



UFRR

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - POSAGRO**

CARLOS ABANTO RODRIGUEZ

**CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE CAMU-CAMU
SOB FERTIRRIGAÇÃO COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO
EM CONDIÇÕES DE TERRA FIRME**

**BOA VISTA
RORAIMA – BRASIL
2014**

CARLOS ABANTO RODRIGUEZ

**CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE CAMU-CAMU
SOB FERTIRRIGAÇÃO COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO
EM CONDIÇÕES DE TERRA FIRME**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Roraima em parceria com a Embrapa Roraima.

Orientador: Pesq. Dr. Edvan Alves Chagas
Co-orientadora: Pesq. Dra. Teresinha C.S. de Albuquerque.

BOA VISTA, RR
2014

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

R696c Rodriguez, Carlos Abanto.

Crescimento inicial de plantas de camu-camu sob fertirrigação com nitrogênio e potássio em condições de terra firme / Carlos Abanto Rodriguez. -- Boa Vista, 2014.

98 p.

Orientador: Pesquisador. Dr. Edvan Alves Chagas.

Co-orientadora: Pesq. Dra. Teresinha C. S. de Albuquerque

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

1 - . *Myrciaria dubia*. 2 – Nutrição mineral. 3 – Macronutrientes. 4 – Micronutrientes. 5 – Irrigação. I - Título. II – Chagas, Edvan Alves (orientador). III – Albuquerque, Teresinha C. S. de. (co-orientador)

CDU- 634.32

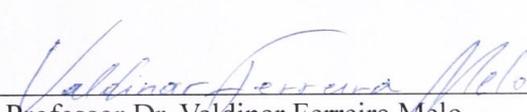
**CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE CAMU-CAMU
SOB FERTIRRIGAÇÃO COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO
EM CONDIÇÕES DE TERRA FIRME**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em produção Vegetal.

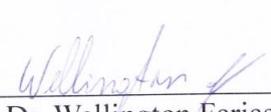
Aprovada: 7/03/2013



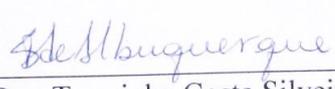
Pesquisador Dr. Edvan Alves Chagas
Orientador – Embrapa Roraima



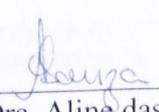
Professor Dr. Valdinar Ferreira Melo
UFRR



Professor Dr. Wellington Farias Araújo
UFRR



Pesquisadora Dra. Teresinha Costa Silveira Albuquerque
Embrapa Roraima



Pesquisadora Dra. Aline das Graças de Souza
UFRR/EMBRAPA/CAPES/PNPD

À Deus e a minha pátria, Peru
A meus irmãos, Nicole e Miguel Angel.
A minha noiva, Gisela Saldaña Rios.
A meus familiares.
“A razão de todo meu esforço”

Ofereço.

A minha mãe, Julia Rodriguez Alarcon,
“In memorium” ao meu pai e amigo, Júlio Esquerre Castillo.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida;

À Universidade Federal de Roraima (UFRR);

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (POSAGRO);

À Embrapa Roraima e a todos os seus colaboradores pela logística e apoio na realização deste trabalho;

Ao Pesquisador Dr. Edvan Alves Chagas e Profa. Dra. Pollyana Cardoso Chagas, “Grandes amigos e parceiros”, pessoas chaves para a realização do mestrado no Brasil, obrigado pela orientação, e, principalmente, pela amizade e confiança depositada em minha pessoa;

A pesquisadora Dra. Teresinha Costa Silveira de Albuquerque pelo apoio, conselhos, recomendações e paciência na orientação para a realização do trabalho;

Ao Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de dois anos da bolsa de estudo;

A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia (POSAGRO), pelas exigências, pelos ensinamentos, pelas orientações e pela amizade;

As Pesquisadoras *Pós-Doc* da Embrapa Roraima, Dra. Aline das Graças Souza, Dra. Verônica Andrade dos Santos e Dra. Christinny Bacelar Lima, pela amizade, orientação e por compartilhar seus conhecimentos através de comentários e sugestões, importantes para o desenvolvimento do trabalho;

Às Doutorandas Maria da Conceição Rocha Araújo, Ricardo Bardales Lozano, Luís Felipe de Almeida, Maria Luiza Grigio, Marcela Liegue, pela amizade, confiança e por ser parte importante em me apoiar na conclusão deste trabalho;

Aos estagiários da equipe de fruticultura da Embrapa: Diego Lima, Olisson Mesquita, Sara Thiele, Isabel Garcia, Ariel Moura e Adamor Mota, pela amizade e pelo apoio nas avaliações em campo.

Aos meus colegas do Mestrado em Agronomia turma 2012-I: Josimar Chaves, Cátia Mosqueira, Davair Lopes, Fernando Sousa, Deyse Oliveira, Antônia Dianaia, Rafael Prado, Carlos Matos, Raimundo de Almeida e a Jeysse Kelly pelo apoio, amizade e oportunidade de compartilhar conhecimentos.

Aos Mestrandos Roberto Tadashi Sakasaki, Marcos Wanderley da Silva e família, Luís Fernandes, Hipólito Murga pelo apoio, amizade, confiança e incentivo;

E claro, ao Brasil, país que me deu a oportunidade de seguir crescendo profissionalmente.

Muito grato!!

BIOGRAFIA

CARLOS ABANTO RODRIGUEZ, filho de Jaime Bartolo Abanto Carrera e Julia Rodriguez Alarcon, nasceu em 04 de Júlio de 1978, em Cajamarca, Peru. Em Agosto de 1997, iniciou o curso de Engenharia Florestal na Universidade Nacional Agraria la Molina-UNALM, graduando-se em Júlio de 2007. Desde então vem desenvolvendo trabalhos na área de Agrofloresta em empresas privadas (2007-2008), como assistente de pesquisa e como pesquisador principal no Instituto de pesquisas da Amazônia Peruana- IIAP (2009-2012). No ano 2012, passou na seleção do curso do mestrado em Agronomia na Universidade Federal de Roraima (UFRR), na qual marca o precedente como o segundo aluno estrangeiro a ingressar no programa de pós-graduação em Agronomia (POSAGRO) da UFRR, Roraima, Brasil.

RODRIGUEZ, CARLOS ABANTO. **Crescimento inicial de plantas de camu-camu sob fertirrigação com nitrogênio e potássio em condições de terra firme.** 2014. 97 p. Dissertação de Mestrado / Dissertação de Mestrado em Agronomia-Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2014.

RESUMO

Uma das tendências do mundo moderno é a orientação ao consumo de produtos naturais com alto valor nutritivo e vitamínico. O camu-camu é uma fruteira nativa da Amazônia, que chama a atenção pelo alto conteúdo de vitamina C (até 6.116 mg/100 g de polpa). Esta espécie está em processo de domesticação, pelo qual ainda, não se dispõe de informações técnicas sobre o manejo agrônomico em terra firme, nos primeiros anos de cultivo. Assim, objetivou-se determinar o efeito do nitrogênio e potássio aplicados por nove meses via fertirrigação no crescimento inicial de plantas de camu-camu irrigadas em condições de terra firme durante (janeiro-setembro, 2013). Para tal, foram realizados dois experimentos: o primeiro consistiu na aplicação de cinco doses de nitrogênio: 0; 40; 80; 120; 160 kg ha⁻¹; e no segundo, foram testadas cinco doses de potássio: 0; 40; 80; 120; 160 kg ha⁻¹. Os delineamentos utilizados foram em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas no tempo para as variáveis: altura (cm), diâmetro do coleto (mm) avaliados a cada 30 dias; número e comprimento total de ramos avaliados a cada 90 dias (cm) e blocos casualizados simples para o teor de clorofila *a*, massa seca (g) das folhas, dos ramos, das raízes, massa seca total (g), índice de qualidade de Dickson (IQD), teor e acúmulo de macro e micronutrientes avaliados ao final dos experimentos. Diante dos resultados, verificou-se que a fertilização nitrogenada e potássica aplicada via fertirrigação ocasionaram maior qualidade das plantas de camu-camu na dose aproximada de 128 kg ha⁻¹ de N e 160 kg ha⁻¹ de K. A fertilização nitrogenada aumentou os teores de N, K e Ca e reduziu os teores de B e Mn e a fertilização potássica elevou os teores de N, K e S e reduziu os teores de Ca, Mg, B e Mn nas folhas de camu-camu. Considerando as partes da planta, o maior acúmulo de nutrientes foi verificado na parte aérea (ramos e folhas) para N, P, K, Ca, Mg, S, B e Mn, e para as raízes foi Fe, Cu e Zn em função das doses crescentes de N e K.

Palavras chave: *Myrciaria dubia*, Nutrição mineral, Macronutrientes, Micronutrientes, Irrigação.

RODRIGUEZ, CARLOS ABANTO. **Early growth of camu-camu plants under fertigation with nitrogen and potassium under solid ground conditions.** 97 p. Dissertação de Mestrado / Dissertação de Mestrado em Agronomia-Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2014.

ABSTRACT

One of the trends of the present world is the orientation to the consumption of natural products with a high nutritive and vitamin value. The camu-camu is a fruit-bearing tree native to the Amazon rainforest, which calls the attention for its high vitamin C content (up to 6,116 mg/100 g of pulp). This species is in domestication process; for this reason, technical information about the agronomical management on firm earth in the early years of cultivation is not available. So, it was aimed to determine the effect of both nitrogen and potassium applied for nine months via fertigation on the early growth of camu-camu plants irrigated under firm earth conditions (January-September, 2013). For such a purpose, two experiments were carried out: the former consisted in the application of five doses of nitrogen: 0; 40; 80; 120 and 160 kg ha⁻¹; and in the latter, five doses of potassium: 0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ were tested. The designs utilized were in randomized blocks in split plot scheme in time for the variables: height (cm), stem diameter (mm) evaluated every 30 days; number and total length of twigs evaluated every 90 days (cm) and simple randomized blocks for the a chlorophyll content, dry mass (g) of leaves, of the twigs, of the roots, total dry mass (g), Dickson quality index (IQD), content and accumulation of macro and micronutrients evaluated at the end of the experiments. Based upon the results, it was found that nitrogen and potassium fertilization applied via fertigation brought about improved quality of the camu-camu plants at the approximate dose of 128 kg ha⁻¹ of N and 160 kg ha⁻¹ of K. Nitrogen fertilization increased the contents of N, K and Ca and reduced the contents of B and Mn, the potassium fertilization raised the contents of N, K and S and reduced the contents of Ca, Mg, B and Mn in the camu-camu leaves. Considering the parts of the plant, the greatest accumulation of nutrients was found in the shoot (twigs and leaves) for N, P, K, Ca, Mg, S, B and Mn and for the roots was Fe, Cu and Zn as a result of the growing doses of N e K.

Key words: *Myrciaria dubia*, mineral nutrition, macronutrients, Micronutrients, Irrigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Efeito das doses de N sobre: a) altura (cm); b) diâmetro do coleto (mm); c) número; d) comprimento (cm) de ramos de plantas de camu-camu.	35
Figura 2 - Efeito das doses de N sobre Massa seca de folha (MSFO) (g), massa seca de ramos (MSR) (g), massa seca da raiz (MSRZ) (g) e massa seca total (MST) (g) das plantas de camu-camu.	38
Figura 3 - Efeito das doses de N sobre o Índice de qualidade de Dickson (IQD) das plantas de camu-camu.	39
Figura 4 - Efeito das doses de N sobre o Índice de Clorofila <i>a</i> das plantas de camu-camu.	40
Figura 5 - Efeito das doses de Nitrogênio aplicadas via fertirrigação nos teores de N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e) e S (f) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.	41
Figura 6 - Efeito das doses de Nitrogênio aplicadas via fertirrigação nos teores de B (a), Mn (b), Fe (c), Cu (d) e Zn (e) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.	47
Figura 7 - Efeito das doses de Nitrogênio aplicadas via fertirrigação nos acúmulos de N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e) e S (f) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.	50
Figura 8 - Efeito das doses de Nitrogênio aplicadas via fertirrigação nos acúmulos de B (a), Mn (b), Fe (c), Cu (d) e Zn (e) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.	53
Figura 9 - Efeito das doses de K sobre: a) altura (cm); b) diâmetro do coleto (mm); c) número; d) comprimento (cm) de ramos de plantas de camu-camu.	63
Figura 10 - Efeito das doses de K sobre a massa (g) seca de folha (MSFO), de ramos (MSR), de raiz (MSRZ) e massa (g) seca total (MST) das plantas de camu-camu.	65
Figura 11 - Efeito das doses de K sobre Índice de qualidade de Dickson (IQD) das plantas de camu-camu.	66
Figura 13 - Efeito das doses de Potássio aplicadas via fertirrigação nos teores de N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e) e S (f) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.	68
Figura 14 - Efeito das doses de K aplicadas via fertirrigação nos teores de B (a), Mn (b), Fe (c), Cu (d) e Zn (e) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.	73
Figura 15 - Efeito das doses de Potássio aplicadas via fertirrigação no acúmulo de N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e) e S (f) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.	78
Figura 16 - Efeito das doses de Potássio aplicadas via fertirrigação no acúmulo de B (a), Cu(b), Fe (c), Mn (d) e Zn (e) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos do solo do campo experimental Água Boa da Embrapa Roraima, Boa Vista, RR, onde foi conduzido o experimento (2013)	31
Tabela 2 - Teores de micronutrientes do solo do campo experimental Água Boa da Embrapa Roraima, Boa Vista, RR, onde foi conduzido o experimento (2013)	31
Tabela 3 - Análise de variância (ANOVA) do efeito do N sobre altura (cm) e diâmetro do coleto (mm) das plantas de camu-camu no período de 270 dias	34
Tabela 4 - Análise de variância (ANOVA) do número de ramos e comprimento (cm) de ramos das plantas de camu-camu até os 270 dias após o plantio em condições de terra firme	34
Tabela 5 - Resumo da análise de variância (ANOVA) de massa seca (g) das folhas (MSFO), ramos (MSR) e raízes (MSRZ) e massa seca (g) total (MST) das plantas de camu-camu aos 270 dias após o plantio em condições de terra firme	37
Tabela 6 - Atributos químicos do solo do campo experimental Água Boa da Embrapa Roraima, onde foi conduzido o experimento (2013)	59
Tabela 7 - Teores de micronutrientes do solo do campo experimental Água Boa da Embrapa Roraima, onde foi conduzido o experimento (2013).....	59
Tabela 8 - Análise de variância (ANOVA) do efeito do K sobre altura (cm) e diâmetro do coleto (mm) das plantas de camu-camu no período de 270 dias	62
Tabela 9 - Análise de variância (ANOVA) do efeito das doses de N sobre o número de ramos e comprimento (cm) de ramos das plantas de camu-camu.	62
Tabela 10 - Resumo da análise de variância (ANOVA) do efeito das doses de K sobre a massa (g) seca de folha (MSFO), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) e massa (g) seca total (MST) das plantas de camu-camu no período de 270 dias	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
	Objetivo geral	15
	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	Fruticultura nativa da Amazônia	16
3.2	Camu-camu	16
3.3	Antecedentes da fertilização em camu-camu	18
3.4	Fertirrigação	19
3.4.1	Manejo da fertirrigação	20
3.5	Características dos fertilizantes para fertirrigação	20
3.6	Teor de clorofila nas plantas	20
3.7	Nutrientes essenciais	21
3.7.1	Macronutrientes	22
3.7.2	Micronutrientes	23
3.8	Avaliação nutricional	25
3.9	Acúmulo de nutrientes	25
4	CAPÍTULO 1	27
	CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE CAMU-CAMU SOB FERTIRRIGAÇÃO COM NITROGÊNIO EM CONDIÇÕES DE TERRA FIRME	27
	RESUMO	27
	EARLY GROWTH OF CAMU-CAMU PLANTS UNDER FERTIGATION WITH NITROGEN UNDER SOILID GROUND CONDITIONS	28
	ABSTRACT	28
	INTRODUÇÃO	29
	MATERIAL E MÉTODOS	31
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
	CONCLUSÕES	54
5	CAPÍTULO 2	55
	CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE CAMU-CAMU SOB FERTIRRIGAÇÃO COM POTÁSSIO EM CONDIÇÕES DE TERRA FIRME	55
	RESUMO	55
	EARLY GROWTH OF CAMU-CAMU PLANTS UNDER FERTIGATION WITH POTASSIUM UNDER SOILID GROUND CONDITIONS	56
	ABSTRACT	56
	INTRODUÇÃO	57
	MATERIAL E MÉTODOS	59
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
	CONCLUSÕES	81
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	83

1 INTRODUÇÃO

Assim como o ouro, o petróleo, a madeira e outras riquezas enigmáticas da Amazônia, o camu-camu é outro presente que a natureza oferece a humanidade (PINEDO et al., 2010). Pertence à família Myrtaceae e foi descrita pela primeira vez em 1823 por Humboldt, Bonpland e Kunth, como *Psidium dubium* HBK. Em 1963, Rogers McVaugh reclassifica esta espécie para o gênero *Myrciaria* e, em seguida, tornar-se conhecido como *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh (SILVA, 2012).

Dentro da diversidade de frutas nativas que existem na Amazônia, o camu-camuzeiro arbustivo ressalta por seu alto conteúdo de ácido ascórbico que varia de 845 a 6.100 mg em 100 g de polpa e por esse fato tem gerado grande interesse em alguns países de Europa e Ásia para ser utilizado na indústria farmacológica e nutracêutica (YUYAMA; MENDES; VALENTE, 2011). Cresce na margem dos rios e lagos de toda a bacia Amazônica e seu habitat varia desde solos férteis da várzea do Peru, onde há influência direta dos sedimentos dos Andes, até solos paupérrimos da praia de areia branca do Rio Negro (YUYAMA; VALENTE, 2011; DELGADO; YUYAMA, 2010).

O fruto dessa espécie é muito usado no preparo de refresco, sorvete, picolé, geléia, licor caseiro, xarope, xampu e iogurte. No entanto, devido a sua elevada acidez, dificilmente são consumidos ao natural (ALMEIDA, 2010). A produção e o beneficiamento de seus frutos tornam-se uma alternativa viável ao desenvolvimento regional, como fonte de alimentos e obtenção de renda das comunidades rurais e, além disso, favorece a preservação da espécie (PINEDO et al., 2001; PINEDO et al., 2010; YUYAMA, 2011).

