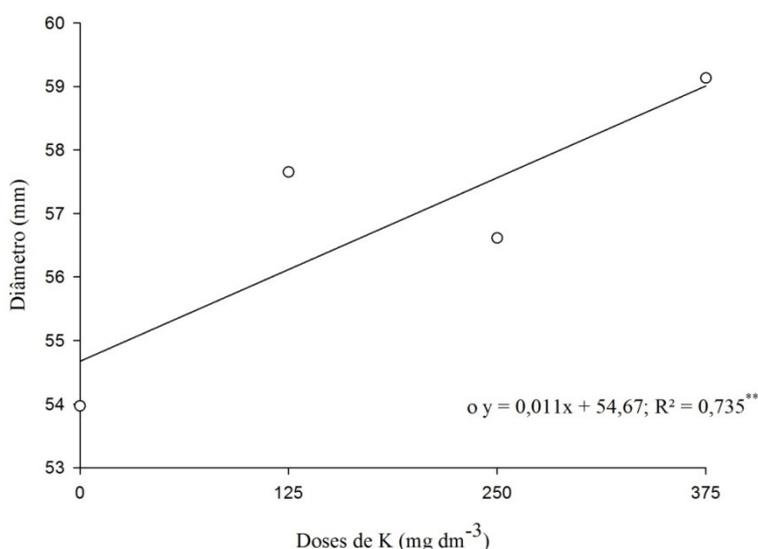
valores médios de 523; 536,5; 542,5 e 557,2 cm de comprimento, implicando em aumento de quase 6,5% de biomassa.

3.1.3 Diâmetro de cladódio (DCL)

Como já mencionado no item 3.1 em relação ao diâmetro de cladódio, houve influência apenas das doses de potássio (Tabela 3), cujo efeito está apresentado na Figura 2. O melhor ajuste foi linear, com aumento no diâmetro do cladódio à medida que as doses de potássio aplicadas foram incrementadas, confirmando mais uma vez a responsividade desta cultura em relação ao elemento K. Houve variação de aproximadamente 54 mm (53,9 mm) na dose 0 para 59,1 mm na última doses (375 mg de K dm^{-3}). Estes resultados estão de acordo com INTA (2002) e Prado e Vidal (2008) que atribuem ao potássio o papel de promotor de aumento do diâmetro do caule em virtude da expansão celular, além de exercer a função reguladora de abertura e fechamento dos estômatos (MARSCHNER, 2005).

Levando-se em conta a baixa concentração inicial de K no substrato, 0,10 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ (Tabela 2), considerado baixo de acordo com a classificação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004), em comparação com o valor T, e, por isso, apresentou os menores valores para a variável medida.

Figura 2 – Diâmetro de cladódio (DCL) em função de doses de K, em plantas de pitaias branca aos 120 dias após aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2014



Trabalhando com a cactácea *Pilosocereus pachycladus* Ritter, em diferentes substratos, Cavalcanti e Resende (2007) concluíram que o substrato com maior concentração de K (solo+areia) proporcionou os maiores valores no diâmetro basal da planta, corroborando com os resultados encontrados para esta variável.

De encontro com o que foi apresentado em relação ao potássio e o diâmetro do caule, Mondragón e Gonzáles (2001) destacam a genética como fator preponderante para esta medida, sendo pouco influenciada pelo plantio ou fertilidade do substrato. Sales et al. (2006) afirmam que o ambiente também pode interferir no genótipo.

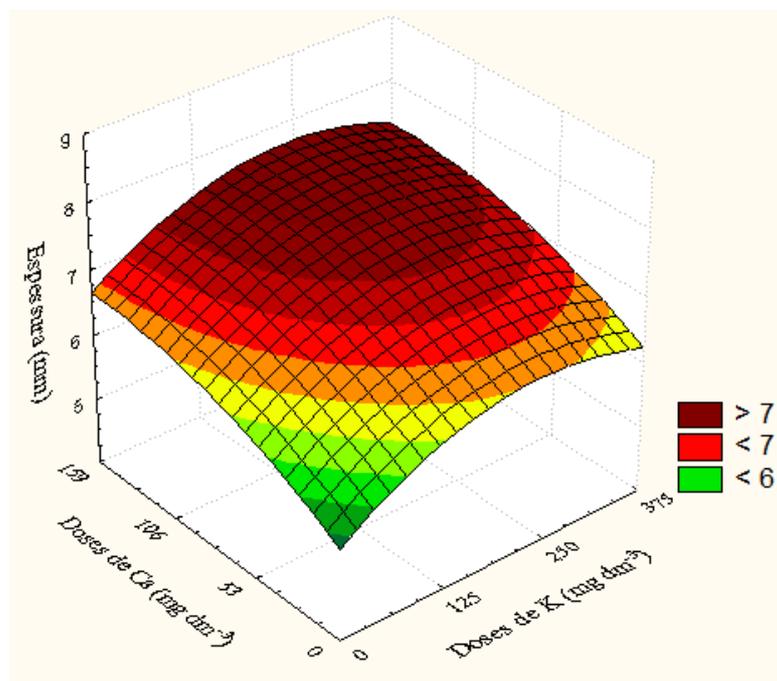
3.1.4 Espessura de cladódio (ECL)

Em relação a espessura dos cladódios (ECL), com o efeito da combinação das doses de K e Ca foi possível observar que, de modo geral, os menores valores de ECL estiveram relacionados às menores doses de K e Ca, principalmente na dose zero (Figura 3). Por outro lado, os cladódios com maior espessura foram obtidos na presença dos dois adubos, o que evidencia a importância de ambos. Portanto, é possível inferir que tanto as doses de K como as de Ca influenciaram positivamente na espessura de cladódios para pitaiá branca aos 120 dias após a aplicação das doses experimentais. Trabalhando com doses de potássio em cobertura, Araújo et al. (2012) relataram que doses adequadas de potássio asseguram às culturas a capacidade de favorecer a formação e translocação de carboidratos e, com isso, auxiliam nos processos fotossintéticos, refletindo na produtividade.

Na ausência da adubação potássica ficou evidente o incremento na espessura do cladódio com a elevação das doses de Ca aplicadas, atingindo valor máximo em torno da dose 106 mg Ca dm⁻³ e apresentando leve tendência de redução até a maior dose testada, 159 mg Ca dm⁻³ (Figura 3). Na presença da adubação potássica o efeito das doses crescentes de cálcio foi parecido, com diferença que os máximos valores de ECL foram observados já a partir de doses em torno de 53 mg Ca dm⁻³ e mantendo-se, com alguma oscilação até a maior dose de Ca aplicada, 159 mg dm⁻³. Provavelmente, esse aumento do ECL pode estar relacionado a adequada nutrição potássica que é responsável pela síntese para formação da parede celular, influenciando diretamente na deposição de celulose e, com isso maior, espessura dos cladódios, enquanto o cálcio influencia na estrutura e na resistência da parede celular. Este comportamento foi observado no referido estudo. Trabalhando com outra cactácea (*Opuntia ficus indica* Mill cv. Gigante), Teles et al. (2002) compararam a espessura do cladódio em

parcelas controle e com aplicação de 200 kg de K_2O ha^{-1} ; o resultado foi um incremento de 15% nesta medição.

Figura 3 – Interação entre doses crescentes de K e Ca ($mg\ dm^{-3}$), para espessura de cladódio (mm) em pitaia branca aos 120 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 5,3923 + 0,0092(K) + 0,0157(Ca) - 0,00001(K)^2 - 0,000002(K)(Ca) - 0,00004(Ca)^2$; $R^2 = 0,824^{**}$. Fortaleza, CE, 2014



Quanto à adubação potássica, seu efeito foi constante a partir da primeira dose experimental, sendo crescente quando associada às doses de Ca (Figura 3). Porém, é possível verificar a tendência de aumento na ECL com o incremento nas doses de K. Aparentemente, com a aplicação de menos Ca, doses menores do que $106\ mg\ dm^{-3}$, cladódios com maior espessuras são obtidos nas doses de K em torno de $125\ mg\ dm^{-3}$. Com as maiores doses de Ca são necessárias doses de K em torno de $250\ mg\ dm^{-3}$ para se produzir cladódios mais espessos. Segundo Aguilar et al. (2009), a espessura de cladódios pode ser um mecanismo foto-protetor da planta, reduzindo a perda de água e protegendo os tecidos fotossintetizantes.

Em trabalho desenvolvido por Benincasa (2003), o autor recomenda o uso da análise de crescimento como forma acessível e confiável de se avaliar processos fisiológicos em relação à interação nutricional.

3.2 Interação nutricional K x Ca e seu efeito sobre as trocas gasosas da pitaia branca aos 150 dias após a aplicação das doses experimentais

Verificaram-se respostas dos tratamentos para as oito variáveis analisadas, apresentando significância ($p < 0,01$), tanto para os efeitos principais das adubações com K e Ca, exceto para a variável fotossíntese líquida (A) ($p < 0,05$), quanto para a sua interação K x Ca (Tabela 4). No que se refere aos coeficientes de variação, os valores foram considerados baixos, exceto para a condutância estomática (g_s), para o qual foi médio (PIMENTEL GOMES, 2000).

Na Tabela 4 estão expressos os dados referentes às doses de K e Ca, bem como à interação das mesmas para as variáveis concentração interna de CO_2 (C_i), transpiração (E), condutância estomática (g_s), fotossíntese líquida (A), razão $C_i C_a^{-1}$, eficiência de carboxilação ($A C_i^{-1}$), eficiência intrínseca de uso da água ($A g_s^{-1}$) e eficiência instantânea de uso da água ($A E^{-1}$).

Na ausência das doses de Ca, observou-se que os maiores valores de C_i se deram com o incremento das doses experimentais de K; no entanto, quando se avaliou esta mesma variável excluindo-se as doses de K, notou-se decréscimo entre a dose controle (zero) e as duas outras subseqüentes (53 e 106 mg de Ca dm^{-3}), elevando-se na dose 159 mg dm^{-3} . O mesmo comportamento pôde ser observado nas variáveis biométricas. O NCL, DCL e ECL foram maiores com as maiores doses destes elementos e, isso pode ter contribuído diretamente para o aumento significativo de trocas gasosas, visto a maior biomassa fotossinteticamente ativa. Com pitaia vermelha, Almeida (2015) encontrou correlação fenotípica positiva entre C_i e as variáveis biométricas: soma com comprimento dos cladódios, número de emissões, diâmetro e espessura dos cladódios.

O cálcio também tem atuação preponderante como mensageiro secundário, em resposta as condições de estresse, às quais as plantas foram submetidas (INÁCIO et al., 2011). No ensaio, todas as plantas úteis foram submetidas às condições de pleno sol (propósito do estudo), embora essa cultura seja considerada epífita e sendo assim as maiores doses de cálcio podem ter contribuído para as melhores respostas (Figura 4).

Em relação à transpiração (E), quando se analisa a superfície de resposta apresentada na Figura 5, nota-se que os maiores valores de E se deram na interação das maiores doses de K e Ca estudadas. Isto se deve ao fato da importância do elemento K na regulação de abertura e fechamento estomático (MARSCHNER, 2005). Associando as

Figuras 4 e 5, é possível observar semelhança no comportamento da superfície de resposta, possivelmente, a redução de C_i está ligada à redução de E , com redução de atividade das enzimas carboxilativas, limitando a carboxilação, reduzindo a concentração de CO_2 (PAN et al., 2004).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância dos fatores doses de potássio e cálcio sobre as trocas gasosas: concentração interna de CO_2 (C_i), transpiração (E), condutância estomática (g_s), fotossíntese líquida (A), razão $C_i C_a^{-1}$, eficiência de carboxilação ($A C_i^{-1}$), eficiência intrínseca de uso da água ($A g_s^{-1}$) e eficiência instantânea de uso da água ($A E^{-1}$), para pitaia branca, aos 150 dias após a implantação do experimento. Fortaleza, CE, 2014

FV	GL	Quadrados médios			
		C_i	E	g_s	A
Dose K	3	2850,4918**	0,0763**	0,0010**	25,4559**
Dose Ca	3	1271,7724**	0,0274**	0,0016**	3,8706*
K x Ca	9	1450,2066**	0,0624**	0,0024**	21,3854**
Bloco	2	197,1439 ^{ns}	0,0346**	0,0006 ^{ns}	0,3205 ^{ns}
Resíduo	30	67,8872	0,0046	0,0002	1,0758
C.V.(%)		4,3	3,9	15,8	9,2
dms		9,149	0,076	0,016	1,151
Média		189,6	1,7	0,09	11,2

FV	GL	Quadrados médios			
		$C_i C_a^{-1}$	$A C_i^{-1}$	$A g_s^{-1}$	$A E^{-1}$
Dose K	3	0,0254**	0,0017**	1188,5411**	9,2159**
Dose Ca	3	0,0093**	0,0005**	3210,2091**	3,3798**
K x Ca	9	0,0102**	0,0011**	2186,4800**	10,6220**
Bloco	2	0,0017 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	365,3255 ^{ns}	1,0989 ^{ns}
Resíduo	30	0,0006	0,0000	190,3076	0,5370
C.V.(%)		4,9	10,4	11,1	11,2
dms		0,028	0,007	15,319	0,813
Média		0,5	0,05	123,8	6,5

FV – Fonte da variação; GL – Grau de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; * – Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** – Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} – Não significativo até 5% de probabilidade.

Os maiores valores de E foram verificados na maior dose de K com o incremento das doses de Ca, com ápice nas maiores doses de K e Ca. Portanto, pode-se inferir que ocorrem maiores taxas de trocas O_2/CO_2 , influenciando diretamente na fotossíntese líquida (A). Neste contexto, Sampaio (2005) afirma que plantas que realizam metabolismo CAM

podem manter taxas fotossintéticas máximas por período de até 15 dias, com suprimento de água insuficiente, diminuindo essas taxas com o tempo.

Segundo Graham e Nobel (2005), o crescimento do diâmetro do caule da pitiaia tende a aumentar com o aumento das taxas transpiratórias. Quando comparadas as Figuras 2 e 5, percebe-se que a dose que apresentou maiores valores de DCL foi a de 375 mg de K dm⁻³, a mesma que apresentou os maiores valores de taxas de E (armazenamento de água).

A condutância estomática (gs) apresentou-se mais alta em torno da combinação da dose 125 mg de K dm⁻³ com 0 mg de Ca dm⁻³ (Figura 6), o que coincidiu, em parte, com as combinações mais favoráveis à obtenção de maior número de cladódios (Figura 1). Comparando-se as Figuras 4 e 6, observa-se que os valores mais elevados da C_i encontram-se onde a gs apresentou menores valores. Isto pode estar relacionado ao fato de que o suprimento inadequado do elemento K reflete na abertura e fechamento regular estomatal, podendo acarretar em menor assimilação de CO₂ nas organelas (cloroplastos), diminuindo as taxas fotossintéticas.

Figura 4 – Interação nutricional entre doses crescentes de K e Ca (mg dm⁻³), para concentração interna de CO₂ (ppm) em pitiaia branca aos 150 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 177,67 + 0,0631(K) - 0,3353(Ca) + 0,0001(K)^2 - 0,0005(K)(Ca) + 0,0028(Ca)^2$; R² = 0,512*. Fortaleza, CE, 2014

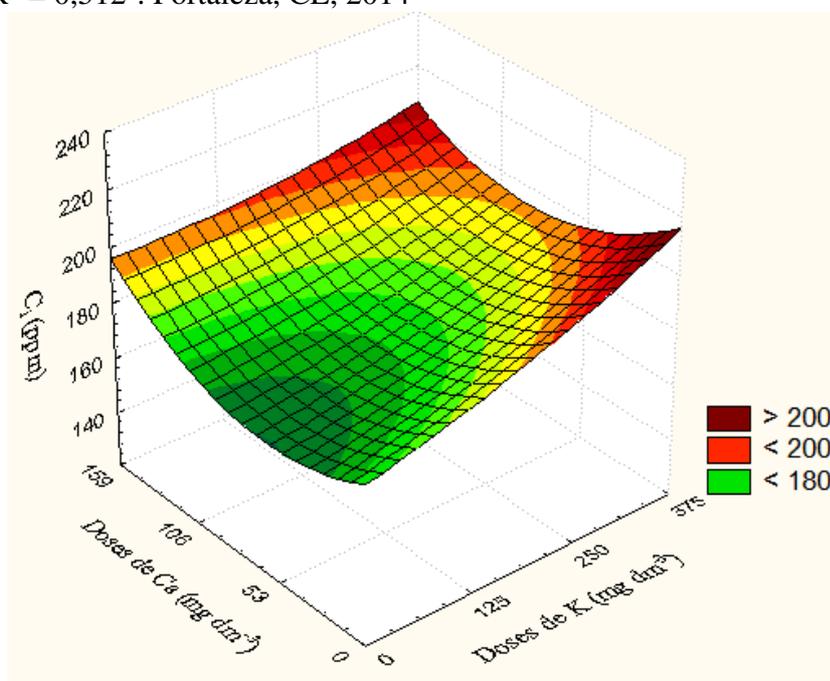


Figura 5 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em pitiaia branca aos 150 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 1,7409 - 0,0014(K) + 0,0012(\text{Ca}) + 0,000003(K)^2 + 0,000001(K)(\text{Ca}) - 0,000006(\text{Ca})^2$; $R^2 = 0,747^*$. Fortaleza, CE, 2014

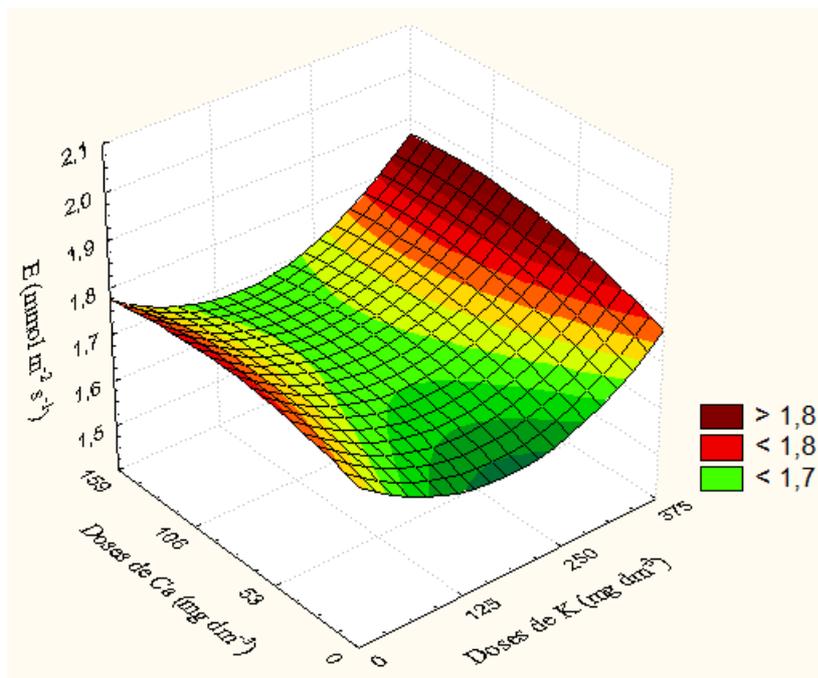
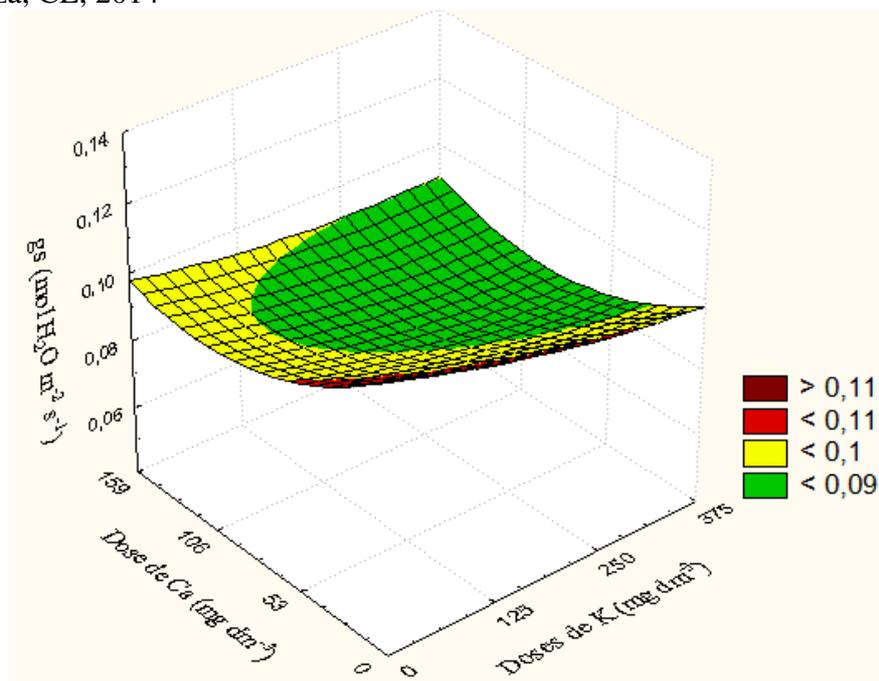


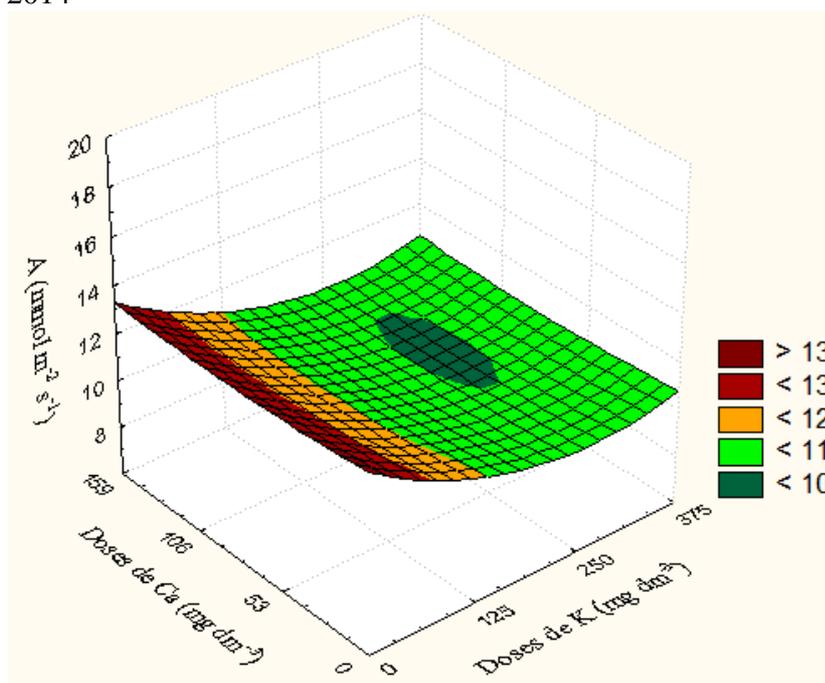
Figura 6 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em pitiaia branca aos 150 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 0,1189 - 0,00008(K) - 0,0004(\text{Ca}) + 0,00000008(K)^2 + 0,0000002(K)(\text{Ca}) + 0,000001(\text{Ca})^2$; $R^2 = 0,710^*$. Fortaleza, CE, 2014



A exemplo da condução estomática (gs), a fotossíntese líquida (A) apresentou tendência decrescente no que se refere ao incremento das doses de K. Isto está ligado ao fato de que nas primeiras doses houve menor acúmulo de CO₂ e maior atividade estomática, tendo como resultado maior atividade fotossintética (A) (Figura 7).

Trabalhando com pitaia vermelha, Almeida (2015) obteve valores médios de 15,34 mmol m⁻²s⁻¹ em cultivo sombreado (35%), quase 27% superior ao encontrado neste trabalho. De acordo com Andrade et al. (2006), os valores das trocas gasosas são inibidos quando as plantas são submetidas à radiação solar. Segundo Le Bot (1998), o processo fotossintético está intimamente associado ao crescimento e produção vegetal, que dependem da absorção de íons do solo.

Figura 7 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm⁻³), para fotossíntese líquida (mmol m⁻² s⁻¹) em pitaia branca aos 150 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 13,5344 - 0,0242(K) - 0,0072(Ca) + 0,00004(K)^2 + 0,000001(K)(Ca) + 0,00003(Ca)^2$; R² = 0,583*. Fortaleza, CE, 2014



No tocante as interações das variáveis de trocas gasosas, correspondendo a eficiência da carboxilação (A Ci⁻¹), eficiência intrínseca do uso da água (A gs⁻¹) e eficiência instantânea do uso da água (A E⁻¹), de maneira geral, as doses intermediárias de Ca (53-106 mg dm⁻³), associadas às doses iniciais de K (0-125 mg dm⁻³) apresentaram as maiores eficiências do uso da água pela cultura da pitaia (Figuras 8, 9 e 10). A relação Ci Ca⁻¹ (Figura 11), apresentou-se menor nas doses iniciais de K e intermediárias de Ca; isso refletiu

diretamente na concentração interna de CO₂, conforme mostrado anteriormente na Figura 4. Com isso, é possível afirmar que para a cultura da pitiaia branca, com as doses utilizadas de K e Ca, há limitação não estomática na assimilação do CO₂ para as doses que apresentaram menores valores na relação supracitada. Porém, não podem ser atribuídas a retroinibição metabólica da fotossíntese visto que nestas doses a A Ci⁻¹ encontra-se elevada. Araújo (2006) observou relação inversa entre valores de A e relação Ci Ca em folhas de cafeeiro.

Para a eficiência instantânea do uso da água, há uma relação direta com a transpiração (E), que tiveram comportamento estatístico das médias analisadas semelhantes (Figura 5 e 10). De acordo com Oliveira et al. (2011), a importância da quantificação da eficiência do uso de água pela planta é fundamental para se avaliar quanto de água é perdida pelo processo da transpiração quando das trocas gasosas e, conseqüentemente, assimilação do CO₂ atmosférico para integrar compostos.

Figura 8 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm⁻³), para eficiência de carboxilação em pitiaia branca aos 150 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 0,0767 - 0,0002(K) + 0,0001(Ca) + 0,0000002(K)^2 + 0,00000009(K)(Ca) - 0,000001(Ca)^2$; R² = 0,523^{**}. Fortaleza, CE, 2014

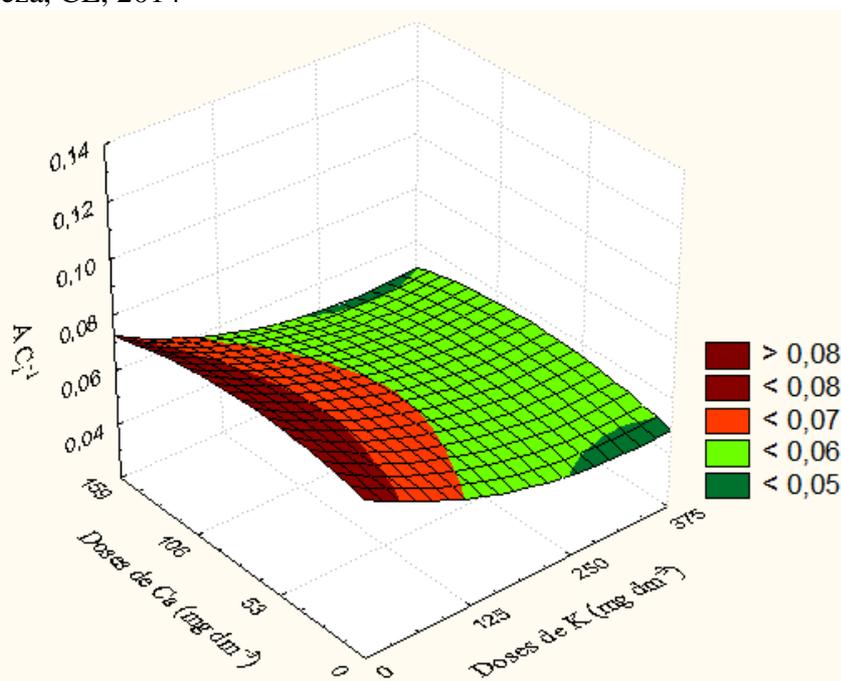


Figura 9 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para eficiência intrínseca do uso da água em pitaia branca aos 150 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 111,92 - 0,088(K) + 0,61(Ca) + 0,0002(K)^2 - 0,0003(K)(Ca) - 0,003(Ca)^2$; $R^2 = 0,667^*$. Fortaleza, CE, 2014

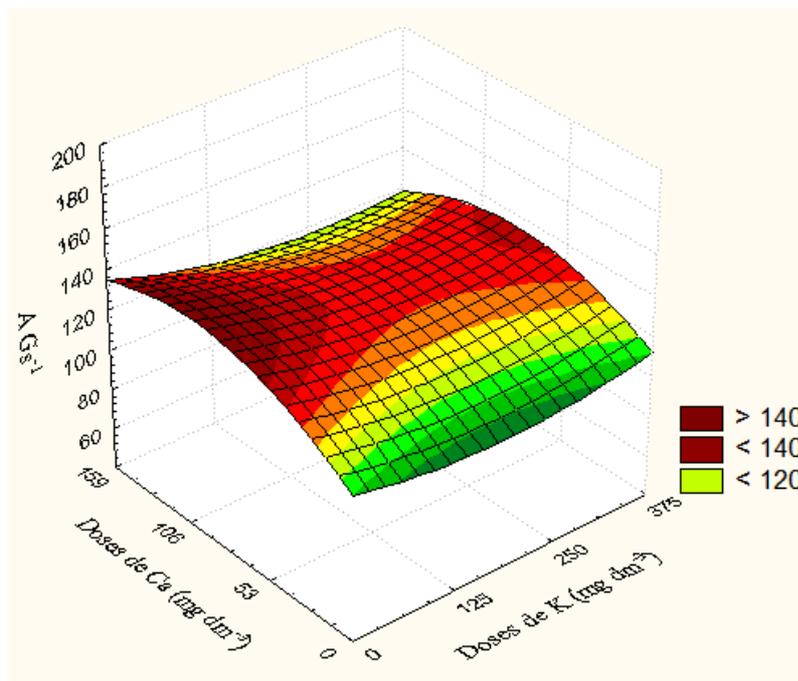


Figura 10 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para eficiência instantânea do uso da água em pitaia branca aos 150 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 8,07 - 0,0102(K) - 0,009(Ca) + 0,00001(K)^2 + 0,000001(K)(Ca) + 0,00004(Ca)^2$; $R^2 = 0,741^*$. Fortaleza, CE, 2014

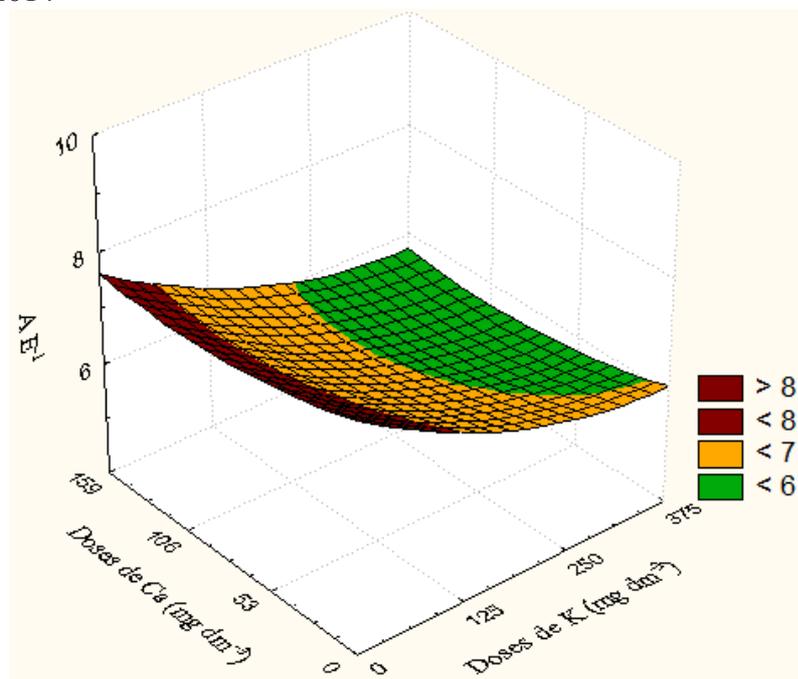
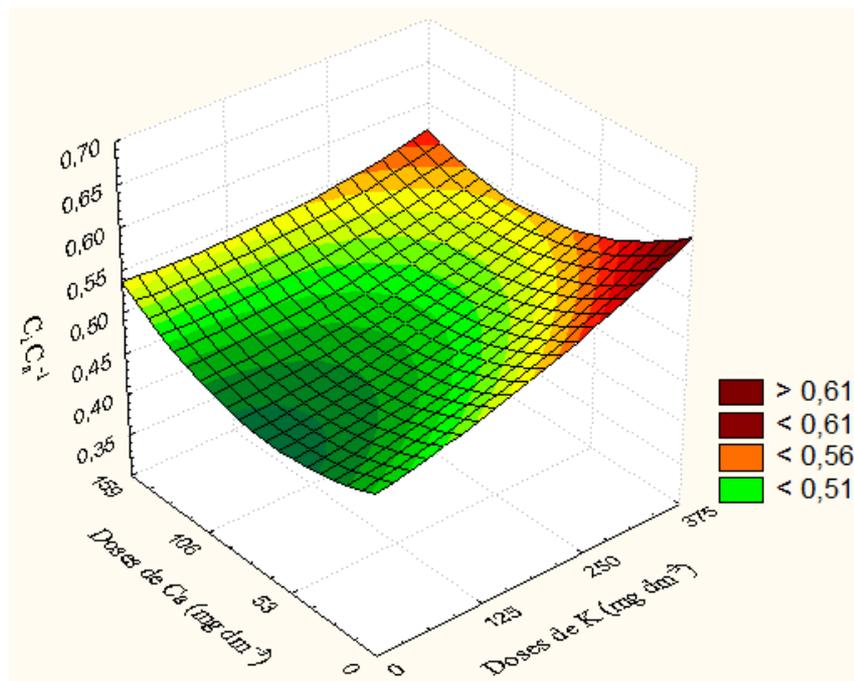


Figura 11 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para relação $C_i \text{ Ca}^{-1}$ em pitiaia branca aos 150 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 0,4931 + 0,0002(K) - 0,0009(\text{Ca}) + 0,0000004(K)^2 - 0,000001(K)(\text{Ca}) + 0,000007(\text{Ca})^2$; $R^2 = 0,891^{**}$. Fortaleza, CE, 2014



3.3 Coeficiente de correlação de produto-momento (r_f), em relação à biometria e às trocas gasosas aos 150 dias após a aplicação das doses experimentais

No momento de se analisar o coeficiente de correlação entre os dados biométricos da planta, em relação as suas trocas gasosas, isolou-se a dose em que as variáveis avaliadas obtiveram as melhores respostas e fez-se a correlação desta dose com todas do outro elemento para as variáveis estudadas. No caso do elemento potássio, a dose que apresentou melhores resultados foi de 375 mg dm^{-3} e, para o cálcio, foi de 106 mg dm^{-3} .

Na Tabela 5 estão apresentadas as correlações fenotípicas de Pearson entre as trocas gasosas e os caracteres morfológicos de plantas de pitiaia branca aos 150 dias após a aplicação das doses experimentais.

Para a dose 375 mg K dm^{-3} , houve correlações moderadas negativas entre o número de cladódio (NLC) e concentração interna de CO_2 (C_i) e condutância estomática (gs), sendo de $-0,65^*$ e $-0,60^*$, respectivamente. Ou seja, com o aumento do CO_2 atmosférico nos tecidos vegetais houve diminuição da gs e A; logo, houve diminuição nas taxas fotossintéticas, implicando em menor desenvolvimento de cladódios. Provavelmente, devido às suas características epífitas, a total exposição à radiação solar pode ter influenciado a planta

a aumentar seus mecanismos de reserva, diminuindo o número de brotações; este efeito foi mais evidenciado nas menores doses de K e Ca.

A eficiência de carboxilação ($A C_i^{-1}$) apresentou correlação positiva muito forte com a assimilação líquida de carbono (A) ($0,92^{**}$) e forte para a eficiência instantânea do uso da água ($A E^{-1}$) ($0,76^{**}$). As eficiências intrínsecas e instantâneas se correlacionaram positivamente ($0,69^*$).

Em relação a dose de cálcio, o NCL correlacionou-se negativa e moderadamente com as variáveis A ($-0,65^*$), $A C_i^{-1}$ ($-0,67^*$), $A g_s^{-1}$ ($-0,64^*$) e $A E^{-1}$ ($-0,62^*$); novamente este processo pode estar relacionado à foto-proteção e ao acúmulo de reservas. O mesmo comportamento foi observado para a espessura do cladódio (ECL), segundo Almeida (2015), indicando que a maior espessura está associada à foto-proteção contra o excesso de luz. Outro fator considerável, que a correlação mostrou de forma negativa, foi a interação entre g_s e C_i e E, que também pode ter afetado o evento acima, não apenas relacionado ao fechamento estomático, mas, a fatores ligados à etapa fotoquímica da fotossíntese (OLIVEIRA; JOLY (2010); CHEN et al. (2010)).

Neste contexto, houve forte correlação positiva entre as eficiências instantânea ($0,99^{**}$), intrínseca ($0,96^{**}$) e de carboxilação ($0,94^{**}$) com a fotossíntese líquida, indicando que estas variáveis estão diretamente associadas à etapa de carboxilação do ciclo de Calvin-Benson (HERRERA et al. 2008).

Tabela 5 – Coeficientes de correlação fenotípica de Pearson (r_f) entre as variáveis morfológicas: [número de cladódios (NCL), somatório do comprimento de todos os cladódios emitidos (SCC), diâmetro do cladódio (DCL) e espessura do cladódio (ECL)] e as trocas gasosas: [concentração interna de CO₂ (C_i), transpiração (E), condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A), eficiência de carboxilação (A C_i⁻¹), eficiência intrínseca do uso da água (A gs⁻¹) e eficiência instantânea do uso da água (A E⁻¹)], sob dose de 375 mg K dm⁻³ (diagonal superior) e 106 mg Ca dm⁻³ (diagonal inferior), aos 150 dias após a instalação do experimento. Fortaleza, CE, 2014

Caráter	C _i	E	Gs	A	A C _i ⁻¹	A Gs ⁻¹	A E ⁻¹	NCL	SCC	DCL	ECL
C _i		0,39	0,40	0,70	0,38	0,19	0,58*	-0,65*	-0,16	0,26	0,48
E	0,45		0,84**	0,51	0,46	-0,45	-0,04	-0,48	0,08	0,29	0,26
Gs	-0,43	-0,42		0,44	0,37	-0,67*	-0,01	-0,60*	0,00	0,10	0,54
A	-0,49	-0,70*	0,88**		0,92**	0,35	0,83**	-0,33	0,03	0,35	0,43
A C _i ⁻¹	-0,73**	-0,72**	0,83**	0,94**		0,34	0,76**	-0,09	-0,13	0,31	0,31
A Gs ⁻¹	-0,46	-0,77**	0,71**	0,96**	0,90**		0,69*	0,31	0,01	0,21	-0,21
A E ⁻¹	-0,51	-0,76**	0,84**	0,99**	0,95**	0,97**		-0,09	-0,01	0,22	0,36
NCL	0,48	0,25	-0,54	-0,65*	-0,67*	-0,64*	-0,62*		-0,00	0,02	-0,32
SCC	0,00	-0,00	-0,14	0,01	-0,03	0,08	-0,01	-0,16		-0,38	0,30
DCL	0,26	-0,11	0,15	0,18	0,00	0,19	0,15	0,35	0,36		-0,17
ECL	0,03	0,26	-0,12	-0,21	-0,21	-0,34	-0,28	-0,26	0,05	0,57	

3.4 Caracteres morfológicos da pitaia branca aos 270 dias após adubação com doses crescentes de K e Ca

A Tabela 6 mostra o comportamento das variáveis biométricas num espaço temporal de 150 dias. Nela é possível observar incremento médio para as variáveis NCL, SCC e ECL nas razões de 10,8%, 10,5% e 26,5%, respectivamente. Houve retração no diâmetro dos cladódios na ordem de 5,5%, indicando resposta ao crescimento expresso pela SCC. Cunha et al. (2012) atribuíram a diminuição do diâmetro do cladódio em palma forrageira devido a elevação da quantidade de cladódios, visto que há a necessidade de distribuição nutricional para quantidade maior de cladódios. Outra informação da Tabela 6 que possibilita acompanhar a evolução ou involução de cada variável com o aumento e a interação das doses de K e Ca.

Em relação à análise de variância (ANOVA), a variável dose de K influenciou a espessura de cladódio (ECL), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA), com significância de 1%. Já o Ca afetou o somatório do comprimento de cladódio (SCC), espessura do cladódio (ECL) e massa fresca da parte aérea (MFPA), com 1% de significância, e massa seca da parte aérea (MSPA) com 5% de significância. Provavelmente, este fato se deu em decorrência do comportamento destes elementos. O K diminuiu sua influência em virtude da mobilidade, tanto no solo como na planta, sendo considerado elemento muito móvel (MALAVOLTA, 2006), sujeito portanto à lixiviação; soma-se a isso, a sua absorção é, em grande parte, por difusão, em torno de 72%, devendo o elemento necessariamente estar próximo das raízes. O Ca, por sua vez, aumentou sua influência sobre as variáveis analisadas, provavelmente, por ser um elemento pouco móvel no solo (MALAVOLTA, 2006) e sua absorção por fluxo em massa, cerca de 73% da assimilação (VITTI; DOMENICONI, 2010); além disso, este elemento tende a aumentar seu teor com a idade da planta (GERMANO, 1999), devido à baixa solubilidade no floema.

Houve interação significativa entre as doses de K e Ca testadas, para as variáveis SCC, ECL, MFPA e MSPA ($p < 0,01$) e para DCL ($p < 0,05$).

Tabela 6 – Resumo da análise de variância dos fatores doses de potássio e cálcio sobre os caracteres morfológicos: número de cladódios laterais (NCL), somatório do comprimento dos cladódios (SCC), diâmetro de cladódio (DCL), espessura de cladódio (ECL), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) para pitaia branca, aos 270 dias após a implantação do experimento. Fortaleza, CE, 2014

FV	GL	Quadrados médios					
		NCL	SCC	DCL	ECL	MFPA	MSPA
Dose K	3	23,5000 ^{ns}	2665,6238 ^{ns}	4,6442 ^{ns}	6,9707 ^{**}	1009865,16 ^{**}	11340,52 ^{**}
Dose Ca	3	11,6666 ^{ns}	18700,3044 ^{**}	12,0260 ^{ns}	7,1772 ^{**}	201649,38 ^{**}	4540,35 [*]
K x Ca	9	15,6851 ^{ns}	11832,6679 ^{**}	27,6538 [*]	6,4993 ^{**}	156460,62 ^{**}	4423,22 ^{**}
Bloco	2	4,1875 ^{ns}	1006,6858 ^{ns}	5,2846 ^{ns}	4,6654 [*]	36657,64 ^{ns}	415,58 ^{ns}
Resíduo	30	9,0986	2121,5076	11,0487	1,1858	44745,53	1065,13
C.V.(%)		11,2	7,7	6,1	11,7	8,1	8,4
Média		26,6	598,8	53,8	9,2	2.622,3	389,1

FV – Fonte da variação; GL – Grau de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; * – Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** – Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} – Não significativo até 5% de probabilidade.

3.4.1 Número de cladódios (NCL)

Dos caracteres morfológicos avaliados, este foi o único em que as doses estudadas não apresentaram efeito significativo (Tabela 6). De qualquer forma, quando se avalia as doses de K isoladamente, observa-se tendência quadrática entre as médias obtidas, assim como para as doses de Ca, cujo mesmo comportamento foi observado por Dubeux Júnior et al. (2010) para esta variável. Além disso, pode-se dizer que houve retração no número de cladódios para pitaia branca nas doses intermediárias de K, e um pico de 11% na dose mais elevada (375 mg dm⁻³). Em relação ao Ca, houve certa estabilização de 27 cladódios por planta.

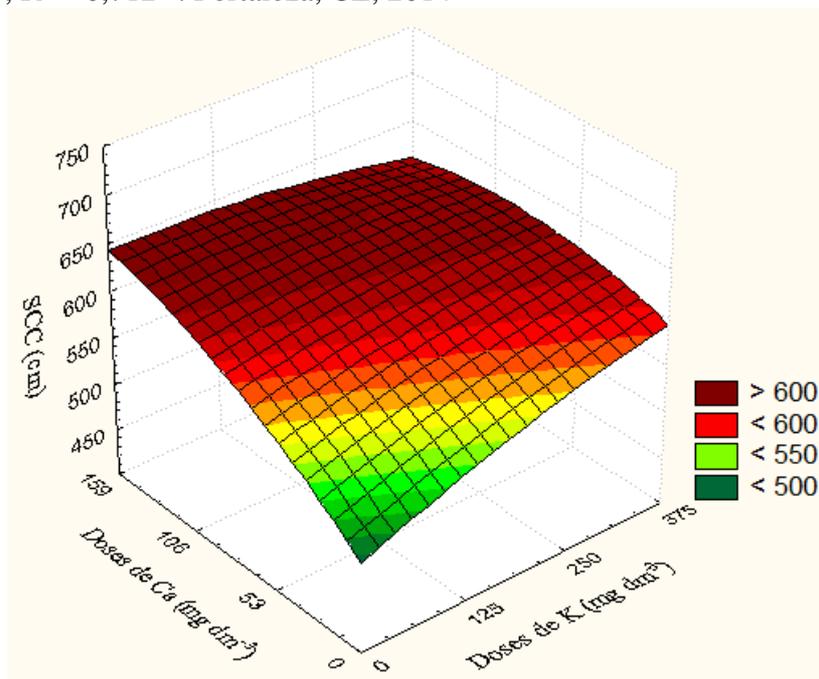
3.4.2 Somatório do comprimento dos cladódios (SCC)

Oteve-se amplitude de 229,4 cm de comprimento, com valores médios mínimos de 480,7 cm e valores médios máximos de 710,1 cm. Os menores valores (abaixo da média) foram encontrados para as combinações das doses de 0 a 125 mg K dm⁻³ com as doses 0 e 53 mg Ca dm⁻³; a partir daí, observou-se elevação no comprimento dos cladódios com o incremento das doses, tanto de K como de Ca. As maiores médias foram observadas nas doses ao redor da combinação 250-159 mg dm⁻³ de K e Ca, respectivamente (Figura 12).

Analogamente ao que se observou para NCL aos 120 dias de cultivo (Figura 1), o aumento gradual na adubação potássica, combinada as menores doses Ca (de zero até cerca de 53 mg dm^{-3}), promoveu o aumento na SCC, com ponto de máximo comprimento à cerca de $250\text{-}375 \text{ mg K dm}^{-3}$, tendendo a estabilizar a partir daí. Combinadas as doses de Ca entre 53 e 93 mg dm^{-3} , aproximadamente, o aumento crescente nas doses de K promoveu elevação na SCC até a maior dose testada, de 375 mg K dm^{-3} . A partir da aplicação de Ca acima de 53 mg dm^{-3} até 159 mg dm^{-3} , os valores de SCC obtidos foram sempre iguais ou acima da média geral, $598,8 \text{ cm}$ (Tabela 6), independentemente das doses de K, porém com picos relacionados à ausência total da adubação com K ou à máxima dose aplicada deste nutriente (Figura 12).

Essa análise fortalece a idéia de que a adubação com Ca foi mais limitante à SCC da pitaia branca.

Figura 12 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para o somatório do comprimento dos cladódios (cm) em pitaia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 495,935 + 0,3582(K) + 1,461(Ca) - 0,0003(K)^2 - 0,0022(K)(Ca) - 0,0034(Ca)^2$; $R^2 = 0,712^{**}$. Fortaleza, CE, 2014



Tanto para as doses de K como para as doses de Ca, houve incremento na SCC até aproximadamente a penúltima dose e, em seguida, nota-se estabilização. Estes resultados estão de acordo com Almeida et al. (2014) que perceberam estabilização para SCC na dose 225 até 300 mg dm^{-3} de K.

Indiretamente pode-se atribuir ao cálcio a redução da acidez do solo, melhorando o crescimento radicular e, com isso, otimizando a absorção de nutrientes por parte da planta. Corroborando esta afirmação, Rodrigues et al. (2004), incubando um Neossolo Quartzarênico com CaO, nas doses 0; 542,3; 1.084,6 e 1.626,9 mg de CaO dm^{-3} , observaram que o pH respondeu de forma linear crescente, passando de 4,8; 5,2; 5,4 e 5,6, respectivamente, com ganho de 0,2 unidade em cada aumento de dose. O K também apresentou o mesmo comportamento, passando de 0,13; 0,15; 0,16 e 0,17 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Outro fator relevante é que este elemento tem função primordial na manutenção da estrutura das paredes celulares e balanço de sais no interior das células, ativação do potássio (abertura estomática), regulando o trânsito hídrico da cultura. Tudo isso se reflete numa condição mais adequada para o desenvolvimento vegetal. Segundo Sampaio (2005), as cactáceas preferem solos bem supridos no elemento cálcio e Alves et al. (2007) recomendam adubação de K.

3.4.3 Diâmetro do cladódio (DCL)

Mediante análise apontada na Tabela 6, não houve diferença estatística entre as doses crescentes de K e de Ca, no entanto, houve interação entre as doses estudadas ($p < 0,05$), conforme mostra a Figura 13.

De maneira semelhante ao que foi observado para SCC (Figura 12), o DCL aumentou com a elevação das doses, tanto de K como de Ca, até atingir pontos de máximo correspondentes as duas primeiras doses de K com a última de Ca e as duas primeiras de Ca com a última de K (Figura 13).

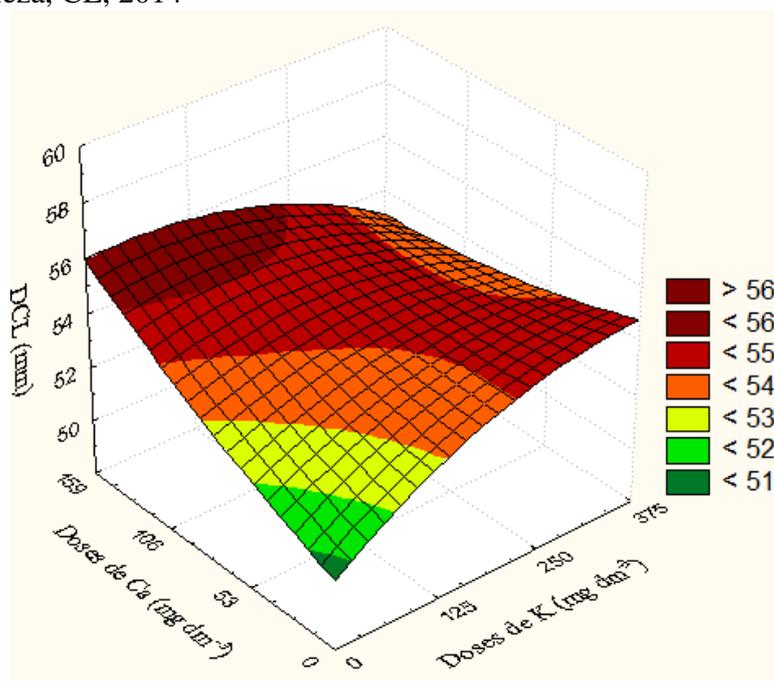
Outra semelhança com SCC (Figura 12) refere-se ao efeito da adubação potássica combinada à dose de Ca iguais ou próximas de zero e vice-versa. Nas doses de Ca próximas a zero, na medida em que houve incremento nas doses de K o DCL também aumentou, até atingir o ponto de máximo relacionado à doses em torno de 375 mg de K dm^{-3} (Figura 13). A partir daí, o incremento nas doses de K levou à estabilização para a variável em questão. Comportamento semelhante foi encontrado por Donato et al. (2014) que observaram estabilização no diâmetro de cladódio de palma forrageira a partir da dose 90 Mg $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de esterco bovino tendo na sua composição 0,29 cmol_c de K dm^{-3} . Para a adubação com Ca nas doses de K próximas de zero, o ponto de máximo DCL foi relacionado à maior dose aplicada (159 mg Ca dm^{-3}), com tendência a não estabilização (Figura 13); possivelmente o DCL continuaria

respondendo positivamente com doses mais elevadas. Porém, houve diferença com relação a SCC, o DCL diminuiu na associação das maiores doses dos adubos aplicados.

Como citado anteriormente, o diâmetro diminuiu no intervalo das medições; a possível explicação seria que na segunda tomada de dados, em pleno verão, a temperatura média foi de 28,4 °C (Tabela 1), ocasionando maior perda de água e conseqüente menor desenvolvimento do cladódio. Segundo Sales et al. (2006), além da genética, as variações climáticas têm grande influência no diâmetro dos cladódios.

Trabalhando com a mesma espécie, Lima et al. (2013) obtiveram valores médios para o diâmetro do cladódio de 58 mm em plantas com quatro anos. Neste ensaio os valores médios encontrados foram de 53,86 mm.

Figura 13 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para o diâmetro do cladódio (mm) em pitaia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 50,565 + 0,022(K) + 0,024(Ca) - 0,00002(K)^2 - 0,0001(K)(Ca) + 0,00005(Ca)^2$; $R^2 = 0,739^*$. Fortaleza, CE, 2014



3.4.4 Espessura do cladódio (ECL)

Fazendo-se um comparativo entre os tempos avaliados (150 dias), é possível perceber o incremento de 26% para o valor referente a espessura dos cladódios. Na Figura 14, há aumento linear crescente, tanto para as doses de K como para as de Ca. Associando-se as doses, os valores médios aumentam à medida que a dose aumenta, o

que é resposta destes elementos para o ECL. Portanto, fica evidente a resposta da pitiaia branca para as doses experimentais, mostrando que os menores valores para esta variável foram obtidos nas menores doses dos dois nutrientes.

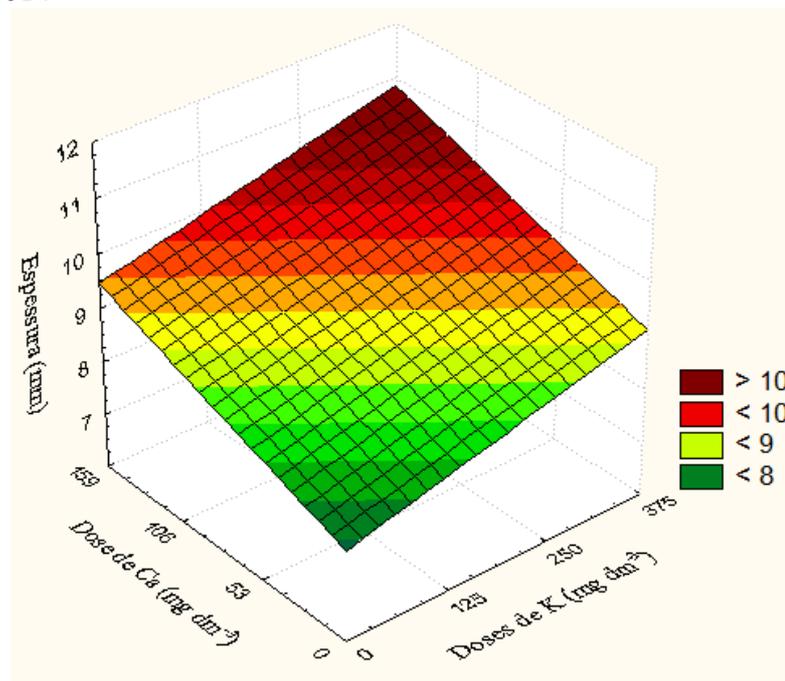
Os maiores valores encontrados no tempo dois, são justificados pela idade da planta, visto que com o aumento é atribuída a função de sustentação de um maior número de cladódios, flores e frutos, assim como o transporte de nutrientes e fotoassimilados, além de mecanismos de foto-proteção.

Contextualizando, para as três medidas morfométricas que apresentaram significância (SCC, DCL e ECL), foi possível verificar que a pitiaia branca apresentou o mesmo comportamento para todas, ou seja, resposta positiva com o incremento dos adubos. As superfícies de respostas foram muito parecidas; sendo assim, segundo Costa et al. (2012), as relações entre as medidas morfométricas se constituem em respostas precisas às condições do ambiente de cultivo, i.e., como a planta responde ao ambiente e ao que está sendo aplicado nela.

Silva et al. (2012), trabalhando com outras cactáceas (*Opuntia ficus-indica* Mill), reportaram a importância de se mensurar caracteres morfológicos como parâmetro para a seleção de material; ainda nessa linha, Neder et al. (2013) citam que estas medidas são fundamentais para a seleção de acessos de cactáceas que apresentam adaptação satisfatória às condições do Nordeste brasileiro.

Trabalhando com crescimento inicial de pitiaia branca (*Hylocereus undatus*), Araújo et al. (2010) omitiram o elemento cálcio para as mudas e, após 120 dias da aplicação, avaliaram o crescimento vegetativo das mudas que receberam nutrição completa daquelas que receberam nutrição diferenciada (-Ca). O resultado foi crescimento quase 25% menor naquelas que não receberam o nutriente, mostrando o efeito limitante do mesmo.

Figura 14 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para a espessura do cladódio (mm) em pitaia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 6,707 + 0,012(K) + 0,02(Ca) - 0,00001(K)^2 - 0,00005(K)(Ca) + 0,000009(Ca)^2$; $R^2 = 0,835^{**}$. Fortaleza, CE, 2014

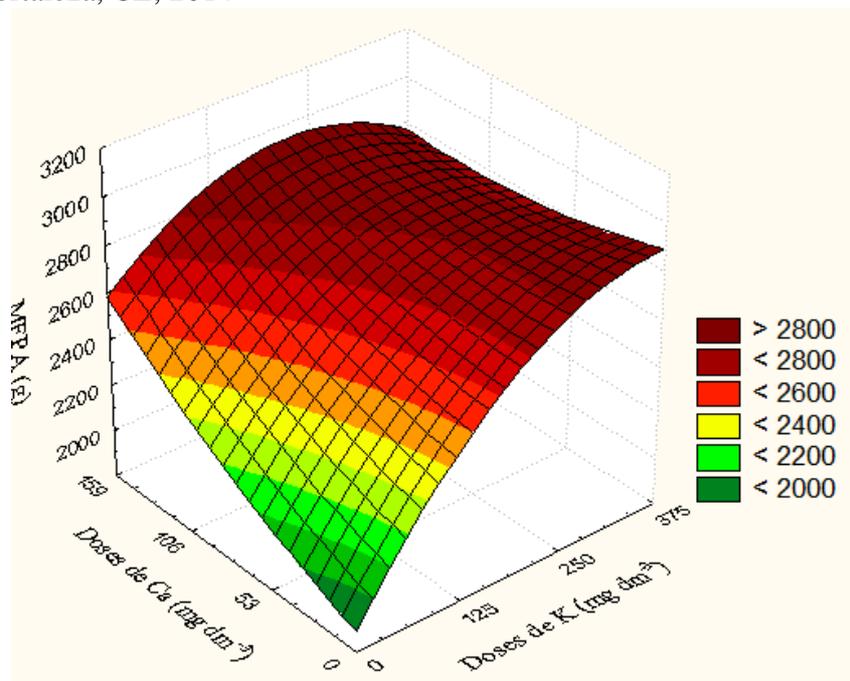


3.4.5 Massa fresca da parte aérea (MFPA)

A biomassa coletada acima do colo da planta mostra que houve incremento na massa fresca dos cladódios associada às doses de K e Ca, apresentando crescimento linear, com ponto de máximo definido em torno da dose 250 mg de K dm^{-3} independente das doses de Ca. Os valores variaram de 1.808,3 g a 2.992,0 g, gerando amplitude de 1.183,7 g. A Figura 15 mostra exatamente o incremento da biomassa com o aumento das doses testadas. Para as doses de Ca, não se chegou ao ponto de equilíbrio, visto que houve comportamento linear crescente e a última dose não se obteve estabilização.

De maneira geral, quando associada às doses 250-375 mg de K dm^{-3} com as 106-159 mg de Ca dm^{-3} , obteve-se os maiores valores para MFPA para a pitaia branca. Portanto, nem o elemento K nem o Ca foram limitantes nesta variável, haja vista o ganho de MFPA na ausência de um deles.

Figura 15 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para a massa fresca da parte aérea (g) em pitiaia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 1889,06 + 5,41(K) + 2,86(\text{Ca}) - 0,0073(K)^2 - 0,0136(K)(\text{Ca}) + 0,00493(\text{Ca})^2$; $R^2 = 0,675^{**}$. Fortaleza, CE, 2014



3.4.6 Massa seca da parte aérea (MSPA)

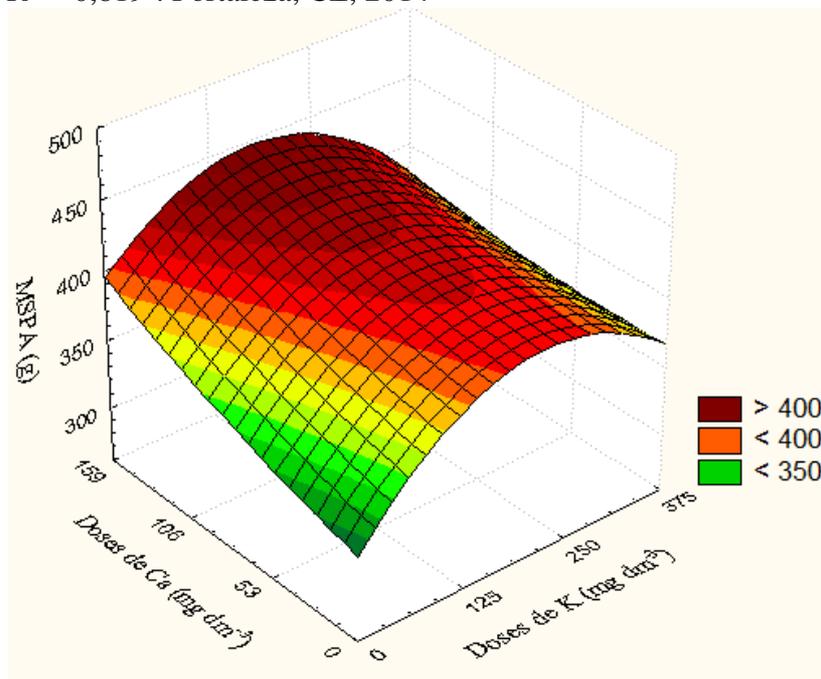
Como esperado, a massa seca dos cladódios teve comportamento semelhante ao da massa fresca, apresentando incremento nos valores à medida que se aumentava a dose de K e Ca. No caso do K, observou-se o ponto máximo na dose 250 mg de K dm^{-3} , a mesma dose para a MFPA, a partir daí houve decréscimo. No caso das doses de Ca, na ausência das doses de K, houve um incremento constante até a última dose (159 mg dm^{-3}), não se chegando a estabilização.