A produção de frutos em populações naturais não garante uma contínua disponibilidade do produto em vista da sazonalidade ocasionada pelos diversos fatores edafoclimáticas. Dessa forma, torna-se imprescindível o cultivo em terra firme, mediante um manejo agrônômico adequado com o uso de tecnologias para proporcionar maiores condições de desenvolvimento e produção.

No Estado de Roraima onde é encontrado naturalmente, existem boas perspectivas para o desenvolvimento do camu-camu em terra firme. Por não ser uma espécie domesticada, pouco se sabe sobre as condições ótimas para o cultivo do camu-camu na Região amazônica em relação às condições ideais de nutrição mineral necessária para o desenvolvimento inicial das plantas em condições de terra firme (ESASHIKA et al., 2011). A maioria dos solos da região constitui-se de Latossolos e Argissolos amarelos préintemperizados, com limitações à

produção de alimentos, por apresentarem baixa fertilidade natural e pela existência de uma estação seca bem definida, com duração de sete meses (RODRIGUES et al., 2000).

Considerando que a água e os nutrientes são os principais fatores para a viabilidade econômica da produção agrícola, torna-se necessária a adequação de tecnologias de cultivo em relação à irrigação e nutrição. A agricultura irrigada tem sido uma importante estratégia para otimização da produção mundial de alimentos, gerando desenvolvimento sustentável no campo, com geração de empregos e renda de forma estável. Atualmente, mais da metade da população mundial depende de alimentos produzidos em áreas irrigadas (MANTOVANI et al., 2003).

Para o adequado desenvolvimento da planta e obtenção de produtividade satisfatória, é essencial a reposição de água e nutrientes, na quantidade ideal e no momento oportuno. A fertirrigação oferece maior versatilidade para a aplicação de fertilizantes, podendo-se dosar rigorosamente as quantidades de nutrientes e fornecê-los segundo as necessidades das plantas, durante o seu ciclo de desenvolvimento (NANNETTI et al., 2000). A fertirrigação via gotejamento ou microaspersão é a forma que mais se aproxima do ritmo de absorção de água e de nutrientes pela planta e tem sido utilizada de forma rotineira por agricultores em diversas culturas. O conhecimento da quantidade de nutrientes acumulada na planta em cada estágio de crescimento fornece informações importantes que podem auxiliar no programa de adubação das culturas quando a fertirrigação é empregada (FERREIRA, 2011).

2 OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar o efeito de diferentes doses de nitrogênio e potássio quando aplicados via fertirrigação no desenvolvimento inicial de plantas de camu-camu em condições de terra firme, na região de cerrado do Estado de Roraima.

Objetivos específicos

1. Determinar o efeito de diferentes doses de N sobre as características de altura (cm), diâmetro do coleto (mm) e número e comprimento de ramos (cm) de plantas de camu-camu cultivadas sob fertirrigação em condições de terra firme;
2. Determinar o efeito de diferentes doses de K sobre as características de altura (cm), diâmetro do coleto (mm) e número e comprimento de ramos (cm) de plantas de camu-camu cultivadas sob fertirrigação em condições de terra firme;
3. Determinar o efeito de diferentes doses de N sobre a massa seca (g) de folha, ramos, raízes e massa seca total; índice de qualidade de Dickson (IQD) e índice de clorofila Falker (ICF) das plantas de camu-camu;
4. Determinar o efeito o de diferentes doses de K sobre a massa seca (g) de folha, ramos, raízes e massa seca total; índice de qualidade de Dickson (IQD) e índice de clorofila Falker (ICF) das plantas de camu-camu;
5. Determinar o efeito de diferentes doses de N sobre o teor e acúmulo de macro e micronutrientes em plantas de camu-camu após nove meses de fertirrigação;
6. Determinar o efeito de diferentes doses de K sobre o teor e acúmulo de macro e micronutrientes em plantas de camu-camu após nove meses de fertirrigação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Fruticultura nativa da Amazônia

Segundo Grigio (2013), na Amazônia, a fruticultura vem se expandindo, principalmente na última década, por meio de diversos produtos regionais que se destacam pelo sabor exótico e diferenciado. É a quarta principal atividade econômica da Região e do ponto de vista socioeconômico é a atividade que apresenta o maior potencial de distribuição de renda em fluxo regular ao longo de toda cadeia produtiva, envolvendo milhares de pequenos produtores e indústrias processadoras, com uma atividade intensiva em mão-de-obra (BASA, 2008; GRIGIO, 2013).

A Amazônica brasileira apresenta elevada disponibilidade de espécies frutíferas e se constitui no mais importante repositório de plantas, com aproximadamente 220 espécies produzem frutos comestíveis, o que representa 44% da diversidade de frutos nativos do Brasil (CARVALHO; NASCIMENTO, 2004). Segundo Rufino (2008), diversas espécies não tradicionais vem sendo utilizadas pelas populações locais brasileiras, em decorrência do grande potencial de exploração no mercado para consumo *ao natural* e/ou industrializado.

O incremento da exploração econômica de produtos e subprodutos de algumas frutíferas vem sendo atribuído à crescente preocupação do consumidor com uma dieta saudável (YAHIA, 2010). Com relação ao camu-camu a produção de frutos adotada pelos camponeses somente com o extrativismo em ambientes naturais não garante qualidade, sendo imprescindível a produção de cultivos em terra firme, com a vantagem de estender o período de frutificação e de colheita de frutos com qualidade (GAVINHO, 2005; WELTER, 2010). A adaptação de plantas em terra firme já é uma realidade, o qual com um manejo adequado e uso de adubações podem-se proporcionar maiores condições de desenvolvimento e produção (FALCÃO, 1986; citado por WELTER, 2010).

3.2 Camu-camu

O camu-camuzeiro é classificado botanicamente como uma planta da Divisão Fanerógama; Subdivisão *Magnoliophyta* (Angiosperma); Classe *Magnoliophysida* (Dicotiledôneas); Ordem *Myrtales*; Família *Myrtaceae*; Gênero *Myrciaria*; Espécie *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh (YUYAMA; VALENTE, 2011). A Família *Myrtaceae* compreende cerca de 130 gêneros com aproximadamente 4.000 espécies, entre as quais *Myrciaria dubia*, que se destaca como uma das mais importantes da Amazônia (YUYAMA; VALENTE, 2011; LORENZI; SOUZA, 2008).

A planta de camu-camu foi descrita pela primeira vez em 1823 por Humboldt, Bompland e Kunth, como *Psidium dubium* H.B.K. Em 1963, Rogers Mc Vaugh reclassifica essa espécie para o gênero *Myrciaria*, passando então a chamar-se *Myrciaria dubia* (Kunth) Mc Vaugh (SILVA, 2012). O camu-camuzeiro é também conhecido como araçá d'água, urupá, araçá de igapó, camú-camú, caçari (SMIDERLE; SOUSA, 2008), sarão, marajá e azedinha (CHAGAS et al., 2012a; FERREIRA, 1986; YUYAMA, 2002; MAEDA et al., 2007).

O camu-camu é um fruto tipicamente Amazônico, sendo uma espécie silvestre nativa nas margens dos rios e lagos. Sua distribuição geográfica é limitada pelos cursos dos rios estendendo-se desde o Estado do Pará, nos rios Tocantins e Trombetas, até o Peru, nos rios Amazonas, Ucayali e outros. Na Amazônia Central, segundo Smiderle et al. (2008), o camu camu é encontrado no Estado do Amazonas, nos rios Javari, Madeira e Negro.

No caso do Estado de Roraima, na região norte do estado, há presença de camu-camuzeiro próximo à divisa com a Venezuela, nos Rios Uraricoera, Tacutu e Rio Branco. Também tem presença próximo ao município de Bonfim no rio Arraia na BR-401, km 110, assim como no rio Urubu, na região da serra da lua. Sua ocorrência também se faz nas margens próximas à ponte na fronteira com a Guiana e no Rio Cauamé, na Praia Polar, Praia do Cauamé e Praia do Caçari (CHAGAS et al., 2010; CARVALHO 2012; YUYAMA, 2002; YUYAMA, 2011; BARDALES, 2013).

O camu-camuzeiro é um arbusto, que alcança uma altura de 3 a 8 metros, podendo ramificar-se desde a base, formando vários ramos secundários, apresentando diversas formas. O formato mais apropriado para produção de frutos é o tipo taça (Unicoleto e muitos ramos secundários) ou tipo coposo (Multicoleto com muitos ramos secundários) (YUYAMA; VALENTE, 2011). A folha varia de ovalada-elíptica a lanceolada, medindo de 4,5 a 12,0 cm de comprimento por 1,5 a 4,5 cm de largura. O ápice é acuminado com base arredondada e bordas ligeiramente onduladas (YUYAMA, 2011; MAEDA et al., 2006).

O fruto é globoso arredondado, de superfície lisa e brilhante, de cor vermelha escura até negra púrpura ao amadurecer, podendo ter de 1,2 a 3, 8 cm de diâmetro, possuindo de 1 a 4 sementes por fruto. O peso médio é de 8,5 g por fruto, variando entre 2 a 18 g. As sementes são reniformes, achatadas, com 8 a 11 mm de comprimento e 5,5 a 11 mm de largura, cobertas por uma lanugem branca rala (YUYAMA et al., 2011)

O potencial econômico do camu-camuzeiro reside no fruto, pois é considerado a maior fonte natural conhecida de ácido ascórbico (vitamina C), podendo atingir 6.000 mg desse ácido por 100 g de polpa, despertando grande interesse comercial tanto por parte dos

produtores como dos consumidores (YUYAMA, 2002). No Japão, a polpa é transformada em bebidas gaseificadas, sucos concentrados, vinagre, sorvetes, balas, comprimidos, energizantes, cremes, colônias, dentre outros (YUYAMA, 2011). Além da vitamina C, os frutos de camu-camu contêm outros compostos antioxidantes como carotenoides e antocianinas (SILVA, 2012).

3.3 Antecedentes da fertilização em camu-camu

Em mudas de camu-camu, Castro e Yuyama (2004) avaliaram o desenvolvimento das plantas sob o efeito da adubação orgânica (esterco curtido) e mineral (superfosfato triplo, cloreto de potássio e uréia), verificando que a aplicação de 86 g de esterco parcelada em duas vezes (43 g cada) com intervalo de 30 dias favorece o desenvolvimento das mudas, ao contrário da adubação mineral, que não proporcionou um bom desenvolvimento.

Yuyama et al. (2011) recomendam fazer a correção do solo na cova colocando 0,5 a 1 kg de calcário dolomítico por planta, aplicado em cobertura 20 dias antes do plantio. Após a 40 dias do plantio devem ser aplicado em cobertura, bem espalhadas em volta da planta 30 g de ureia, 50 g de superfosfato triplo e 30 g de cloreto de potássio. A fertilização nitrogenada e potássica deverão ser repetidas a cada três meses no decorrer do primeiro ano do plantio. De acordo com López (2001), nas covas deve-se colocar 2 kg de adubo orgânico ou 300 gramas de calcário dolomítico 15 a 30 dias antes do transplante.

Villachica (1996) adverte que o cultivo do camu-camu é mais susceptível à deficiência de fósforo e de potássio quando cultivado em solos ácidos com níveis baixos de disponibilidade de nutrientes, características dos solos da Amazônia, como os Latossolos e Argissolos. Durante o período de crescimento e desenvolvimento das plantas, a adubação é de fundamental importância e deve ser efetuada, preferentemente, de acordo com os teores de nutrientes apresentados na análise do solo. No caso de fertilização fosfatada, quando não é realizada a análise de solo, Itauran et al. (2002) recomendam que sejam utilizadas 200 g planta⁻¹ de superfosfato triplo ou outra fonte de fósforo em quantidade equivalente.

Também Itauran et al. (2002) sugerem que no caso de não haver feito a calagem em toda a área de plantio, e o solo apresentar acidez, pode-se adicionar 1 kg de calcário dolomítico por planta, aplicado em cobertura na faixa de plantio, 20 dias antes do plantio. Após 30-40 dias do plantio, deve ser aplicado em cobertura, bem espalhado em volta da muda, 50 g de ureia e 30 g de cloreto de potássio. A dosagem nitrogenada deverá ser repetida a cada três meses no decorrer do primeiro ano do plantio. A partir do segundo ano, é

recomendado aplicar nitrogênio ($80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), fósforo ($60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e potássio ($80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (ITAURAN et al., 2002).

3.4 Fertirrigação

A fertirrigação é a prática de aplicar fertilizantes dissolvidos na água de irrigação de forma contínua ou intermitente. Além da disposição dos adubos na região de maior concentração de raízes e da possibilidade de maior fracionamento das doses, além disso, possibilita aumentar a eficiência das adubações, pois os nutrientes têm as condições ideais de umidade do solo para sua absorção (TEIXEIRA et al., 2007; ANDRADE, 2004; SOUZA et al., 2013). Segundo Mantovani et al. (2003), a fertirrigação é considerada como o meio mais eficiente e racional de fertilização. Sua introdução agrega vantagens como melhoria da eficiência e uniformidade de aplicação atrelada à uniformidade do sistema de irrigação. A aplicação eficiente de fertilizantes via água de irrigação deve seguir as recomendações de período de aplicação, frequência, doses e fontes, assegurando desta maneira, uma adequada disponibilidade de água e nutrientes na zona radicular da planta.

Por outro lado, a aplicação de fertilizantes via água de irrigação proporciona o uso mais racional dos fertilizantes na agricultura irrigada, pois aumenta a sua eficiência, reduz a mão-de-obra e o custo de energia do sistema de irrigação. Além disso, permite flexibilizar a época de aplicação dos nutrientes, que podem ser fracionados conforme a necessidade da cultura nos seus diversos estádios de desenvolvimento e os fertilizantes são aplicados diretamente na zona de maior concentração de raízes, onde conseqüentemente o sistema radicular é mais ativo (DUENHAS et al., 2005; LAURINDO et al., 2010; DONAGEMMA; RUIZ, 2008; HERNANDEZ, 1994; SILVA et al., 2005).

Para ser eficiente, a fertirrigação deve ser realizada com os nutrientes na profundidade de máxima densidade de raízes; por outro lado, quando a lâmina de irrigação é insuficiente os nutrientes podem se concentrar próximos à superfície do solo; logicamente, as raízes crescem menos e exploram menor volume de solo, condições em que pode ocorrer acúmulo de sais, elevação da pressão osmótica da solução do solo e redução na produtividade das culturas (DONAGEMMA et al., 2010). O parcelamento da aplicação de nutrientes, principalmente do nitrogênio e do potássio, que se perdem com mais facilidade por lixiviação, é uma das principais práticas que devem ser empregadas na fertirrigação (TEIXEIRA et al., 2007). O manejo da irrigação com aplicações frequentes condiciona o solo a manter-se com teor adequado de água, favorecendo o desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, possibilitando maior produtividade (SOUSA et al., 1999).

3.4.1 Manejo da fertirrigação

Os procedimentos adequados à aplicação de fertilizantes via água de irrigação compreendem três etapas distintas. Durante a primeira etapa, deve-se pôr a funcionar, o sistema de irrigação, para equilibrar hidráulicamente, as sub-unidades, com cerca de $\frac{1}{4}$ do tempo total programado para a irrigação, referente à aplicação de uma fração da lâmina de irrigação, a fim de permitir que a frente de molhamento atinja determinada profundidade. Na segunda etapa, faz-se a injeção dos fertilizantes no sistema de irrigação por um período que corresponda a dois quartos do tempo total de irrigação. Na terceira etapa, o sistema de irrigação deverá continuar funcionando, para completar o tempo total de irrigação, lavar completamente o sistema de irrigação e carrear os fertilizantes da superfície para camadas profundas do solo compatível com o sistema radicular da cultura (MANTOVANI et al., 2003; PINTO; FILHO, 2011; DONAGEMMA; RUIZ, 2008; SANTOS; CRISÓSTOMO, 2000).

3.5 Características dos fertilizantes para fertirrigação

Os fertilizantes aplicados pelos sistemas de irrigação localizada devem apresentar as seguintes características: elevada solubilidade em água; baixo conteúdo de sólidos quando dissolvidos em água para evitar entupimento; baixa acidez, alcalinidade ou salinidade para evitar corrosão; fácil manuseio; elevado grau de pureza; não reagir com os sais ou outros produtos químicos encontrados na água de irrigação, provocando precipitados com o risco de não estar disponíveis para as raízes ou com elevado risco de obstrução de emissores, consequentemente diminuindo a eficiência da aplicação dos fertilizantes e nutrientes (SÁNCHEZ, 2006; CADAHIA, 1998; ALARCON, 1997).

3.6 Teor de clorofila nas plantas

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais fotossinteticamente ativos. Estudos em uma grande variedade de plantas caracterizaram que os pigmentos clorofilianos são os mesmos. As diferenças aparentes na cor do vegetal são devidas à presença e distribuição variável de outros pigmentos associados, como os carotenoides, os quais sempre acompanham as clorofilas (STREIT et al., 2005; TAIZ; ZEIGER, 2009). A clorofila a é o pigmento utilizado para realizar a fotoquímica (o primeiro estágio do processo fotossintético), enquanto que os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios. Os principais

pigmentos acessórios também incluem outros tipos de clorofilas: clorofila *b*, presente em vegetais superiores, algas verdes e algumas bactérias; clorofila *c*, em feófitas e diatomáceas; e clorofila *d*, em algas vermelhas (EMRICH et al., 2011).

As clorofilas exercem um controle dominante sobre a quantidade de radiação solar absorvida pelas plantas e, por essa via, as suas concentrações foliares guardam uma estreita relação com as taxas fotossintéticas e a produtividade primária, expressada pelo rendimento da conversão da energia radiante em substâncias orgânicas (TAIZ; ZEIGER, 2009). Esse fenômeno governa a produção de matéria orgânica pelos organismos autotróficos, a partir da conversão da energia solar em energia bioquímica (BLACKBURN, 2007; BARBIERI JUNIOR et al., 2010).

Alguns trabalhos vêm sendo realizados em folhas de goiabeiras para avaliar os teores de clorofila *a*, *b* e total (ROZANE et al., 2009; CESARIN et al., 2011), confirmando a maior importância dessas clorofilas para a cultura. O teor de clorofila nas folhas, conforme Taiz e Zeiger (2009) é influenciado por fatores bióticos e abióticos, e está diretamente relacionado ao potencial de atividade fotossintética das plantas. Os conteúdos de clorofila e carotenoides expressam um dos fatores ligados à eficiência fotossintética de plantas e, conseqüentemente, ao crescimento, desenvolvimento, produção e à adaptabilidade aos ambientes adversos. Os carotenoides são pigmentos acessórios na absorção e transferência de energia radiante e protetores da clorofila no que se refere à fotoxidação. O aumento nos teores de clorofila *b* é uma característica importante, pois esta capta energia de outros comprimentos de onda e transfere para a clorofila *a*, que efetivamente atua nas reações fotoquímicas da fotossíntese (ZANELLA et al., 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009; FREIRE, 2011).

3.7 Nutrientes essenciais

As plantas necessitam de 16 elementos químicos para seu desenvolvimento: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cloro, molibdênio, cobre, ferro, manganês e zinco (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

O carbono e o oxigênio são obtidos do ar, nas formas de CO₂ e O₂ utilizados nos processos de fotossíntese e respiração, respectivamente. O hidrogênio como também o oxigênio, é encontrado na água. Os outros elementos são encontrados no solo sob diversas formas. Os nutrientes que são exigidos em grandes quantidades são chamados de macronutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre; os que são exigidos em pequenas quantidades são chamados de micronutrientes: boro, cloro, molibdênio, cobre, ferro, manganês e zinco (MALAVOLTA, 2000).

3.7.1 Macronutrientes

O N é um dos elementos minerais mais requeridos em maior quantidade pelas plantas e o que mais limita o crescimento. Ele faz parte de muitos constituintes celulares, proteínas, ácidos nucléicos, incluindo membrana e diversos hormônios vegetais e, participam de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular. Além disso, o nível de N na planta influencia a absorção ou a distribuição de praticamente todos os nutrientes. Plantas com deficiência de N apresentam amarelecimento nas folhas mais velhas porque o N é translocado para as folhas mais novas, reduzindo o crescimento da planta (MALAVOLTA, 1980; DECHEN; NACHTIGALL, 2006; CANTARELLA, 2007).

O fósforo (P) é um componente de nucleotídeos que participa de vários processos metabólicos em plantas, como a transferência de energia, síntese de ácidos nucléicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e desativação de enzimas, reações redox, metabolismo de carboidratos e fixação de N₂ (VANCE et al., 2003). Esse elemento desempenha um papel importante na produção de energia para a planta, logo sua falta irá refletir num menor crescimento da mesma (TAIZ; ZEIGER, 2009). Os sintomas de deficiência de P não são tão marcantes como para outros macronutrientes, e os efeitos mais evidentes são uma acentuada redução no crescimento da planta como um todo. Mesmo assim pode se observar em plantas deficientes uma coloração verde-escura nas folhas mais velhas e em algumas espécies colorações avermelhadas em consequência da acumulação de antocianina. (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

O potássio (K) é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes. Tem importante função no estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais. O K não faz parte de nenhuma estrutura ou moléculas orgânicas na planta, como o N e P (MEURER, 2006). A deficiência de K nas plantas pode causar clorose; necrose das margens das folhas velhas; acamamento da planta; frutos e sementes enrugadas; e pontuações brancas na margem da folha (FONTES, 2006). Com uma deficiência mais acentuada, as folhas apresentam pintas com manchas amarelas, algumas delas, vermelho-brilhante. Quando a deficiência se torna mais aguda, as folhas velhas tornam-se marrons e secam. As folhas novas passam para cor marrom avermelhada, com acentuada queimadura no ápice, e podem ficar pendentes na planta pela quebra do tecido de sustentação (MANICA, 1999; citado por ALVES, 2013).

A maior parte do cálcio (Ca) no tecido vegetal está localizada nas paredes celulares e atua também, na absorção iônica, particularmente na correção do efeito desfavorável da concentração hidrogênio excessiva, sendo essencial o Ca para que tal efeito não diminua a absorção de nutrientes, pois é indispensável à manutenção da estrutura das membranas celulares (VITTI et al., 2006). Devido a sua baixa translocação na planta, os sintomas de deficiência do nutriente ocorrem nos pontos de crescimento da parte aérea e da raiz, sendo as regiões de maior expansão celular as mais reduzidas pela deficiência do nutriente (MAGALHÃES, 1988). As folhas adquirem uma cor verde pálida, com algumas pontuações amareladas, e as folhas novas secam. No caso de deficiência muito acentuada, aparece um fendilhamento nas folhas, cor avermelhada e rachaduras nas bases. As plantas apresentam menor tamanho e são parcialmente cloróticas (MANICA, 1999).

A função mais conhecida do magnésio (Mg) é compor a molécula de clorofila, além disso, trabalha como ativador enzimático mais do que qualquer outro elemento (MENGEL; KIRKBY, 1987; VITTI et al., 2006). Segundo Malézieux e Bartholomew (2003), o Mg é móvel na planta e tem como sintoma visual de deficiência predominante coloração amarelada brilhante nas folhas mais velhas, particularmente, nas partes mais expostas à luminosidade. Sua deficiência pode reduzir a concentração da clorofila, reduzindo a fotossíntese e, possivelmente, o crescimento. Em plantas com deficiência de Mg, as folhas mais velhas apresentam coloração verde-clara. Continuando a deficiência, aparecem manchas amareladas ou folhas completamente amarelas e avermelhadas ao longo das margens; as folhas novas não atingem o seu tamanho normal (MANICA, 1999). A maior parte do Enxofre (S) no solo está na forma orgânica, que, por via microbiana é convertido à formas disponíveis para as plantas. As proteínas são os compostos nas quais a maior parte do S (e do N) se incorpora (VITTI et al., 2006). Plantas deficientes em S apresentam, inicialmente, pequena mudança na coloração das folhas, com algumas rachaduras nas mais velhas. Posteriormente, elas tornam-se verde-claras, depois amareladas, com centros necrosados e coloração pouco avermelhada (MANICA, 1999). Podendo apresentar ainda, folhas brilhantes e de coloração verde-limão e são mais largas do que o normal; tanto as folhas novas como as velhas são amareladas.

3.7.2 Micronutrientes

Os micronutrientes são elementos essenciais para o crescimento das plantas e se caracterizam por serem absorvidos em pequenas quantidades (da ordem de alguns miligramas por quilograma de matéria seca por planta). Isso se deve ao fato de eles não participarem de estruturas da planta, mas da constituição de enzimas ou então atuar como seus ativadores. A

deficiência de qualquer micronutriente pode provocar problemas no crescimento e desenvolvimento das plantas, repercutindo na qualidade e quantidade da produção (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

O boro (B) é absorvido pela planta como ácido bórico e, provavelmente como ânion borato a valores elevados de pH, tanto por via radicular como foliar. Considera-se que o B em solução mova-se até as raízes por meio do fluxo de massa. Nas plantas é imóvel e transloca-se principalmente através do xilema, tendo mobilidade muito limitada no floema (RAVEN, 1980). Tem importante função na translocação de açúcares e no metabolismo de carboidrato. Desempenha papel importante no florescimento, crescimento do tubo polínico, nos processos de frutificação, no metabolismo de N e na atividade de hormônios. Redução do crescimento e deformações nas zonas de crescimento, diminuição da superfície foliar, com folhas jovens deformadas, espessas, quebradiças e pequenas e crescimento reduzido de raízes são alguns dos sintomas de deficiência de B apresentados pela planta (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

A absorção do cobre (Cu) pelas plantas ocorre por meio de processo ativo e, existem evidências de que este elemento iniba fortemente a absorção do Zn e vice e versa (BOWEN, 1969). O Cu é absorvido como Cu^{2+} e Cu quelato, sendo baixa sua concentração nos tecidos da planta. Considera-se que este elemento não seja prontamente móvel na planta, embora existam resultados que mostram a translocação de folhas velhas para novas. De todos os micronutrientes, a deficiência de Cu é a mais difícil de diagnosticar, devido a interferência de outros elementos, como: P, Fe, Mo, Zn e S. As folhas jovens tornam-se murchas e enroladas, ocorrendo inclinação de pecíolos e talos. As folhas tornam-se quebradiças e caem (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

O manganês (Mn) ocorre na seiva das plantas na forma livre Mn^{2+} e é essencial à síntese de clorofila e sua função principal está relacionada com a ativação de enzimas. Considera-se que o Mn é facilmente absorvido pelas plantas quando na forma solúvel no solo, numa relação direta entre o teor do elemento solúvel no solo e sua concentração na planta. Os sintomas de deficiência de Mn podem ocorrer tanto em folhas jovens como em folhas intermediárias e compreendem ampla variedade de formas cloróticas e manchas necróticas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

O zinco é absorvido na forma de Zn^{2+} tanto por via radicular como foliar. Alguns autores consideram o Zn altamente móvel, enquanto que outros o consideram de mobilidade intermediária. Atua como co-fator enzimático; é essencial para a atividade, regulação e estabilização da estrutura protéica. As deficiências se manifestam em baixa atividade da gema

terminal, o que se traduz num porte em forma de roseta nos cultivos herbáceos, enquanto em outros cultivos os entrenós tornam-se curtos. Os sintomas se iniciam nas folhas mais jovens, que apresentam zonas cloróticas que terminam necrosadas, afetando todo o parênquima foliar e as nervuras. O tamanho das folhas é menor, permanecendo sem se destacar da planta (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

A principal função do ferro (Fe) é a ativação de enzimas, atuando como grupo prostético. Participa em reações fundamentais de oxirredução. Em relação ao metabolismo do Fe na planta, deve-se levar em conta que este apresenta baixa mobilidade nos tecidos vegetais. Essa mobilidade é afetada, negativamente, por vários fatores, como elevado conteúdo de P, deficiência de K, quantidade elevada de Mn e baixa intensidade luminosa. Os sintomas visuais característicos de deficiência são: folhas velhas apresentando cor verde, enquanto que as jovens começam a amarelar; clorose internerval característica, em que somente os vasos permanecem de cor verde e o restante com a cor amarelada; os talos permanecem finos e curvados, levando a uma redução do crescimento (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

3.8 Avaliação nutricional

Em fruteiras perenes, a análise mineral de tecido vegetal é usada para se avaliar o estado nutricional da planta e, quando em complemento à análise do solo, constitui-se em um importante instrumento de monitoramento da nutrição mineral (ALBUQUERQUE et al., 2009). A diagnose foliar em plantas perenes é, sem dúvida, um instrumento valioso na determinação do estado nutricional da cultura pelo fato de que nela se encontra a maior atividade fisiológica da planta. Esta técnica permite, ainda, identificar deficiências de nutrientes que provocam sintomas semelhantes, de difícil diagnose visual, e serve como um critério complementar na recomendação de adubação. (MALAVOLTA et al., 1989).

3.9 Acúmulo de nutrientes

A composição química e o acúmulo de nutrientes em folhas são informações imprescindíveis para conhecer as exigências nutricionais de uma planta (LAVIOLA et al., 2007). Neste sentido, o diagnóstico nutricional aliado à análise do solo constitui-se num instrumento eficiente para detectar desequilíbrios e auxiliar no processo de fertilização das plantas (COELHO et al., 2010). Segundo Alves et al. (2011), o conhecimento da marcha de absorção e do acúmulo de nutrientes nas diferentes fases de desenvolvimento da planta é importante, porque permite determinar as épocas em que os elementos são mais exigidos e

corrigir as deficiências que, porventura, venham a ocorrer durante o desenvolvimento das plantas.

Busato; Soares (2011), mencionam que o aspecto nutricional é outro fator de fundamental importância, cujo manejo deve ser ajustado à cada fase específica do ciclo da cultura. Segundo Augostinho et al. (2008), a construção da curva de crescimento de plantas consiste na medição destrutiva de plantas, obtendo a massa seca dos órgãos da planta, além da análise química, essencial em estudos de nutrição e adubação. O conhecimento da quantidade de nutrientes acumulados na planta, em cada estágio de desenvolvimento, fornece subsídios para auxiliar a elaboração de um programa para adubação da cultura. Desse modo, uma adubação equilibrada, proporciona nutrição adequada, contribuindo assim para a máxima expressão do potencial da espécie, além de fornecer dados para a construção de modelos matemáticos descritores do crescimento.

A dinâmica de acúmulo de nutrientes na massa seca ao longo do tempo de cultivo (marcha de absorção) retrata apenas o que a planta necessita, e não o que deve ser aplicado, pois é preciso considerar a eficiência de aproveitamento dos nutrientes, variável segundo as condições climáticas, ambiente de cultivo, manejo de água, entre outros fatores (PRADO; NASCIMENTO, 2003). Esta técnica permite, ainda, identificar deficiências de nutrientes que provocam sintomas semelhantes, de difícil diagnose visual (MALAVOLTA et al., 1989).

4 CAPÍTULO 1

CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE CAMU-CAMU SOB FERTIRRIGAÇÃO COM NITROGÊNIO EM CONDIÇÕES DE TERRA FIRME

RESUMO

Uma das tendências do mundo moderno é a orientação ao consumo de produtos naturais com alto valor nutritivo e vitamínico. O camu-camu é uma fruteira nativa da Amazônia, com destaque pelo alto conteúdo de vitamina C (6,116 mg/100 g de polpa), e está em processo de domesticação, pelo qual se vem desenvolvendo modelos tecnológicos para lograr seu estabelecimento e crescimento em condições de terra firme. Com o objetivo de avaliar diferentes doses de nitrogênio, aplicadas via fertirrigação, no desenvolvimento inicial de plantas de camu-camu, o experimento foi conduzido no centro experimental agroflorestal-Agua Boa da Embrapa Roraima. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados com 5 tratamentos 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹ de N aplicado na forma de ureia, oito repetições e sete plantas por parcela experimental. O experimento foi conduzido durante 270 dias. A cada 30 dias foram avaliados o diâmetro do coleto (mm) e a altura de planta (cm) e a cada 90 dias foi avaliado o número de ramos e comprimento total de ramos (cm). Ao final do experimento foram avaliadas o teor de clorofila, a massa seca das folhas (g), massa seca dos ramos (g), massa seca do sistema radicular (g), massa seca total (g), o índice de qualidade de Dickson (IQD), e o acúmulo de macro e micronutrientes. A utilização de fertilização nitrogenada via fertirrigação gerou maior qualidade de plantas de camu-camu na dose aproximada de 128 kg ha⁻¹ de nitrogênio. A fertilização nitrogenada aumentou os teores de N, K e Ca e reduziu os teores de B e Mn. Considerando as partes da planta, o maior acúmulo de nutrientes foi verificado na parte aérea (ramos e folhas) para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn e para as raízes foi Fe, Cu e Zn em função das doses crescentes de N.

Palavras-chave: *Myrciaria dubia*, Nutrição mineral, Acúmulo, Nutriente, Irrigação.

EARLY GROWTH OF CAMU-CAMU PLANTS UNDER FERTIGATION WITH NITROGEN UNDER SOILID GROUND CONDITIONS

ABSTRACT

One of the trends of the modern world is the orientation to the consumption of natural products with a high nutritive and vitamin value. The camu-camu is a fruit-bearing tree native to the Amazon rainforest with a stand out for its high vitamin C content (6,116 mg/100 g of pulp) and in domestication process, reason by which technological models have been being developed to achieve its establishment and growth under firm earth conditions. With the purpose of evaluating different doses of nitrogen applied via fertigation on the early development of camu-camu plants, the experiment was conducted in the Água Boa experimental Agro-Forest Center of Embrapa-Roraima. Experimental design in randomized blocks with 5 treatments: 0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ of N applied as urea, eight replications and seven plants per experimental plot were utilized. The experiment was conducted for 270 days. Every 30 days were evaluated the stem diameter (mm) and the plant height (cm) and every 90 days were evaluated the number of twigs and total length of twigs (cm). At the end of the experiment were evaluated the chlorophyll content, the dry matter of the leaves (g), dry matter of the twigs (g), dry matter of the root system (g), total dry matter (g), the Dickson quality index (IQD) and the accumulation of both macro and micronutrients. Use of nitrogen fertilization via fertigation generated better quality of camu-camu plants at the approximate dose of 128 kg ha⁻¹ of nitrogen. Nitrogen fertilization increased the contents of N, K and Ca and reduced the contents of B and Mn. Considering the parts of the plant, the greatest nutrient accumulation was found in the shoot (twigs and leaves) for N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn and for the roots was Fe, Cu and Zn as a result of the growing doses of N.

Key words: *Myrciaria dubia*, Mineral nutrition, Accumulation, Nutrient, Irrigation.

INTRODUÇÃO

O camu-camu (*Myrciaria dubia*) é uma espécie que tem despertado interesse de produtores e consumidores, devido principalmente às suas propriedades farmacológicas e nutracêuticas, tais como: capacidade antioxidante e atividade anticancerígena. É uma fruteira tipicamente amazônica, que cresce nas margens dos rios e lagos de toda a bacia Amazônica (ESASHIKA; DE OLIVEIRA; MOREIRA, 2011; YUYAMA, 2002; YUYAMA; MENDES; VALENTE, 2011). A produção e o beneficiamento de seus frutos tornam-se uma alternativa viável ao desenvolvimento regional, como fonte de alimentos e obtenção de renda das comunidades rurais e, além disso, favorece a preservação da espécie (WELTER et al., 2011; PINEDO et al., 2001).

No Estado de Roraima, o camu-camuzeiro é encontrado nas margens de rios, lagos e igapós, e em vista do potencial socioeconômico e nutricional desta fruta, existem boas perspectivas para o desenvolvimento da cultura em terra firme. Por não ser uma espécie domesticada, pouco se sabe sobre as condições de manejo agrônômico para o desenvolvimento inicial das plantas em terra firme. O conhecimento das necessidades nutricionais da planta, bem como sua resposta à aplicação de fertilizantes, é fundamental para otimizar a eficiência de utilização destes, garantindo plantas vigorosas em um curto espaço de tempo. Nesse sentido, para o estabelecimento de plantas de camu-camu, é importante a geração de informações técnicas sobre adubação inicial em terra firme, visto que na atualidade, só se dispõem de resultados de trabalhos em casa de vegetação com mudas e em pomares adultos empregando adubação convencional, o que dificulta a transferência de tecnologias por não existir critérios definidos para a recomendação segura de adubação nos primeiros anos de cultivo.

Rodrigues et al. (2000) caracterizou os solos da região de cerrado de Roraima como Latossolos e Argissolos amarelos pré-intemperizados, com limitações à produção de alimentos, por apresentarem baixa fertilidade natural e pela existência de uma estação seca bem definida, com duração de sete meses. Embora os princípios gerais de disponibilidade de nutrientes no solo sejam bastante conhecidos, sua aplicação em fruticultura enfrenta algumas dificuldades, pois ainda não existem critérios definidos para a recomendação segura de adubação em plantas nativas.