A associação no intervalo das doses 125-250 mg de K dm^{-3} com a 159 mg de Ca dm^{-3} foi a que obteve os maiores valores de massa seca. Neste sentido, Fageria et al. (2008) ressaltam a importância de se determinar a faixa na qual a massa seca se destaca, pois se associa a ela o acúmulo de nutrientes pelas culturas. Carboni (2013) expõe em seu trabalho que a massa seca da planta é variável confiável para se avaliar a biometria. Os maiores valores encontrados foram de 452,2 g e os menores de 307,7 g.

Em trabalho desenvolvido por Cavalcante et al. (2011), utilizando a *Hylocereus undatus* com adubações orgânicas ($\text{Ca} = 4,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} / \text{K} = 12.109 \text{ mg dm}^{-3}$

³), nas doses 0, 5, 10, 20 e 30 L cova⁻¹, observou-se que os pontos de máxima foram na mesma dose, ou seja, 20 L cova⁻¹, o mesmo comportamento verificado neste trabalho.

Figura 16 – Interação nutricional entre doses crescentes de K e Ca (mg dm⁻³), para a massa seca da parte aérea (g) em pitaita branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 321,14 + 0,745(K) + 0,3095(Ca) - 0,0017(K)^2 - 0,001(K)(Ca) + 0,001(Ca)^2$; $R^2 = 0,819^*$. Fortaleza, CE, 2014



3.5 Interação nutricional K x Ca e seu efeito sobre as trocas gasosas da pitaita branca aos 240 dias após a aplicação das doses experimentais

Na Tabela 7 estão expressos os valores referentes à análise de variância resumida, com a média geral dos valores. Foram verificadas interações significativas para todas as variáveis analisadas ($P < 0,01$). Portanto, optou-se por gráficos de superfície de resposta para a interpretação dos resultados.

Mediante esta tabela, é possível observar que houve interação significativa para os dois fatores e sua interação para a variável concentração interna de CO₂ (C_i). O K não influenciou na transpiração (E) da pitaita branca aos 240 dias após aplicação dos tratamentos e o Ca não influenciou na condutância estomática (gs) para mesma cultura no mesmo tempo.

Tabela 7 – Resumo da análise de variância dos fatores doses de potássio e cálcio sobre as trocas gasosas: concentração interna de CO_2 (C_i), transpiração (E), condutância estomática (g_s), fotossíntese líquida (A), razão $C_i C_a^{-1}$, eficiência de carboxilação ($A C_i^{-1}$), eficiência intrínseca de uso da água ($A g_s^{-1}$) e eficiência instantânea de uso da água ($A E^{-1}$), para pitiaia branca, aos 240 dias após a implantação do experimento. Fortaleza, CE, 2014

FV	GL	Quadrados médios			
		C_i	E	g_s	A
Dose K	3	1160,3888**	0,0224 ^{ns}	0,0058**	6,1426*
Dose Ca	3	2276,1111**	0,0731**	0,0012 ^{ns}	5,7074*
K x Ca	9	7279,9814**	0,0851**	0,0043**	22,0584**
Bloco	2	665,5833**	0,1396**	0,0040*	2,4886 ^{ns}
Resíduo	30	67,2055	0,0142	0,0012	1,8986

C.V.(%)		3,7	7,4	23,8	8,4
dms		9,103	0,132	0,038	1,530
Média		222,68	1,61	0,14	15,33

FV	GL	Quadrados médios			
		$C_i C_a^{-1}$	$A C_i^{-1}$	$A g_s^{-1}$	$A E^{-1}$
Dose K	3	0,0090**	0,0001*	2034,5407 ^{ns}	2,3274 ^{ns}
Dose Ca	3	0,0158**	0,0010**	424,3247 ^{ns}	4,8801*
K x Ca	9	0,0574**	0,0017**	4079,9115**	15,4318**
Bloco	2	0,0040**	0,0001 ^{ns}	2179,3267 ^{ns}	11,1846**
Resíduo	30	0,0005	0,0000	845,1334	1,2218

C.V.(%)		3,7	9,5	23,8	10,7
dms		0,025	0,008	32,283	1,227
Média		0,61	0,07	121,11	10,30

FV – Fonte da variação; GL – Grau de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; * – Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** – Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} – Não significativo até 5% de probabilidade.

Essas análises de interação K x Ca, auxiliaram no conhecimento da ecofisiologia da pitiaia visto que, segundo Poorter (2001), o desempenho das atividades fotossintéticas está intimamente relacionado às adaptações morfológicas e fisiológicas em relação ao ambiente luminoso; ainda neste contexto, algumas enzimas ligadas ao ciclo de Calvin-Benson, como a ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase são moduladas pela luz (ZIMMERMAN et al., 1995).

Com exceção da E, houve aumentos de 14,83%, 35,71% e 26,61% para C_i , g_s e A , respectivamente, em relação às médias obtidas aos 150 dias. Este fato pode estar relacionado às variações climáticas (Tabela 1), pois ocorreu queda na umidade relativa

do ar da primeira para segunda tomada dos dados; paralelamente, as temperaturas máximas mantiveram-se constantes (altas), isso proporcionou resposta fisiológica das plantas de pitaia que responderam com menor nível de E (LEMOS et al, 2012). Segundo Silva et al. (2010), esses valores são explicados devido aos tecidos jovens apresentarem menores taxas de assimilação líquida de CO₂, transpiração e condutância estomática, influenciando diretamente nas eficiências de uso da água ($A \text{ gs}^{-1}$ e $A \text{ E}^{-1}$), mesmo que temporariamente.

Quando se avalia as doses de K, na ausência de Ca, observa-se incremento até 250 mg de K dm⁻³; a partir daí, há certa estabilização dos valores de C_i. Na presença de Ca e ausência de K, o ponto de máxima foi verificado na dose 106 mg de Ca dm⁻³, quando o incremento tendeu a estabilidade. Diante disso, pode-se afirmar que nenhuma das doses foi fator de limitação para a elevação da concentração interna de CO₂. (Figura 17).

De acordo com a Figura 18, as maiores taxas transpiratórias foram alcançadas em associação com as maiores doses aplicadas (375 mg de K dm⁻³ e 159 mg de Ca dm⁻³). Sendo assim, junto a essas doses, pode-se inferir que há também maior troca O₂/CO₂, interferindo na fotossíntese líquida (A).

Segundo a ANOVA, a g_s não foi influenciada pelas doses de Ca, ao contrário das doses de K, que combinadas com as de Ca apresentaram crescimento significativo até a dose 250 mg de K dm⁻³ (Figura 19). Portanto, é possível que o potássio influenciou na abertura dos estômatos e, isto está ligado às funções que este elemento desempenha na planta, como o controle da turgidez do tecido, abertura e fechamento dos estômatos e transpiração (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 2012). As menores concentrações de CO₂ ocorreram exatamente nos menores valores de condutância, o que vem a corroborar com Paiva et al. (2005), que afirmam que a resistência da difusão gasosa é fator limitante à assimilação de carbono. De acordo com Shimazaki et al. (2007), os processos de perda d'água também estão associados à condutância estomática, sendo regulada pela atividade das células-guardas.

A fotossíntese líquida apresentou significância nos fatores e sua interação, conforme a Tabela 7 e a Figura 20. Nelas é possível observar que as doses finais (K e Ca), apresentaram valores elevados, acompanhando a curva de E e g_s e indo de encontro com C_i. As doses iniciais de K (0, 125 e 250 mg dm⁻³), associadas à ausência de Ca, também despontaram nos valores de A; com isso, pode-se dizer que para a fotossíntese líquida o elemento K é limitante.

Figura 17 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para concentração interna de CO_2 (ppm) em pitiaia branca aos 240 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 179,57 + 0,2925(K) + 0,7831(\text{Ca}) - 0,0004(K)^2 - 0,001(K)(\text{Ca}) - 0,003(\text{Ca})^2$; $R^2 = 0,510^*$. Fortaleza, CE, 2014

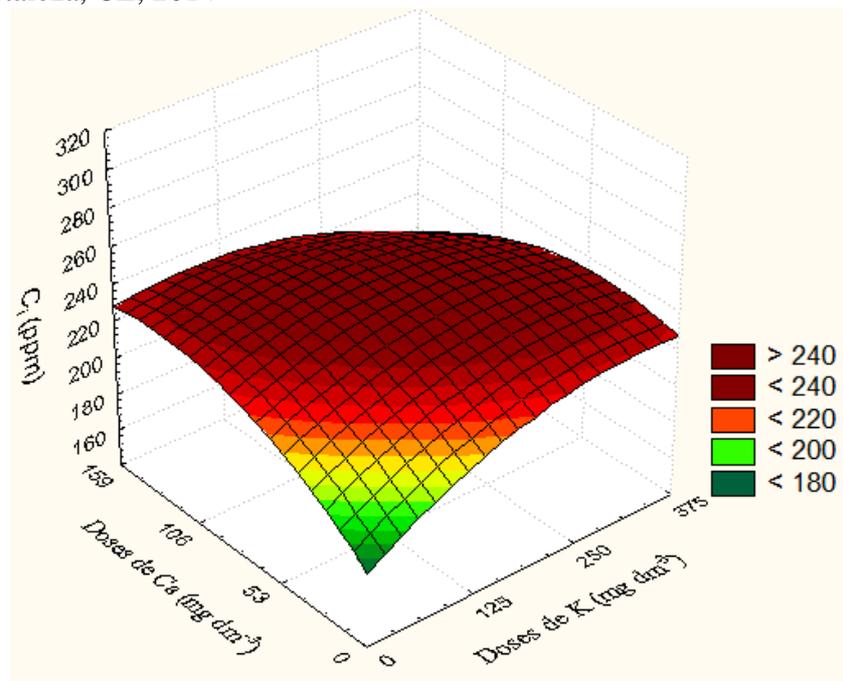


Figura 18 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em pitiaia branca aos 240 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 1,5842 + 0,0007(K) - 0,0019(\text{Ca}) - 0,000002(K)^2 + 0,000002(K)(\text{Ca}) + 0,00001(\text{Ca})^2$; $R^2 = 0,544^*$. Fortaleza, CE, 2014

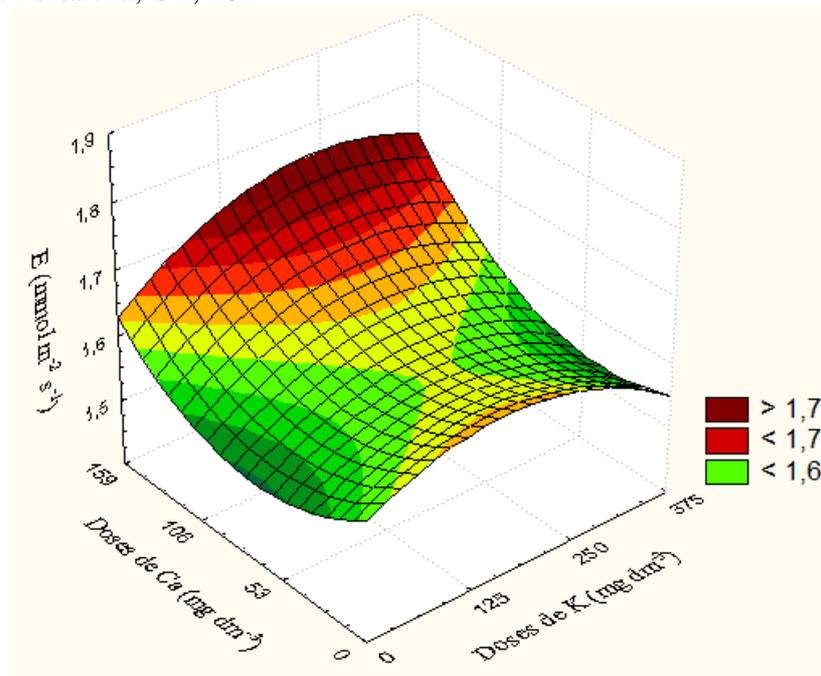


Figura 19 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em pitiaia branca aos 240 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 0,1194 + 0,0004(K) + 0,00009(\text{Ca}) - 0,0000008(K)^2 - 0,00000008(K)(\text{Ca}) - 0,0000002(\text{Ca})^2$; $R^2 = 0,624^*$. Fortaleza, CE, 2014

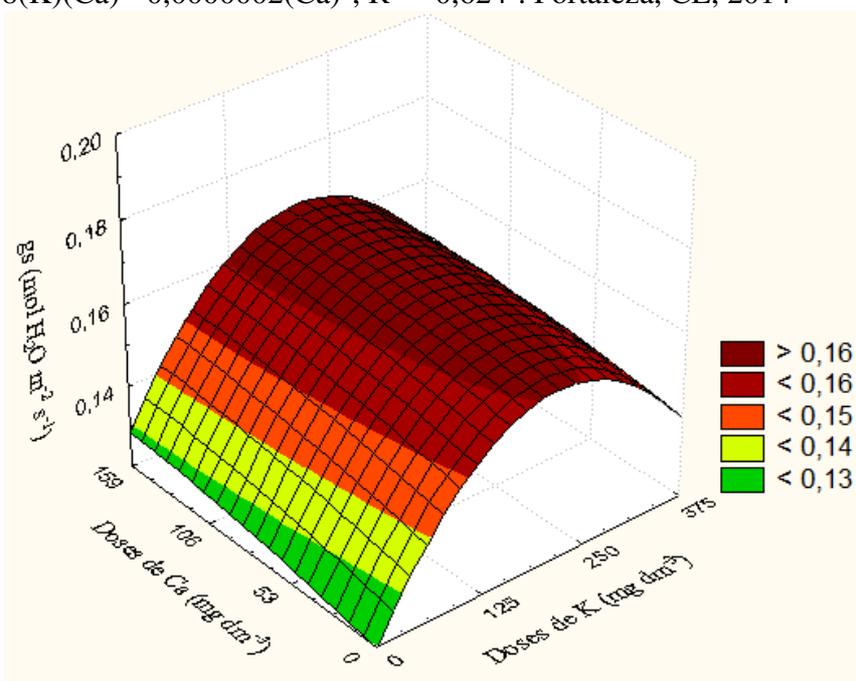
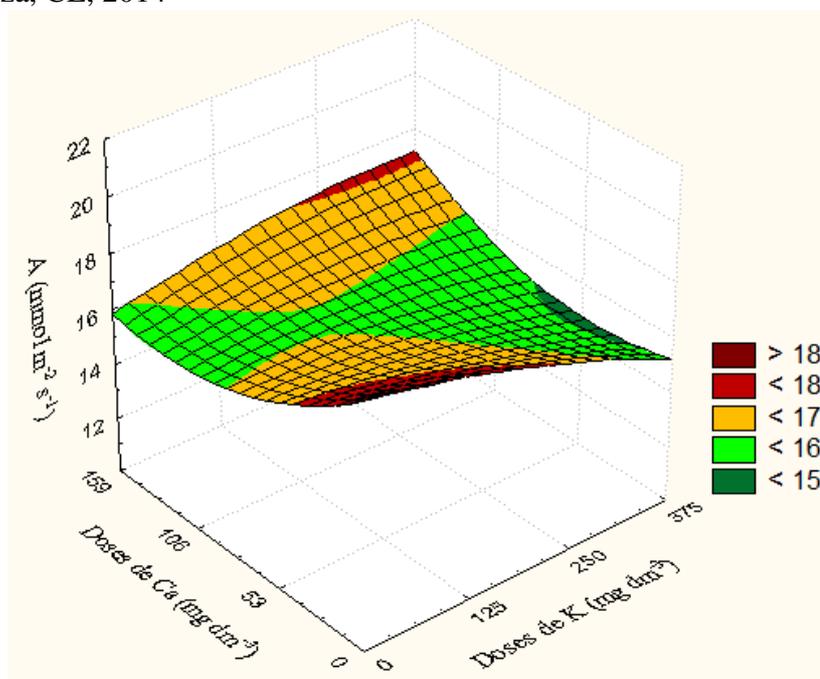


Figura 20 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para fotossíntese líquida ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em pitiaia branca aos 240 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 18,81 - 0,0054(K) - 0,049(\text{Ca}) - 0,00001(K)^2 + 0,00008(K)(\text{Ca}) + 0,0002(\text{Ca})^2$; $R^2 = 0,600^*$. Fortaleza, CE, 2014



A eficiência de carboxilação ($A C_i^{-1}$) destacou-se nas interações entre as doses iniciais, tanto de K (0 a 125 mg de K dm^{-3}) como de Ca (0 a 53 mg de Ca dm^{-3}), tendendo a um decréscimo com a elevação das doses. Esta redução se dá aproximadamente até a dose 250 mg de K dm^{-3} a 159 mg de Ca dm^{-3} . Porém, quando a dose de K chega a 375 mg dm^{-3} , observa-se novo aumento no valor da relação (em torno de 0,09). Comparando-se as Figuras 17 e 21 é possível notar que o aumento de C_i provocou a diminuição da atividade fotossintética, em virtude da limitação estomática. Este comportamento afetou diretamente a fotossíntese que também pode ser observado no gráfico referente à fotossíntese líquida (Figura 20).

A interação para a eficiência intrínseca do uso da água ($A g s^{-1}$) é apresentada na Figura 22. Nela, ocorre semelhança com o gráfico da $A C_i^{-1}$ (Figura 21), com pico na interação das doses controle. Shimazaki et al. (2007) relataram que a assimilação de CO_2 está relacionada com a perda de água, uma vez que os estômatos estão abertos. O mesmo foi observado neste trabalho, em que a interação 0:0 mg dm^{-3} (K:Ca) apresentou os menores valores de C_i , mesma associação de doses em que houve menores taxas de transpiração e condutância estomática (Figura 18 e 19).

A eficiência intrínseca do uso da água ($A g s^{-1}$) apresentou queda, se comparada com a primeira tomada de dados; de acordo com Taiz e Zeiger (2013) e Melo et al. (2010), as trocas gasosas estão estreitamente relacionadas com o ambiente. Portanto, esta retração pode estar associada aos aumentos da temperatura do ar e à redução na umidade relativa, conforme aponta a Tabela 1.

Na Figura 23, a eficiência instantânea do uso da água ($A E^{-1}$) apresentou semelhança a $A g s^{-1}$. De acordo com Jaimez et al. (2005), a relação entre a assimilação líquida de carbono e a transpiração indica a eficiência com que a planta fixa carbono em relação a unidade de água perdida.

Sintetizando, as Figuras 22 e 23 estão relacionadas com a eficiência de uso da água (EUA) e, provavelmente, esta eficiência esteja relacionada à menor taxa de transpiração e elevadas taxas fotossintéticas (Figura 18 e Figura 20, respectivamente).

Na Figura 24 pode-se observar a relação entre a razão $C_i Ca^{-1}$ e a concentração interna de CO_2 (C_i). Observa-se na figura que com o estreitamento desta relação há maior acúmulo de CO_2 nos tecidos da pitaia, pois, o carbono captado se aproxima do valor do carbono de referência. A razão diminuía à medida que as doses de K e Ca aumentavam, iniciando nas doses 125 e 53 mg dm^{-3} de K e Ca, respectivamente;

a partir desta associação houve estabilização na relação $Ci\ Ca^{-1}$ até as doses 250:106 (K:Ca), respectivamente, quando houve diminuição abrupta.

Figura 21 – Interação entre doses crescentes de K e Ca ($mg\ dm^{-3}$), para eficiência de carboxilação em pitaia branca aos 240 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 0,1063 - 0,0001(K) - 0,0006(Ca) + 0,00000009(K)^2 + 0,0000008(K)(Ca) + 0,000002(Ca)^2$; $R^2 = 0,635^*$. Fortaleza, CE, 2014

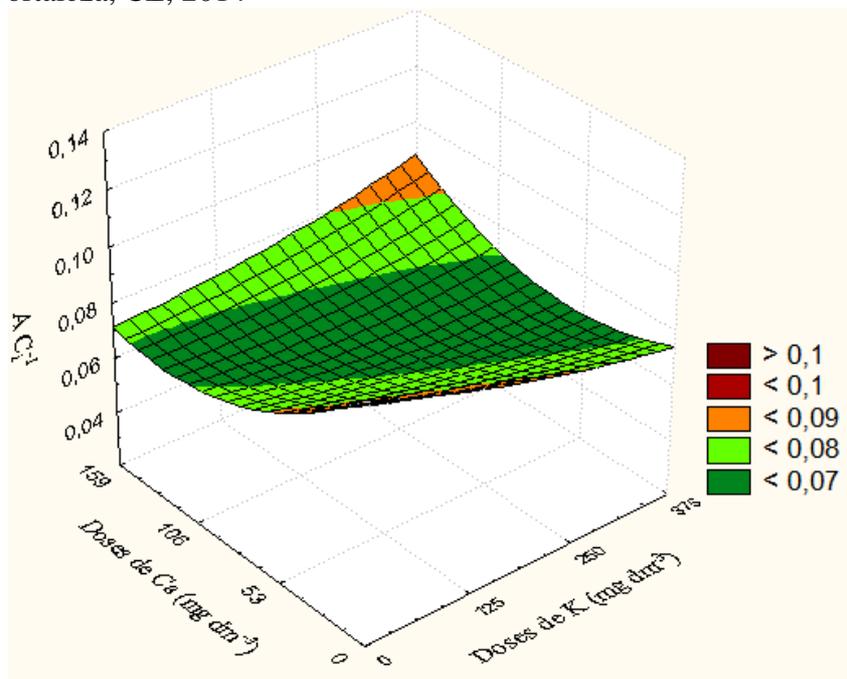


Figura 22 – Interação entre doses crescentes de K e Ca ($mg\ dm^{-3}$), para eficiência intrínseca do uso da água em pitaia branca aos 240 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 154,62 - 0,19(K) - 0,32(Ca) + 0,0002(K)^2 + 0,0008(K)(Ca) + 0,0006(Ca)^2$; $R^2 = 0,740^*$. Fortaleza, CE, 2014

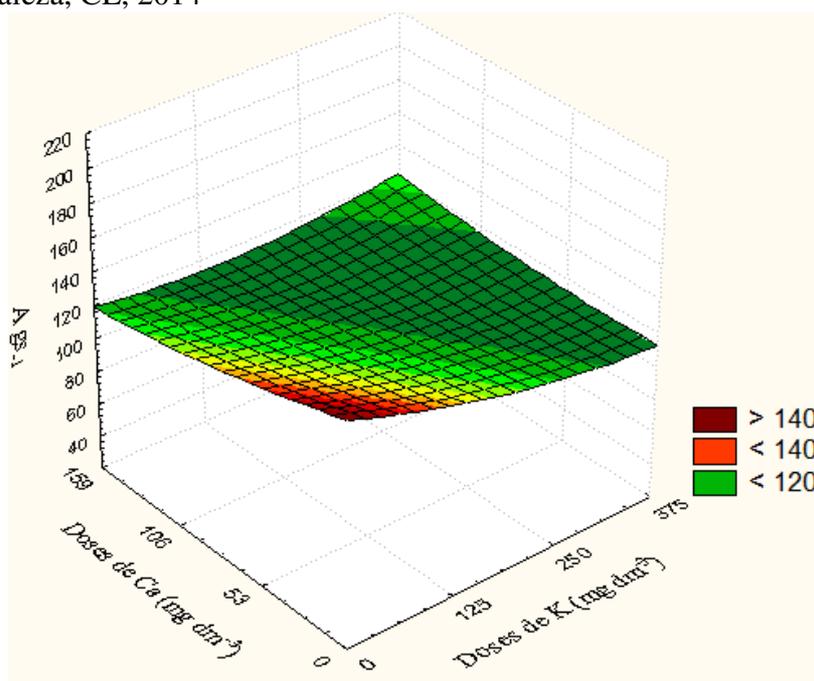


Figura 23 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para eficiência instantânea do uso da água em pitaiá branca aos 240 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 11,9189 - 0,0068(K) - 0,0175(\text{Ca}) + 0,000004(K)^2 + 0,00003(K)(\text{Ca}) + 0,00003(\text{Ca})^2$; $R^2 = 0,540^*$. Fortaleza, CE, 2014

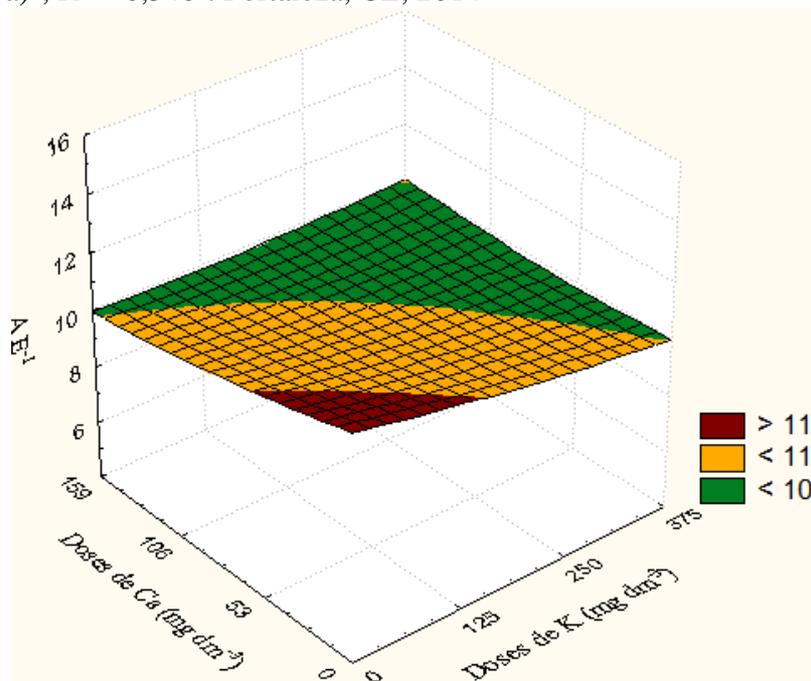
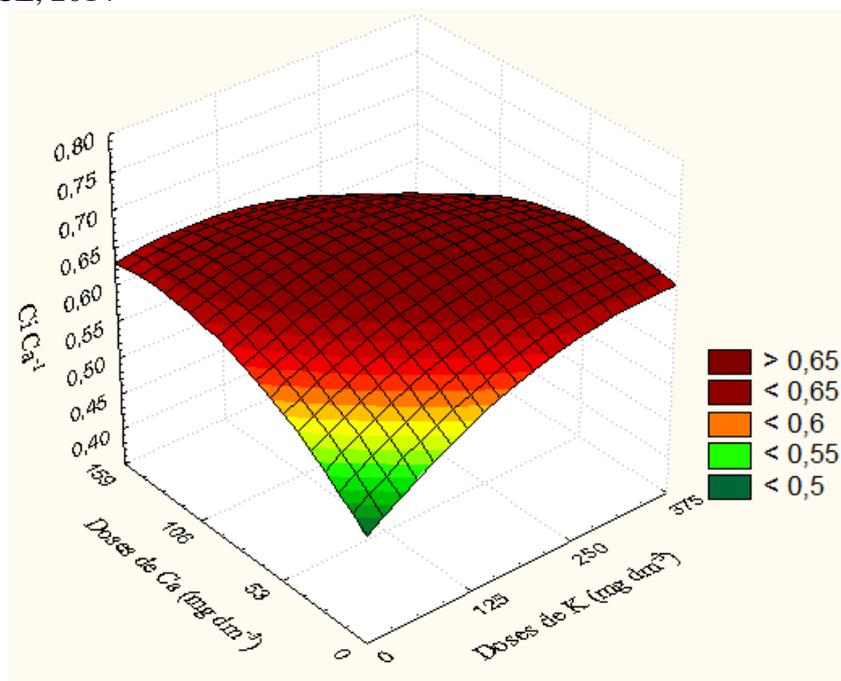


Figura 24 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para relação Ci Ca^{-1} em pitaiá branca aos 240 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 0,4955 + 0,0008(K) + 0,0021(\text{Ca}) - 0,000001(K)^2 - 0,000003(K)(\text{Ca}) - 0,000007(\text{Ca})^2$; $R^2 = 0,610^*$. Fortaleza, CE, 2014



3.6 Coeficiente de correlação de produto-momento (r_f), em relação à biometria e às trocas gasosas aos 240 dias após a aplicação das doses experimentais

A exemplo do procedimento realizado nas medições anteriores, nesta também se fez o levantamento para verificar qual dose de cada elemento sobressaíram às demais para fazer a correlação desta dose específica com todas as outras do outro elemento. Para o potássio, a dose selecionada foi 125 mg dm^{-3} ; já o cálcio teve a dose 159 mg dm^{-3} como a melhor entre as demais. Um fato relevante é que a dose de K que apresentou as maiores médias das variáveis diminuiu, ao passo que para o Ca, a melhor dose foi a mais elevada, relacionando à mobilidade do cálcio que, diferentemente do K é pouco móvel no solo, ficando mais disponível com o tempo (MALAVOLTA, 2006).

Na Tabela 8 estão apresentadas as correlações fenotípicas de Pearson entre as trocas gasosas e os caracteres morfológicos da pitiaia branca aos 270 dias após a aplicação das doses experimentais.

Observando a dose de K (125 mg K dm^{-3}) é possível perceber que a C_i , apresentou correlação significativa para todas as variáveis de trocas gasosas, sendo moderada para a condutância gs, forte a muito forte para as eficiências e fotossíntese líquida. A tabela 8 mostra que com o aumento do acúmulo de CO_2 , a pitiaia branca tendeu à menor atividade fotossintética que, embora apresentando condutância positiva (moderadamente), as eficiências tomaram sentido oposto, e todas com correlação forte. Consequentemente, se tem a assimilação líquida de carbono (A) reduzida.

Em linhas gerais, para a dose selecionada de K, em correlação com todas as de Ca, a assimilação líquida de carbono foi diretamente proporcional às eficiências de carboxilação, intrínseca e instantânea, apresentando coeficiente de correlação muito forte, moderado e forte, respectivamente.

Em relação aos caracteres morfobiométricos, o SCC foi diretamente proporcional ao DCL; o mesmo comportamento foi observado para MFPA em relação a MSPA, o que é natural.

Em relação às doses de Ca em correlação as demais de K, foi observado que a assimilação líquida de C se correlacionou positiva/moderadamente em relação à eficiência de carboxilação e à eficiência instantânea de uso da água.

Tanto a gs como a E, se correlacionaram negativamente com sua razão A. Isso se refletiu na biometria da planta, correlacionando o maior crescimento dos cladódios (SCC) com o acúmulo de MFPA e MSPA. Acompanhando este

comportamento, a ECL também mostrou correlação positiva com as massas fresca e seca. Estas se correlacionaram também com coeficiente forte.

Tabela 8 – Coeficientes de correlação fenotípica de Pearson (r_f) entre as variáveis morfológicas: [número de cladódios (NCL), somatório do comprimento de todos os cladódios emitidos (SCC), diâmetro do cladódio (DCL), espessura do cladódio (ECL), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA)] e as trocas gasosas: [concentração interna de CO_2 (C_i), transpiração (E), condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A), eficiência de carboxilação ($A C_i^{-1}$), eficiência intrínseca do uso da água ($A g_s^{-1}$) e eficiência instantânea do uso da água ($A E^{-1}$)], sob dose de 125 mg K dm^{-3} (diagonal superior) e $159 \text{ mg Ca dm}^{-3}$ (diagonal inferior), aos 240 dias após a instalação do experimento. Fortaleza, CE, 2014

Caráter	C_i	E	Gs	A	$A C_i^{-1}$	$A G_s^{-1}$	$A E^{-1}$	NCL	SCC	DCL	ECL	MFPA	MSPA
C_i	-	0,53	0,59*	-0,74**	-0,93**	-0,79**	-0,74**	-0,35	0,21	0,25	0,03	-0,07	-0,18
E	-0,30	-	0,46	-0,49	-0,55	-0,55	-0,83**	-0,46	0,23	0,11	0,08	-0,26	-0,37
Gs	0,08	0,08	-	-0,22	-0,51	-0,85**	-0,40	-0,27	0,19	-0,05	0,05	0,15	0,02
A	-0,13	0,03	0,27	-	0,91**	0,66*	0,88**	0,42	-0,26	-0,24	0,22	-0,09	-0,14
$A C_i^{-1}$	-0,84**	0,25	0,09	0,63*	-	0,83**	0,86**	0,43	-0,23	-0,21	0,13	0,00	0,02
$A G_s^{-1}$	-0,13	-0,06	-0,87**	0,19	0,19	-	0,72**	0,47	-0,16	-0,26	0,04	0,06	0,08
$A E^{-1}$	0,10	-0,70*	0,11	0,67*	0,27	0,19	-	0,52	-0,29	-0,26	0,04	0,06	0,08
NCL	0,13	-0,12	0,43	0,11	-0,06	-0,37	0,13	-	0,37	0,23	0,12	0,26	0,15
SCC	-0,12	-0,37	0,13	-0,20	-0,04	-0,23	0,14	0,52	-	0,63*	-0,02	0,50	0,33
DCL	0,67*	-0,28	0,39	-0,13	-0,56	-0,49	0,12	0,39	0,12	-	0,51	0,31	0,23
ECL	-0,13	0,14	0,21	-0,07	0,05	-0,31	-0,16	0,14	0,18	0,18	-	-0,02	-0,17
MFPA	0,07	-0,06	0,32	0,02	-0,05	-0,20	0,06	-0,06	0,71**	0,03	0,67*	-	0,92**
MSPA	0,47	-0,17	0,20	-0,20	-0,48	-0,22	-0,01	-0,01	0,73**	0,35	0,66*	0,87**	-

3.7 Efeito nos pigmentos fotossintéticos de pitaita branca aos 270 dias após a adubação com doses crescentes de K e Ca

Os pigmentos cloroplastídicos (clorofila *a*, *b*, total e carotenóides) apresentaram diferenças significativas em todos os fatores, inclusive nas interações (Tabela 9). Com exceção da dose de cálcio para os carotenóides ($p < 0,05$), os demais apresentaram significância de 1% ($p < 0,01$). Os coeficientes de variação variam em 10,9 a 18,9 para clorofila *a* e carotenóides, respectivamente, considerados médios por Pimentel Gomes (2000).

De acordo com Viana e Kiehl (2010), os pigmentos fotossintéticos são influenciados pelo estado nutricional das plantas, fazendo com que o balanço nutricional seja condição limitante para o desenvolvimento satisfatório. Um possível desbalanço nutricional pode gerar desequilíbrio na planta e, com isso, produzir radicais livres que são responsáveis pelo estresse oxidativo, sendo o carotenóide a defesa antioxidante (VALKO et al., 2007).

Tabela 9 – Resumo da análise de variância dos pigmentos fotossintéticos clorofila *a* (Clor *a*), clorofila *b* (Clor *b*), clorofila total (Clor *t*) e carotenóides (Ctn), para pitaita branca, aos 270 dias após a implantação do experimento. Fortaleza, CE, 2014

FV	GL	Quadrados médios			
		Clor <i>a</i>	Clor <i>b</i>	Clor <i>t</i>	Ctn
Dose K	3	683,6422**	1593,5525**	3966,7875**	16017,3560**
Dose Ca	3	2686,7871**	764,6881**	9816,8889**	10958,4963*
K x Ca	9	3300,0064**	732,7290**	8291,0380**	15923,8573**
Bloco	2	349,8093 ^{ns}	79,7491 ^{ns}	99,6265 ^{ns}	1629,6978 ^{ns}
Resíduo	30	122,9240	129,2866	399,5409	3251,8436
C.V.(%)		10,9	16,0	11,3	18,9
dms		12,31	12,62	22,19	2,00
Média		92,4	66,5	162,3	8,8

FV – Fonte da variação; GL – Grau de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; * – Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** – Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} – Não significativo até 5% de probabilidade.

Quando se avalia os teores de clorofila *a*, na ausência de Ca, as doses 0 e 125 mg de K dm⁻³ apresentaram os maiores valores, com tendência decrescente até a última dose avaliada (375 mg dm⁻³); já nas doses de Ca, excluindo-se o K, observou-se comportamento semelhante, porém, quando ocorre interação das doses testadas é possível perceber elevação contínua nos valores de clorofila *a* até o ponto máximo que

se deu com a associação das maiores doses (375 mg de K dm^{-3} e 159 mg de Ca dm^{-3}). Sendo assim, pode-se afirmar que, para as maiores doses as pitaias conservaram, pelo menos em parte, sua capacidade de sintetizar clorofila *a*, sendo este pigmento altamente degradável (Figura 25).

De acordo com Raven (2007), a clorofila *a* é o principal pigmento envolvido na fotossíntese, e seu aumento leva ao aumento das taxas fotossintéticas e, com isso, afeta o crescimento da pitaiá, conforme descreve Locarno et al. (2011), para cultivos em plasticultura. Corroborando afirmação, a fotossíntese líquida (A), exposta na figura 20, apresenta as maiores taxas fotossintéticas na interceptação das maiores doses, como no gráfico da clorofila *a* (Figura 25). Além disso, quando se avalia as medições morfométricas aos 270 dias, os dados estão condizentes com a Figura 25.

A clorofila *b* apresentou maiores valores nas doses 250 e 375 mg K dm^{-3} , até a dose 53 mg de Ca dm^{-3} ; não houve incremento de clorofila *b*, independente da dose de K utilizada, a partir da dose subsequente (106 mg dm^{-3}); pode-se perceber aumento com o incremento da adubação potássica, obtendo seu ápice na dose 159 mg de Ca dm^{-3} .

A clorofila total seguiu a tendência das clorofilas *a* e *b*. As doses 375 mg K dm^{-3} e 159 mg Ca dm^{-3} , apresentaram os maiores valores para esta variável (Figura 27).

Em relação aos carotenóides, a maior dose de K se destacou, aumentando os valores com o incremento das doses de Ca, com ascendência constante até a dose 159 mg de Ca dm^{-3} . A associação das doses 0, 125 e 250 mg de K dm^{-3} , com todas as de Ca, ocasionou depleção nos valores dos carotenóides (Figura 28). Este comportamento também foi observado nas clorofilas e em seu somatório (*a* + *b*).

O fato de as clorofilas apresentarem-se mais elevadas nas doses em que os carotenóides também foram elevadas atribui-se ao fato destes pigmentos protegerem as clorofilas de processos foto-oxidativos (KERBAUY, 2004), prevendo danos ao aparato fotoquímico (RAVEN et al., 2007), servindo de pigmentos acessórios para a fotossíntese, conforme foi mostrado na fotossíntese líquida (A), absorvendo luz num espectro não alcançado pelas clorofilas (BARTLEY; SCOLNIK, 1995).

Segundo Zanella et al. (2004), as clorofilas e carotenóides desempenham papel primordial em relação à eficiência fotossintética, influenciando no crescimento e adaptabilidade às condições adversas. No caso da pitaiá, por ser originária de ambientes sombreados, caracterizando o epifitismo, estes pigmentos são fundamentais para o desenvolvimento desta planta no ambiente do trabalho realizado.

Figura 25 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para clorofila *a* em pitaia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 148,46 - 0,2096(K) - 1,1627(\text{Ca}) + 0,00007(K)^2 + 0,0025(K)(\text{Ca}) + 0,0045(\text{Ca})^2$; $R^2 = 0,520^*$. Fortaleza, CE, 2014

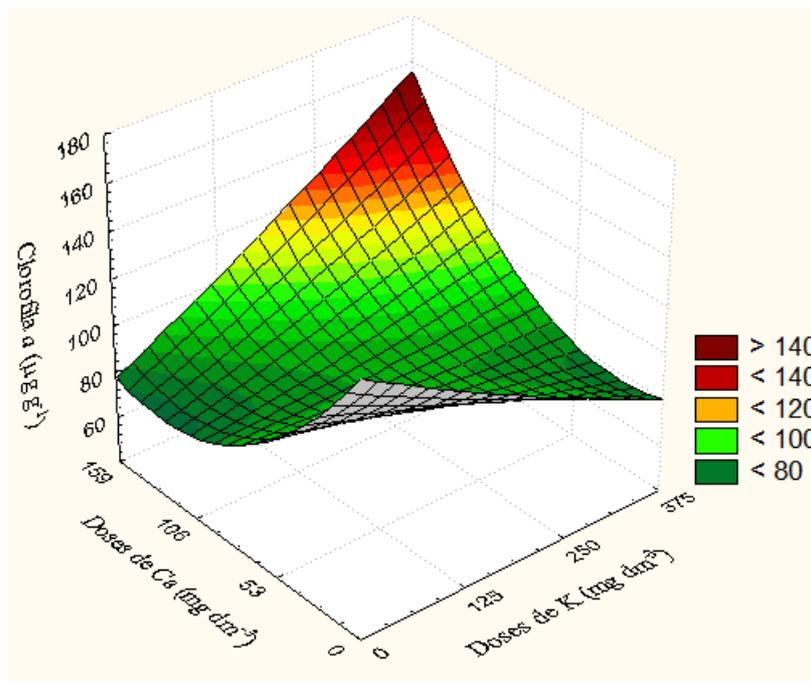


Figura 26 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para clorofila *b* em pitaia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 70,8572 + 0,0719(K) - 0,3638(\text{Ca}) - 0,0003(K)^2 + 0,0009(K)(\text{Ca}) + 0,0017(\text{Ca})^2$; $R^2 = 0,535^*$. Fortaleza, CE, 2014

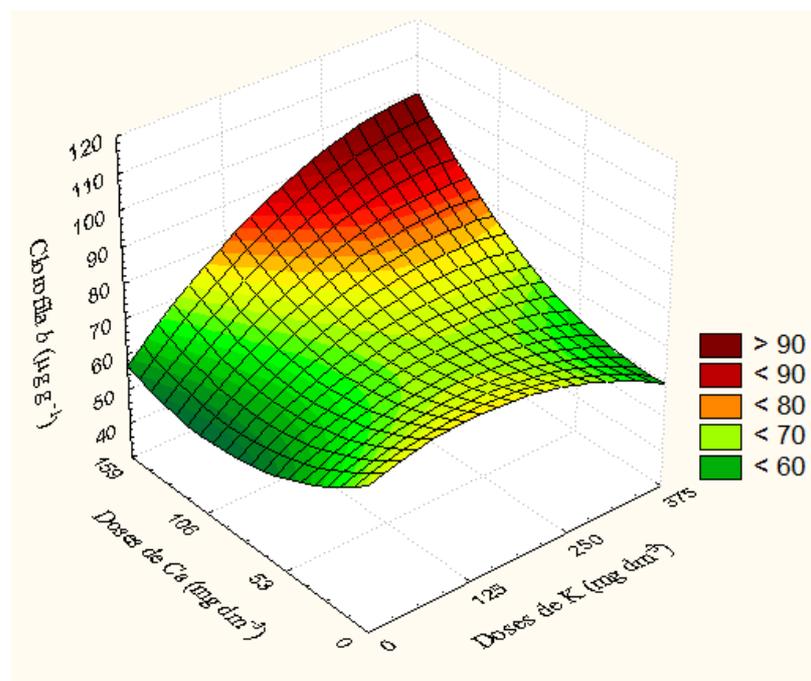


Figura 27 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para clorofila total em pitaia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 236,6031 - 0,1795(K) - 2,006(Ca) - 0,0001(K)^2 + 0,0037(K)(Ca) + 0,0087(Ca)^2$; $R^2 = 0,543^*$. Fortaleza, CE, 2014

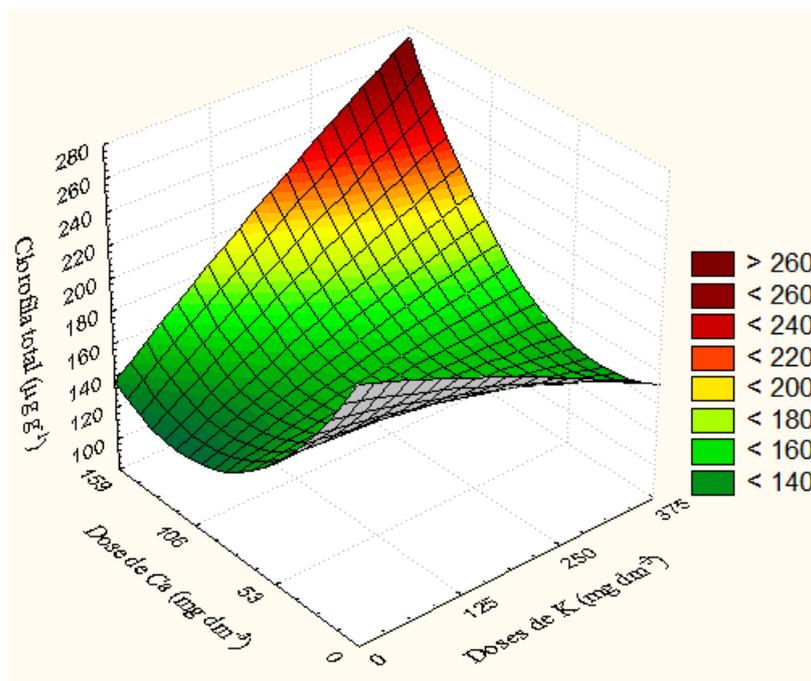
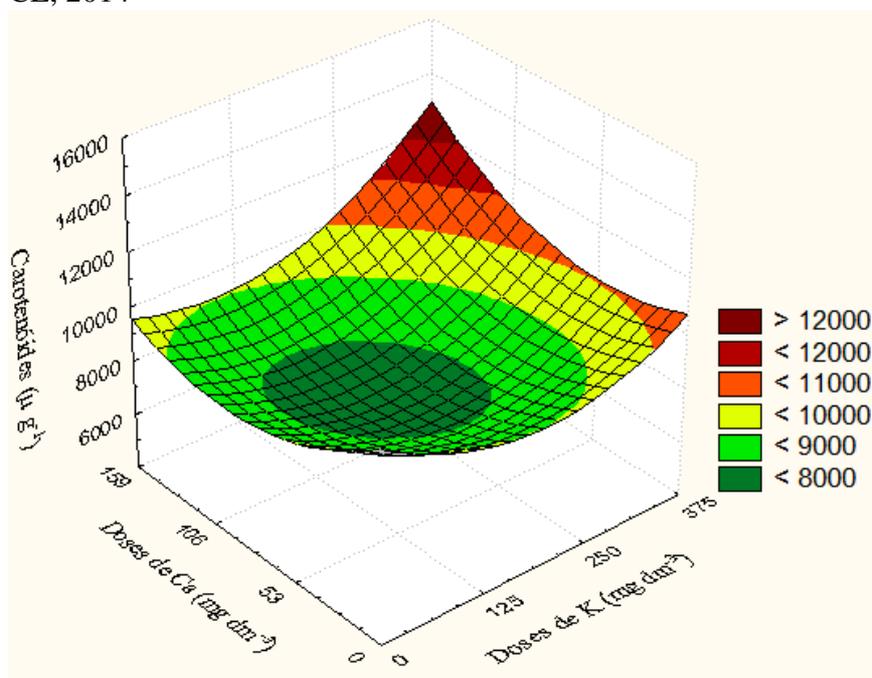


Figura 28 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para carotenóides em pitaia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 11063,2305 - 20,7214(K) - 49,0775(Ca) + 0,0528(K)^2 + 0,0622(K)(Ca) + 0,2504(Ca)^2$; $R^2 = 0,649^*$. Fortaleza, CE, 2014



3.8 Efeito na caracterização química dos cladódios de pitaia branca, aos 270 dias após a aplicação de doses crescentes de K e Ca

Foram avaliados os teores dos macronutrientes (K, P, Ca e Mg) + o Na, expressos em g kg^{-1} e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), expressos em mg kg^{-1} , nos cladódios das plantas estudadas, em relação aos fatores isolados e sua interação, na Tabela 10.

É possível observar que o coeficiente de variação dos macronutrientes oscilou entre 9,7 e 13,3%, caracterizado como baixo a médio (Pimentel Gomes, 2000). Para os micronutrientes a amplitude desta medida de posição foi maior, variando de 10,5 a 31,8, sendo classificados com médios, com exceção do elemento ferro (31,8%).

Tabela 10 – Resumo da análise de variância das doses de potássio e cálcio sobre a caracterização química para os macronutrientes: potássio (g kg^{-1}), fósforo (g kg^{-1}), cálcio (g kg^{-1}) e magnésio (g kg^{-1}) + sódio (g kg^{-1}) e para os micronutrientes: cobre (mg kg^{-1}), ferro (mg kg^{-1}), manganês (mg kg^{-1}) e zinco (mg kg^{-1}), nos tecidos dos cladódios da pitaia branca, aos 270 dias após a implantação do experimento. Fortaleza, CE, 2014

FV	GL	Quadrados médios			
		K	P	Ca	Mg
Dose K	3	40,9093**	7,7878**	2,4456 ^{ns}	425,1056**
Dose Ca	3	28,9572**	0,3625 ^{ns}	53,6772**	39,8353**
K x Ca	9	22,1122**	0,9906*	13,2844**	84,0222**
Bloco	2	1,5798 ^{ns}	0,1876 ^{ns}	0,6606 ^{ns}	6,8729 ^{ns}
Resíduo	30	2,2410	0,3555	3,3335	3,4182
C.V.(%)		13,1	13,3	9,8	9,7
Média		11,4	4,5	18,6	18,6

FV	GL	Quadrados médios				
		Na	Cu	Fe	Mn	Zn
Dose K	3	5,6654**	50,3496 ^{ns}	3244,7908**	2021,1472**	217,7022*
Dose Ca	3	3,9442**	32,6176 ^{ns}	1105,4993**	726,2139**	109,1974 ^{ns}
K x Ca	9	0,7945 ^{ns}	234,5059**	607,3076**	892,2525**	424,2024**
Bloco	2	0,3651 ^{ns}	40,6219 ^{ns}	46,3164 ^{ns}	411,8495 ^{ns}	22,8706 ^{ns}
Resíduo	30	0,6074	18,7720	180,3339	161,1905	56,0014
C.V.(%)		11,5	17,4	31,8	15,1	10,5
Média		6,7	24,9	42,2	83,9	70,9

FV – Fonte da variação; GL – Grau de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; * – Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** – Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} – Não significativo até 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 10, houve efeito significativo ($p < 0,01$) para as doses de K (mg dm^{-3}) em relação aos teores dos macronutrientes, excetuando-se o cálcio. O mesmo pôde ser percebido para as doses de Ca (mg dm^{-3}) e, neste caso, o elemento fósforo não apresentou diferença estatística entre as doses experimentais.

Em relação à interação dos fatores, apenas o sódio não apresentou diferença estatística. Os demais apresentaram diferença de 1% (potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco) e a 5% (fósforo).

Segundo Malavolta (2006), a exigência nutricional é característica intrínseca de cada espécie, interferindo no seu desenvolvimento. Para a espécie *Hylocereus undatus*, a influência da nutrição mineral é pouco estudada. Neste escopo, Carboni (2013) relata que o estado nutricional da cultura pode influenciar no metabolismo primário e, conseqüentemente, no secundário, visto que as rotas metabólicas estão relacionadas ao primeiro metabolismo.

3.8.1 Teor de K nos cladódios da pitia branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos

Os teores de potássio nos cladódios apresentaram diferença significativa para os fatores isolados e para sua interação ($p < 0,01$). As médias variaram de 7,3 a 18,0 g kg^{-1} ($A=10,7 \text{ g kg}^{-1}$). A maior concentração de K observada no cladódio se deu na interação das doses de 375 mg dm^{-3} de K com 0 mg dm^{-3} de Ca; neste contexto, percebeu-se na Figura 29, que da dose controle (zero) para a primeira dose de K (125 mg dm^{-3}), ocorreu certa estabilidade dos valores, ao passo que com aumento das doses de K houve incremento nos valores observados, na ausência de Ca. O contrário se observou para as doses de Ca, em que, na ausência de K, houve diminuição nos valores de K nos tecidos dos cladódios. Isso pode ser explicado devido ao comportamento antagônico destes cátions.

A partir do momento em que ocorreu associação entre as doses experimentais, houve incremento nos teores de potássio nos cladódios, menos acentuado à medida que a dose de Ca aumentava (Figura 29).

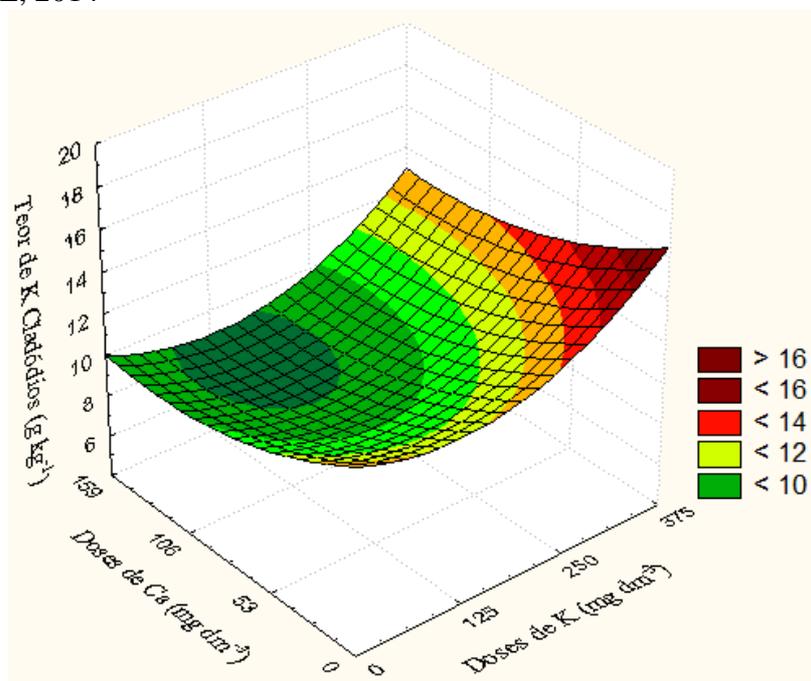
Trabalhando com a mesma espécie, Nerd et al. (2002) encontraram concentrações de 15,2 g kg^{-1} MS nos cladódios; nesta pesquisa o valor médio dos teores de K chegaram a 11,4 g kg^{-1} , quase 25% menor.

Segundo Marschner (2005), o processo de absorção de K pode ser afetado interferido pelos teores do elemento Ca, que, em sua presença pode inibir de forma gradativa a absorção de potássio, conforme foi observado. Comprovando a afirmação feita pelo autor, estudando a mesma espécie, Almeida et al. (2014), em doses de 300 mg de K dm^{-3} , encontraram teores de K nos cladódios de 28,2 g kg^{-1} (Tabela 10).

Ainda segundo o autor acima, a presença do K pode estimular a absorção de N devido este ser transportado para a parte aérea na forma de nitrato de potássio. O K na parte aérea estimula o transporte de malato (4C) para as raízes, aumentando sua absorção, refletindo na produção.

Trabalhando com doses de K (0, 75, 150, 225 e 300 mg dm^{-3}) com pitaia vermelha, Corrêa et al. (2014) encontraram valores médios de K nos cladódios de 27,11 g kg^{-1} ; já Cavalcante (2011) achou valores de 20 g kg^{-1} . Neste trabalho o valor médio de potássio no cladódio foi de 11,4 g kg^{-1} .

Figura 29 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para teor de K nos cladódio de pitaia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 12,991 - 0,0167(K) - 0,0496(Ca) + 0,00006(K)^2 - 0,000009(K)(Ca) + 0,0002(Ca)^2$; $R^2 = 0,827^{**}$. Fortaleza, CE, 2014



3.8.2 Teor de P nos cladódios da pitiaia branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos

Os teores de fósforo nos cladódios variaram de 2,6 a 5,8 g kg⁻¹ (A=3,2 g kg⁻¹), sendo afetados de maneira inversamente proporcional ao incremento das doses de K (Figura 30). Apresentou significância entre as doses de potássio aplicadas (p<0,01) e entre os fatores estudados (p<0,05). Quando se despreza as doses de Ca, percebe-se inclinação positiva entre as doses zero e 125 mg de K dm⁻³, tendendo a estabilizar na dose subsequente (250 mg dm⁻³) e, em seguida, numa depleção acentuada, chegando a níveis inferiores a 3 g de P kg⁻¹ de MS, inferior à média que foi de 4,5 g kg⁻¹. Em relação à supressão das doses de K, nada foi observado além de uma estabilidade linear em torno de 4 g kg⁻¹; não houve efeito destas doses no acúmulo de P nos tecidos da pitiaia branca.

Na combinação das doses, houve equilíbrio até a dose 250 mg de K dm⁻³, independente da dose de Ca aplicada em valores médios de 4 a 5 g de P dm⁻¹ de MS. Quando se aplicou a dose 375 mg de K dm⁻³ houve decréscimos de P em todas as doses de Ca testadas.

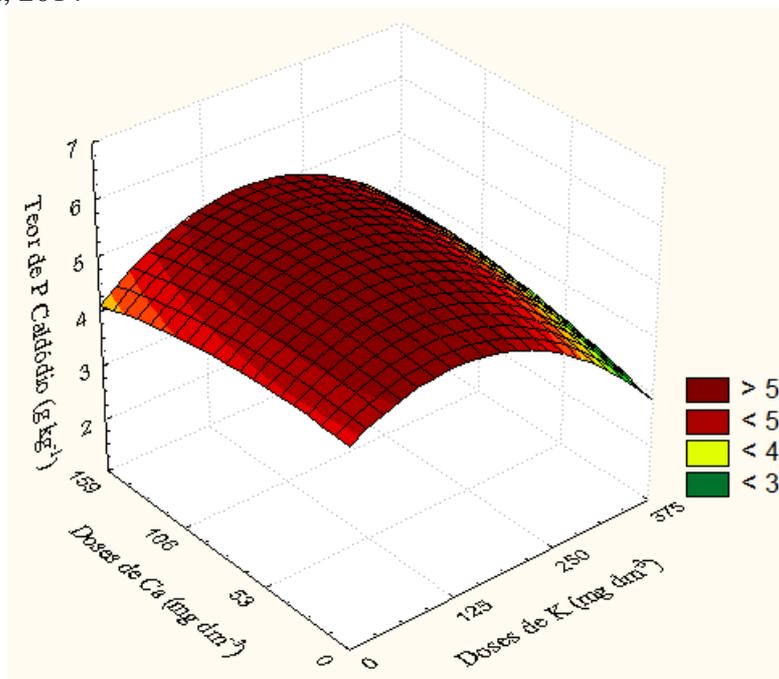
Almeida et al. (2014), trabalhando com pitiaia vermelha, encontraram valores de P nos cladódios na ordem de 5,8 g kg⁻¹; neste trabalho foram encontrados valores médios de 4,5 g kg⁻¹. Esse valor é mais elevado do que os encontrados na literatura voltada à adubação de cactáceas; segundo Neto (2000), os valores encontrados para *Opuntia ficus-indica* Mill foram de 1,5 g kg⁻¹; Dubeux Júnior et al. (2010), encontraram resultado parecido, estudando a mesma cultura.

Resultados semelhantes foram alcançados por Moreira et al. (2012), trabalhando com pitiaia branca e aplicação de adubo orgânico, com 570 mg de P dm⁻³ e 15.500 mg de K dm⁻³, em que os tecidos do cladódio acumularam entre 3-4 g de P kg⁻¹.

Os valores mais elevados de P nos cladódios encontrados na pesquisa podem ser explicados em acordo com Silva et al. (2012), que afirmam que a absorção do fósforo aumenta em plantas de cactáceas cultivadas em vasos devido à concentração deste na massa de solo, visto que a mobilidade deste elemento é baixa. Em pontos percentuais, 94% do fósforo são absorvido por difusão (VITTI; DOMENICONI, 2010), logo, tem de estar próximo das raízes e a limitação espacial ocasionada pelo cultivo em vaso aumenta as chances de absorção. Além deste elemento ser fundamental para o desenvolvimento do sistema radicular, aumentando o poder produtivo já que as raízes

da pitaia são superficiais e captam prontamente os nutrientes disponíveis, mesmo em quantidade ínfimas (LE BELLEC et al., 2006).