Entre os nutrientes indispensáveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas destaca-se o nitrogênio (N), que é um macronutriente absorvido principalmente na forma de

nitrito (NO_2^-) ou de amônio (NH_4^+), participando diretamente de diversos compostos, entre os quais destacando-se as proteínas e as clorofilas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Plantas com deficiência de N apresentam amarelecimento nas folhas mais velhas em vista do N ser translocado para as folhas mais novas, reduzindo o crescimento da planta e, além disso, o nível de N na planta influencia a absorção e/ou a distribuição de praticamente todos os nutrientes (MALAVOLTA, 1980; DECHEN; NACHTIGALL, 2006; CANTARELLA, 2007).

A fertilização nitrogenada pode ser realizada com compostos químicos na forma nítrica, amoniacal e amídica. Dentre as fontes comerciais do nutriente, destaca-se a uréia, que é uma forma amídica, pela facilidade de acesso no mercado, menor custo por unidade de N, elevada solubilidade e compatibilidade para uso em mistura com outros fertilizantes (MALAVOLTA, 2006).

A fertirrigação é a prática de aplicar fertilizantes dissolvidos na água de irrigação de forma contínua ou intermitente, permitindo aplicar o nutriente diretamente na região de maior concentração de raízes das plantas e em doses fracionadas para o aumento na eficiência da adubação, fornecendo, além disso, a quantidade de água que a planta precisa (TEIXEIRA et al., 2007; ANDRADE, 2004). Segundo Mantovani et al. (2003), a fertirrigação é considerada como o meio mais eficiente e racional de fertilização. Sua introdução agrega vantagens como melhoria da eficiência e uniformidade de aplicação atrelada à uniformidade do sistema de irrigação. A aplicação eficiente de fertilizantes via água de irrigação deve seguir as recomendações de período de aplicação, frequência, doses e fontes, assegurando desta maneira, uma adequada disponibilidade de água e nutrientes na zona radicular da planta.

Além disso, as plantas adubadas corretamente atingem rapidamente, a altura e o diâmetro de coleto adequado à enxertia ou poda de formação em fruteiras (SERRANO et al., 2004). Diante do exposto, neste estudo teve-se por objetivo avaliar os componentes do crescimento e o estado nutricional das plantas de camu-camu, em função de doses de N aplicadas via fertirrigação na região do cerrado de Roraima.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no período de janeiro a outubro de 2013, em uma área total de 2.464 m², no Campo Experimental de Água Boa pertencente a EMBRAPA Roraima, situado nas coordenadas geográficas de referência 02° 39'48,94'' de latitude norte e 60° 50'30,39'' de longitude oeste, com uma altitude 90 m no Município de Boa Vista-Roraima. O clima da região é caracterizado como Aw-Tropical com estação seca, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média de 1700 mm ano⁻¹ concentrada nos meses de abril a setembro e temperatura média anual entre 26 e 28°C. A evapotranspiração máxima mensal, segundo o método de Blaney - Criddle é de 141,2 mm no mês de janeiro e à mínima é 103 mm para o mês de junho (ARAÚJO et al., 2007).

O solo da área do experimento é classificado como Latossolo Amarelo e apresenta os atributos químicos mostrados na Tabela 1, realizado no laboratório de análises do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA) conforme a metodologia da Embrapa-1998.

Tabela 1. Atributos químicos do solo do campo experimental Água Boa da Embrapa Roraima, Boa Vista, RR, onde foi conduzido o experimento (2013)

pH	MO***	P**	K*	Ca*	Mg*	H+Al	SB	CTC	Sat bases	Sat Al	S
CaCl ₂	g dm ⁻³	g dm ⁻³	----- mmol _c dm ⁻³ -----			-----		V%	m%	mg dm ⁻³	
4,4	10	3	0,2	2	1	24	3	28	11	72	6

Método: EDTA, Mehlich1**, Método volumétrico***.

Foram determinados também no laboratório de análise do INPA, os teores de micronutrientes no solo, que são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Teores de micronutrientes do solo do campo experimental Água Boa da Embrapa Roraima, Boa Vista, RR, onde foi conduzido o experimento (2013)

Cu*	Fe*	Zn*	Mn*	B**
----- mg dm ⁻³ -----				
0,2	21	0,3	0,4	0,13

* Método DTPA; ** Método da Água quente.

A área destinada à implantação do experimento com camu-camuzeiro havia sido previamente preparada, tendo sido roçada, arada e gradeada, para que todos os restos de biomassa vegetal existentes na camada superficial do solo fossem incorporados. Devido o solo apresentar baixo pH e reduzidos teores de P, Ca e Mg, com elevada saturação de Al e baixa saturação por bases, realizou-se uma correção do solo em Ca, Mg e P, aplicando a lanço, após o preparo da área, 1.700 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico e 400 kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples (SS). No preparo das covas com dimensão de 0,40 m x 0,40 m x 0,40

m, aplicou-se mais 150 g de calcário e 50 g de SS/cova. Ao mesmo tempo foi adicionado 10 g de FTE-BR12 com a finalidade de enriquecer o solo com micronutrientes, visto que este produto apresentou a seguinte composição química: 9,0 a 9,2% de Zn; 1,8 a 2,17% de B; 0,80% de Cu; 3,82% de Fe; 2,0 a 3,4% de Mn e 0,132% de Mo.

As mudas de camu-camu utilizadas no experimento foram provenientes de plântulas oriundas da população Candeias do banco de germoplasma do INPA. Essa população se caracteriza por apresentar arbustos menores de 2,5 m de altura, com copa laxa a densa (copa intermediária), com tronco ramificado a partir do solo ou a 20 cm do chão (YUYAMA, 2011). As plântulas foram transplantadas para sacos contendo 1 dm³ de substrato composto por areia, solo e serragem na proporção 1:1:1 em maio do 2012. Quando as mudas estavam com sete meses e apresentavam cerca de 4 ramos, com altura de média de 35,6 cm e 4,4 mm de diâmetro de coleto foram transplantadas para as covas que haviam sido preparadas 25 dias antes.

Aos 135 dias após o transplântio (DTA), foi realizada uma segunda fertilização, adicionado 150 g de calcário e 50 de SS, conforme recomendação de Yuyama (2011). Para suprir as exigências de K se adicionou uma dose padrão de cloreto de potássio de 40 kg ha⁻¹, em todos os tratamentos.

A irrigação foi realizada por sistema de gotejamento autocompensado acionado por motobomba, com ativação automática do sistema mediante um programador de controle RAIN BIRD^(R) (“timer”). A vazão do sistema foi linear de 6,8 l h⁻¹ (3,4 l h⁻¹ por cada gotejador espaçados a cada 50 cm). Para a injeção dos fertilizantes utilizou-se o Injetor tipo Venturi de ¾ de polegada, operando com taxa de injeção de 150 litros/hora.

A quantidade de água aplicada foi determinada com base na evapotranspiração de referência estimada pelo tanque Classe A, o coeficiente da cultura (Kc) tomado como referência, foi o da goiabeira (Kc=4,5) indicado para o primeiro ano (ALLEN et al., 1998; TEXEIRA, 2003).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos, que constaram das seguintes doses de nitrogênio em kg ha⁻¹, aplicado em forma de ureia: T1-0; T2- 40; T3-80; T4-120 e T5-160 com oito repetições. Os tratamentos foram aplicados via fertirrigação durante 40 semanas, e as doses foram parceladas a cada 10 semanas perfazendo 10%; 20%; 30%; e 40% do total da dose correspondente. A cultura do camu-camu foi implantada utilizando o espaçamento de 4 m entre fileiras e de 0,5 m entre plantas, sendo a parcela experimental constituída por sete plantas (cinco plantas úteis e duas de bordadura).

Foram realizadas avaliações a cada 30 dias medindo-se a altura das plantas (cm) e diâmetro do coleto (mm) e a cada 90 dias foi avaliado o número de ramos e comprimento total dos ramos (cm) por planta aos 270 (DAT) (Variáveis foram analisadas no esquema parcelas subdivididas no tempo). No final do experimento, aos 270 DAT foram realizadas avaliações referentes à clorofila *a* utilizando-se o clorofilômetro eletrônico marca ClorofiLOG[®], modelo CFL 1030, operando conforme as instruções do fabricante (FALKER, 2008). Neste aparelho, os valores mensurados são denominados índice de clorofila Falker (ICF) e referem-se ao produto de fotodiodos que emitem na frequência de ondas de 635, 660 e 880 nm. Em cada planta foram realizadas leituras em cinco folhas, na parte mediana de cada folha para obter um valor médio, seguindo metodologia descrita por El-Hendawy et al. (2005). Com os dados do clorofilômetro e os valores obtidos durante a análise química das folhas para o teor de N, procedeu-se a determinar a relação utilizando-se o Coeficiente de Pearson. Logo as foram coletadas as plantas, separando-se as raízes da parte aérea (ramos e folhas), que foram colocadas para secar em estufa de circulação de ar forçada a 65°C, até peso constante. Posteriormente avaliou-se a massa seca das amostras em gramas.

Com os resultados de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSRZ) e massa seca total (MST), altura (H) e diâmetro do coleto (DC), determinou-se o índice de qualidade de Dickson (IQD) utilizando a fórmula descrita por Gomes et al. (2003), definida pela expressão $IQD = MST / [(H/DC) + (MSPA/MSRZ)]$. As amostras de massa seca das folhas (Fo), dos ramos (R) e das raízes (Rz) foram enviadas para o laboratório de Nutrição de plantas da Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde foram analisados os teores de macro e micronutrientes, segundo a metodologia analítica descrita Malavolta et al. (1989).

Os dados obtidos para as variáveis foram submetidos ao teste de normalidade de Lillifors e ao teste de homogeneidade segundo Hartley, e estando dentro dos padrões de normalidade e homogeneidade, foram submetidos à análise de variância e à regressão polinomial ($p < 0,05$) pelo programa computacional SISVAR (Ferreira, 2010). Para valores que não estavam dentro dos padrões de normalidade e homogeneidade os dados foram transformados em $(x+0,5)^{0,5}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura da planta, diâmetro do coleto e número e comprimento de ramos

A análise de variância para altura e diâmetro do coleto das plantas de camu-camu mostrou haver influência significativa pelo teste de F ($p < 0,05$) das doses de N e do tempo de aplicação destas (Tabela 3). Em relação à interação, só foi significativa para diâmetro do coleto, demonstrando que houve diferença entre os tratamentos à medida que as aplicações de N foram sendo realizadas.

Tabela 3. Análise de variância (ANOVA) do efeito do N sobre altura (cm) e diâmetro do coleto (mm) das plantas de camu-camu no período de 270 dias

Fonte de variação	GL	SQ	QM	SQ	QM
		Altura da planta (cm)		Diâmetro do coleto (mm)	
Doses (D)	4	141,774	35,443*	10,473	2,608*
Resíduo 1	28	270,497	9,676	11,582	0,414
Tempo (T)	3	3119,201	346,577*	408,908	45,434*
T X D	12	24,127	0,670 ^{ns}	8,479	0,235*
Resíduo 2	745	1744,353	0,911	69,295	0,036
Total	792	5299,934		508,737	
CV (%) 1		38,20		22,44	
CV (%) 2		11,72		6,64	

* Significativo a 0,05% de probabilidade pelo Teste F. ^{ns} Não significativo.

A análise de variância demonstrou que as características: número e comprimento (cm) de ramos (Tabela 4) foram influenciados significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de N e pelo tempo de aplicação destas e pela interação dos fatores.

Tabela 4. Análise de variância (ANOVA) do número e comprimento (cm) de ramos das plantas de camu-camu até os 270 dias após o plantio em condições de terra firme

Fonte de variação	GL	SQ	QM	SQ	QM
		Número de ramos (cm)		Comprimento dos ramos (mm)	
Doses (D)	4	87,945	21,986*	1375,820	343,955*
Resíduo 1	28	66,858	2,387	592,551	21,162
Tempo (T)	3	1394,358	464,786*	20140,482	6713,494*
T X D	12	58,428	4,869*	841,597	70,133*
Resíduo 2	745	385,972	0,518	6830,652	9,168
Total	792	1993,561		30175,537	
CV (%) 1		42,79		40,22	
CV (%) 2		19,93		26,47	

* Significativo a 0,05% de probabilidade pelo Teste F.

Ao observar a Figura 1, verificou-se que as plantas apresentaram resposta linear ou quadrática significativa ($p < 0,05$) no crescimento ao receberem fertilização com nitrogênio durante o período de avaliação e também se pode inferir que os tratamentos com as diferentes doses de nitrogênio começaram a fazer efeito em torno de 25 a 30 dias após a primeira

fertirrigação das mudas. Embora as plantas não tenham apresentado grande diferença entre as diferentes doses de N para altura e diâmetro do coleto, houve maior emissão de ramos e maior comprimento destes nas plantas fertilizadas em relação à testemunha.

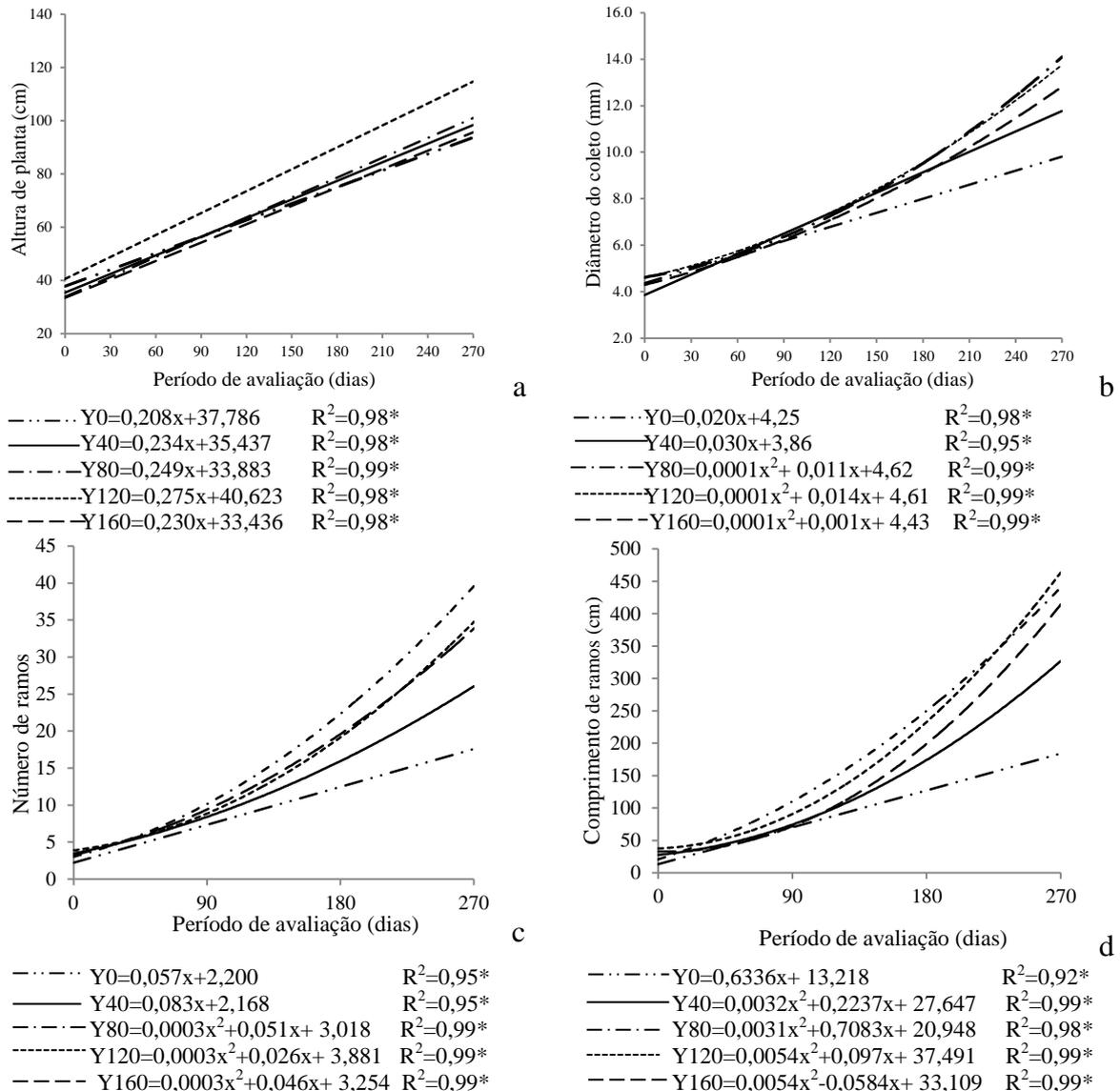


Figura 1. Efeito das doses de N sobre: a) altura (cm); b) diâmetro do coleto (mm); c) número de ramos e d) comprimento (cm) de ramos de plantas de camu-camu.

Em relação a altura (1a) e diâmetro do coleto (1b), foram observados valores máximos de 116,68 cm e 14,06 mm em resposta as doses 120 e 80 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, aos 270 DAT quando poderia ser realizada a primeira poda de formação das plantas, visto que estes resultados estão em conformidade com os valores encontrados por ABANTO et al. (2011), que verificaram ser necessário que as plantas atinjam uma altura de 100 a 150 cm e 8 a 10 mm de diâmetro do coleto para que as plantas recebam este trato cultural.

Kozinski (2006); Leitzke et al. (2011) verificaram que doses crescentes de nitrogênio aumentaram o número e comprimento de brotações em plantas de mirtilo. Almeida et al. (2006) também observaram efeitos significativos das doses de N sobre a altura e número de folhas de mudas da goiabeira, o que também foi relatado por Mendonça et al. (2006) para mudas de mamoeiro 'Formosa'.

No presente estudo fica evidenciado que as plantas de camu-camu que não receberam nitrogênio tiveram seu crescimento comprometido (Figura 2), confirmando o que outros autores obtiveram, suscitando a importância do N para as plantas (CRUZ et al., 2006; SCVITTARO, 2004; MALAVOLTA, 1980; PERIN et al., 1999). Estes autores relatam que a deficiência de nitrogênio pode afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas, principalmente por ser constituinte de proteínas e clorofilas, não permitindo que as plantas expressem todo o seu potencial, ocorrendo assim reduções significativas na taxa de formação e expansão foliar.

As doses de N e as épocas de aplicação influenciaram significativamente o número e comprimento dos ramos das plantas de camu-camu, apresentando um modelo de resposta quadrático (Figura 1c e 1d). Na Figura 1c, verificou-se aos 270 DAT, que as plantas de camu-camu tratadas com a dose de 80 kg ha^{-1} de N apresentavam uma média de 39 ramos enquanto que as plantas da testemunha apresentavam em média somente 18 ramos. O comprimento de ramos (Figura 1d) foi significativamente maior nas plantas que receberam a dose de 120 kg ha^{-1} de N, obtendo-se um comprimento médio total de ramos de 467,78 cm, o que representa um acréscimo de 266,94 cm em relação a testemunha. Estes resultados indicam que as plantas de camu-camu, nessa dose de N, apresentaram melhor estrutura, a qual fornecerá uma melhor copa na primeira poda formação, obtendo-se maior qualidade e quantidade de ramos para a frutificação.

Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Santos et al. (2011) com a cultura de maracujazeiro amarelo quando utilizaram nitrato de amônio, ureia e o sulfato de amônio, que favoreceram o número de folhas e a área foliar total das plantas. Efeitos similares foram obtidos por Souza et al. (2007) ao trabalhar com produção de mudas de tamarindo, onde constataram que o comprimento da parte aérea aumentou com o aumento das doses de uréia. Também Smarsi et al. (2011) constataram esta mesma situação ao trabalhar na produção de mudas de lichieira. Por outro lado, Mendonça et al. (2010) também encontraram efeitos positivos na altura de porta-enxertos de cajueiro gigante com as doses crescentes de Nitrogênio. Igualmente Scvittaro (2004), trabalhando com doses de N em mudas de limoeiro obteve acréscimos no comprimento da parte aérea.

Massa de matéria seca das folhas, ramos, raízes e massa da matéria seca total

A análise de variância para massa seca (g) das folhas (MSFO), ramos (MSR) e raízes (MSRZ) e massa seca (g) total (MST) das plantas de camu-camu (Tabela 5) mostraram haver influência significativa pelo teste de F ($p < 0,05$) em relação das doses de N.

Tabela 5. Resumo da análise de variância (ANOVA) de massa seca (g) das folhas (MSFO), ramos (MSR) e raízes (MSRZ) e massa seca (g) total (MST) das plantas de camu-camu aos 270 dias após o plantio em condições de terra firme

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		MSFO	MSR	MSRZ	MST
Doses	4	3904,17*	57827,47*	2149,062*	121329,19*
Bloco	7	233,950	6454,38	459,06	12803,59
Resíduo	28	140,49	2738,81	139,49	5184,17
CV (%) :		26,30	27,14	22,87	24,87

* Significativo a 0,05% de probabilidade pelo Teste F.

A massa seca (g) das folhas (MSFO), ramos (MSR) e raízes (MSRZ) e massa seca (g) total (MST) das plantas de camu-camu apresentaram respostas quadráticas significativas às doses de N (Figura 2). Observou-se para MST (g) que a dose de 128 kg ha⁻¹ de N proporcionou um valor máximo de 365,38 g, que promoveu um ganho de 266,78 g em relação a testemunha. Enquanto a MSR(g) com a dose de 112 kg ha⁻¹ de N obteve-se um valor máximo de 261,14 g, que gerou um ganho de 200,12g em relação à testemunha. Para MSRZ (g), a dose 126 kg ha⁻¹ de N proporcionou um valor máximo de 65,52 que originou um ganho de 39,38 g em relação à testemunha e, por último, para MSFO (g) a dose 113 kg ha⁻¹ de N deu um valor máximo correspondendo a 60,50 g que alcançou um ganho de 50,36 g em relação à testemunha. Resultados similares foram obtidos por Souza et al. (2007) e Mendonça et al. (2009), os quais asseguraram que a matéria seca total é um indicador adequado para demonstrar o efeito do nutriente sobre o crescimento das plantas.

Observou-se um efeito depressivo na MST com o uso de doses superiores a 128 kg ha⁻¹ de N. Menegazzo et al. (2011), também encontraram efeitos quadráticos depressivos com o aumento das doses de N na massa seca da parte aérea ao trabalhar na produção de mudas de mamoeiro. Também Brito et al. (2007) verificaram que altas doses de N causaram fitotoxidez em plantas de sapoti, afetando as características biométricas das mudas.

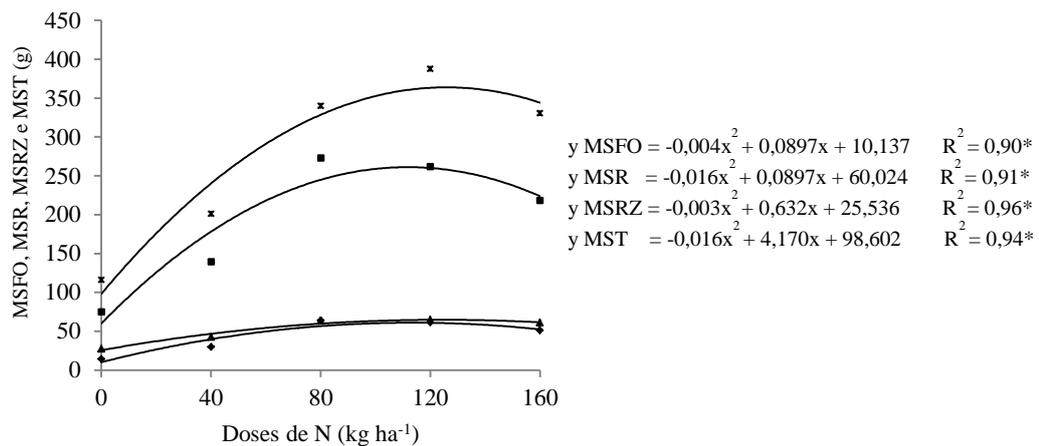


Figura 2. Efeito das doses de N sobre Massa seca de folha (MSFO) (g), massa seca de ramos (MSR) (g), massa seca da raiz (MSRZ) (g) e massa seca total (MST) (g) das plantas de camu-camu.

De modo semelhante, Dias et al. (2012) constataram o mesmo efeito na produção de plantas de goiabeira em viveiro comercial. Da mesma forma, Andrade (2011), trabalhando com porta-enxertos de umbuzeiro constatou que um dos parâmetros mais afetados foi à sobrevivência pela aplicação de doses altas de nitrogênio. Já Rodrigues et al. (2010), afirmaram que todos os parâmetros estudados na produção de mudas de mamoneira (*Ricinus communis* L.), foram afetados pela adubação elevada de N, apresentando decréscimo linear.

Estes efeitos podem ser explicados pela elevação da pressão osmótica do meio de cultivo, causando danos às raízes e prejudicando a absorção de nutrientes, com reflexos sobre o desenvolvimento da parte aérea (MALAVOLTA, 1980; PERIN et al., 1999; citados por SCVITTARO, 2004). Outra das razões é que a utilização de doses elevadas de uréia [CO (NH₂)] acidifica o substrato, porque o desdobramento da uréase libera H⁺ provocando toxidez às plantas pelo excesso de biureto, causando diminuição do pH do solo, durante o processo de nitrificação da uréia (MALAVOLTA, 2006; SCVITTARO, 2004).

Índice de qualidade de Dickson (IQD)

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é apontado como bom indicador da qualidade das mudas, por considerar para no seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa, sendo ponderados varias características importantes (GOMES et al., 2003 citado por SOARES et al., 2007; FONSECA, 2000). Este índice é tradicionalmente utilizado na produção de mudas de espécies florestais, mas as mesmas características que compõe o IQD são importantes para a produção de mudas frutíferas (DIAS et al., 2012), sendo também importante utiliza-lo para avaliar o crescimento inicial das plantas frutíferas em campo. Nesse sentido, quanto maior o IQD, melhor a qualidade da planta, sendo 0,20 o valor mínimo

(GOMES e PAIVA, 2004). O IQD no presente estudo apresentou uma resposta quadrática significativa ($p < 0,05$) para o fornecimento de N, sofrendo um efeito depressivo com doses de N acima de 123 kg ha^{-1} , que ocasionou o máximo IQD de 27,89 (Figura 3). Resultados similares foram obtidos por Dias et al. (2012), ao trabalhar com adubação nitrogenada na produção de mudas de goiabeira em viveiro comercial e por Cruz et al. (2006) ao trabalhar com adubação nitrogenada na produção de sete cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke)

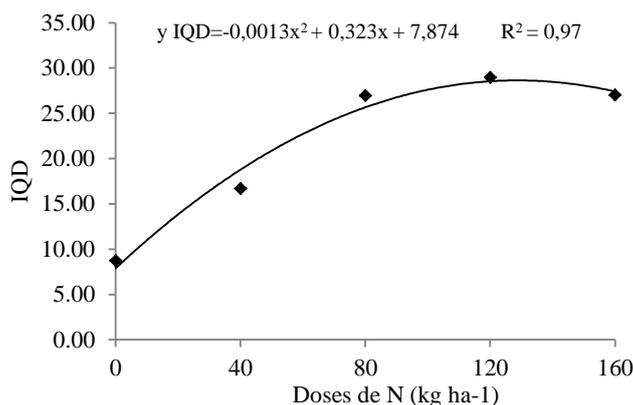


Figura 3. Efeito das doses de N sobre o Índice de qualidade de Dickson (IQD) das plantas de camu-camu

Índice de clorofila *a*

O índice de clorofila *a*, determinado aos 270 DAT das plantas de camu-camu em condições de terra firme, apresentou em relação às doses de N resposta quadrática significativa ($p < 0,05$). O ponto de máxima para o índice de clorofila *a* (37,15) foi obtido com a dose estimada de 109 kg ha^{-1} de N (Figura 4). Por outro lado, é bom ressaltar que as doses menores de N apresentaram menor índice de clorofila e as maiores doses de N provocaram um efeito depressivo no índice de clorofila *a*, visto que as plantas fertilizadas com as doses altas apresentaram folhas cloróticas. Estes resultados concordam com Silva et al. (2011) quando mencionam que a intensidade do cor verde (clorofila) tem relação com o teor de nitrogênio nas folhas. Também Ciompi et al. (1996), citado por Menegazzo et al. (2011), afirmaram que as plantas cultivadas em quantidades inadequadas de nitrogênio pode reduzir o conteúdo o índice de clorofila.

Prado e Vale (2008) afirmaram também haver uma alta correlação entre as leituras obtidas entre o clorofilômetro com as concentrações de nitrogênio na planta. Nesse sentido correlação significativa e positiva segundo o coeficiente de Pearson ($r = 0,78$) foi constatada entre o índice ICF (Índice de clorofila-Falker) e o teor de N folhar na planta. Resultados semelhantes foram encontrados por Dantas et al. (2012), trabalhando em fertilização de mudas de cacauero. Outros resultados similares foram observadas em milho (ARGENTA et

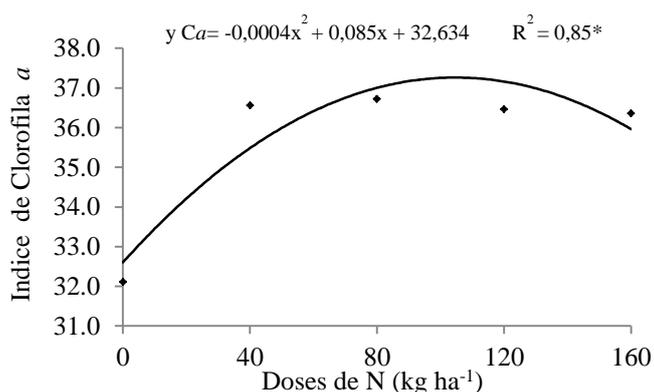


Figura 4. Efeito das doses de N sobre o Índice de Clorofila *a* das plantas de camu-camu.

al., 2001), mamão (TORRES; NETTO et al., 2002), pimentão (GODOY et al., 2003), café (TORRES NETTO et al., 2005; GODOY et al., 2008); pimentão (MARCUSSEI et al., 2004), goiabeira (DIAS et al., 2012), laranjeira (SOUZA et al., 2011). Em outros trabalhos realizados por Prado e Vale (2008); Malavolta (2006); Rozane et al. (2009); Smarsi et al. (2011); Nava; Ciotta (2013), em diferentes frutíferas, concluíram que houve correlação positiva entre o índice de clorofila e o teor de N nas folhas e também com a produção de matéria seca, indicando que a medida indireta da clorofila foi adequada para a avaliação do estado nutricional em relação ao nitrogênio.

Segundo Andrade (2011), o fornecimento em excesso de N, provoca na planta o declínio na atividade fotossintética, de modo que tal atividade pode atingir níveis abaixo daqueles adequados à demanda da respiração das plantas; com isto, começa a haver degradação de compostos orgânicos nitrogenados, que passam a ser usados como fonte de energia, levando ao acúmulo de amônio e à redução no desenvolvimento das plantas. Não obstante sim fazemos a comparação geral dos resultados obtidos pela testemunha sem nitrogênio, com os dos demais tratamentos, demonstra-se claramente a importância do fornecimento de nitrogênio via fertirrigação para o desenvolvimento inicial das plantas de camu-camu em condições de terra firme.

Teores de macronutrientes em função das doses de Nitrogênio

As curvas de resposta do efeito do N sobre os teores de macronutrientes em plantas de camu-camu aos 270 DAT foram lineares ou polinomiais (Figura 5).

O teor de N nas plantas de camu-camu apresentou uma resposta quadrática significativa ($p < 0,05$) nas folhas e não significativa nos ramos e nas raízes sob efeito das doses de N. O ponto de máximo teor de N nas folhas de 22,08 g kg⁻¹ foi alcançado em resposta a dose de 114 kg ha⁻¹ de N. Nos ramos e raízes têm-se teores médios de 5,85 e 8,9 g kg⁻¹ de N, respectivamente.

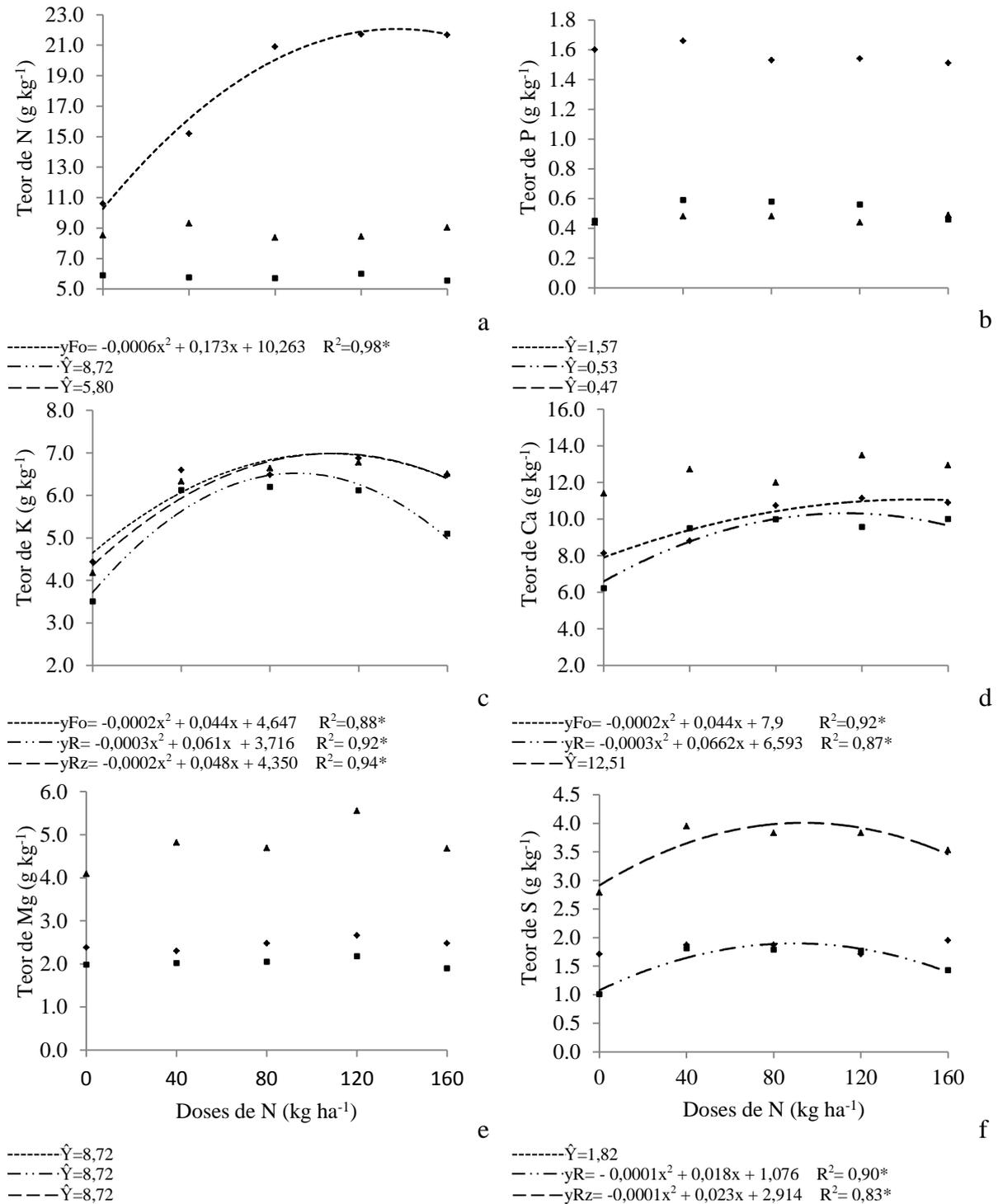


Figura 5. Efeito das doses de Nitrogênio aplicadas via fertirrigação nos teores de N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e) e S (f) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.

Observa-se maior concentração na parte aérea o que indica alta mobilidade e redistribuição deste nutriente para esta parte da planta (MARSCHNER, 1995).

Observou-se também que nenhum dos tratamentos com dose superior a 114 kg ha⁻¹ de N proporcionou aumento nos teores foliares das plantas de camu-camu, indicando que a

absorção esteve limitada pelo balanço entre N e K, pois segundo Bull (1993), a interação entre o nitrogênio e potássio obedece à lei do Mínimo, pois quando o nitrogênio é aplicado em quantidade suficiente para haver elevação da absorção, essa passa a ser limitada pelos baixos teores de potássio aplicados ao solo. Fato que pode ser explicado pelo efeito da concentração resultante do menor crescimento das plantas provocado pela falta de K. Para confirmar este enunciado Silva (2008), comprovou que o KCl aumentou a concentração de N nas folhas.