Figura 30 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para teor de P nos cladódios de pitaia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 4,64 + 0,0088(K) + 0,0029(Ca) - 0,00003(K)^2 + 0,00002(K)(Ca) - 0,00003(Ca)^2$; $R^2 = 0,841^{**}$. Fortaleza, CE, 2014



3.8.3 Teor de Ca nos cladódios da pitaia branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos

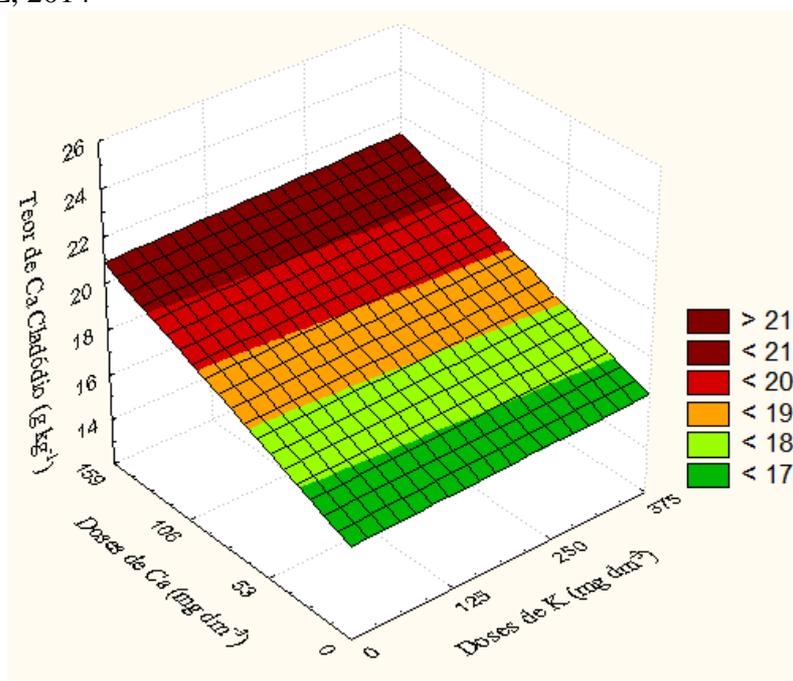
Este elemento diferiu estatisticamente para o fator dose de Ca e para a interação entre os fatores (K x Ca) ($p < 0,01$). Houve variação de 14,6 a 23,7 g kg^{-1} ($A=9,1 \text{ g kg}^{-1}$). Na ausência das doses de Ca, não houve diferença estatística e, independente das doses de K utilizada os valores giraram em torno de 15,9 g de Ca kg^{-1} de MS dos cladódios de pitaia branca. Já na presença apenas de Ca, houve comportamento linear crescente com valores médios atingindo o patamar de 21 g kg^{-1} (Figura 31). Comparando a dose controle com a maior dose aplicada (159 mg de Ca dm^{-3}), ocorreu incremento de 30% nos teores de Ca no tecido vegetal.

Na conexão das doses, os valores encontrados nos cladódios se elevaram em decorrência do aumento da dose de Ca, se mantendo constante independente da dose de K utilizada.

Segundo Hu e Schmidhalter (2004) deve-se levar em consideração a concentração do íon sódio e sua influência na absorção do cálcio, conforme mostram as Figuras 31 e Figura 33B, que mostram curvas opostas para o acúmulo destes nutrientes.

A resposta positiva da pitáia à aplicação de doses de cálcio auxilia na sanidade da planta, com consequentes benefícios na produção, mostrando a importância deste elemento para esta cactácea frutífera. Neste contexto, Giannini (1999) destaca os íons de Ca^{2+} usados na síntese da parede celular, especificamente na lamela média, sendo necessário para o crescimento apical, tanto no fototropismo positivo como no geotropismo positivo.

Figura 31 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para teor de Ca nos cladódios de pitáia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 17,2614 - 0,0051(K) + 0,0244(Ca) - 0,000006(K)^2 + 0,0001(K)(Ca) - 0,00008(Ca)^2$; $R^2 = 0,704^{**}$. Fortaleza, CE, 2014



3.8.4 Teor de Mg nos cladódios da pitáia branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos

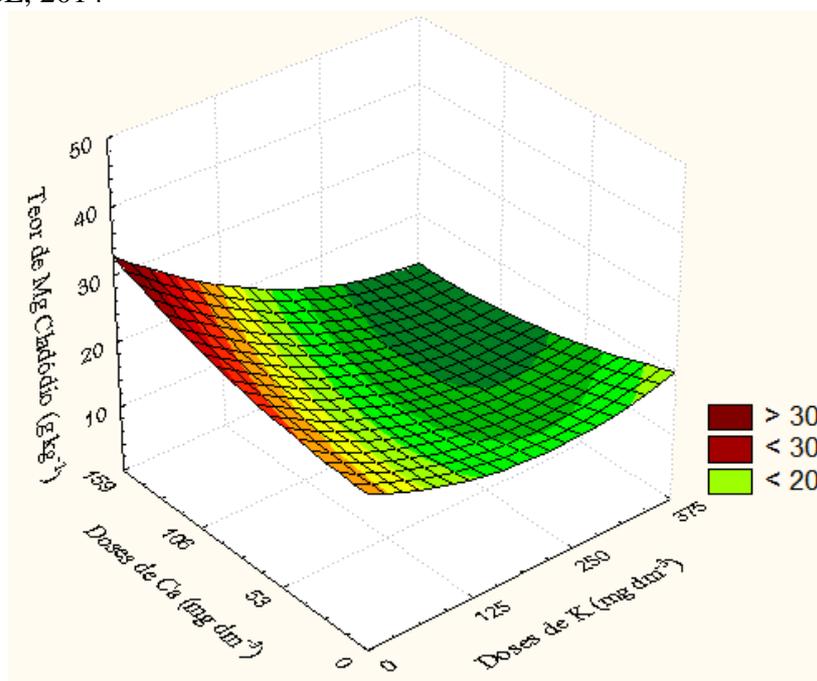
Os teores de magnésio apresentaram diferença significativa nos fatores isolados, bem como em sua interação ($p < 0,01$). Foram observados valores mínimos de

15,9 e máximos de 24,2 g kg⁻¹ (A= 8,3 g kg⁻¹). Quando foi analisada a dose de K, percebeu-se diminuição nos teores de Mg nos tecidos com o aumento destas doses, mais acentuado entre a dose testemunha e a 125 mg de K dm⁻³, mantendo-se estável entre as doses subsequentes. Porém, à medida que se elevou as doses de Ca, na ausência de K, os teores de Mg nos tecidos responderam positivamente, constatando sinergismo entre estes elementos (Figura 32).

Na interação das doses experimentais, constatou-se que as respostas positivas para o acúmulo de Mg nos tecidos da planta se davam apenas na ausência das doses de K, à medida que as doses de K aumentavam a resposta da planta ao acúmulo de Mg diminuía, com os menores valores associados à dose 375 mg de K dm⁻³.

Em estudos com cactáceas, Sampaio (2005) afirma que estas preferem solos com alto teor de cálcio e magnésio.

Figura 32 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm⁻³), para teor de Mg nos cladódios de pitaiá branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 23,4102 - 0,0588(K) + 0,0057(Ca) + 0,0001(K)^2 - 0,0003(K)(Ca) + 0,0003(Ca)^2$; $R^2 = 0,744^{**}$. Fortaleza, CE, 2014



3.8.5 Teor de Na nos cladódios da pitáia branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos

Este foi o único elemento analisado que não apresentou interação significativa entre os fatores. Por este motivo, utilizou-se a análise de regressão para determinar seu comportamento em relação às doses aplicadas (Figura 33A e B).

Na Figura 33A é possível acompanhar a involução do teor de Na nos tecidos da planta à medida que há incremento das doses de K. De acordo com a figura há tendência linear decrescente, com $R^2 = 0,836^{**}$.

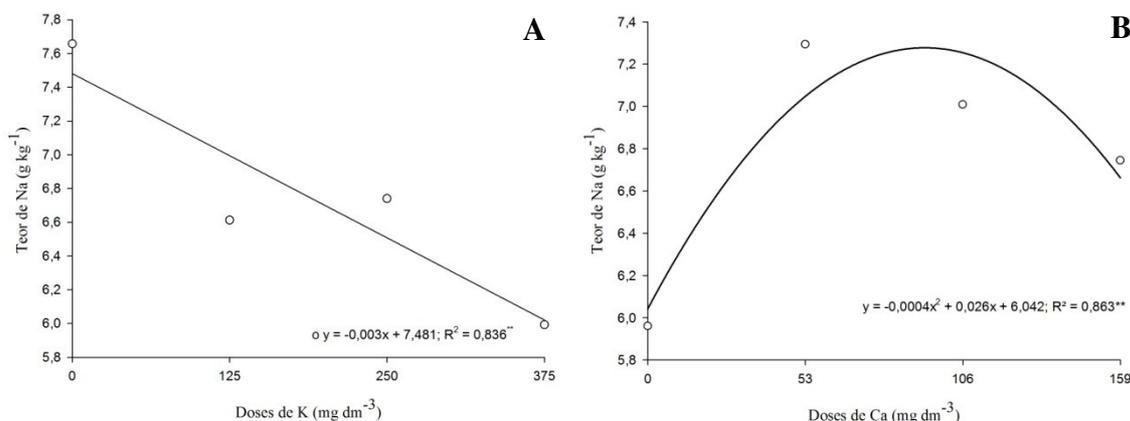
Na Figura 33B o Na apresentou aumento até dose 53 mg Ca dm^{-3} , quando decresceu nas doses subseqüentes. A curva de melhor ajuste foi a quadrática, com R^2 de $0,863^{**}$. Trabalhando com cactácea (*Opuntia ficus*), Donato (2014) observou o mesmo ajuste para os teores de Na nos cladódios de suas plantas, submetidas a doses crescentes de Ca.

O sódio pode influenciar na absorção do CO_2 atmosférico e, com isso, interferir nas trocas gasosas das cactáceas, alterando seu crescimento. Porém, as cactáceas apresentam elevados teores de Ca, até 5% da MS e, com isso, os efeitos deletérios deste elemento são menores (DONATO, 2014). Neste estudo a concentração média de Ca foi de 1,8% da MS, conforme se observa na Figura 33B; à medida que a dose de Ca é aumentada, diminui o teor de Na nos tecidos.

Corroborando com os dados, para todas as variáveis biométricas houve incremento nos valores com o aumento das doses de cálcio, conforme foram apresentados nas Figuras 12, 13, 14, 15 e 16 para as variáveis SCC, DCL, ECL, MFPA e MSPA, respectivamente.

Em trabalho conduzido por Cavalcante (2011) com pitáia branca, aplicando doses de 0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 L de adubo orgânico cova⁻¹, em que havia para cada litro $1.718 \text{ mg de Ca L}^{-1}$, observou-se comportamento quadrático para curva da regressão em relação ao teor de Na no tecidos do cladódio, semelhante a este trabalho. Foram mensurados valores na ordem de 2,0 a $3,9 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Neste estudo, os valores variaram de 5,5 a $8,4 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, superiores aos encontrados pelo citado autor. No entanto, Nerd et al. (2002), trabalhando com a mesma cultura, observaram valores que variaram de 3,9 a $9,1 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, portanto, dentro da faixa encontrada nesta pesquisa.

Figura 33 – Influência das doses de potássio (A) e de cálcio (B) em relação ao teor de Na nos cladódios de pitaita branca, aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2014



3.8.6 Teor de Cu nos cladódios da pitaita branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos

Foram encontradas médias para este micronutriente variando entre 11,8 a 36,2 mg kg⁻¹ (A=24,4). Houve significância para a interação dos adubos ($p < 0,01$). Observou-se que na supressão do Ca, os teores de Cu nos tecidos diminuíram, à medida que as doses de K aumentaram; o mesmo também foi observado, quando na ausência do K (Figura 34).

Na interação das doses não se observou padrão definido de comportamento, com os maiores teores de Cu no tecido vegetal obtido na junção das doses 375 mg de K dm⁻³ e 159 mg de Ca dm⁻³.

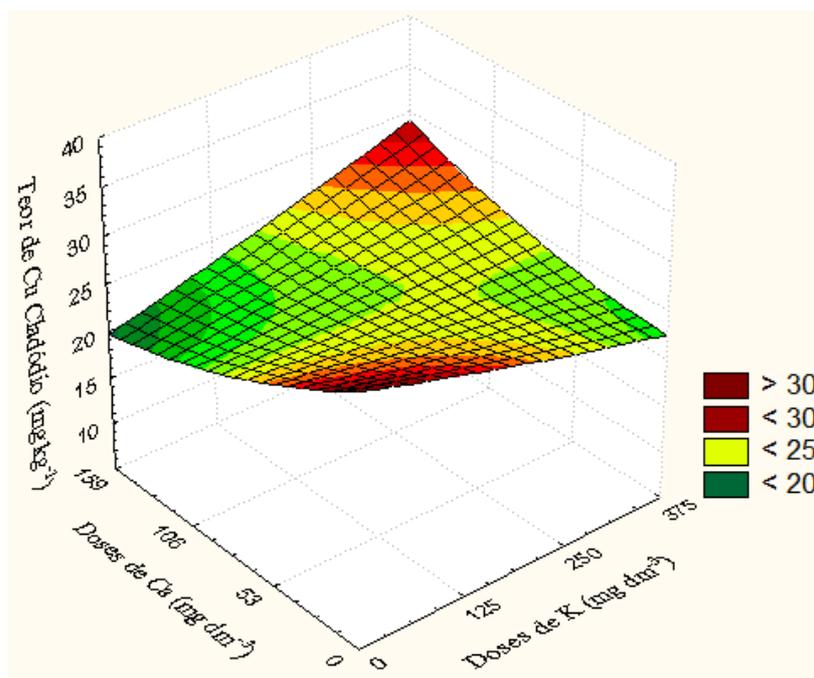
Segundo Silva e Trevizam (2015), é comum a ocorrência de interação nutricional classificada como antagônica entre o cálcio e o cobre, no qual o primeiro diminui a absorção do segundo, independente da concentração na solução do solo. De fato, este comportamento foi observado nesta pesquisa quando se suprimiu as doses de K.

Em estudo conduzido por Barbosa et al. (2014), trabalhando com a cactácea (*Brasiliopuntia brasiliensis*) que tem comportamento metabólico similar ao da pitaita, os autores encontraram valores de 49,0 mg de Cu kg⁻¹ nos cladódios, 49,1% mais elevado que os valores encontrados nos cladódios de pitaita.

Vale salientar que Dubeux Junior et al. (2010), verificando os teores de Cu na palma forrageira, encontraram valores de 6,5 mg kg⁻¹, quase quatro vezes menores.

Isso pode ser explicado devido à quantidade de matéria orgânica presente no substrato dos vasos ($16,8 \text{ g kg}^{-1}$), mostrado na Tabela 2. Segundo Dechen e Nachtigall (2006) e Abreu et al. (2007), o cobre é fortemente adsorvido pela matéria orgânica, deixando-o indisponível; este por sua vez reage com compostos orgânicos dando origem a complexos estáveis.

Figura 34 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para teor de Cu nos cladódios de pitáia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 31,4178 - 0,0264(K) - 0,1092(\text{Ca}) + 0,000006(K)^2 + 0,0003(K)(\text{Ca}) + 0,0002(\text{Ca})^2$; $R^2 = 0,514^*$. Fortaleza, CE, 2014



3.8.7 Teor de Fe nos cladódios da pitáia branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos

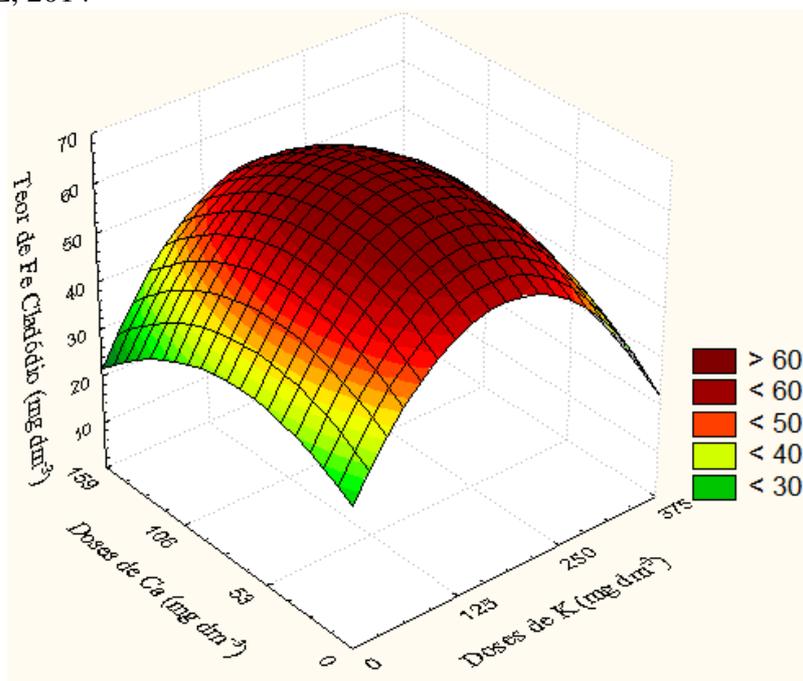
Os teores de ferro nos cladódios apresentaram diferença significativa para os fatores isolados e para sua interação ($p < 0,01$). Os valores médios variaram de $18,8$ a $83,4 \text{ mg kg}^{-1}$ ($A=64,6$).

O comportamento do Fe nos tecidos da pitáia foi quadrático, com picos nas doses intermediárias de $125\text{-}250 \text{ mg de K dm}^{-3}$ e $53\text{-}106 \text{ mg de Ca dm}^{-3}$. Antes e depois destas, os valores encontrados foram menores (Figura 35).

Cavalcante (2011) observou valores de 160 mg kg^{-1} de Fe nos tecidos de pitáia branca; neste trabalho foram encontrados valores médios de $42,2 \text{ mg kg}^{-1}$. A

exemplo do cobre, a M.O. exerce importante papel na imobilização do Fe, propiciando menores acúmulos nos tecidos vegetais. De acordo com Malavolta et al. (2002), é atribuído a M.O. efeito negativo na disponibilidade de Fe.

Figura 35 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para teor de Fe nos cladódios de pitaia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 29,8087 + 0,3047(K) + 0,2441(Ca) - 0,0009(K)^2 + 0,0001(K)(Ca) - 0,0019(Ca)^2$; $R^2 = 0,512^*$. Fortaleza, CE, 2014



3.8.8 Teor de Mn nos cladódios da pitaia branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos

A exemplo do Fe, o manganês foi o outro micronutriente que apresentou diferença significativa ($p < 0,01$) para todos os fatores e interação. Os menores valores observados foram 56,6 e os maiores de 127,2 mg kg^{-1} ($A=70,6$).

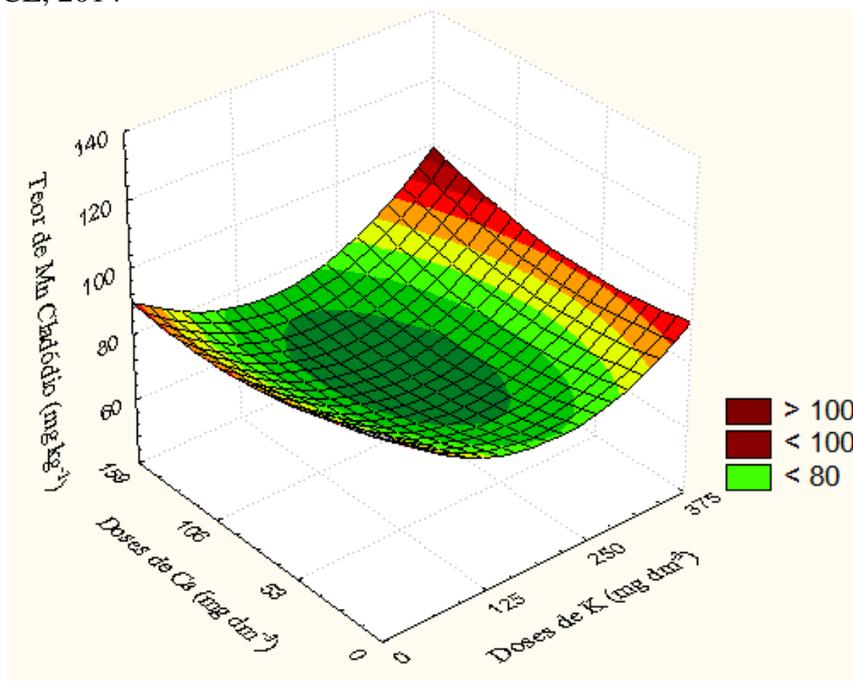
Para este elemento observou-se comportamento contrário ao ferro, em que os menores valores de Mn foram encontrados nas doses intermediárias, tanto de K como de Ca (Figura 36).

Quando foram aplicadas doses de Ca, percebeu-se diminuição de Mn nos tecidos da ordem de 19,0%; a partir daí, as próximas doses mantiveram-se constantes.

Galizzi et al. (2004) encontraram valores de 124 mg kg^{-1} de manganês nos tecidos da palma forrageira, para esta mesma cactácea. Aqui se encontrou valor médio

de 83,9 mg kg⁻¹. Provavelmente esses menores valores se deram devido correlação positiva deste micronutriente com a M.O. (Dechen; Nachtigall, 2006). Segundo Malavolta (2006), são considerados valores limítrofes para o Mn 20-700 mg kg⁻¹.

Figura 36 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm⁻³), para teor de Mn nos cladódios de pitaia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 101,8163 - 0,2417(K) - 0,2331(Ca) + 0,0006(K)^2 + 0,0003(K)(Ca) + 0,001(Ca)^2$; $R^2 = 0,502^*$. Fortaleza, CE, 2014



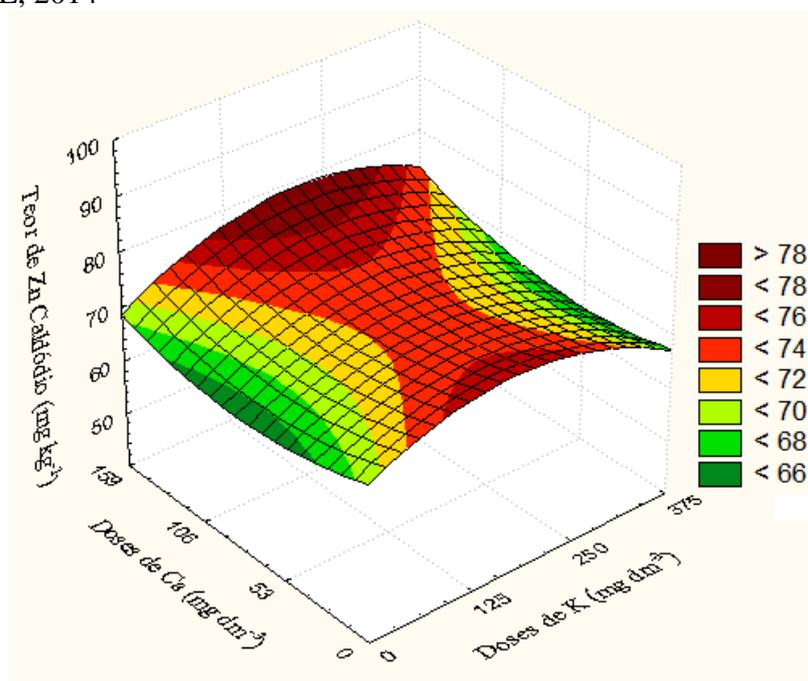
3.8.9 Teor de Zn nos cladódios da pitaia branca aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos

É possível observar na ANOVA que, para o zinco, as doses de K foram significativas a 5%, e a interação entre as doses aplicadas foi significativa a 1%. Os valores médios variaram entre 55,9 e 89,5 mg kg⁻¹ ($A=33,6$ mg kg⁻¹).

Mediante a Figura 37, é possível perceber que com o aumento das doses de K, na ausência de Ca, houve diminuição dos teores de Zn nos tecidos da pitaia. Por outro lado, com o aumento das doses de Ca, na ausência de K, esses teores tenderam a subir.

Vale ressaltar que há relação entre o Zn e o Fe, descrita por Fageria et al. (2002). Segundo os autores a absorção de Fe é condicionada pelo Zn, provavelmente por inibição competitiva. Este comportamento pode ser observado quando se compara a Figura 37 com a 35.

Figura 37 – Interação entre doses crescentes de K e Ca (mg dm^{-3}), para teor de Zn nos cladódios de pitaia branca aos 270 dias após aplicação dos tratamentos. $\hat{Y} = 68,9189 + 0,0785(K) - 0,1129(Ca) - 0,0002(K)^2 + 0,0001(K)(Ca) + 0,0007(Ca)^2$; $R^2 = 0,509^*$. Fortaleza, CE, 2014



4 CONCLUSÕES

Para os caracteres biométricos avaliados aos 120 dias, a interação 375 mg K dm^{-3} e 53 mg Ca dm^{-3} , destacaram-se dentre as interações, apresentando valores mais elevados.

Para os caracteres biométricos avaliados aos 270 dias, a interação 125 mg K dm^{-3} e 159 mg Ca dm^{-3} , destacaram-se dentre as interações, apresentando valores mais elevados.

A assimilação líquida de carbono apresentou elevação na interação das doses 125 mg K dm^{-3} e 0 mg Ca dm^{-3} . Implicando numa melhor resposta fotossintética da pitiaia branca às referidas doses.

As doses 375 mg K dm^{-3} e 159 mg Ca dm^{-3} apresentaram os maiores valores de pigmentos (clorofila total) e carotenóides aumentando a capacidade da pitiaia branca em absorver energia luminosa no processo de fotossíntese.

A aplicação de 250-375 mg dm^{-3} de K com 0-53 mg dm^{-3} de Ca e, 0 mg dm^{-3} de K com 159 mg dm^{-3} de Ca, promoveram maiores acúmulos de K e Ca, respectivamente nos tecidos dos cladódios, refletindo-se positivamente no desenvolvimento inicial da pitiaia branca.

5 REFERÊNCIAS

- ABREU, C.A. de; LOPES, A.S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.645-733. 2007.
- ABREU, W.C.; LOPES, C.O.; PINTO, K.M.; OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, G.B. M.; BARCELOS, M.F.P. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, n. 4, p. 656-61, 2012.
- AGUILAR, M. A. G. et al. Anatomía caulinar de três especies del género *Hylocereus* (Berger) Britton & Rose (Cactaceae) en México. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 32, n. 3, p. 201-208, 2009.
- ALMEIDA, E.I.B. **Sombreamento na ecofisiologia, produção e propágulos de pitaia vermelha**. 2015. 97f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.
- ALMEIDA, E.I.B.; CORRÊA, M.C.M.; CRISÓSTOMO, L.A.; ARAÚJO, N.A.; SILVA, J.C.V. Nitrogênio e potássio no crescimento de mudas de pitaia [*Hylocereus undatus* (Haw) BRITTON & ROSE]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p. 1018-1027, 2014.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ALVES, R.N.; FARIAS, I.; MENEZES, R.S.C.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Caatinga**, v.20, p.38-44, 2007.
- ANDRADE, J.L.; RENGIFO, E.; RICALDE, M.F.; SIMÁ, J.L.; CERVERA, J.C.; SOTO, G.V. Microambientes de luz, crecimiento y fotosíntesis de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en un agrosistema de yucatán, México. **Agrociencia**, Montecillo, v. 40, p. 687-697, 2006.
- ARAÚJO, H.S.; QUADROS, B.R.; CARDOSO, A.I.I.; CORRÊA, C.V. Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora. **Pesqu. Agropec. Trop.**, v.42, p.469-475, 2012.
- ARAÚJO, N.A. ; MOREIRA, R.A.; MARQUES, V.B.; RAMOS, J.D.; SILVA, F.O.R. Omissão de macro e micronutrientes no crescimento de pitaia (*Hylocereus undatus*). IN: XXI Congresso Brasileiro de Fruticultura. Natal – RN, 2010.
- ARAÚJO, W.L. **Limitações da fotossíntese e metabolismo do carbono em folhas de diferentes posições da copa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2006. 57f. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

BARBOSA, M.C.F. Estudo exploratório da composição química dos cladódios da cactaceae *Brasilopuntia* brasilienses A. Berger. **Cadernos de Geociências**, v.11, p.114-120, 2014.

BARTLEY, G.E.; SCOLNIK, P.A. Plant carotenoids: pigments for photoprotection, visual attraction, and human health. **Plant Cell**, v.7, p.1027-1038, 1995.

BAUER, R.A synopsis of the tribe Hylocereeae F. Buxb. **Cactaceae Systematics Initiatives**, v. 17, p. 3-63, 2003.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: Fundação Nacional de Ensino e Pesquisa, 2003. 41p.

BRUNINI, M.A.; CARDOSO, S.S. Qualidade de pitaias de polpa branca armazenadas em diferentes temperaturas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 78-84, 2011.

CAJAZEIRA, J. P.; ASSIS JUNIOR, R. N. Variabilidade espacial das frações primárias e agregados de um argissolo no estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 37-47, 2011.

CARBONI, T.R. **Análise de crescimento, trocas gasosa, potencial antioxidante e óleo essencial de *Origanum vulgare* L. ssp. *vulgare***. 2013. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.

CAVALCANTE, I. H. L.; MARTINS, A.B.G.; SILVA JÚNIOR, G.B.; ROCHA, L.F.; FALCÃO NETO, R.; CAVALCANTE, L.F. Adubação orgânica e intensidade luminosa no crescimento e desenvolvimento inicial da pitaya em Bom Jesus-PI. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 970-982, 2011.

CAVALCANTI, N.B.; RESENDE, G.M. Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento de mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.), facheiro (*Pilosocereus pachycladus* RITTER), XIQUEXIQUE (*Pilosocereus gounellei* (A. WEBER EX K. SCHUM.) BLY. EX ROWL.) e COROA-DE-FRADE (*Melocactus bahiensis* BRITTON & ROSE). **Revista Caatinga**, v.20, p.28-35, 2007.

CHEN, H.; ZAMORANO, M.F.; IVANOFF, D. Effect of Flooding Depth on Growth, Biomass, Photosynthesis, and Chlorophyll Fluorescence of *Typha domingensis* **Wetlands**, v. 30, p. 957-965, 2010.

CHOO, W.S.; YONG, W.K. Antioxidant properties of two species of *Hylocereus* fruits. **Advances in Applied Science Research**, Kumbha Nagar, v. 2, n. 3, p. 418-425, 2011.

CORRÊA, M.C.M.; ALMEIDA, E.I.B.; MARQUE, V.B.; SILVA, J.C.V.; AQUINO, B.F. Crescimento inicial de pitaya em função de combinações de doses de fósforo-zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 1, p. 261-270. 2014.

COSTA, N.L.; GIANLUPPI, V.; MORAES, A. de. Produtividade de forragem e morfogênese de *Trachypogon vestitus*, durante o período seco, em área de cerrado,

Roraima. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, Brasília, v.6, n.1, p.93-103, 2012.

CUNHA, D.N.F.V.; GOMES, E.S.; MARTUSCELLO, J.A.; AMORIM, P.L.; SILVA, R.C.; FERREIRA, P.S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, p.1156-1165, 2012.

DECHEN, A.R; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. Ed. Nutrição mineral de plantas. **Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa-MG. p.327-354. 2006. 432p.

DONATO, P.E.R.; PIRES, A.J.V; DONATO, S.L.R.; BONOMO, P.; SILVA, J.A.; AQUINO, A.A. Morfometria e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, Recife, n. 9, p. 151-158. 2014.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; ARAÚJO FILHO, J.T.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C.; PESSOA, R.A.S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira—Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n.1, p. 129-135.2010.

FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B.; BARBOSA FILHO, M.P. Massa seca da matéria seca da parte aérea e absorção de nitrogênio pelo feijoeiro em solo da várzea. Campinas: Documentos IAC, 85, p.1491-1494. 2008.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; CLARK, R.B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, v.77, p.185-268, 2002.

FAGERIA, V.D. Nutrient interaction in crops plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, p.1269-1290, 2001.

FONTES, P.C.R. Nutrição mineral de hortaliças: horizontes e desafios para um agrônomo. **Horticultura Brasileira**, v.32, n. 3, p.247-253, 2014.

GALIZZI, F.A.; FELKER, P.; GONZÁLEZ, C. Correlations between soil and cladode nutrient concentrations and fruit yield and quality in cactus pears, *Opuntia ficus indica* in a traditional farm setting in Argentina. **Journal of Arid Environments**, v.59, p.115–132. 2004.

GERMANO, R.H.; BARBOSA, H.P.; COSTA, R.G.; MEDEIROS, A.N.; CARVALHO, F.F.R. Avaliação da composição química e mineral de cactáceas no Semi-Árido paraibano. **Agropecuária Técnica**, v. 20, n. 1, p. 51-57, 1999.

GRAHAM, E.A.; NOBEL, P.S. Daily changes in stem thickness and related gas exchange patterns for the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus*. **International Journal of Plant Science**, Chicago, v. 166, p.13–20, 2005.

- HERRERA, A.; TEZARA, W.; MARÍN, O.; RENGIFO, E. Estomatal and non estomatal limitations of photosynthesis in trees of a tropical seasonally flooded forest. **Physiologia Plantarum**, v. 134, n. 1, p. 41-48, 2008.
- HU, Y.; SCHMIDHALTER, U. Limitation of salt stress to plant growth. In: HOCK, E. **Plant toxicology**. 4.ed. New York, Marcel Dekker, 2004. p.191-224.
- HUNT, S. Measurements of photosynthesis and respiration in plants. **Physiology Plant.**, v.117, p.314-325, 2003.
- INÁCIO, M.C.; SILVA, E.S.; SOUZA, M.E.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Mensageiros secundários relacionados à ação dos hormônios vegetais. **Revista Brasileira Agrociência**, v.17, p.438-446, 2011.
- INTA. Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuária. **Guía tecnológica Del cultivo de la pitahaya**. 2002. p. 2, 5 e 7.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Estatística e Geografia. **Lista mantida pelo IPECE**. Online. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2015.
- JAIMEZ, R.E.; RADA, F.; GARCIA-NÚÑEZ, C.; AZÓCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of plantain cv. 'Hartón' (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 79-89, 2005.
- KANO, C.; CARDOSO, A.I.I.; VILLAS BÔAS, R.L. Influência de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v.28, n. 3, p.287-291, 2010.
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.
- KIM, H.; CHO, H.K.; MOON, J.Y.; KIM, Y.S.; MOSADDIK, A.; CHO, S.K. Comparative antioxidant and antiproliferative activities of red and white pitayas and their correlation with flavonoid and polyphenol content. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 79, n. 1, p. C38-C45, 2011.
- LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* ssp.): a new fruit crop, a market with future. **Fruits**, Paris, v. 61, p. 237-250. 2006.
- LE BOT, J. Adamowicz S, Robin P. Modelling plant nutrition of horticultural crops: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 74, p. 47-82, 1998.
- LEMONS, J.P.; GALVÃO, J.C.C.; SILVA, A.A.; FONTANETTI, A.; CORRÊA, M.L.P. CECON, P.R. Morfofisiologia de plantas de milho em competição com picão-preto e trapoeraba submetidos a roçada. **Planta Daninha**, v.30, p.487-496, 2012.
- LIMA, C.A.; FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; COHEN, K.O. GUIMARÃES, T.G. Características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de

espécies de pitaias comerciais e nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 565-570, 2013.

LOCARNO, M.; FOCHI, C.G. ; PAIVA, P.D.O. Influência da adubação silicatada no teor de clorofila em folhas de roseira. **Ciência Agrotécnica**, v.35, n.2, p.287-290, 2011.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; Pimentel Gomes, F.; Alcarde, J.C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 200p. 2002.

MALAVOLTA, E. **Elementos da Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2011. 486p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 6th ed. London: Academic, 2005. 889 p.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3^a ed. Austrália: Elsevier, 2012, 651 p.

MYERS, S.W. et al., Effects of soil potassium availability on soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) population dynamics and soybean yield. **Journal of economic entomology**, v.98, p.113-120, 2005.

MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; DANTAS, F.P.; BARBOSA, B.M.E.; SUASSUNA, A.F.; AGUIAR NETTO, A.O. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.

MERRIAM-WEBSTER. 2014. **Enciclopédia Britânica**. Disponível em: <http://www.merriamwebster.com/dictionary/pitahaya>. Acessado em 02 de janeiro de 2016.

MONDRAGÓN-JACOBO, C.; GONZÁLEZ, S.P. Germplasm resources and breeding opuntia for fodder production. In: MONDRAGÓN-JACOBO, C. & PÉREZ-GONZÁLEZ, S. **Cactus (Opuntia spp) as forage**. FAO. Romi. p.21-28. 2001.

MOREIRA, R.A.; RAMOS, J.D.; MARQUES, V.B.; SILVA, F.O.R. **Cultivo da pitaiá: implantação**. Boletim técnico, Lavras, MG, n. 92, p. 1-16, 2012.

NERD, A.; SITRIT, Y.; KAUSHIK, R.A.; MIZRAHI, Y. High Summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 96, p. 323-350, 2002.

NEDER, D.G.; COSTA, F.R.; EDVAN, R.L.; SOUTO FILHO, L.T. Correlations and path analysis of morphological and yield traits of cactus pear accessions. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.13, n.1, p.203-207, 2013.

NUNES, E.N.; SOUSA, A.S.B.; LUCENA, C.M.; SILVA, S.M.; LUCENA, R.F.P.; ALVES, C.A.B.; ALVES, R.E. Pitaia (*Hylocereus* sp.): uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, Areia, v. 8, n.1, p. 90-98. 2014.

OLIVEIRA, G.A.; ARAÚJO, W.F.; CRUZ, P.L.S.; LIMA, W.L.M.; FERREIRA, G.B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 872-882, 2011.

OLIVEIRA, V.C.; JOLY, C.A. Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth responses. **Trees**, v. 24, p. 185-193, 2010.

PAIVA, A.S.; FERNANDES, E.J.; RODRIGUES, T.J.D.; TURCO, J.E.P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PAN, Y.; HON, J.; JENKINS, J.; BIRDESEY, R. Importance of foliar nitrogen concentration to predict forest productivity in the Mid-Atlantic Region. **Forest Science**, v.50, p.279-289, 2004.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.

PONTES FILHO, F.S.T.; ALMEIDA, E.I.B.; BARROSO, M.M.A.; CAJAZEIRA, J. P.; CORRÊA, M.C.M. Comprimento de estacas e concentrações de ácido indolbutírico (AIB) na propagação vegetativa de pitaia. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 46-51, 2014.

POORTER, L. Ligth-dependent changes in biomass allocation and their importance for growth of rain forest tree species. **Functional Ecology**, v.15, p.113-123, 2001.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 407 p.

PRADO, R.M.; VIDAL, A.A. Efeito da omissão de macronutrientes em solução nutritiva sobre o crescimento e nutrição do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, p.208-214, 2008.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 728p, 2007.

RODRIGUES, R.C.; MATTOS, H.B.; PLESE, L.P.DM.; PEREIRA, W.L.M.; BRENNECKE, K. Calagem e disponibilidade de nutrientes após a incubação de um Neossolo Quartzarênico. **B. Indúst. Anim.**, v.61, p.31-38, 2004.

ROSOLEM, C.A.; MATEUS, G.P.; GODOY, L.J.G.; FELTRAN, J.C.; BRANCALIÃO, S.R. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.27, p.875-884. 2003.

SALES, A.T.; ANDRADE, A.P.; SILVA, D.S.; LEITE, M.L.V.; VIANA, B.L.; SANTOS, E.G.; PARENTE, H.N. Potencial de adaptação de variedades de palma forrageira (*opuntia ficus-indica* e *nopalea cochenilifera*) no Cariri Paraibano. IN: IV Congresso Nordestino de Produção Animal. Petrolina – PE, 2006. **Anais....** Petrolina – PE: SNPA, p. 434-438, 2006.

SAMPAIO, E.V.S.B. Fisiologia da palma. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (eds). **A Palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. 2º ed., Editora Universitária da UFPE. Recife-PE. p.43-63. 2005.

SILVA, E.A.; DAMATTA, F.M.; DUCATTI, C.; REGAZZI, A.J.; BARROS, R.S. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis in Arabica coffee trees. **Field Crops Research**. v. 89, p. 349-357. 2004.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Editora Embrapa, 2009. 2. ed, 627 p.

SILVA, J.A.; BONOMO, P.; DONATO, S.L.R.; PIRES, A.J.V.; ROSA, R.C.C.; DONATO, P.E.R. Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, p. 866-875, 2012.

SILVA, M.L.S.; TREVIZAM, A.R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações Agrônomicas**, n. 149, p. 10-16, 2015.

SILVA, N.G.M.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.11, p.2389-2397. 2010.

SILVEIRA, R.L.V.A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E.N.; SGARBI, F.; BRANCO, E.F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 107-116, 2002.

SHIMAZAKI, K.I.; DOI, M.; ASSMANN, S.M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, Gainesville, v. 58, n. 1, p. 219-247, 2007.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. Ed. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400 p.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:937-944, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TELES, M.M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; BEZZERA NETO, E.; FERREIRA, R.L.C.; LUCENA, J.E.C.; LIRA, M.A. Efeitos da adubação e de

nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.52-60, 2002.

VALKO, M.; LEIBFRITZ, D.; MONCOL, J; CRONIN, M.T.D.; MAZUR, M.; TELSER, J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **Int. J. Biochem. Cell Biol.** 39:44-84. 2007.

VIANA, E.M.; KIEHL, J.C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p.975-982, 2010.

VITTI, G.; DOMENICONI, R. Fósforo. In: PROCHNOW. L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. v. 2. Piracicaba, INPI. 2010. p. 411-467.

XU, G.; WOLF, S.; KAFKAFI, U. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.719-734, 2002.

WELLBURN, A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v.144, p.307-313, 1994.

ZANELLA, F.; WATANABE, T.M.; LIMA, A.L.S.; SCHIAVINATO, M.A. Photosynthetic performance in jack bean [*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.] under drought and after rehydration. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.16, p.181-184, 2004.

ZIMMERMAN, R.C. KOHRS, D.G. STELLER, D.L. ALBERTE, R.S. Carbon partitioning in eelgrass: regulation by photosynthesis and the response to daily light-dark cycles. **Plant Physiology**, v.108, p.1665-1671, 1995.

**CAPÍTULO III – Crescimento inicial e composição química de três espécies de
pitaías em função de doses de potássio**

RESUMO

O objetivo com o trabalho foi a avaliação biométrica das espécies *Hylocereus undatus*, *Hylocereus* sp. e *Hylocereus setaceus*, em resposta a cinco doses de potássio, além de mensurar o teor deste elemento nos tecidos destas espécies de cactáceas, cultivadas em cladódios não enraizados em vasos de 11 dm³. Avaliou-se o crescimento inicial para cada espécie isoladamente (número de cladódios – NCL; somatório do comprimento dos cladódios – SCC; diâmetro dos cladódios – DCL; espessura dos cladódios – ECL), em função do tempo e das doses de K na forma de cloreto. Além do número de auréola (NAU), comprimento do sistema radicular (CSR), largura do sistema radicular (LSR), massa fresca da parte aérea (MFA) e massa seca da parte aérea (MSA), comparando-se as espécies e as referidas doses de K. Para a avaliação das variáveis de crescimento inicial, utilizou-se o delineamento experimental em DBC com quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas, utilizando-se como fatores as doses de K (0, 80, 160, 240 e 320 mg dm⁻³) e o tempo (180 e 270 dias). Em relação as demais variáveis utilizou-se o delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial 3x5, utilizando-se como fatores as espécies e as referidas doses de K. Dentre as medições de crescimento inicial, houve aumento nos valores em relação ao tempo, independentemente da espécie. Nas medições destrutivas, a pitiaia branca apresentou os maiores valores, sendo de 29,1 cm para o comprimento radicular, 16,2 cm para a largura radicular, 218,3 g para a massa fresca da parte aérea e 36,8 g para a massa seca da parte aérea. O maior acúmulo de K nos tecidos das espécies ocorreu na pitiaia do Cerrado, com valores de 57,9 g de K kg⁻¹ para os cladódios e 5,8 g de K kg⁻¹ nas raízes. Portanto, nas condições de realização da pesquisa, em ambiente protegido, a espécie que se destacou morfológicamente foi a pitiaia branca e, quimicamente, foi a do Cerrado, sendo a vermelha intermediária em todas as avaliações.

Palavras-chave: Cactáceas, Frutas exóticas, Nutrição mineral, *Hylocereus*.

ABSTRACT

The goal with the work was biometrics evaluation of the species *Hylocereus undatus*, sp. and *Hylocereus setaceus* in response to five doses of potassium, as well as to measure the content of this element in the tissues of these species of Cactus, grown in cladodes not rooted in pots of 11 dm³. Initial growth was evaluated for each species separately (number of cladodes – NCL; sum of length of cladodes – SCC; diameter of cladodes – DCL; thickness of cladodes – ECL), as a function of time and doses of K in the form of chloride. In addition to the number of crow (NAU), length of root system (CSR), width of root system (LSR), fresh mass from the shoot (MFA) and aerial dry mass (MSA), comparing the species and those doses of K. For evaluation of initial growth variables, experimental design was used in DBC with four repetitions in subdivided plots, using as factors the doses of K (0, 80, 160, 240 and 320 mg dm⁻³) and time (180 and 270 days). About the other variables in the design was randomized blocks in factorial scheme 3x5, using as the species and referred to doses of K with factors. Among the initial growth measurements, there was an increase in values in relation to time, regardless of species. In the destructive measurements, the *Hylocereus undatus* presented the highest values being of 29.1 cm for root length, 16.2 cm for root width, 218.3 g for fresh pasta from aerial part and 36.8 g dry pasta aerial part. The biggest accumulation of K in the tissues of species, occurred in the *Hylocereus setaceus*, with values of 57.9 g kg⁻¹ for cladodes and 5.8 g kg⁻¹ in the roots. Therefore, under the conditions of the realization of research, in protected environment, the species that stood out morphologically was the *H. undatus* and chemically was the *H. setaceus*, being the intermediate *Hylocereus* sp. in all evaluations.

Keywords: Cactaceae, Exotic fruits, Mineral nutrition, *Hylocereus*.

1 INTRODUÇÃO

As frutas exóticas têm apresentado boa aceitação no mercado nacional, não apenas por sua aparência atraente, mas também em virtude de suas características sensoriais. No caso da pitiaia, os preços praticados no mercado estimulam a extensão e a intensificação do cultivo dessas plantas que, no Brasil, encontram-se, predominantemente em pequenos cultivos, cuja comercialização está restrita a mercados com maior poder aquisitivo (ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILO-SALAZAR, 2012).

Além dos preços expressivos atualmente alcançados por esta fruta, a cultura apresenta algumas vantagens agronômicas, como tolerância ao déficit hídrico, precocidade quanto ao início da produção de frutos, custos de implantação e manutenção do pomar relativamente mais baixo, se comparado a outras frutíferas. Entretanto, a cultura da pitiaia, apesar da expansão nos últimos anos no Brasil e em outros países, necessita de dados referenciais, os quais devem ser obtidos em pesquisas que subsidiem os produtores, inclusive para a concessão de crédito em projetos de financiamento agrícola.

A pitiaia é tida como uma fruta exótica, porém, há materiais nativos de pitiaia no Cerrado e matas de transição, destacando-se as espécies do gênero *Selenicereus* e *Hylocereus*, como a *S. setaceus*, popularmente conhecida como pitiaia-do-Cerrado (JUNQUEIRA et al., 2002), atualmente conhecida como *H. setaceus*. A espécie que mais se destaca comercialmente é a *H. undatus*, cuja oferta é ainda limitada, não atendendo a demanda (RODRIGUES, 2010), contribuindo para valores apreciáveis no preço de venda do fruto.

Diante da possibilidade da exploração mais adequada da cultura, visto seu potencial produtivo que oscila entre 10 e 30 t ha⁻¹ (LE BELLEC; VAILLANT; INBERT, 2006) e adaptativo, em virtude da rusticidade, além de seu alto valor comercial, faz-se necessário estudo mais detalhado em relação à morfologia e a composição química da parte aérea de diferentes espécies comerciais de pitaias. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a morfologia das espécies *Hylocereus undatus*, *Hylocereus* sp. e *Hylocereus setaceus*, em resposta a cinco doses de potássio, bem como avaliação da absorção deste elemento, em ambiente protegido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Período de execução e descrição do ambiente de trabalho

O experimento foi conduzido entre abril de 2014 e janeiro de 2015, em casa de vegetação, pertencente ao Setor de Horticultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, situada nas coordenadas 3°44'25''S e 38°34'30''W de Greenwich, altitude 19,6 m. De acordo com a classificação de Köppen (1918), o clima é do tipo Aw'.

2.2 Material vegetal utilizado e preparo dos vasos

O material vegetal utilizado foi obtido pelo enraizamento de frações de cladódios (estacas) coletados em plantas matrizes com 380 dias, de acordo com Pontes Filho et al. (2014); segundo os autores, o tamanho das estacas é fundamental para garantir o adequado desenvolvimento das brotações. Os materiais selecionados foram pitaia branca (*H. undatus*), pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.) e pitaia-do-Cerrado (*H. setaceus*). As padronizações destes materiais foram realizadas mediante o comprimento e o diâmetro na porção mediana do cladódio primário, sendo os valores médios de comprimento e diâmetro: 29,8 cm e 5,6 cm; 29,4 cm e 3,8 cm; 44,4 cm e 2,5 cm para pitaia branca, pitaia vermelha e pitaia-do-Cerrado, respectivamente. O material foi lavado em água corrente e posto à secagem ambiente ($\pm 25^{\circ}\text{C}$ e 70% de UR) durante 60 minutos; em seguida foram plantadas para enraizamento e cultivo em vasos com capacidade para 11 dm³, preenchidos com 10 dm³ de substrato, cuja análise química para fins de fertilidade encontra-se na Tabela 11.

Tabela 11 – Atributos físico-químicos do substrato utilizado no enchimento dos vasos experimentais. Fortaleza, CE, 2014

M.O.	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	SB	T	V	m	C	N
g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹cmol _c kg ⁻¹			%		g kg ⁻¹				
3,31	5,3	2,00	0,10	0,50	0,40	0,11	0,20	1,49	1,1	2,6	42,0	7,0	1,92	0,17

Extratores: P, Na e K – Mehlich; Ca, Mg e Al – KCl; H + Al = Acetado de cálcio; pH – Água

2.3 Delineamento estatístico e tratamentos

O delineamento estatístico utilizado para avaliação do crescimento inicial (número de cladódios – NCL, soma do crescimento dos cladódios – SCC, diâmetro – DCL e espessura dos cladódios – ECL) foi em blocos completos ao acaso, com quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas, utilizando-se como fatores as doses de K (0, 80, 160 240 e 320 mg dm⁻³) e o tempo (180 e 270 dias), isolando-se cada uma das espécies. Cada parcela foi composta por um vaso contendo uma planta, que foram consideradas para fins de mensurações experimentais.

Para as variáveis número de auréolas – NAU, comprimento do sistema radicular – CSR, largura do sistema radicular – LSR, massa fresca da parte aérea – MFA e massa seca da parte aérea – MSA e caracterização química do tecido vegetal, trabalhou-se num DBC no arranjo fatorial 3x5, com quinze tratamentos e quatro repetições, utilizando-se como fatores as espécies *Hylocereus undatus*, *Hylocereus* sp. e *Hylocereus setaceus* e as doses de potássio na mesma quantidade citada acima.

Antes do preenchimento dos vasos com o substrato foi realizada a adubação fosfatada básica, homogeneizando-se 160 mg P dm⁻³ na forma de superfosfato simples (18% P₂O₅), o que corresponde a 20,35 g deste adubo por vaso; 25,40 mg dm⁻³ de micronutrientes na forma de FTE BR 12 (0,254 g por planta); e 375 mg N dm⁻³, parcelado em três aplicações mantendo-se a mesma proporção, na forma de sulfato de amônio (20% N), correspondendo a 6,25 g por vaso, adaptado de Almeida et al. (2014) e Corrêa et al. (2014).

As doses experimentais testadas (0, 80, 160, 240 e 320 mg K dm⁻³) foram parceladas em três vezes iguais, sendo cada parcelamento de 0,53; 1,07; 1,6; 2,14 g de KCl por vaso, respectivamente às doses experimentais, excetuando-se a testemunha. O parcelamento se deu com o propósito de atenuar as eventuais perdas por lixiviação, bem como os efeitos salinizantes do cloreto. Todos os adubos foram aplicados mensalmente em semicírculo e cobertos posteriormente como o próprio substrato.

2.4 Manutenção da umidade dos vasos

Periodicamente realizou-se aporte de água nos vasos experimentais. A umidade nos vasos foi mantida através de irrigações três vezes por semana, evitando-se

gerar lixiviado, sempre deixando em torno de 60% e, para isso, procedeu-se a testes de infiltração com vasos testes.

2.5 Análises realizadas

2.5.1 Análises de crescimento

Foram realizadas mensurações do crescimento das plantas de pitaiia aos 180 e 270 dias após a aplicação dos tratamentos (avaliação da biometria). No primeiro tempo foram medidas as variáveis: número de cladódios (NCL), feito por contagem (un); somatório do comprimento dos cladódios (SCC), com o auxílio de fita métrica, sendo o valor obtido pelo somatório de todas as medidas (cm); diâmetro do cladódio (DCL) e espessura do cladódio (ECL), determinados com paquímetro digital, de uma margem a outra do cladódio, denominando-se de diâmetro; a espessura foi determinada pela distância de uma face a outra da *costilla* do cladódio, ambas medidas em mm.

Aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos foram realizadas as mesmas medições do primeiro tempo, para fins de comparação, além da medição do número de auréolas (NAU), determinada por unidade de contagem, comprimento do sistema radicular (CSR) e largura do sistema radicular (LSR), ambas em cm e, massa fresca da parte aérea (MFA) e massa seca da parte aérea (MSA), ambas em g.

Após a retirada da planta para as análises químicas, procedeu-se à medição do comprimento do sistema radicular (CSR), do colo da planta até a extremidade da maior raiz observável, com resultados em cm; largura do sistema radicular (LSR) de uma borda a outra da massa de raízes, obtendo-se as medidas em cm; massa fresca da parte aérea (MFA), realizada por pesagem em balança semi-analítica, em g; e massa seca da parte aérea (MSA), também determinada por pesagem, em g. Esta segunda variável foi determinada após as tomadas biométricas, cujo material foi separado, lavado e seco à sombra por sessenta minutos para posterior acondicionamento em sacos de papel perfurados previamente identificados; a seguir, foram colocados em estufa sob circulação forçada de ar à temperatura de 65°C, durante 72 horas.

2.5.2 Análises químicas para a determinação de K nos cladódios

Após a determinação da massa seca dos cladódios (MSA), o material foi moído (moinho tipo Willey), com malha de abertura de 1 mm e enviado ao Laboratório de Solo e Água da Embrapa Agroindústria Tropical para a realização das análises químicas dos tecidos, seguindo metodologia de trabalho proposta por Silva (2009).

Inicialmente, realizou-se digestão a seco do material moído, pesando-se 0,5 g deste em cadinhos de porcelana, que foram levados ao forno mufla até temperatura constante de 550°C por 2 horas. No dia seguinte, o material foi posto em dessecador e, depois de resfriado, foi filtrado em filtro de velocidade rápida com adição de 50 mL de HNO₃ 1M para dissolução das cinzas. O extrato obtido da filtragem foi coletado e utilizado para analisar os teores de potássio. A determinação deste elemento foi realizada por fotometria de chama, em g kg⁻¹.

2.5.3 Análises dos dados

Realizou-se teste de normalidade Shapiro-Wilk (S-W), a 5% de significância com o intuito de avaliar a distribuição dos dados, em relação a sua normalidade. Após esta etapa, aceitando-se a hipótese de trabalho, os dados foram submetidos à análise de variância, teste F com nível de significância $p \leq 0,05$, de modo a avaliar os efeitos principais dos fatores e de sua interação. Foi realizado teste de comparação de médias pelo teste de Tukey para o fator qualitativo ($p < 0,05$) e ajuste de regressão para o fator quantitativo (modelo linear: $Y = a + bx$; modelo quadrático: $Y = a + bx + cx^2$). Havendo interação significativa, fez-se o desdobramento das médias entre os fatores.

Os programas utilizados para a realização das análises foram o Libre Office 5.0, para a tabulação e formatação dos dados e geração de arquivos válidos que foram usados nos outros programas estatísticos. As análises de estatística descritiva, teste de normalidade e análises de variância, Tukey e regressão foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Sisvar[®]; a confecção dos gráficos foi feita com os programas SigmaPlot 11.0[®] e Surfer 8.0[®] e as equações foram validadas com o auxílio do MS Excel[®] e Statistica 7.0[®].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Influência das doses de potássio na biometria da pitaia branca (*Hylocereus undatus*) entre 180 e 270 dias após a aplicação das doses experimentais

De acordo com a Tabela 12, é possível observar que o tempo influenciou na emissão e no comprimento dos cladódios para esta espécie de cactácea. Para estas duas variáveis houve significância ($p < 0,01$) neste fator, não apresentando significância estatística para os demais. Entretanto, as doses de potássio foram altamente significativas para o somatório do comprimento e espessura dos cladódios. Apresentou interação significativa entre os fatores a 5%, apenas a variável somatório do comprimento dos cladódios. O tempo, as doses testadas de K e a interação não apresentaram qualquer efeito sobre o diâmetro dos cladódios na pitaia branca.

Tabela 12 – Quadrados médios da análise de variância para o número de cladódios (NCL), somatório do comprimento dos cladódios (SCC), diâmetro dos cladódios (DCL) e espessura dos cladódios (ECL) de pitaia branca, no intervalo de 90 dias após a implantação do experimento. Fortaleza, CE, 2014

FV	GL	Quadrados médios.....			
		NCL	SCC	DCL	ECL
Bloco	3	4,0250 ^{ns}	485,6493 ^{ns}	29,9794 ^{ns}	0,1183 ^{ns}
Dose K	4	2,2875 ^{ns}	1903,2103 ^{**}	10,4019 ^{ns}	1,4788 ^{**}
Erro1	12	2,8375	180,6303	22,0706	0,2338
Tempo	1	60,0250 ^{**}	6151,6000 ^{**}	4,6922 ^{ns}	0,6325 ^{ns}
DoseKxTempo	4	2,0875 ^{ns}	582,9193 [*]	33,9372 ^{ns}	0,2292 ^{ns}
Erro2	15	0,9416	130,9181	13,8912	0,2475
C.V. 1(%)		40,3	21,0	14,8	16,4
C.V. 2(%)		23,2	17,9	11,7	17,2

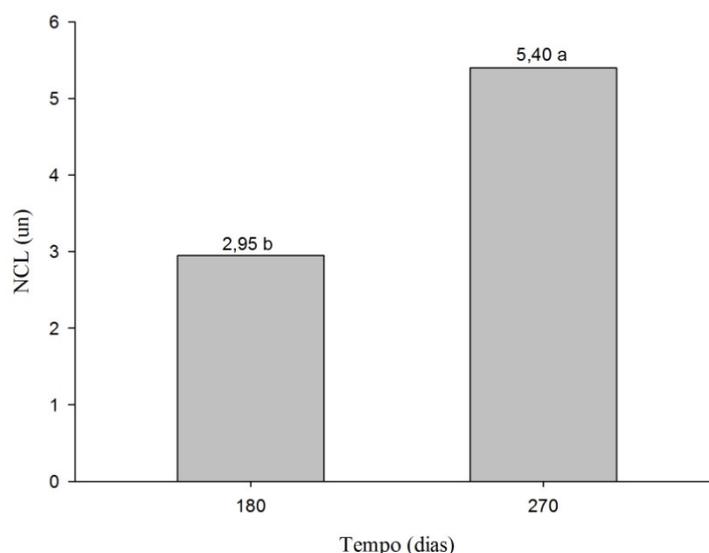
FV – Fonte da variação; GL – Grau de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; * – Significativo a 5% de probabilidade; ** – Significativo a 1% de probabilidade; ns – Não significativo até 5% de probabilidade.

Os valores de CV observados na Tabela 12 são considerados médios (PIMENTEL GOMES, 2000), significando em boa precisão experimental, com exceção do valor observado para a variável NCL que é considerado alto, embora não haja referencial de valores de CV que identifiquem especificamente a cultura da pitaia, o que poderia ser considerado ao tratar-se da avaliação da precisão de um experimento. Ainda

no contexto desta variável, sua medida foi tomada em unidades brotadas na planta com crescimento inicial, portanto, a diferença de uma unidade implica em elevado CV.

Pode-se observar na Figura 38, o NCL apresentou incremento de aproximadamente 45,4% em comparação com o número contado aos 180 dias, apontando que no intervalo de 90 dias houve aumento significativo na biomassa da planta, independentemente da dose de adubo aplicada. Esse comportamento ajuda a reforçar o objetivo do trabalho que é estudar as espécies em virtude de sua adaptabilidade e rusticidade, pois a mesma não diferiu nas maiores doses de K e da dose controle (0 mg K dm^{-3}) para o número de cladódios emitidos. Trabalhando com palma forrageira, outra cactácea economicamente importante, Dubeux Júnior et al. (2010) encontraram resultados semelhantes para a emissão dos artículos, em relação à diferentes doses de potássio aplicadas.

Figura 38 – Número de cladódios (NCL) para pitiaia branca, aos 180 e 270 dias após a aplicação das doses experimentais. Fortaleza, CE, 2014



Para o somatório do comprimento dos cladódios, em relação ao tempo de avaliação, houve diferença significativa para as doses 160, 240 e 320 mg K dm^{-3} . A Tabela 13, expressa o comportamento da variável tempo (qualitativa), em relação às doses aplicadas. A pitiaia branca começou a diferir entre os tempos a partir da terceira maior dose, indicando que a cultura responde positivamente à doses crescentes de potássio para o acúmulo de massa fresca. Neste contexto, Silva (2014), estudando quatro espécies de pitaias, dentre as quais a *Hylocereus undatus*, observou valores

médios de 22,6 cm aos 180 dias de cultivo; no presente trabalho, o valor médio encontrado foi de 51,5 cm. Essa diferença de desenvolvimento foi atribuída ao ambiente onde foram conduzidos os experimentos, com a provável maior disponibilidade de luz e calor durante a condução do presente trabalho, comparativamente ao experimento de Silva (2014), realizado em Jaboticabal-SP. A melhor resposta da pitaia branca, em relação a dose aplicada de K, foi de 240 mg dm⁻³, com incremento de 46,5 cm de comprimento de cladódios.