Xu et al. (2002) mencionam que o metabolismo de nitrogênio nas plantas requer adequadas quantidades de potássio no citoplasma e Ajay et al. (1970) e Dibb e Welch (1976) citados por Viana (2007) apontam conclusivamente para o fato de que a maior absorção de potássio permite rápida assimilação do NH_4^+ absorvido, mantendo seu teor baixo na planta e evitando a toxidez. Em plantas deficientes de potássio, há acúmulo de NH_4^+ com aparecimento de lesões correspondentes a toxidez por este íon. Neste trabalho a dose de 40 kg ha^{-1} de K utilizada provavelmente não foi suficiente para fornecer uma adubação equilibrada provocando um efeito negativo no crescimento das plantas de camu-camu.

Os teores de N em folhas de camu-camu determinados por diversos autores foram: Viégas et al. (2004), num experimento de nutrição mineral em casa de vegetação encontraram teores de 16,9 a $18,2 \text{ g kg}^{-1}$ de N nas folhas; Esashika et al. (2011), trabalhando com adubação orgânica, mineral e foliar em plantas adultas, determinaram valores máximos de 18 g kg^{-1} de N; Thomaz et al. (2004) atingiram teores foliares de $17,7 \text{ g kg}^{-1}$ de N em folhas de mudas de camu-camu; e Gavinho (2005) trabalhando com adubo foliar Ouro Verde® em condições de terra-firme, verificou teores foliares de 16,33 a $17,30 \text{ g kg}^{-1}$ de N. Observou-se que os teores encontrados no presente trabalho são superiores aos reportados pelos autores mencionados, isto pode ser devido ao efeito da fertirrigação onde os nutrientes são aplicados na área de concentração das raízes, provocando maior eficiência na absorção (ELOI et al., 2007).

O teor de P nas plantas de camu-camu não apresentou resposta significativa ($p < 0,05$) para as doses de N aplicadas via fertirrigação (Figura 5b), havendo uma estabilidade dentro de cada órgão: folhas - 1,6 a $1,51 \text{ g kg}^{-1}$; ramos - 0,44 a $0,59 \text{ g kg}^{-1}$; e raízes - 0,44 a $0,49 \text{ g kg}^{-1}$, concordando com os resultados verificados por Dantas Neto et al. (2013) em trabalho realizado com goiabeira fertirrigada com nitrogênio. Por outro lado, Amorim et al. (2011), trabalhando com goiabeiras 'Paluma', obteve resultados significativos depressivos de doses de N sobre os teores de P, obtiveram valores médios entre 1,8 e $1,1 \text{ g kg}^{-1}$. Não entanto, alguns autores afirmam que existe uma sinergia entre N e P, havendo um efeito positivo sobre a concentração de P nas folhas como resultado da adubação nitrogenada, em condições satisfatórias de nutrição mineral (SARTOR, 2009).

Os teores de P em folhas de camu-camu determinados por diversos autores foram: Viéguas et al. (2004) definiu que os teores adequados de P para folhas de camu-camu estão entre 1,2 e 1,9 g kg⁻¹; Gavinho (2005) avaliando os efeitos da adubação foliar na produção de frutos de camu-camu encontrou teores de 1,38 a 1,42 g kg⁻¹ de P em solos de terra firme da Amazônia. Natale et al. (2001) e Thomaz et al. (2004), constataram valores de fósforo entre 1,5 e 1,7 g kg⁻¹ em goiabeiras e camu-camu, concordando com as concentrações de 1,6 a 1,66 g kg⁻¹ de P encontradas neste estudo. Por outro lado, Esashika et al. (2011) trabalhando com diferentes formas de adubação, obteve um teor de 2,35 g kg⁻¹ de P nas folhas quando utilizou adubação orgânica e 2,57 g kg⁻¹ de P com adubação mineral aplicadas via solo.

O teor de K nas plantas de camu-camu apresentou uma resposta quadrática significativa ($p < 0,05$) para as doses de N aplicadas via fertirrigação. O ponto de máximo teor de K nas folhas de 7,07 g kg⁻¹ foi alcançado em resposta a dose de 107 kg ha⁻¹ de N, e os teores para as raízes e ramos foi de 7,23 e 6,82 g kg⁻¹ de K em resposta a dose 115 e 104 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 5c). Observou-se também que nenhum dos tratamentos com dose superior a 107 kg ha⁻¹ de N proporcionou aumento nos teores foliares de K nas plantas de camu-camu, isto confirma o mencionado por Viana (2007) ao trabalhar com leguminosas, verificando que na utilização do adubo nitrogenado se faz necessário o suprimento de potássio para que não haja limitações dos efeitos do nitrogênio. Nesse sentido Panaullah et al. (2006), avaliando a absorção de potássio no cultivo de arroz em sucessão verificaram que a adubação nitrogenada aumentou significativamente a absorção de K pela cultura. Nesta pesquisa o nitrogênio favoreceu a produção de matéria seca das plantas de camu-camu, entretanto o baixo suprimento de potássio limitou a concentração deste nutriente na parte aérea.

Wallau et al. (2008), trabalhando com mogno africano, determinaram que concentrações foliares de 10 a 15 g kg⁻¹ de potássio foram adequados para a espécie. Nesse sentido, os resultados obtidos na presente pesquisa foram talvez afetados, porquanto só se aplicou uma dose mínima de 40 kg ha⁻¹ de K₂O. No entanto, o ponto de máxima concentração de 7,07 g kg⁻¹ de K foi superior aos reportados Viéguas et al. (2004), que afirmam que os teores foliares adequados de potássio para a cultura do camu-camu são de 5,2 a 6,0 g kg⁻¹ e por Esashika et al. (2011), que ao trabalhar com adubação mineral nesta mesma cultura, obteve 6,05 g kg⁻¹ de K nas folhas. Mas foi similar aos teores foliares encontrados por Gavinho (2005), de 7,02 e 7,13 g kg⁻¹ de K, trabalhando com adubação foliar com Ouro Verde® em plantas adultas de camu-camu.

O teor de Ca nas plantas de camu-camu apresentou uma resposta quadrática significativa ($p < 0,05$) para as folhas e ramos, sendo os teores máximos alcançados de 10,32 e 10,25 g kg⁻¹ em resposta as doses de 105 kg ha⁻¹ e 110 kg de N, respectivamente. Para as raízes apresentou uma resposta linear não significativa com um teor de 12,51 g kg⁻¹ de Ca em todos os tratamentos (Figura 5d). Resultados similares foram obtidos por Viana (2007), trabalhando com a interação entre nitrogênio e potássio em plantas de trigo, onde constatou que as concentrações de Ca aumentaram com as doses crescentes de N. Outra provável explicação é que a dose baixa aplicada de K causou o aumento dos teores de Ca na planta e por outro lado aplicações de N também tendem a aumentar o teor de Ca nas folhas (BORGES, 2004).

Com respeito aos teores foliares de Ca encontrados na pesquisa, eles estão dentro do adequado para a cultura de camu-camu (9,9 até 11,7 g kg⁻¹ de Ca) segundo Viégas et al. (2004), e acima do reportado por Esashika et al. (2011) de 7,1 g kg⁻¹, trabalhando com adubação mineral em camu-camu. De igual forma Gavinho (2005), estudando os efeitos da adubação foliar na produção de frutos do camu-camu em condições de terra-firme, encontrou teores de Ca um pouco menores que o desejável de 5,70 a 8,36 g kg⁻¹.

O teor de Mg nas plantas de camu-camu não apresentou resposta significativa ($p < 0,05$) para as doses de N aplicadas via fertirrigação (Figura 5e), havendo uma estabilidade dentro de cada órgão da planta: raízes (4,76 g kg⁻¹), folhas (2,46 g kg⁻¹) e ramos (2,03 g kg⁻¹). O Mg, semelhante ao ocorrido com o cálcio, apresentou maior teor nas raízes. O mesmo não ocorreu em pesquisa realizada com Capim-Marandu por Batista e Monteiro (2010), na qual concluíram que o suprimento de N alterou positivamente as proporções de Ca e de Mg e negativamente a proporção de K na parte aérea. Nesta pesquisa não houve influencia das doses de N sobre os teores de Mg nas plantas de camu-camu, visto que havia sido fornecido em quantidades suficientes tanto o Ca, como o Mg pela aplicação de calcário dolomítico.

Segundo Viégas et al. (2004), os teores foliares adequados para o magnésio estão entre 1,4 e 3,6 g kg⁻¹, nesse sentido o valor encontrado nesta pesquisa supera aos verificados pelo autor e também aos constatados por Esashika et al. (2011) de 1,42 g kg⁻¹ de Mg. Entretanto, os teores médios de magnésio obtidos nas folhas de camu-camu nesta pesquisa concordam com as concentrações adequadas para a goiabeira determinadas por Bataglia e Santos (2001), que é da mesma família do camu-camu, as quais variam de 2,4 a 4,0 g kg⁻¹ de Mg.

A eficiência na absorção de Ca e Mg ocorrida nesta pesquisa, provavelmente, foi resultado do maior contato do elemento com a raiz da planta, proporcionado pela irrigação

uniforme que ajudou a ter uma maior absorção por fluxo de massa (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

O teor de S nas plantas de camu-camu apresentou resposta quadrática significativa ($p < 0,05$) para as raízes e ramos alcançando teores máximos de 4,24 e 1,89 g kg⁻¹ em relação às doses 112 e 90 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Não sendo significativo para o teor de S nas folhas apresentando teores médios de 1,87 g kg⁻¹ (Figura 6f). Estes resultados concordam com Rajj (1991) ao afirmar que as concentrações foliares variam em geral, entre 1 a 4 g kg⁻¹ em plantas bem nutridas, neste sentido pode-se afirmar que as doses de N não influenciaram nas concentrações foliares de S.

Por outro lado, os teores foliares de S verificados nesta pesquisa são menores aos encontrados por Viegas et al. (2004), trabalhando em adubação mineral inteira em mudas de camu-camu, considerando teores adequados que variam de 2,4 a 2,8 g kg⁻¹ de S. Estas diferenças nos teores foliares provavelmente foi causado pelas condições dos experimentos.

Teores de micronutrientes em função das doses de nitrogênio

A concentração de B e Mn nas folhas do camu-camu apresentou uma resposta quadrática significativa ($p < 0,05$) depressiva em relação às doses de N (Figura 6a e 6b), podendo-se inferir que houve uma diminuição nos teores devido a uma maior diluição destes nutrientes no tecido vegetal em decorrência do aumento de produção de biomassa (VIANA, 2007)

Os teores máximos de B (Figura 6a) foram de 129,84 mg kg⁻¹ alcançados nas plantas sem adubação nitrogenada, diminuindo até 81,4 mg kg⁻¹ na dose de 120 kg ha⁻¹ de N. As raízes (Rz) e ramos (R) não mostraram resposta significativa ($p < 0,05$), obtendo teores médios de 24,21 e 12,59 mg kg⁻¹ de B, respectivamente. Dechen; Nachtigall (2006) e Souza et al. (2012) citam que, em geral, a parte aérea das plantas apresentam maior concentração de B que as raízes e esse fato está associado a maior mobilidade do B no xilema em comparação ao floema.

Segundo Dechen; Nachtigall (2006), as concentrações de B em plantas variam entre 12 e 50 mg kg⁻¹ de matéria seca do tecido, considerando-se concentrações entre 30 e 50 mg kg⁻¹ como adequadas para um crescimento normal das plantas. Por outro lado, plantas deficientes apresentam concentrações foliares menores que 15 mg kg⁻¹ (MALAVOLTA, 1980; MALAVOLTA et al., 1989; PAIS; JONES JÚNIOR, 1996; FURLANI, 2004). Nesse sentido os resultados obtidos nesta pesquisa estão acima do mencionado pelos autores, o que demonstrou que camu-camu é exigente em B.

Segundo Viéguas et al. (2004), os teores foliares adequados de B para camu-camu estão na faixa de 8,4 até 9,5 g kg⁻¹, concentrações estas muito menores que as encontradas nesta pesquisa, (concentrações em torno de 80 a 130 mg kg⁻¹ de B), provavelmente devido as condições de realização do experimento em fertirrigação. Por outro lado, teores aproximados de 78 mg kg⁻¹ de B foram verificados por Villas Bôas et al. (2002) trabalhando com laranja ‘Valência’ fertirrigada e de até 45 mg kg⁻¹ de B por Souza et al. (2012) trabalhando com mobilidade do B nas folhas, em mudas de pessegueiro.

A resposta do teor de Mn nas folhas (Figura 6b) ao uso de N foi quadrática significativa ($p < 0,05$), apresentando concentrações que variaram de 221,00 mg kg⁻¹ na dose de 160 kg ha⁻¹ de N até 326, 63 mg kg⁻¹, quando não se utilizou adubação nitrogenada.

Em ramos e raízes não houve resposta significativa, verificando-se teores médios de 37,24 e 19,90 mg kg⁻¹, respectivamente. Villas Bôas et al. (2002), trabalhando com plantas de laranja Valencia e Camargo e Muraoka (2007), trabalhando com mudas de castanheira do Brasil reportaram teores foliares de 39 e 70,2 mg kg⁻¹ de Mn, respectivamente, os quais foram menores que os encontrados nesta pesquisa, evidenciando que a absorção dos nutrientes é diferente para cada espécie.

Segundo Dechen; Nachtigall (2006) citam que as concentrações de Mn nas plantas variam entre 5 e 1500 mg kg⁻¹ de matéria seca da planta dependendo da planta e da espécie, além disso consideram que concentrações entre 20 e 500 mg kg⁻¹ são adequadas para um desenvolvimento normal das plantas.

Esashika et al. (2011) reportaram teores de 131 mg kg⁻¹ de Mn nas folhas de camu-camu, sendo menores aos teores foliares obtidos nesta pesquisa. No entanto, em plantas estabelecidas em solos de várzea sob inundação, foi determinado teores foliares de 764 mg kg⁻¹ de Mn (VILLACHICA, 1996), isto ocorre, segundo Dechen; Nachtigall (2006), em decorrência da disponibilidade do Mn²⁺ ser favorecida em solos com menores valores de potencial redox (solos inundados).

As concentrações de Fe, Cu e Zn (Figuras 6c, 6d e 6e) apresentaram valores mais elevados nas raízes das plantas de camu-camu em todas as doses de N, em relação aos teores nos outros órgãos das plantas. No entanto, somente apresentou resposta quadrática significativa ($p < 0,05$) para as concentrações de Fe nas raízes.

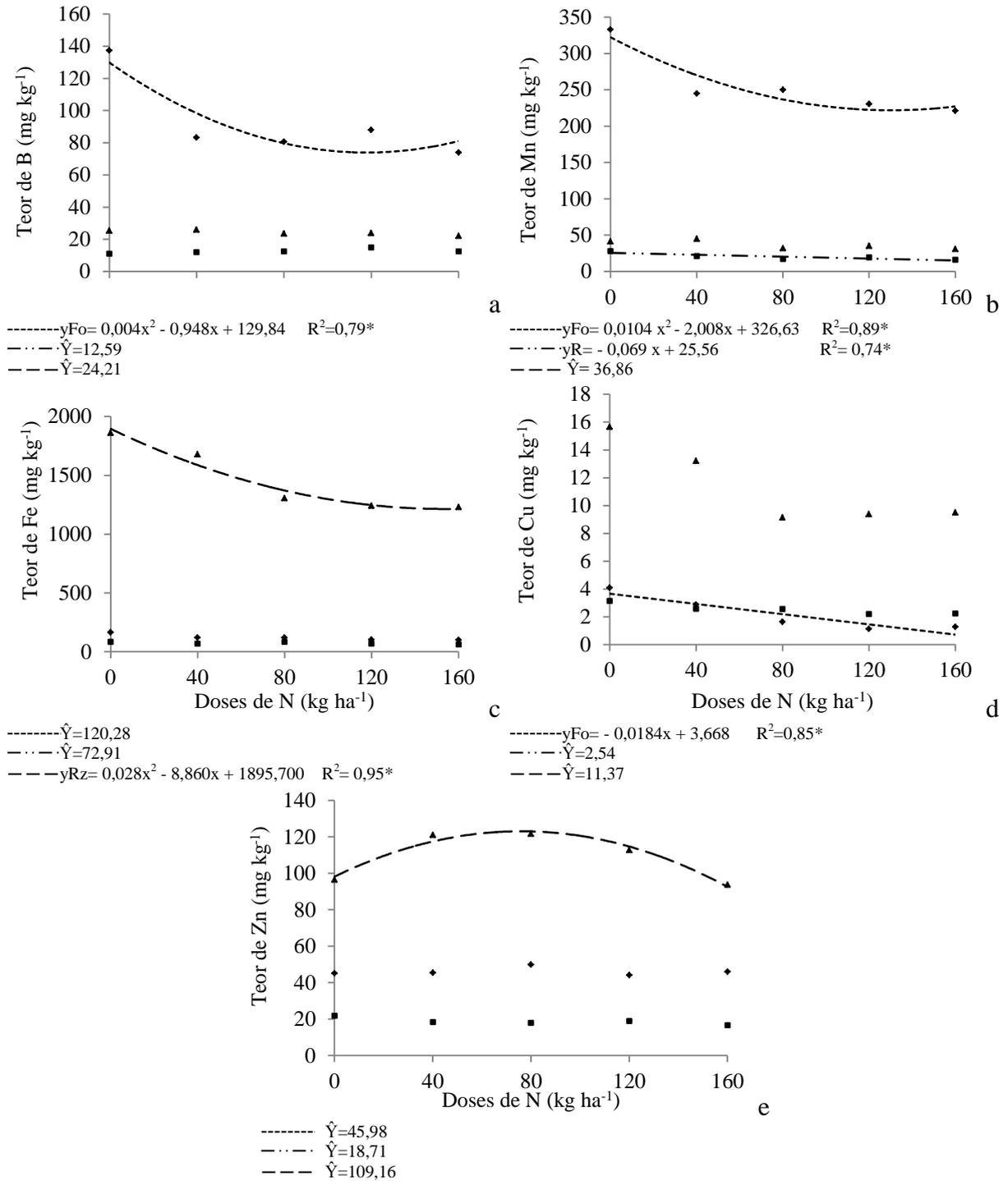


Figura 6. Efeito das doses de Nitrogênio aplicadas via fertirrigação nos teores de B (a), Mn (b), Fe (c), Cu (d) e Zn (e) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.

O teor de Fe nas plantas de camu-camu apresentou resposta não significativa para os ramos e folhas e significativa ($p < 0,05$) quadrática para as raízes (Figura 6c) em função das doses de N aplicadas via fertirrigação.

Verificou-se um teor decrescente nas raízes de 1895,7 mg kg⁻¹ a 1229,0 mg kg⁻¹ de Fe, em consequência do aumento das doses de N. Nas folhas e ramos foram determinados teores médios de 117,5 e 72,53 mg kg⁻¹ de Fe, denotando que não houve uma efetiva distribuição das raízes para a parte aérea, visto que em relação ao metabolismo do Fe na planta, este apresenta baixa mobilidade nos tecidos vegetais. Essa mobilidade é afetada ainda, de forma negativa, por vários fatores, como elevado conteúdo de P, deficiência de K, quantidade elevada de Mn e baixa intensidade luminosa (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Após três meses de início da fertirrigação foi observado sintomas de deficiência nas plantas, tendo sido parcialmente corrigido com aplicação de Fe quelatizado.

Esashika et al. (2011) reportaram teores foliares de 66 mg kg⁻¹ em adubação mineral completa em mudas de camu-camu, sendo menores aos encontrados nesta pesquisa. Villachica (1996), estudando o camu-camu na Amazônia peruana, em populações naturais de várzea, registrou teor foliar de ferro de 98 mg kg⁻¹.

Concentrações foliares de ferro no camu-camu encontrados nesta pesquisa concordam pelos encontrados por Yamada (2004), para goiabeira, que cita teores foliares na faixa de 117 a 162 mg kg⁻¹ de ferro. Para Dechen; Nachtigall (2006), a variabilidade do teor de Fe nas plantas pode ocorrer entre 10 e 1500 mg kg⁻¹ de matéria seca, considerando-se concentrações adequadas para o bom crescimento das plantas entre 50 e 100 mg kg⁻¹, podendo-se considerar plantas deficientes quando apresentam concentrações foliares menores que 10 mg kg⁻¹ de Fe, nesse sentido pode-se afirmar que os valores encontrados nesta pesquisa estão de acordo com a literatura.

Quanto ao teor de Cu não se obteve resposta significativa para os ramos e raízes, sendo significativa ($p < 0,05$) linear para as folhas (Figura 6c). A resposta do Cu nas folhas decresce de 3,67 mg kg⁻¹ até 0,72 mg kg⁻¹ em doses de N variando de 0 a 160 kg ha⁻¹, respectivamente. Este teor apresenta-se dentro dos níveis obtidos por Camargo; Muraoka (2007), trabalhando com mudas de castanheira do Brasil, reportaram teores de 5,2 mg kg⁻¹ nas raízes e 3,2 mg kg⁻¹ nas folhas e caule. Entretanto, Dechen; Nachtigall (2006) consideram concentrações entre 5 e 20 mg kg⁻¹ como adequadas para o crescimento normal das plantas; e plantas deficientes apresentam concentrações foliares menores de 4 mg kg⁻¹, enquanto acima de 20 mg kg⁻¹ podem-se observar sintomas de toxicidade (MALAVOLTA, 1980; MALAVOLTA et al., 1989; PAIS; JONES JUNIOR, 1996; FURLANI, 2004).

O teor de Zn (Zinco) teve uma resposta similar a os teores de B, Cu, Fe e Mn seguindo uma tendência linear e quadrática não significativa ($P < 0,05$) para as raízes, folhas e ramos em

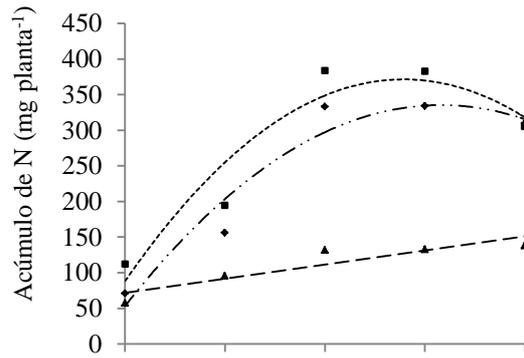
relação às doses de N. Observou-se maiores teores de Zn nas raízes seguidas das folhas e por último os ramos com teores médios de 109,48; 46,08 e 18,59 mg kg⁻¹. Segundo Dechen; Nachtigall (2006), as concentrações de Zn variam de 3 a 150 mg kg⁻¹ da matéria seca da planta; e consideram que teores foliares inferiores a 25 mg kg⁻¹, caracterizam deficiência do elemento (MALAVOLTA, 1980; MALAVOLTA et al., 1989; PAIS; JONES JUNIOR, 1996; FURLANI, 2004).

Resultados similares foram obtidos por Alves (2013), trabalhando com nutrição mineral de Mogno Africano, por Villas Bôas et al. (2002), trabalhando com plantas de laranja Valência e também por Camargo e Muraoka (2007), trabalhando com mudas de castanheira do Brasil. Por outro lado, Teores foliares menores (24 mg kg⁻¹ de Zn) aos encontrados nesta pesquisa foram mostrados por Esashika et al. (2011), ao trabalhar com adubação mineral em mudas de camu-camu.

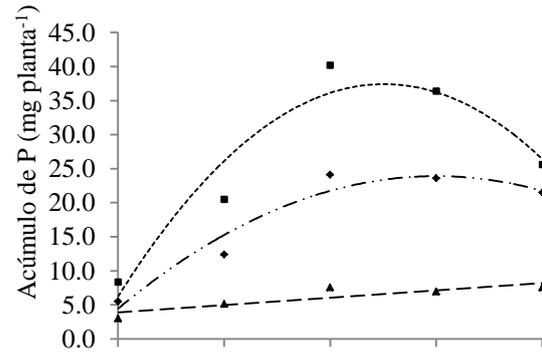
Em relação a os teores de micronutrientes nas raízes e na parte aérea das plantas de camu-camu em relação a todos os micronutrientes, acumularam em maior quantidade nas raízes (Cu, Fe e Zn), o que demonstra que as raízes tornaram-se órgão de armazenamento do excesso do nutriente absorvido pela planta, Resultados semelhantes foram observados por Soares et al. (2005), trabalhando com *Eucalyptus sp.* Os teores de macro e micronutrientes nas plantas de camu-camu obedeceram à seguinte ordem decrescente nas folhas: N > Ca > K > Mg > S > P > Mn > Fe > B > Zn > Cu e nos ramos e raízes Ca > N > K > Mg > S > P > Fe > Zn > Mn > B > Cu.

Acúmulo de macronutrientes em função das doses de Nitrogênio

Na figura 7 observou-se resposta quadrática significativa e linear ($p < 0,05$) para acúmulo dos macronutrientes nas plantas de camu-camu em resposta as doses de N aplicadas via fertirrigação. Verificou-se maior acúmulo nos ramos para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Verifica-se um acúmulo de N nos ramos de 368,19 mg de N planta⁻¹ com a dose de 111 kg ha⁻¹ de N, nas folhas e de 329,47 mg de N planta⁻¹ com uma dose de 124 kg ha⁻¹ de N, nas raízes um acúmulo foi de 130,13 mg de N planta⁻¹ com a dose de 118 kg ha⁻¹ de N (Figura 7a). Nesse sentido o acúmulo total foi de 827,79 mg de N planta⁻¹ na faixa de 110 a 120 kg ha⁻¹ de N, obtendo-se ganho de 614 mg de N planta⁻¹ em relação a testemunha.



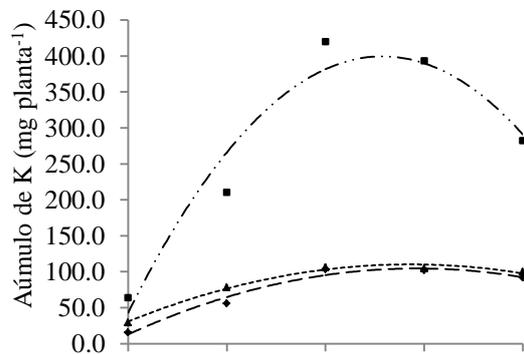
$$\begin{aligned} \text{---} y_{\text{Fo}} &= -0,018x^2 + 4,458x + 53,443 & R^2 &= 0,93^* \\ \text{-} y_{\text{R}} &= -0,023x^2 + 5,075x + 88,61 & R^2 &= 0,89^* \\ \text{---} y_{\text{Rz}} &= 0,495x + 71,72 & R^2 &= 0,82^* \end{aligned}$$



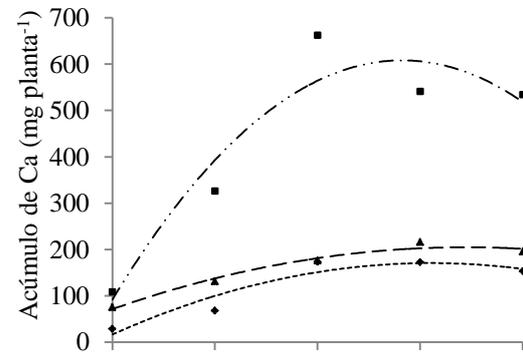
$$\begin{aligned} \text{---} y_{\text{Fo}} &= -0,0014x + 0,325 & R^2 &= 0,94^* \\ \text{-} y_{\text{R}} &= -0,003x^2 + 0,621x + 6,225 & R^2 &= 0,92^* \\ \text{---} y_{\text{Rz}} &= 0,027x + 3,874 & R^2 &= 0,77^* \end{aligned}$$

a

b



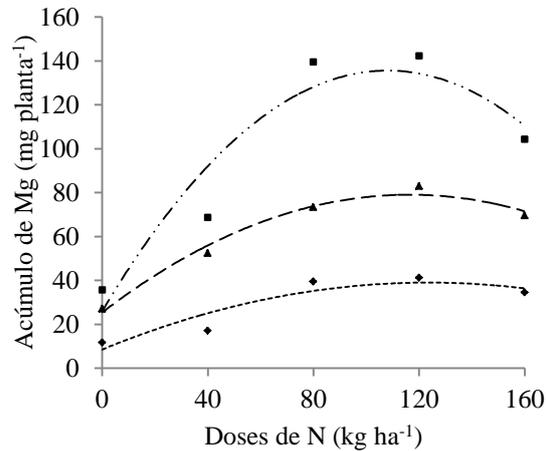
$$\begin{aligned} \text{---} y_{\text{Fo}} &= -0,007x^2 + 1,565x + 12,834 & R^2 &= 0,97^* \\ \text{-} y_{\text{R}} &= -0,034x^2 + 6,922x + 42,859 & R^2 &= 0,93^* \\ \text{---} y_{\text{Rz}} &= -0,006x^2 + 1,391x + 30,649 & R^2 &= 0,98^* \end{aligned}$$



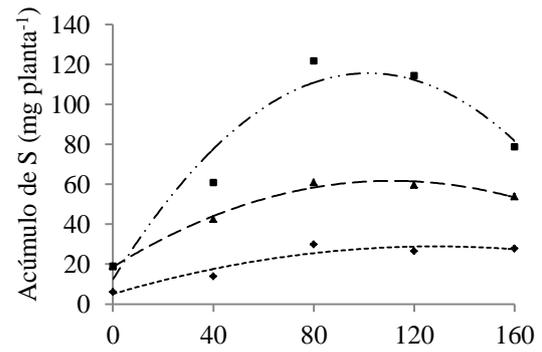
$$\begin{aligned} \text{---} y_{\text{Fo}} &= -0,01x^2 + 2,479x + 16,583 & R^2 &= 0,90^* \\ \text{-} y_{\text{R}} &= -0,040x^2 + 9,137x + 91,897 & R^2 &= 0,90^* \\ \text{---} y_{\text{Rz}} &= -0,007x^2 + 1,937x + 71,428 & R^2 &= 0,97^* \end{aligned}$$

c

d



$$\begin{aligned} \text{---} y_{\text{Fo}} &= -0,002x^2 + 0,493x + 8,538 & R^2 &= 0,86^* \\ \text{-} y_{\text{R}} &= -0,009x^2 + 2,026x + 26,009 & R^2 &= 0,89^* \\ \text{---} y_{\text{Rz}} &= -0,004x^2 + 0,9217x + 25,434 & R^2 &= 0,98^* \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{---} y_{\text{Fo}} &= 0,0014x^2 + 0,371x + 5,046 & R^2 &= 0,90^* \\ \text{-} y_{\text{R}} &= -0,01x^2 + 2,029x + 12,418 & R^2 &= 0,93^* \\ \text{---} y_{\text{Rz}} &= -0,004x^2 + 0,777x + 18,568 & R^2 &= 0,98^* \end{aligned}$$

e

f

Figura 7. Efeito das doses de Nitrogênio aplicadas via fertirrigação nos acúmulos de N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e) e S (f) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.

Para o acúmulo de P, verificou-se maior acúmulo de P nos ramos com 38,36 mg de N planta⁻¹ em resposta a dose 105 kg ha⁻¹ de N seguido pelas folhas e raízes de 23,31 e 7,06 mg de P planta⁻¹ em resposta as dose 115 e 118kg ha⁻¹ de N. No total obteve-se na planta inteira um acúmulo total de 68,73 mg de P planta⁻¹ na faixa de 105 a 120 kg de N ha⁻¹ (Figura 7b).representando um ganho de 58,31 mg de P planta⁻¹ com relação a testemunha.

Para o K, foram constatados acúmulos nos ramos de 395, 17 de N planta⁻¹ em resposta a dose 105 kg ha⁻¹ de N, nas folhas e raízes obteve-se 100,31 e 111,27 mg de N planta⁻¹ com as doses de 112 e 116 kg ha⁻¹ de N respectivamente (Figura 7c). Obtendo-se na planta inteira um acúmulo total de 606,75 mg de K planta⁻¹ na faixa de 105 a 120 kg de N ha⁻¹ de N, obtendo-se um ganho de 520,41 mg de K planta⁻¹ em relação a testemunha

Para Ca, verificou-se um acúmulo de 608,51 mg de Ca planta⁻¹ nos ramos em resposta a dose de 113 kg ha⁻¹ de N, nas folhas e raízes foram determinados acúmulos de 170,06 203,07 mg de Ca planta⁻¹ com as dose 120 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Obtendo-se um acúmulo total na planta inteira de 981,64 mg de Ca planta⁻¹ na faixa de 105 a 120 kg ha⁻¹ de N (Figura 7d), o qual representa um ganho de 801,73 mg de Ca planta⁻¹ em relação a testemunha.

Para Mg, verificou-se acúmulo de 140,14 de mg planta⁻¹ nos ramos, em resposta a dose de 112 kg ha⁻¹ de N, nas folhas e raízes foram determinados 38,90 e 78,53 mg de Mg planta⁻¹ respectivamente, em resposta as doses 120 e 115kg ha⁻¹ de N, determinando-se um acumulo total na planta inteira de 257,57 mg de Mg planta⁻¹ na faixa de 105 a 120 kg de N ha⁻¹(Figura 7e) com o qual se obteve um ganho de 197,58 mg de Mg planta⁻¹, quando comparada com a testemunha. Para S verificou-se acúmulos de 115,34 mg de S planta⁻¹ nos ramos em resposta a dose de 101 kg ha⁻¹ de N, nas folhas e raízes foram determinados 29,41 e 56,27 mg planta⁻¹ de S respectivamente com as doses de 120 e 100 kg ha⁻¹ de N. Obtendo-se na planta inteira um acúmulo total de 201,02 mg planta⁻¹ de S na faixa de 100 a 120 kg de N ha⁻¹ (Figura 7f), representando um ganho de 164,99 mg planta⁻¹ de S em relação ao tratamento testemunha.

Esses resultados demonstram a importância desses nutrientes para o cultivo racional do camu-camu. A ordem decrescente do acúmulo total de macronutrientes, com base nas doses de N foi: Ca >N > K > Mg >S > P, mostrando que os nutrientes mais exigidos pelo camu-camu foram o cálcio, nitrogênio e potássio.

Em relação ao maior acúmulo de Ca, revela o efeito benéfico do Ca no crescimento das plantas, a importância do nutriente para as plantas deve-se ao fato de que cerca de 60 % do Ca celular está presente na parede celular. Assim a principal função deste nutriente é estrutural, como integrante da parede celular, sendo necessário do suprimento de Ca, para a

formação da pectina, conferindo o prolongamento celular até atingir o tamanho final (TOBIAS et al., 1993).

Observou-se que o maior acúmulo de macronutrientes para esta pesquisa nos ramos, igual aos verificados por Viegas et al. (2004), trabalhando com solução completa em mudas de camu-camu. Por outro lado, o acúmulo nas folhas foi maior na maioria dos nutrientes que os apresentados pelo autor. Essas diferenças possivelmente devem-se ao fato de ter trabalhado em condições de terra firme e com sistema de fertirrigação, ou tais diferenças podem ser explicadas pela diferença de material genético utilizado. Essas diferenças são atribuídas segundo Marschner (1995) citado por Augostinho et al. (2008), aos parâmetros cinéticos de absorção dos nutrientes, que são específicos a cada espécie ou cultivar, e que por sua vez afetam às características morfológicas e fisiológicas das plantas.

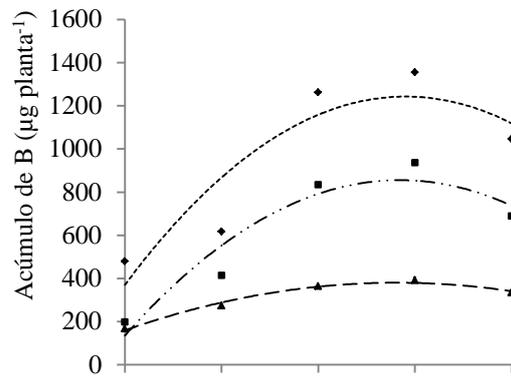
Acúmulo de Micronutrientes em função das doses de Nitrogênio

Observou-se na Figura 8 a resposta quadrática significativa e linear ($p < 0,05$) para acúmulo dos micronutrientes nas plantas de camu-camu em resposta as doses de N aplicadas via fertirrigação. Verificou-se maior acúmulo de B e Mn nas folhas. No entanto, para Cu, Fe e Zn teve maior acúmulo nas raízes. Para B, determinou-se acúmulos 1.237,67; 849,58 e 385,84 $\mu\text{g planta}^{-1}$ nas folhas, ramos e raízes, respectivamente, em resposta as doses de 115; 113 e 115 kg de N ha^{-1} . Obtendo-se na planta inteira um total de 2473,09 $\mu\text{g planta}^{-1}$ de B (Figura 8a), o qual representa um ganho de 1.807,35 $\mu\text{g planta}^{-1}$ de B em relação a testemunha.