Tabela 13 – Somatório do comprimento dos cladódios (SCC) da pitaia branca, entre tempos de avaliação, dentro da cada dose de potássio. Fortaleza, CE, 2014

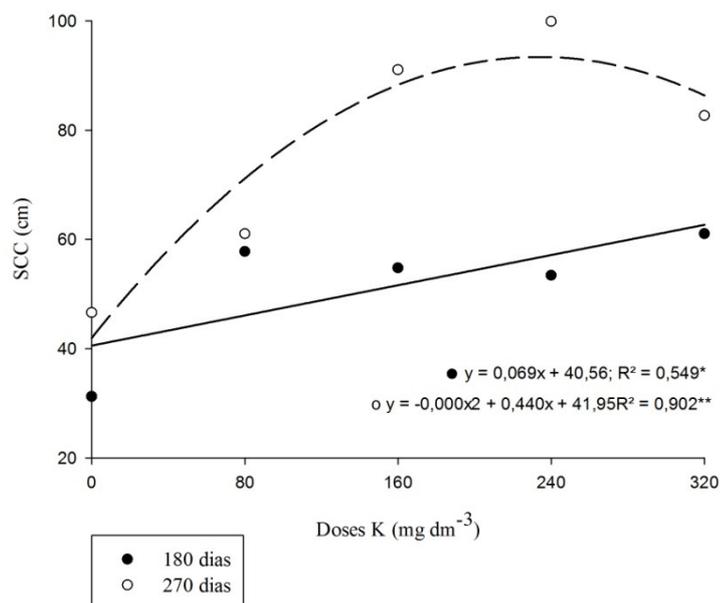
Tempo	Potássio, mg dm ⁻³				
	0	80	160	240	320
	----- SCC, cm -----				
180 dias	31,2a	57,7a	54,7b	53,3b	61,0b
270 dias	46,5a	61,0a	91,0a	99,8a	82,6a
dms _{tempo}	17,94				

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p=5%).

Quando se analisa o comportamento do SCC, em relação as doses de K aplicadas (Figura 39), nota-se o aumento entre a testemunha e a dose 80 mg dm⁻³; a partir desta dose ocorre estabilização para o primeiro período (180 dias). Aos 270 dias o incremento no SCC é evidente, principalmente nas doses intermediárias (160 e 240 mg dm⁻³), sendo que esta última apresenta os maiores comprimentos. É possível que o aumento nas doses de K tenha influenciado a disponibilidade de N, pois, segundo Xu et al. (2002), o metabolismo de nitrogênio nas plantas requer adequadas quantidades de potássio no citoplasma, sendo importante para a produção de aminoácidos e produtividade das culturas. Resultados semelhantes foram obtidos por Cavalcante (2008), avaliando o crescimento de cladódios secundários com a mesma espécie de pitaia, na concentração de 30 mg de K dm⁻³.

No que concerne a espessura dos cladódios (ECL), houve diferença estatística apenas em um dos fatores principais, as doses de K, que apresentaram significância estatística (p<0,01).

Figura 39 – Somatório do comprimento dos cladódios (SCC) para pitaia branca, em relação às doses de potássio (mg dm^{-3}) aos 180 e 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2014



3.2 Influência das doses de potássio na biometria da pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.) entre 180 e 270 dias após a aplicação das doses experimentais

Para a pitaia vermelha observou-se o mesmo comportamento da pitaia branca, para as variáveis NCL e SCC, em que o tempo foi significativo para o primeiro ($p < 0,01$) e houve interação significativa ($p < 0,05$) para o segundo, bem como dos fatores isolados. Além disso, o DCL também foi significativo para os fatores isolados e na sua interação. A ECL foi afetada apenas pelo tempo e não pelas doses de K (Tabela 14).

Para o NCL, o mesmo ocorreu para esta espécie, observando-se incremento de 38,8% com o passar do tempo de avaliação; porém, para a pitaia vermelha houve menor incremento de biomassa, se comparado à pitaia branca. No entanto, este aumento foi suficiente para diferir entre os tempos. A pitaia vermelha também se mostrou responsiva ao tempo, ocorrendo aumento significativo, mesmo não diferindo em relação às doses de K (Figura 40).

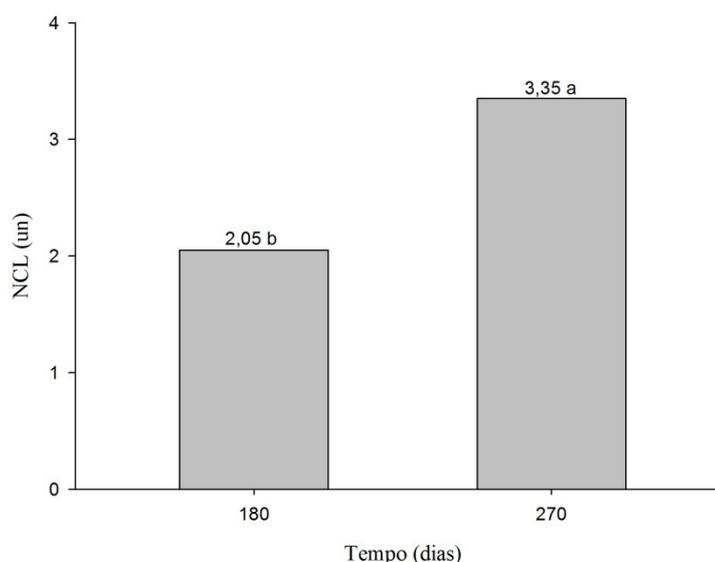
Almeida et al. (2014), trabalhando com a mesma espécie e doses próximas de K (0, 75, 150, 225 e 300 mg dm^{-3}), obtiveram valores para o NCL em torno de 2,4; no presente experimento foram encontrados valores médios de 2,0 unidades.

Tabela 14 – Quadrados médios da análise de variância para o número de cladódios (NCL), somatório do comprimento dos cladódios (SCC), diâmetro dos cladódios (DCL) e espessura dos cladódios (ECL) de pitaia vermelha, no intervalo de 90 dias após a implantação do experimento. Fortaleza, CE, 2014

FV	GLQuadrados médios.....			
		NCL	SCC	DCL	ECL
Bloco	3	4,2000 ^{ns}	49,6133 ^{ns}	3,8563 ^{ns}	0,0938 ^{ns}
Dose K	4	0,2875 ^{ns}	418,7258 ^{**}	31,3508 ^{**}	0,1194 ^{ns}
Erro1	12	0,3875	11,8785	5,1924	0,3015
Tempo	1	16,9000 ^{**}	3207,6810 ^{**}	62,7753 ^{**}	1,6974 ^{**}
DoseKxTempo	4	0,2125 ^{ns}	112,7341 [*]	29,8928 [*]	0,4099 ^{ns}
Erro2	15	0,2833	24,9235	6,9087	0,0991
C.V. 1(%)		23,1	7,1	6,8	16,0
C.V. 2(%)		19,7	10,3	7,8	9,2

FV – Fonte da variação; GL – Grau de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; * – Significativo a 5% de probabilidade; ** – Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} – Não significativo até 5% de probabilidade.

Figura 40 – Número de cladódios (NCL) para pitaia vermelha; aos 180 e 270 dias após a aplicação das doses experimentais. Fortaleza, CE, 2014



Conforme apresentado na Tabela 15, o SCC para pitaia vermelha apresentou comportamento semelhante à pitaia branca, ou seja, as plantas responderam positivamente ao aumento das doses de K, havendo diferença estatística entre os tempos para todas as doses. A diferença média entre os 180 dias e 270 dias foi de 17,9 cm, mostrando que houve aporte de material vegetal com o passar do tempo.

Numa breve comparação, a pitaia branca apresentou valores médios para SCC aos 180 dias em torno de 51,5 cm; enquanto que para a pitaia vermelha, no mesmo

período, esse valor foi de 39,6 cm, indicando um decréscimo de 23,1 pontos percentuais. Aos 270 dias, a diferença foi de 24,3 %. Estes dados são indicativos de que a pitaia branca respondeu melhor às doses de K aplicadas.

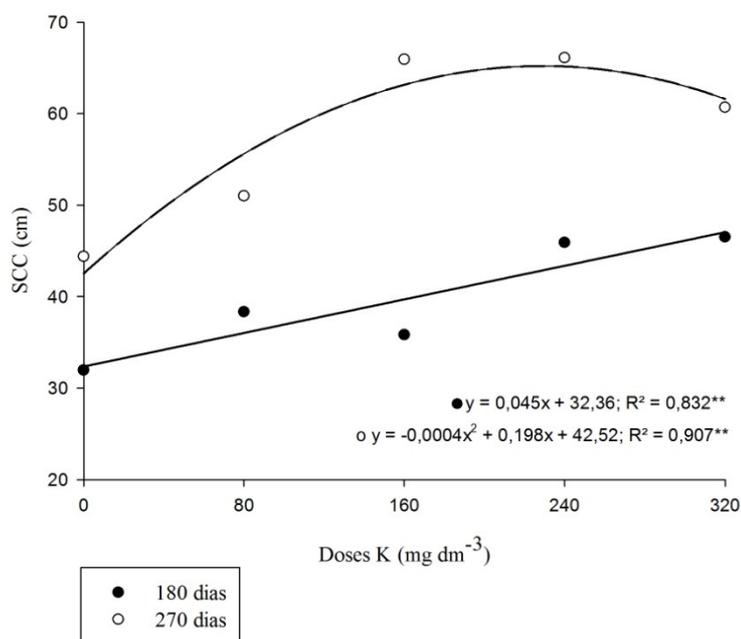
Tabela 15 – Somatório do comprimento dos cladódios (SCC) da pitaia vermelha entre tempos de avaliação, dentro da cada dose de potássio. Fortaleza, CE, 2014

Tempo	Potássio, mg dm ⁻³				
	0	80	160	240	320
	----- SCC, cm -----				
180 dias	31,9b	38,3b	35,8b	45,9b	46,5b
270 dias	44,3a	51,0a	65,9a	66,1a	60,6a
dms _{tempo}	6,34				

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p=5%).

Quando se compara as doses dentro de cada tempo (Figura 41), é possível notar que houve interação significativa a 1% para ambos. Aos 180 dias houve resposta linear positiva, a exemplo da pitaia branca, com o aumento das doses de K, obtendo os maiores valores na dose 240 mg K dm⁻³. Ao comparar com o segundo tempo (270 dias), observa-se a função quadrática, com aumento do SCC até a dose a 240 mg K dm⁻³, com $R^2 = 0,907$.

Figura 41 – Somatório do comprimento dos cladódios (SCC) para a pitaia vermelha em relação às doses de potássio (mg dm⁻³) dos 180 aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2014



O DCL teve o mesmo comportamento que o SCC, apresentando interação significativa entre os fatores. Conforme a Tabela 16, os valores do diâmetro no tempo 270 dias foram ligeiramente menores que no primeiro, provavelmente devido ao aumento da transpiração da cultura em relação à idade. Segundo Graham e Nobel (2005), o movimento de água no caule da pitáia influencia no seu diâmetro.

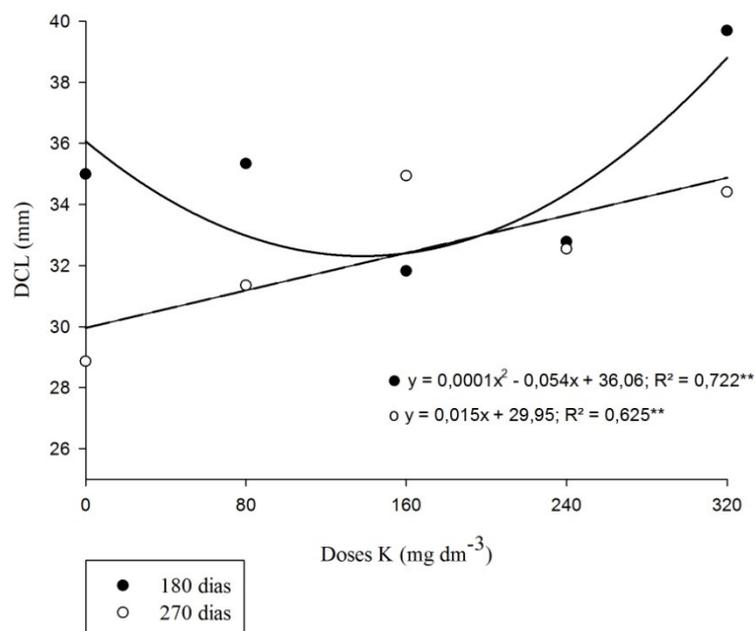
Tabela 16 – Diâmetro dos cladódios (DCL) da pitáia vermelha entre tempos de avaliação, dentro de cada dose de potássio. Fortaleza, CE, 2014

Tempo	Potássio, mg dm ⁻³				
	0	80	160	240	320
	----- DCL, mm -----				
180 dias	34,9a	35,3a	31,8a	32,7a	39,6a
270 dias	28,8b	31,3b	34,9a	32,5a	34,4b
dms _{tempo}	3,59				

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p=5%).

Em relação às doses de K, as medidas do diâmetro dos cladódios foram ajustadas à equação de regressão polinomial de 2^a ordem para o tempo 1 e, linear para o tempo 2 (Figura 42). Nela observa-se que com o aumento das doses de potássio há aumento do DCL. Segundo Lacoeylle e Gicquiaux (1971), a aplicação de doses satisfatórias de potássio aumenta a eficiência de uso do nitrogênio pela planta, estimulando a emissão de raízes e brotos mais vigorosos, o que pode explicar, ao menos em parte, os resultados obtidos. No caso do elemento nitrogênio a dose foi padrão em todos os tratamentos, o que indica que a diferença significativa entre as espécies para essa variável se deve ao potencial genético de cada uma.

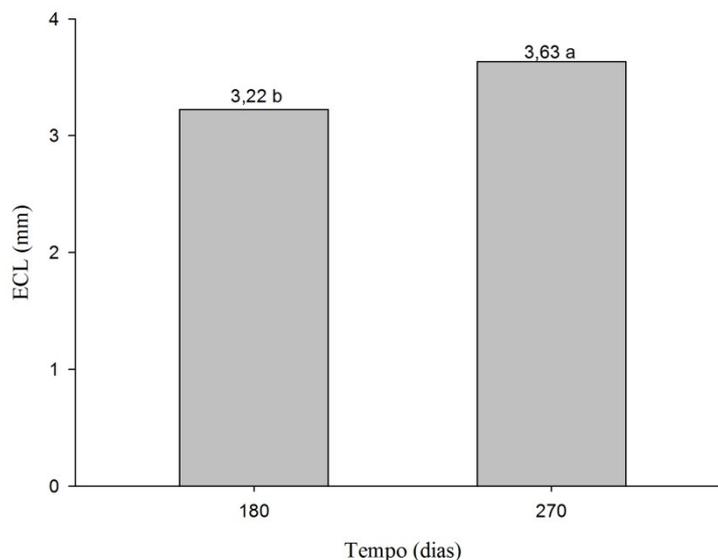
Figura 42 – Diâmetro dos cladódios (DCL) para a pitiaia vermelha em relação às doses de potássio (mg dm^{-3}) aos 180 e 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2014



Para a pitiaia vermelha, a ECL foi afetada apenas pelo tempo (Tabela 14), apresentando efeito significativo ($p < 0,01$), em que ocorreu incremento de 11,3% na espessura dos cladódios do tempo 1 para o tempo 2 (Figura 43).

Segundo Baliza et al. (2002), a menor espessura observada no tempo 1 pode estar relacionada às modificações anatômicas que melhorem o aproveitamento da luz incidente, visto que a planta se encontrava no seu crescimento inicial e, portanto, necessitava da melhor produção possível de fotoassimilados para seu desenvolvimento.

Figura 43 – Espessura de cladódios (ECL) da pitaia vermelha aos 180 e 270 dias após aplicação das doses experimentais. Fortaleza, CE, 2014



3.3 Influência das doses de potássio na biometria da pitaia do Cerrado (*Hylocereus setaceus*) entre 180 e 270 dias após a aplicação das doses experimentais

Conforme aponta a Tabela 17, o NCL apresentou diferença significativa apenas na variável tempo, a exemplo das outras duas espécies de pitaia anteriores. No SCC houve diferença para os dois fatores, porém, não ocorreu interação destes. Apenas a ECL apresentou interação significativa entre os fatores estudados ($p < 0,05$). O DCL, como ocorreu na pitaia branca, não foi influenciado pelos fatores estudados.

Tabela 17 – Quadrados médios da análise de variância para o número de cladódios (NCL), somatório do comprimento dos cladódios (SCC), diâmetro dos cladódios (DCL) e espessura dos cladódios (ECL) de pitaia do Cerrado, no intervalo de 90 dias após a implantação do experimento. Fortaleza, CE, 2014

FV	GLQuadrados médios.....			
		NCL	SCC	DCL	ECL
Bloco	3	1,4916 ^{ns}	340,6729 ^{ns}	1,1521 ^{ns}	0,0809 ^{ns}
Dose K	4	0,5000 ^{ns}	901,4937*	6,5419 ^{ns}	0,3134 ^{ns}
Erro1	12	1,8666	229,7145	5,9538	0,1159
Tempo	1	55,2250**	11138,9062**	11,0145 ^{ns}	1,0725*
DoseKxTempo	4	0,7250 ^{ns}	371,1250 ^{ns}	1,8077 ^{ns}	0,4418*
Erro2	15	0,3583	139,7312	2,9991	0,1435
C.V. 1(%)		33,1	22,2	15,3	11,1
C.V. 2(%)		14,5	17,3	10,8	12,3

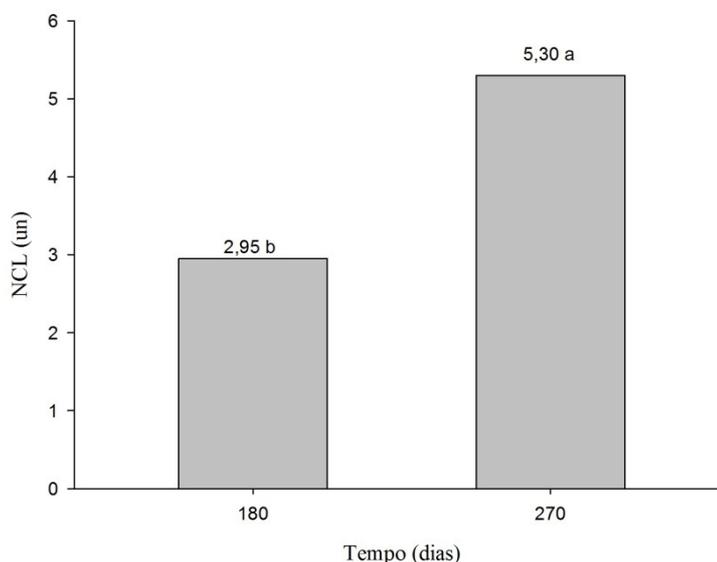
FV – Fonte da variação; GL – Grau de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; * – Significativo a 5% de probabilidade; ** – Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} – Não significativo até 5% de probabilidade.

O NCL observado nesta espécie é semelhante aos da pitaia branca e quase uma unidade maior que o da pitaia vermelha. Ocorreu incremento considerável, da ordem de 44,3% para esta variável que, embora não tenha diferido com as doses de K, mostrou-se responsiva à adubação. A Figura 44 apresenta a diferença no número de cladódios entre os tempos de forma gráfica.

Os maiores valores obtidos nesta pesquisa para o NCL podem atenuar a deficiência do índice de área do cladódio (IAC) que, na pitaia do Cerrado, é menor que nas outras duas espécies; sendo assim, o maior NCL se reflete positivamente na captação de energia luminosa (FARIAS et al., 2000).

Trabalhando com adubo orgânico ($2,5 \text{ g kg}^{-1}$ de K), Donato (2011) não verificou efeitos das doses aplicadas sobre o número de cladódios em palma forrageira, da mesma forma que foi observado na cultura da pitaia. Almeida et al. (2014) também observaram efeitos pouco expressivos para o NCL, em relação às doses de K aplicada ao substrato, corroborando com o que foi encontrado nesta pesquisa.

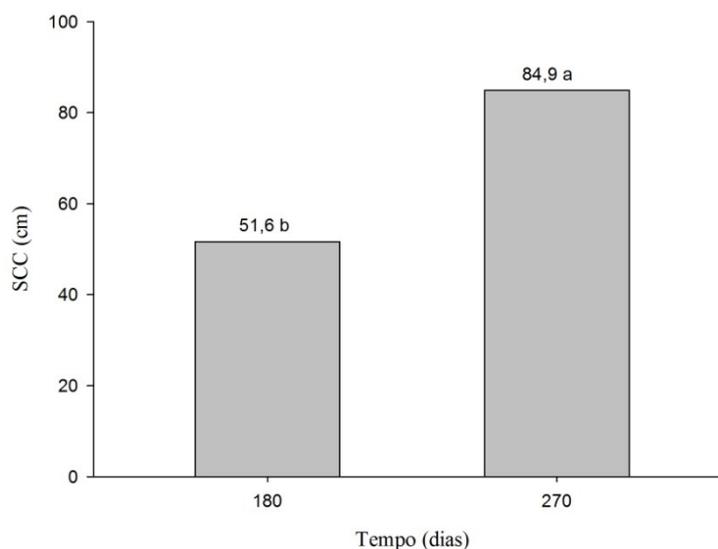
Figura 44 – Número de cladódios (NCL) da pitaia do cerrado aos 180 e 270 dias após aplicação das doses experimentais. Fortaleza, CE, 2014



O SCC apresentou aumento de 33,3 cm em relação ao espaço de tempo de 90 dias, mostrando o rápido crescimento desta pitaia. Isto pode ser indicativo de que a nutrição tenha sido preponderante para este aumento, visto que, segundo Prado (2008),

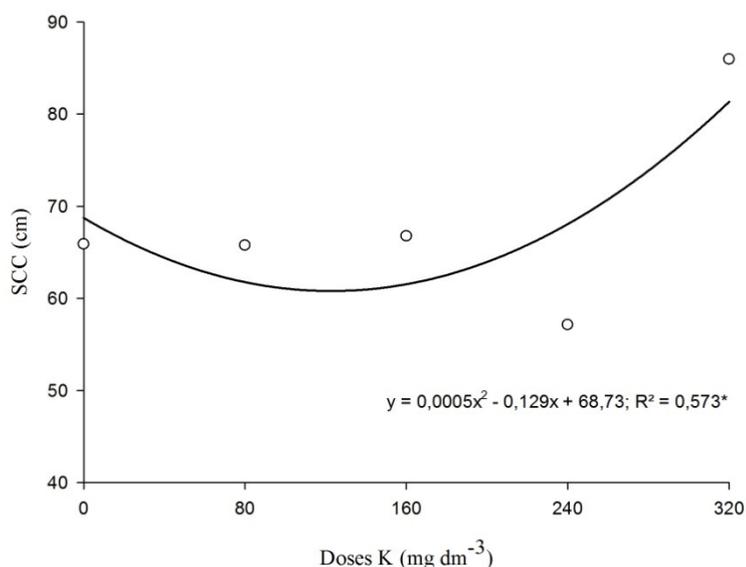
a nutrição adequada diminui as possibilidades de deficiências de ATP, afetando diretamente o metabolismo vegetal (Figura 45).

Figura 45 – Somatório do comprimento de cladódios (SCC) da pitiaia de Cerrado aos 180 e 270 dias após aplicação das doses experimentais. Fortaleza, CE, 2014



Em relação às doses de K aplicadas, observa-se mediante a Figura 46, que houve incremento da SCC da dose controle até a dose 160 mg dm^{-3} , quando ocorreu declínio de 14,4% na dose subsequente, voltando a subir na última dose, a qual apresentou o maior valor para esta variável de 85,9 cm de soma de comprimento de cladódio. A curva foi melhor ajustada à equação quadrática, o mesmo modelo encontrado por Almeida (2013). Ainda segundo o mesmo autor, a maior dose de K (300 mg dm^{-3}), foi a que obteve maior resposta para variável SCC, o mesmo foi observado nesta pesquisa. Em relação à adubação potássica, verificou-se tendência linear direta do SCC, em resposta ao aumento das doses de potássio para a pitiaia do Cerrado.

Figura 46 – Somatório do comprimento dos cladódios (SCC) para a pitaia do Cerrado em função das doses de potássio (mg dm^{-3}), em dois tempos de avaliação. Fortaleza, CE, 2014



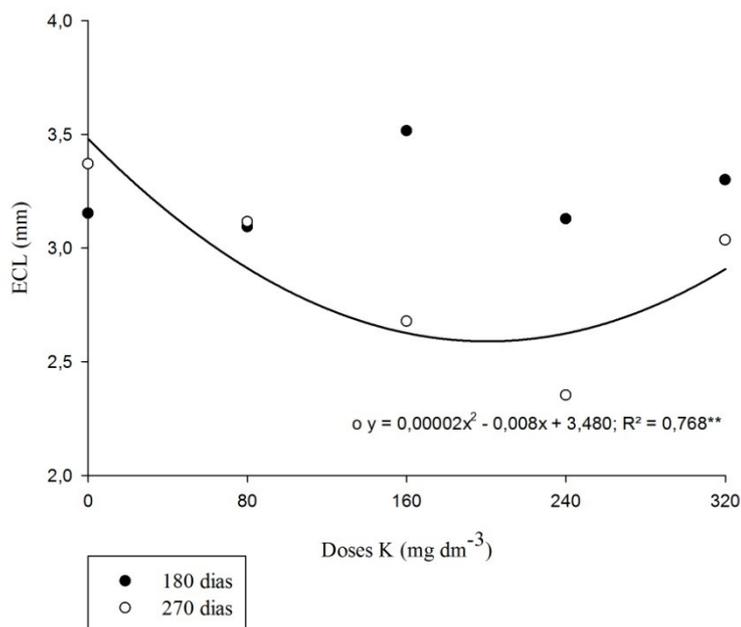
A ECL foi a única variável que apresentou interação significativa entre tempo e doses de K. O desdobramento da interação teve resultados pouco conclusivos. A comparação para cada espécie de pitaia em relação ao tempo x dose de potássio variou sem seguir um padrão bem definido (Tabela 18). Contudo, é possível observar a semelhança da ECL, entre os tempos na ausência de adubação potássica (dose zero), e nas doses 80 e 320 mg K dm^{-3} . Na presença da adubação potássica, no tempo 1, observou-se leve aumento nas médias e, no tempo 2, estabilização (Figura 47). De acordo com Silva (2009), os maiores valores para a espessura de cladódio ocorrem nos cladódios primários, diminuindo com o tempo, quando da emissão das novas ordens.

Tabela 18 – Espessura dos cladódios (ECL) da pitaia do Cerrado entre tempos de avaliação, dentro da cada dose de potássio. Fortaleza, CE, 2014

Tempo	Potássio, mg dm^{-3}				
	0	80	160	240	320
	----- ECL, mm -----				
180 dias	3,1a	3,0a	3,5a	3,1a	3,3a
270 dias	3,3a	3,1a	2,6b	2,3b	3,0a
dms tempo	0,52				

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p=5\%$).

Figura 47 – Espessura dos cladódios (ECL) para a pitiaia do Cerrado em relação às doses de potássio (mg dm^{-3}) aos 180 e 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2014



3.4 Influência das doses de potássio nas três espécies de pitaias, em relação às variáveis número de auréolas (NAU), comprimento do sistema radicular (CSR), largura do sistema radicular (LSR), massa fresca da parte aérea (MFA) e massa seca da parte aérea (MSA)

De acordo com a Tabela 19, é possível observar os quadrados médios da ANOVA para as variáveis citadas acima.

Tabela 19 – Quadrados médios da análise de variância para o número de auréolas (NAU), comprimento do sistema radicular (CSR), largura do sistema radicular (LSR), massa fresca da parte aérea (MFA) e massa seca da parte aérea (MAS) para três espécies de pitiaia aos 270 dias após a implantação do experimento. Fortaleza, CE, 2014

FV	GL	Quadrados médios.....				
		NAU	CSR	LSR	MFA	MSA
Espécies	2	29124,81 ^{**}	1205,586 ^{**}	35,2944 [*]	57357,73 ^{**}	997,2147 ^{**}
Dose K	4	1118,600 ^{ns}	41,2038 ^{ns}	23,3097 [*]	6721,965 ^{**}	37,1551 ^{ns}
Espécie x Dose	8	862,3375 ^{ns}	67,8375 ^{**}	24,8366 ^{**}	2755,793 ^{**}	55,5274 [*]
Resíduo	42	549,8492	15,9312	7,4002	832,9054	20,5423
C.V.(%)		20,7	16,6	18,5	17,3	15,6

FV – Fonte da variação; GL – Grau de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; * – Significativo a 5% de probabilidade; ** – Significativo a 1% de probabilidade; ns – Não significativo até 5% de probabilidade.

No que tange o NAU, é possível notar que houve diferença significativa ($p < 0,01$) apenas entre as espécies estudadas, tendo as doses não influenciado este parâmetro. A pitaia do Cerrado se destacou dentre as demais, podendo ser indicativo de produção, visto que as auréolas se encontram nas costilhas, sendo pontos nos quais estão localizadas gemas axilares que têm o potencial de formar flores, como inflorescência (TAIZ; ZEIGER, 2013) (Figura 48).

O CSR, LSR e MFA apresentaram interação altamente significativa ($p < 0,01$), enquanto a MSA também apresentou interação significativa, porém a 5%. No CSR, observou-se resposta negativa para a pitaia branca e positiva para a pitaia vermelha até a dose 240 mg de K dm^{-3} , após o que, ocorreu decréscimo da ordem de 26,3% para a pitaia vermelha, apontando que a dose que apresentou melhor resposta para o CSR da pitaia vermelha foi a de 240 mg K dm^{-3} (Tabela 20).

Figura 48 – Número de auréolas (NAU) para as três espécies de pitaia, aos 270 dias após a aplicação das doses experimentais. Fortaleza, CE, 2014

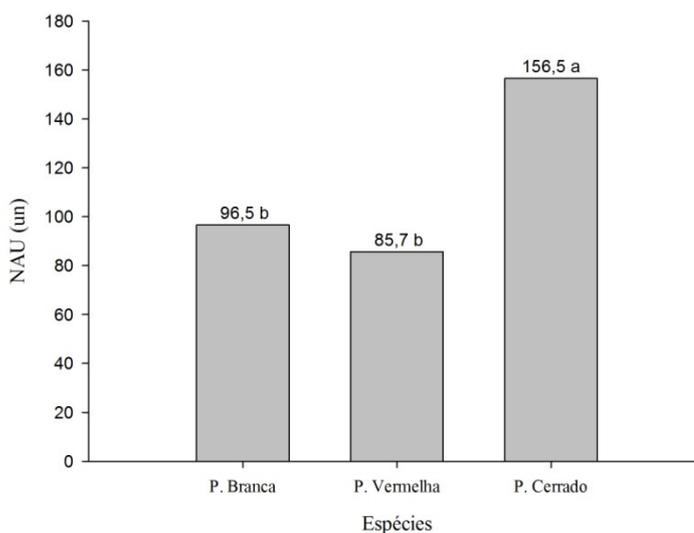


Tabela 20 – Comprimento do sistema radicular (CSR) para as três espécies de pitaia, nas diferentes doses de potássio. Fortaleza, CE, 2014

Tempo	Potássio, mg dm^{-3}				
	0	80	160	240	320
	----- CSR, cm -----				
P. Branca	35,0a	32,6a	30,7a	26,0a	21,5a
P. Vermelha	25,0b	27,6a	30,3a	32,3a	23,8a
P. Cerrado	14,2c	14,3b	15,8b	13,7b	17,3a
dms espécie	6,85				

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p=5\%$).

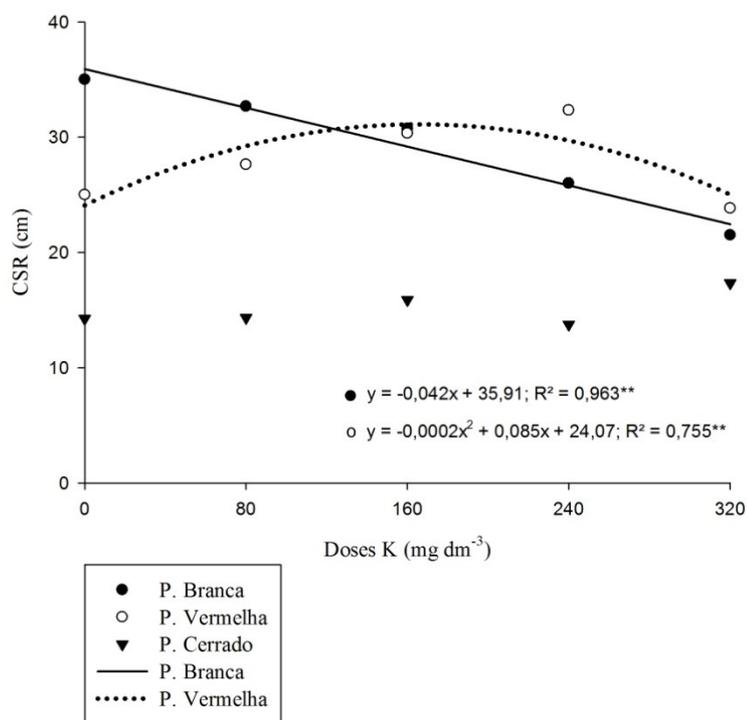
A pitiaia do Cerrado apresentou incremento de 17,9% para o CSR. No entanto, significativamente inferiores das outras duas até a penúltima dose, porém na última dose testada (320 mg dm^{-3}), não houve diferença significativa, mostrando que a pitiaia do cerrado acompanhou o crescimento das outras duas, não diferindo estatisticamente, mas numericamente menor (Tabela 20).

Esta espécie apresentou o sistema radicular menos comprido, se comparada com as outras, com maiores valores de 17,3 cm para dose 320 mg dm^{-3} , contra 35,0 e 32,3 cm para as espécies branca e vermelha nas doses 0 e 240 mg dm^{-3} , respectivamente. Sendo estas últimas a apresentar significância entre as doses estudadas.

É possível notar na Figura 49 que a pitiaia branca apresentou comportamento linear decrescente, com coeficiente de determinação elevado ($R^2 = 0,963$), indicando resposta negativa em função das doses de potássio aplicadas. Trabalhando com a mesma espécie, Almeida (2013) observou o mesmo comportamento, quando aplicou doses crescentes de potássio (0, 75, 150, 225 e 300 mg dm^{-3}), obtendo as menores médias para o crescimento vertical do sistema radicular. Ainda segundo o autor, em condições de deficiência de K no solo, o sistema radicular desenvolve-se mais do que a parte aérea, visto que a absorção do elemento se dá majoritariamente por difusão.

O melhor ajuste para a pitiaia vermelha (Figura 49) foi o quadrático, com coeficiente de determinação de 0,755, com comportamento crescente até a dose 240 mg dm^{-3} e expressiva diminuição na maior dose aplicada de potássio (320 mg dm^{-3}).

Figura 49 – Comprimento do sistema radicular (CSR) de três espécies de pitaia, em função das doses de potássio (mg dm^{-3}), aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2014



Para LSR é possível observar valores médios de 16,2; 14,1 e 13,8 cm para as pitaias branca, vermelha e do Cerrado, respectivamente (Tabela 21). Esses valores estão condizentes com os valores do CSR, sendo que a espécie pitaia branca se sobressaiu, comparativamente as demais, seguida pela pitaia vermelha. Portanto, este dado permite inferir sobre a distribuição horizontal do sistema radicular que, para Souza et al. (2006) é fundamental para os cálculos da quantidade de água a ser aplicada às plantas. Com isso, identificar as zonas de maior concentração de raízes contribui para a aplicação localizada de adubos e corretivos, melhorando a eficiência, reduzindo custos e impactos ambientais (MONTENEGRO et al., 2004).

Tabela 21 – Largura do sistema radicular (LSR) para três espécies de pitaia, nas diferentes doses de potássio. Fortaleza, CE, 2014

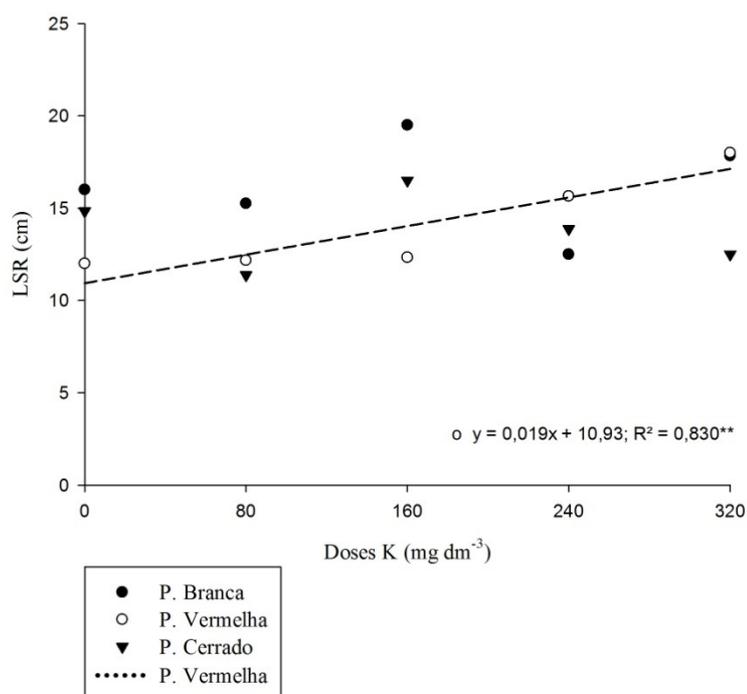
Tempo	Potássio, mg dm^{-3}				
	0	80	160	240	320
	----- LSR, cm -----				
P. Branca	16,0a	15,2a	19,5a	12,5a	17,8a
P. Vermelha	12,0a	12,1a	12,3b	15,6a	18,0a
P. Cerrado	14,8a	11,3a	16,5ab	13,8a	12,5b

 dms espécie 4, 67

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p=5%).

De acordo com a Figura 50, é possível observar que o melhor ajuste para LSR foi o modelo linear na espécie pitaia vermelha. Quando se compara com o CSR (Figura 49) para a mesma espécie, nota-se comportamento semelhante até a penúltima dose de potássio (240 mg dm⁻³); a partir daí há decréscimo acentuado, apontando que a espécie vermelha respondeu positivamente às doses de K para a LSR e para CSR até a dose citada.

Figura 50 – Largura do sistema radicular (CSR) de três espécies de pitaia, em função das doses de potássio (mg dm⁻³), aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2014



Para a MFA, observaram-se médias de 218,3; 169,3 e 111,4 g para a pitaia branca, a pitaia vermelha e a pitaia do Cerrado, respectivamente, enquanto que para a MSA, os valores respectivos foram 36,9; 26,1 e 23,6 g. No caso da MFA, essas médias diferiram estatisticamente para as três espécies e, com relação a MSA, a branca diferiu das demais (Tabelas 22 e 23).

Tabela 22 – Massa fresca da parte aérea (MFA) para três espécies de pitaiia, nas diferentes doses de potássio. Fortaleza, CE, 2014

Tempo	Potássio, mg dm ⁻³				
	0	80	160	240	320
	----- MFA, g -----				
P. Branca	149,9a	228,6a	281,2a	234,6a	197,4a
P. Vermelha	163,1a	158,8b	190,1b	184,7b	149,5ab
P. Cerrado	94,2b	95,4c	131,1c	101,4c	134,7b
dms espécie	49,5				

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p=5%).

Tabela 23 – Massa seca da parte aérea (MSA) para três espécies de pitaiia, nas diferentes doses de potássio. Fortaleza, CE, 2014

Tempo	Potássio, mg dm ⁻³				
	0	80	160	240	320
	----- MSA, g -----				
P. Branca	29,4a	33,4a	40,8a	43,5a	37,1a
P. Vermelha	24,8a	27,1a	26,3b	27,4b	24,7b
P. Cerrado	23,9a	26,1a	21,7b	21,6b	24,7b
dms espécie	7,7				

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p=5%).

Os maiores valores para as variáveis MFA e MSA, na pitaiia branca (Figuras 51 e 52), possivelmente se deu devido ao maior desenvolvimento do seu sistema radicular, tanto em comprimento quanto em largura. Visto que o potássio apresenta o seu suprimento até as raízes por difusão e por fluxo de massa, quando a quantidade de nutrientes que chega até as raízes por fluxo de massa e interceptação radicular é inferior à quantidade absorvida pelas plantas (ERNANI et al., 2007). Sendo assim, o maior volume de raízes contribui para o melhor desenvolvimento da planta. Segundo Giacomini et al. (2005), a capacidade produtiva da parte aérea de uma planta é reflexo da ação do seu sistema radicular, pois, ambos interagem. Se algum fator limita o crescimento das raízes, isso pode prejudicar a produção de massa seca da planta.

A pitaiia branca apresentou os maiores valores de MFA, diferindo das outras duas nas doses de 80, 160 e 240 mg dm⁻³, sendo a única a apresentar diferença significativa para as doses aplicadas (Figura 51). O melhor ajuste para os dados foi o modelo quadrático, com coeficiente de determinação elevado ($R^2 = 0,936^*$). Comportamento semelhante foi observado por Almeida (2013), trabalhando com

Hylocereus undatus, com doses crescentes de potássio, que observou valores de MFA crescentes até a dose 225 mg de K dm⁻³.

Para a MSA, não houve diferença entre as espécies em relação às doses até 80 mg dm⁻³; a partir desta dose, a pitiaia branca sobressai em relação as demais, a exemplo da massa fresca. O comportamento da curva foi semelhante ao da MFA, apresentando coeficiente de determinação de $R^2 = 0,877^{**}$ (Figura 52).

Ainda segundo Almeida (2013), foram encontradas oscilações nos teores de umidade nas estacas, variando em torno de 79,0 a 88,0% de água em estacas com 180 dias de implantação. Neste trabalho, observou-se valores girando em torno de 77,0 a 81,4% em estacas com 270 dias de implantação. Esses teores são inferiores em virtude da idade do material, pois estacas mais jovens (180 dias) são mais tenras e com isso têm teor mais elevado de água. Estes dados estão em conformidade com a faixa do teor relativo de umidade recomendado por Goldstein et al. (1991) e Barcikowski e Nobel (1984) para cactos suculentos.

Figura 51 – Massa fresca da parte aérea (MFA) de três espécies de pitiaia, em função das doses de potássio (mg dm⁻³), aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2014

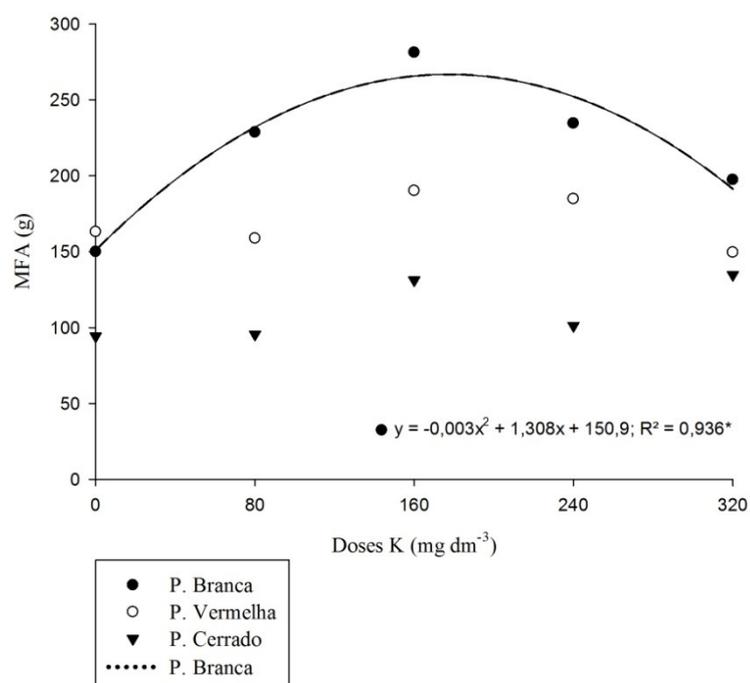
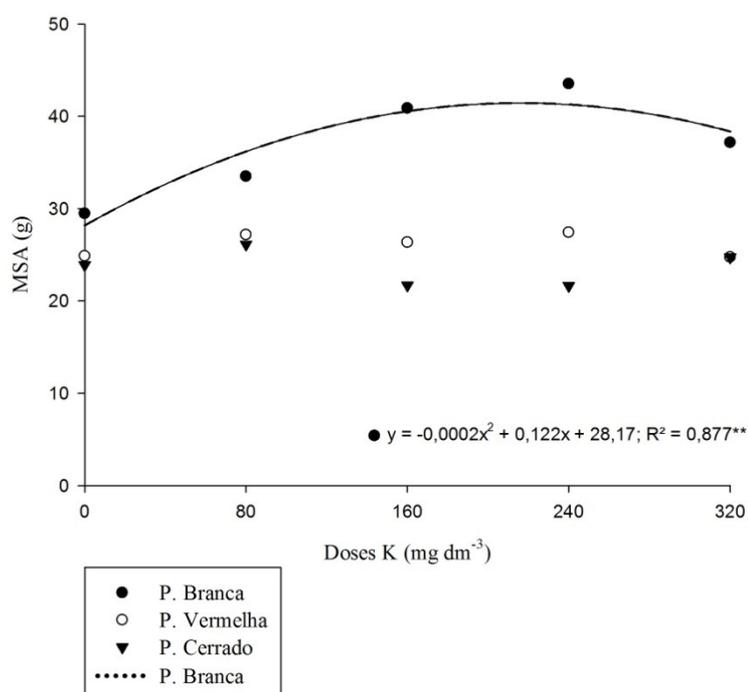


Figura 52 – Massa seca da parte aérea (MSA) de três espécies de pitiaia, em função das doses de potássio (mg dm^{-3}), aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2014



3.5 Influência das doses de potássio sobre o teor de K nos cladódios, no sistema radicular e no substrato em três espécies de pitaias

A Tabela 24 reuniu os valores dos quadrados médios da ANOVA para os teores de potássio nos cladódios, nas raízes e no substrato. Nota-se que as espécies estudadas e as doses de K aplicadas interagiram significativamente no tecido vegetal, a 5% para a parte aérea e 1% para o sistema radicular, ao passo que para o substrato apenas a dose diferiu ($p < 0,01$); este último dado aponta que todos os vasos receberam de forma homogêneas suas respectivas doses de adubo.

Tabela 24 – Quadrados médios da análise de variância para o teor de potássio nos cladódios, sistema radicular e substrato para três espécies de pitiaia aos 270 dias após a implantação do experimento. Fortaleza, CE, 2014

FV	GL	Quadrados médios.....		
		Teor de K Cladódio	Teor de K Raízes	Teor de K Substrato
Espécies	2	297,7268**	37,4854**	1,9506 ^{ns}
Dose K	4	395,2113**	31,2130**	86,3122**
Espécie x Dose	8	39,9210*	1,4826**	0,7465 ^{ns}
Resíduo	42	15,5385	0,3966	0,6520
C.V.(%)		12,7	14,3	16,7

FV – Fonte da variação; GL – Grau de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; * – Significativo a 5% de probabilidade; ** – Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} – Não significativo até 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 25, encontrou-se maior teor de K nos cladódios para a pitaia do Cerrado. Das espécies analisadas, esta foi numericamente a maior, diferindo das outras duas nas doses 80 e 320 mg dm⁻³. Quando se compara as espécies em relação às doses de K, observa-se que todas apresentaram crescimento linear positivo (Figura 53). De maneira geral, as três espécies se comportaram de forma semelhante com pequeno aumento no teor de K nos tecidos da pitaia do Cerrado.

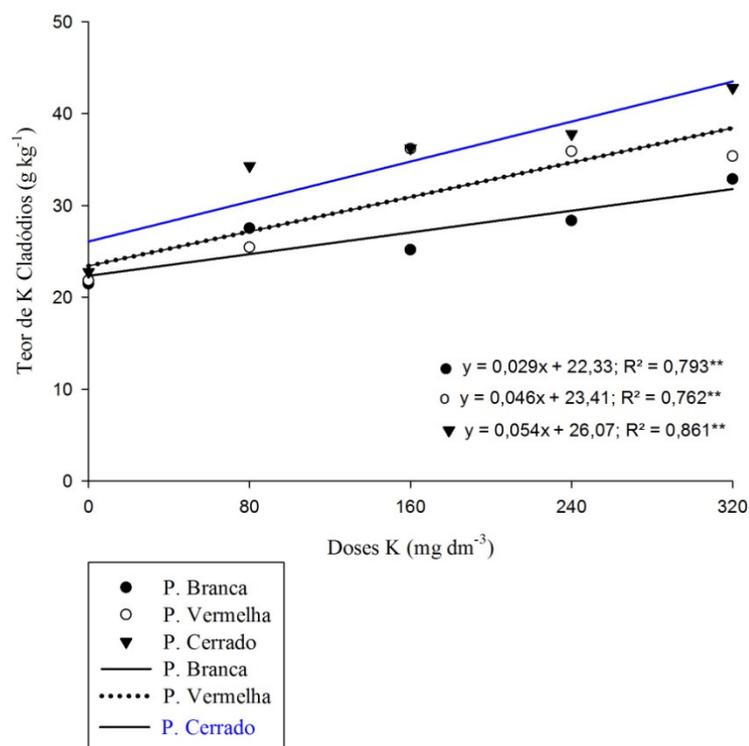
Trabalhando com a espécie *Hylocereus undatus*, Almeida (2013), encontrou valores para o teor de K na parte aérea que variaram de 12,8 a 46,0 g kg⁻¹, nesta pesquisa a variação para a mesma espécie foi de 21,4 a 32,8 g kg⁻¹.

Tabela 25 – Teor de potássio nos cladódios das três espécies de pitaia, em função das doses de potássio. Fortaleza, CE, 2014

Tempo	Potássio, mg dm ⁻³				
	0	80	160	240	320
	----- Teor K Cladódios, g kg ⁻¹ -----				
P. Branca	21,4a	27,5b	25,1b	28,3b	32,8b
P. Vermelha	21,8a	25,4b	36,1a	35,8a	35,3b
P. Cerrado	22,7a	34,3a	36,2a	37,7a	42,8a
dms espécie	6,7				

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p=5%).

Figura 53 – Teor de potássio nos cladódios das três espécies de pitaia, em relação às doses de potássio (mg dm^{-3}), aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2014



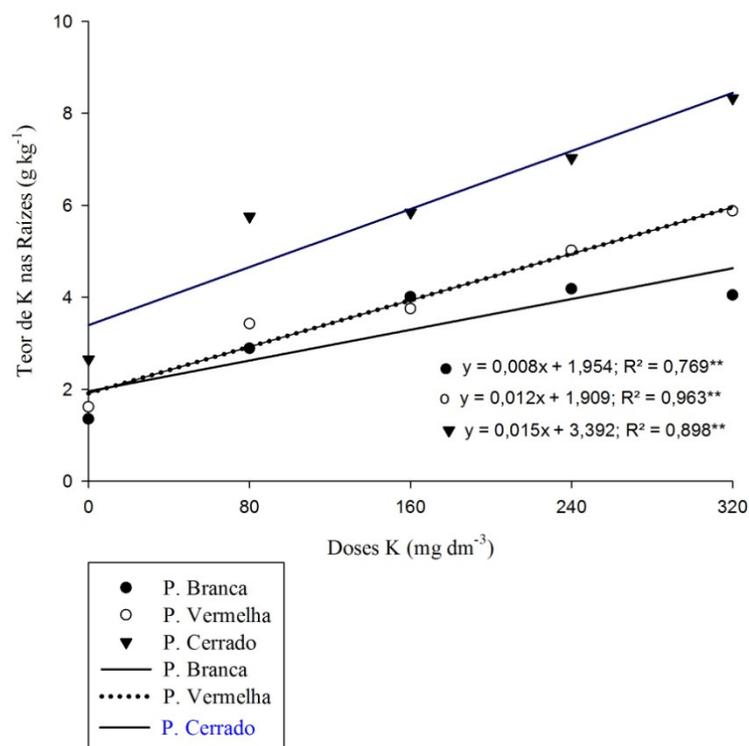
A exemplo dos cladódios, a pitaia do Cerrado apresentou maior teor de K nas raízes, se comparada à branca e à vermelha, diferindo estatisticamente em todas as doses de K aplicadas, mostrando que nesta espécie também foram encontrados os maiores teores de K na massa das raízes. De acordo com observações fisiológicas descritas por Bredemeier e Mundstock (2000), maiores valores foram mensurados no crescimento dos cladódios da pitaia do Cerrado, se comparado às demais pitaias, conforme apontam as Figuras 39, 42 e 45; a demanda pelo K na parte aérea foi superior, conforme mostra a Tabela 26 e a Figura 54. Esta última mostra crescimento linear, altamente significativo para as três espécies em resposta às doses aplicadas de K. Observou-se, ainda, incremento de 2,7; 4,2 e 5,7 g kg^{-1} para as espécies branca, vermelha e cerrado, respectivamente, se comparado a testemunha.

Tabela 26 – Teor de potássio no sistema radicular das três espécies de pitaia, em função das dose de potássio. Fortaleza, CE, 2014

Tempo	Potássio, mg dm ⁻³				
	0	80	160	240	320
	----- Teor K Raízes, g kg ⁻¹ -----				
P. Branca	1,3b	2,8b	4,0b	4,1b	4,0c
P. Vermelha	1,6ab	3,4b	3,7b	5,0b	5,8b
P. Cerrado	2,6a	5,7a	5,8a	7,0a	8,3a
dms espécie	1,0				

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p=5%).

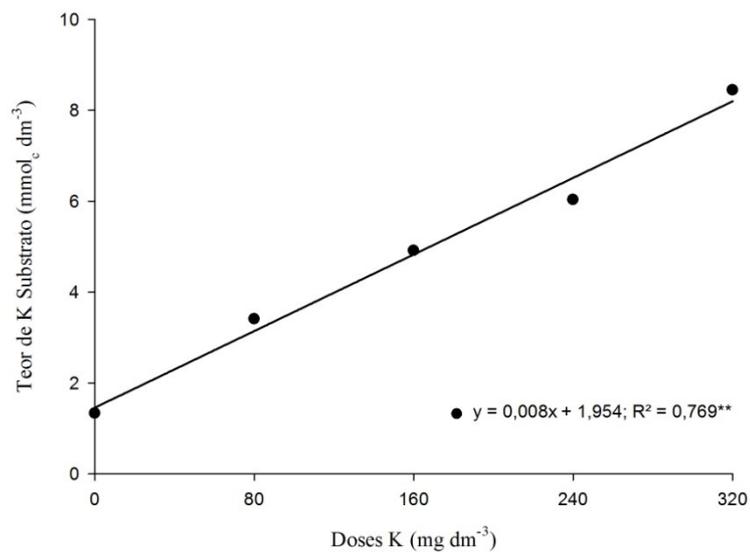
Figura 54 – Teor de potássio nas raízes das três espécies de pitaia, em relação às doses de potássio (mg dm⁻³), aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2014



Conforme a Tabela 24, o teor de K no substrato diferiu estatisticamente apenas entre as doses; assim, procedeu-se à regressão, sendo o melhor ajuste o modelo linear positivo. Resultados semelhantes foram encontrados por Rodrigues (2010), trabalhando com doses crescentes de K em pitaia.

Comparando a dose controle com a maior dose de K aplicada, houve disponibilidade deste elemento para a planta de quase sete vezes, conforme mostra a Figura 55.

Figura 55 – Teor de K no substrato utilizado em vasos para as três espécies de pitaiá, em função das doses de potássio (mg dm^{-3}), aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2014



4 CONCLUSÕES

Em relação às avaliações biométricas: número de cladódios, somatório do comprimento de cladódios, diâmetro dos cladódios e espessura dos cladódios, houve incremento do tempo 1 (180 dias) para o tempo 2 (270 dias), independente da espécie avaliada. Neste contexto, as doses que apresentaram os maiores valores para as referidas medidas foram 320 mg K dm^{-3} e 240 mg K dm^{-3} para o tempo 1 e 2, respectivamente.

Para as medições destrutivas, a pitaia branca apresentou os melhores resultados dentre as espécies estudadas, para as variáveis: comprimento do sistema radicular, largura do sistema radicular, massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea, seguida da pitaia vermelha.

Os maiores teores de K no tecido vegetal foram encontrados na pitaia do Cerrado, seguida da vermelha e da branca. Isto pode ser indicativo de maior exigência deste elemento por esta espécie.

5 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.I.B.; CORRÊA, M.C.M.; CRISÓSTOMO, L.A.; ARAÚJO, N.A.; SILVA, J.C.V. Nitrogênio e potássio no crescimento de mudas de pitaia [*Hylocereus undatus* (Haw) BRITTON & ROSE]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p. 1018-1027, 2014.
- ALMEIDA, E.I.B. **Crescimento inicial de pitaia (*Hylocereus undatus*) em função de combinações de doses de fósforo-zinco e nitrogênio-potássio**. 2013. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- BALIZA, D. P.; CUNHA, R.L.; CASTRO, E.M.; BARBOSA, J.P.R.A.D.; PIRES, M.F.; GOMES, R.A. Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de Cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. **Coffee Science**, v. 7, p. 250-258, 2012.
- BARCIKOWSKI, W.; NOBEL, P. S. Water relations of cacti during desiccation: distribution of water in tissues. **Botanical Gazette**, v. 145, p. 110–115. 1984.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, p. 365-372. 2000.
- CAVALCANTE, I. H. L. **Pitaya: propagação e crescimento de plantas**. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Área de Concentração em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, 2008.
- CORRÊA, M.C.M.; ALMEIDA, E.I.B.; MARQUE, V.B.; SILVA, J.C.V.; AQUINO, B.F. Crescimento inicial de pitaia em função de combinações de doses de fósforo-zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 1, p. 261-270. 2014.
- DONATO, P.E.R. **Características morfológicas, de rendimento e nutricionais da palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco**. 2011. 135f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.
- DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; ARAÚJO FILHO, J.T.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C.; PESSOA, R.A.S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira–Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n.1, p. 129-135.2010.
- ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, L.E.F.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, 2007. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.551-594.
- FARIAS, R.; ALVES, E.R. **Caminhando pelo cerrado: plantas herbáceo-arbustivas caracteres vegetativos e organolépticos**. Brasília: UnB, 2002. 94 p.

GIACOMINI, A.A.; MATTOS, W.T.; MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; CUNHA, E.A.; CARVALHO, D.D. Crescimento de raízes dos capins aruana e tanzânia submetidos a duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v, 34, n, 4, p. 1109-1120, 2005.

GOLDSTEIN, G.; ANDRADE, J. L.; NOBEL, P. S. Differences in water relations parameters for the chlorenchyma and the parenchyma of *Opuntia ficus-indica* under wet versus dry conditions. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 95–107. 1991.

GRAHAM, E.A.; NOBEL, P.S. Daily changes in stem thickness and related gas exchange patterns for the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus*. **International Journal of Plant Science**, Chicago, v. 166, p.13–20, 2005.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; SALVIANO, A.; PEREIRA, A. V. Informações preliminares sobre uma pitaya (*Selenicereus setaceus* Rizz.) nativa do cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, CD-ROM. 2002.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: com um estudo de los clima de La tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1918. 478p.

LACOEUILHE, J. J.; GICQUIAUX, Y. La nutrition en cations de l'ananas à la Martinique. **Fruits**, Paris, n. 26, p. 519-531. 1971.

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* sp.): a new fruit crop, a market with future. **Fruits**, Paris, v. 61, p. 237-250, 2006.

MONTENEGRO, A.A.T.; GONDIM, R.S.; BEZERRA, M.A.; COSTA, C.A.G.; SABINO, K.V. Distribuição do sistema radicular da bananeira na microrregião do Baixo Jaguaribe, Ceará. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2004.

ORTIZ-HERNÁNDEZ, Y. D.; CARRILLO-SALAZAR, J. A. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): a short review. **Comunicata Scientiae**, v. 3, p. 220-237, 2012.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.

PONTES FILHO, F.S.T.; ALMEIDA, E.I.B.; BARROSO, M.M.A.; CAJAZEIRA, J.P.; CORRÊA, M.C.M. Comprimento de estacas e concentrações de ácido indolbutírico (AIB) na propagação vegetativa de pitaiá. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 4, p. 788-793, 2014.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 407 p.

RODRIGUES, L.J. **Desenvolvimento e processamento mínimo de pitaiá nativa (*Selenicereus setaceus* Rizz.) do cerrado brasileiro**. 2010. 164 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

- SILVA, A. C. C. **Pitaya: melhoramento e produção de mudas**. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Área de Concentração em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, 2014.
- SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Editora Embrapa, 2009. 2. ed, 627 p.
- SILVA, N.G.M. **Avaliação de características morfológicas e comparação de métodos de estimativas de índice de área de cladódio na palma forrageira**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Área de Forragicultura) – Departamento de Zootecnia. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 67f. 2009.
- SOUZA, E. de A.; COELHO, E.F.; PAZ, V.P. da S. Distribuição de raízes do mamoeiro fertirrigado com três frequências de aplicação de fósforo. **Magistra**, v. 18, n. 1, p. 14-20, 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2013. 918 p.
- XU, G.; WOLF, S.; KAFKAFI, U. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.719-734, 2002.