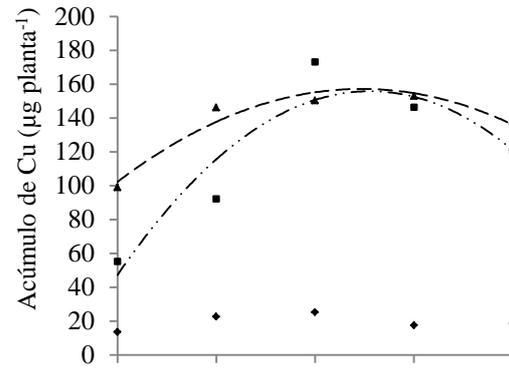
Para o acúmulo na folha, ramos e raízes de Cu alcançaram um máximo de 24,78; 160,04 e 159,50 $\mu\text{g planta}^{-1}$ de Cu em resposta a as dose de 103; 104; e 118 kg de N ha^{-1} respectivamente. Obtendo-se um acúmulo total de 344,32 $\mu\text{g de Cu}$ na planta inteira (Figura 8b), representando um ganho de 178,98 $\mu\text{g planta}^{-1}$ em relação a testemunha.

Para Fe o maior acúmulo foi nas raízes, o qual apresentou uma variação de 13.897 sem adubação nitrogenada até 22.857,52 $\mu\text{g de Fe}$ na dose 160 kg de N . Nos ramos e folhas teve um acúmulo de 4.208,60 e 1.673,06 $\mu\text{g planta}^{-1}$ de Fe com as doses 106 e 103 kg ha^{-1} de N respectivamente. Nesse sentido, para o Fe apresenta um acúmulo total na planta inteira de 28.739,18 $\mu\text{g planta}^{-1}$ de Fe (Figura 8c), o qual representa um ganho de 12.963,01 $\mu\text{g planta}^{-1}$ de Fe, em relação ao tratamento sim adubação nitrogenada.

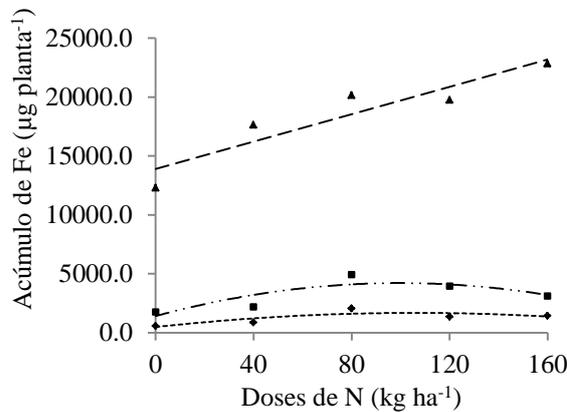
O acúmulo na folha, ramos e raízes de Mn alcançaram um máximo de 3675,31; 1106,81 e 548,37 $\mu\text{g por planta}$ em resposta as doses de 104; 105 e 103 kg de N ha^{-1} respectivamente, tendo na planta inteira um acúmulo total de 5.330,49 $\mu\text{g de Mn}$, na faixa de 103 até 105 kg ha^{-1} de N (Figura 8d), representando um ganho de 3.679,89 $\mu\text{g planta}^{-1}$ de Mn



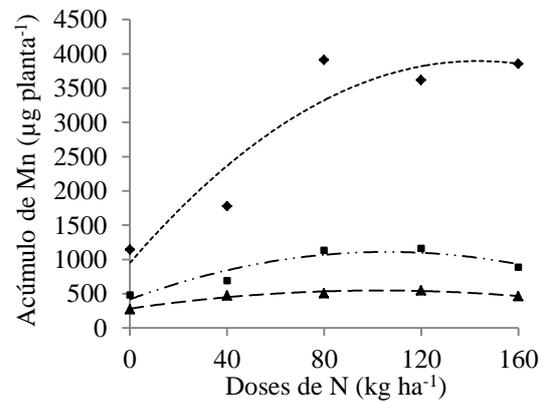
$$\begin{aligned} \text{---} y_{Fo} &= -0,065x^2 + 15,017x + 370,34 & R^2 &= 0,82^* \\ \text{-} y_R &= -0,056x^2 + 12,646x + 135,65 & R^2 &= 0,90^* \\ \text{---} y_{Rz} &= -0,017x^2 + 3,921x + 159,75 & R^2 &= 0,98^* \end{aligned}$$



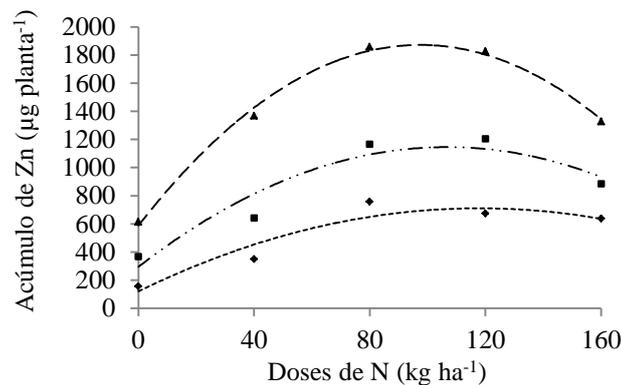
$$\begin{aligned} \text{---} \hat{Y} &= 19,51 \\ \text{---} y_R &= -0,010x^2 + 2,124x + 47,304 & R^2 &= 0,86^* \\ \text{---} y_{Rz} &= -0,004x^2 + 0,948x + 103,33 & R^2 &= 0,83^* \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{---} y_{Fo} &= -0,101x^2 + 22,674x + 471,87 & R^2 &= 0,68^* \\ \text{---} y_R &= -0,281x^2 + 56,113x + 1407,3 & R^2 &= 0,72^* \\ \text{---} y_{Rz} &= 58,068x + 13897,00 & R^2 &= 0,86^* \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{---} y_{Fo} &= -0,1437x^2 + 41,152x + 949,76 & R^2 &= 0,62^* \\ \text{---} y_R &= -0,062x^2 + 13,072x + 417,8 & R^2 &= 0,89^* \\ \text{---} y_{Rz} &= -0,025x^2 + 5,151x + 283,04 & R^2 &= 0,96^* \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{---} y_{Fo} &= -0,043x^2 + 10,018x + 120,28 & R^2 &= 0,90^* \\ \text{---} y_R &= -0,075x^2 + 15,97x + 294,49 & R^2 &= 0,90^* \\ \text{---} y_{Rz} &= -0,135x^2 + 26,362x + 588,24 & R^2 &= 0,99^* \end{aligned}$$

Figura 8. Efeito das doses de Nitrogênio aplicadas via fertirrigação nos acúmulos de B (a), Mn (b), Fe (c), Cu (d) e Zn (e) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.

O acúmulo na folha, ramos e raízes de Zn alcançaram um máximo de 703,76; 1144,61 e 1875,18 $\mu\text{g planta}^{-1}$ de Zn, respectivamente, em resposta as doses de 116; 106 e 98 kg de N ha^{-1} . Determinando-se na planta inteira um acúmulo total de 3.723,55 μg de Zn (Figura 8e) representando um ganho de 2.722,54 $\mu\text{g planta}^{-1}$ de Zn em relação a testemunha.

A ordem decrescente do acúmulo total de micronutrientes, com base nas doses de N foi: Fe > Mn > Zn > B > Cu, mostrando que os nutrientes mais exigidos pelo camu-camu foram o ferro e Manganês. Resultados similares foram observados Rozane et al. (2009), na produção de porta enxerto de limoeiro cravo com diferentes doses de N-P-K e também por Franco et al. (2007), que verificaram para mudas de goiabeira da cv. Paluma um acúmulo total de micronutrientes, de: 632; 134; 8.103; 3052 e 760 μg por planta para B, Cu, Fe, Mn e Zn. Efeitos iguais foram conseguidos por Camargo e Muraoka (2007), trabalhando com adubação em plantas de castanheira do Brasil.

CONCLUSÕES

A utilização da adubação nitrogenada aplicada mediante sistema de fertirrigação garantiu maior qualidade das plantas de camu-camu na dose de 128 kg ha^{-1} de nitrogênio com efeito positivo na altura de planta (cm), diâmetro do coleto (mm), número de ramos, comprimento total de ramos (cm), massa seca (g) de raízes, ramos e folhas, massa seca total (g), índice de qualidade de Dickson e índice de clorofila *a*.

A adubação com a dose de 110 kg ha^{-1} de N proporcionou a obtenção de maiores teores de K, Ca e S nas plantas de camu-camu, não havendo diferença significativa para os macronutrientes N, P e Mg.

Os teores de micronutrientes estão dentro dos adequados para o desenvolvimento normal das plantas, apresentando um comportamento significativo com o aumento das doses de N, além disso, obtendo-se maiores acúmulos nas raízes para Cu, Fe e Zn com exceção do B e Mn.

Há maior acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de camu-camu quando adubadas com 110 kg de N ha^{-1} e de micronutrientes nas raízes, excetuando-se B e Manganês.

O acúmulo de macro e micronutrientes nas plantas de camu-camu obedece à seguinte ordem decrescente: Ca > N > K > Mg > S > P e Fe > Mn > B > Zn > Cu.

5 CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE CAMU-CAMU SOB FERTIRRIGAÇÃO COM POTÁSSIO EM CONDIÇÕES DE TERRA FIRME

RESUMO

Uma das tendências do mundo moderno é a orientação ao consumo de produtos naturais com alto valor nutritivo e vitamínico. O camu-camu é uma fruteira nativa da Amazônia, que chama a atenção pelo alto conteúdo de vitamina C (6,116 mg/100 g de polpa), está em processo de domesticação, pelo qual se vem desenvolvendo modelos tecnológicos para lograr seu estabelecimento em condições de terra firme. Com o objetivo de avaliar diferentes doses de potássio aplicadas via fertirrigação no desenvolvimento inicial de plantas de camu-camu, conduziu-se um experimento no centro experimental Agua Boa da Embrapa Roraima. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com 5 tratamentos 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹ de K aplicado em forma de KCl, seis repetições e sete plantas por parcela experimental. O experimento foi conduzido durante 270 dias após o transplantio (DAT). A cada 30 dias foi avaliado o diâmetro do coleto (mm) e altura de planta (cm); a cada 90 dias foi avaliado o número de ramos e comprimento total de ramos (cm). Ao final do experimento foi avaliado o teor de clorofila, a massa seca das folhas (g), massa seca dos ramos (g), massa seca do sistema radicular (g), massa seca total (g), o índice de qualidade de Dickson e o teor e acúmulo de macro e micronutrientes. Diante dos resultados, verificou-se que a fertilização potássica via fertirrigação garante maior qualidade de plantas camu-camu na dose 160 kg ha⁻¹ de K₂O. O adubo potássico elevou os teores de N, K e S e reduziu os teores de Ca, Mg, B e Mn nas folhas de camu-camu. Considerando as partes da planta, o maior acúmulo de nutrientes foi verificado na parte aérea para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn e para as raízes foi Fe, Cu e Zn. Em função das doses crescentes de K.

Palavras-chave: *Myrciaria dubia*, Nutrição mineral, Acúmulo, Nutriente, Irrigação.

EARLY GROWTH OF CAMU-CAMU PLANTS UNDER FERTIGATION WITH POTASSIUM UNDER SOILID GROUND CONDITIONS

ABSTRACT

One of the trends of the modern world is the orientation to the consumption of natural products with a high nutritive and vitamin value. The camu-camu is a fruit-bearing tree native to the Amazon rainforest, which calls attention for its high vitamin C content (6.116 mg/100 g of pulp), is in domestication process reason by which technological models to achieve its establishment under firm ground conditions have been being developed . With the objective of evaluating different doses of potassium applied via fertigation on the early development of camu-camu plants, an experiment was conducted in the Água Boa Experimental Center of Embrapa Roraima. The experimental design in randomized blocks with 5 treatments 0; 40; 80; 120 and 160 kg ha⁻¹ of K applied as KCl, six replications and seven plants per experimental plot was utilized. The experiment was conducted for 270 days after transplanting (DAT). Every 30 days were evaluated the stem diameter (mm) and plant height (cm); every 90 days were evaluated the number of twigs and total length of twigs (cm). At the end of the experiment were evaluated the a chlorophyll content, the dry matter of leaves (g), dry matter of twigs (g), dry mass of the root system (g), total dry mass (g), the Dickson quality index and the content and accumulation of macro and micronutrients. On the basis of the results, it was found that potassium fertilization via fertigation warrants improved quality of camu-camu plants at the dose of 160 kg ha⁻¹ de K₂O. Potassium fertilizer raised the contents of N, K and S and reduced the contents of Ca, Mg, B and Mn in the camu-camu leaves. Considering the plant parts, the greatest nutrient accumulation was found in the shoot for N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn and for the roots was Fe, Cu and Zn as a result of the growing doses of K.

Key words: *Myrciaria dubia*, Mineral nutrition, Accumulation. Nutrient, Irrigation

INTRODUÇÃO

O camu-camuzeiro é uma espécie que tem despertado o interesse de produtores e consumidores, por possuir o mais alto teor de vitamina C, que outras fontes naturais conhecidas atingindo até 6,116 mg/100 g de polpa. É uma fruteira de clima tropical úmido, que cresce nas várzeas que sofrem inundação periodicamente, dos rios e lagos de toda a bacia Amazônica (ESASHIKA; DE OLIVEIRA; MOREIRA, 2011; YUYAMA, 2002; YUYAMA; MENDES; VALENTE, 2011; CARVALHO, 2012; GRILLO, 2013; SANTOS; SANTOS; ROCHA, 2009). A produção e o beneficiamento de seus frutos é uma alternativa viável ao desenvolvimento regional do camu-camu, como fonte de alimento e obtenção de renda das comunidades rurais e, além disso, favorece a preservação desta espécie (WELTER et al., 2011; PINEDO et al., 2001).

A produção de frutos em populações naturais não garante uma contínua disponibilidade do produto em vista da sazonalidade ocasionada pelos diversos fatores edafoclimáticas. Dessa forma, torna-se imprescindível o cultivo em terra firme, mediante um manejo agrônomo adequado com o uso de tecnologias para proporcionar maiores condições de desenvolvimento e produção.

Em Roraima existem boas perspectivas para o desenvolvimento do camu-camu em terra firme, no entanto por não ser uma espécie domesticada, pouco se sabe sobre as condições de manejo agrônomo para o desenvolvimento inicial das plantas. Visto que, na atualidade, só se dispõem de resultados de trabalhos em casa de vegetação com mudas e em pomares adultos empregando adubação convencional, é importante a geração de informações técnicas sobre fertilização inicial para o estabelecimento de plantas de camu-camu. Havendo dificuldade na transferência de tecnologias, por não existir critérios definidos para a recomendação segura de adubação nos primeiros anos de cultivo.

Rodrigues et al. (2000) caracterizaram os solos da região de cerrado de Roraima como latossolos e argissolos amarelos pré-intemperizados, com limitações à produção de alimentos, por apresentarem baixa fertilidade natural e pela existência de uma estação seca bem definida, com duração de sete meses. Embora os princípios gerais de disponibilidade de nutrientes no solo sejam bastante conhecidos, sua aplicação em fruticultura enfrenta algumas dificuldades, pois ainda não existem critérios definidos para a recomendação segura de adubação em plantas nativas. O conhecimento das necessidades nutricionais da planta, bem como sua resposta à aplicação de fertilizantes, é fundamental para otimizar a eficiência de utilização destes, garantindo plantas vigorosas em curto espaço de tempo, Além disso, as plantas

adubadas corretamente atingem rapidamente, a altura e o diâmetro de coleto adequados à enxertia ou poda de formação em fruteiras (SERRANO et al., 2004).

Entre os nutrientes indispensáveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas destaca-se o potássio (K^+), que é um nutriente com diversos papéis no metabolismo vegetal. Atua como ativador enzimático de processos responsáveis pela síntese e degradação de compostos orgânicos e participa no processo de abertura e fechamento das células estomáticas, síntese de proteínas, osmorregulação, extensão celular e balanço entre cátions e ânions, além disso, é o nutriente requerido em larga quantidade pelas culturas, sendo o cátion mais abundante nos vegetais (MALAVOLTA et al., 1989; CRETTON, 2006; ALBUQUERQUE et al., 2009).

O suprimento inadequado de potássio ocasiona o funcionamento irregular dos estômatos, podendo diminuir a assimilação de CO_2 , e a taxa fotossintética (CECÍLIO; GRANGEIRO, 2004; SAMPAIO et al., 2005; MONTOYA et al., 2006). Por outro lado, aplicações excessivas do nutriente podem inibir a absorção de Ca^{2+} e Mg^{2+} , bem como a diminuição na assimilação do fósforo, chegando, muitas vezes, a causar a deficiência desses nutrientes, resultando em efeitos depressivos sobre a produção das plantas (PINTO et al., 1994; FORTALEZA et al., 2005; SILVEIRA; MALAVOLTA, 2006;).

A fertirrigação é a prática de aplicar fertilizantes dissolvidos na água de irrigação de forma contínua ou intermitente, permitindo aplicar o K diretamente na região de maior concentração de raízes das plantas e em doses fracionadas para o aumento na eficiência da adubação, fornecendo, além disso, a quantidade de água que a planta precisa (TEIXEIRA et al., 2007; ANDRADE, 2004). Segundo Mantovani et al. (2003), a fertirrigação é considerada como o meio mais eficiente e racional de fertilização. Sua introdução agrega vantagens como melhoria da eficiência e uniformidade de aplicação atrelada à uniformidade do sistema de irrigação. A aplicação eficiente de fertilizantes via água de irrigação deve seguir as recomendações de período de aplicação, frequência, doses e fontes, assegurando desta maneira, uma adequada disponibilidade de água e nutrientes na zona radicular da planta.

Diante do exposto, este estudo teve por objetivo avaliar os componentes do crescimento, e o estado nutricional das plantas de camu-camu, em função de doses de K aplicadas via fertirrigação em condições de terra firme na região do cerrado de Roraima.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no período de janeiro a outubro do ano 2013, em uma área total de 2.464 m², no Campo Experimental de Água Boa pertencente a EMBRAPA Roraima, situado nas coordenadas geográficas de 02° 39'48,94'' de latitude norte e 60° 50'30,39'' de longitude oeste, com uma altitude 90 m no Município de Boa Vista-Roraima. O clima da região é caracterizado como Aw-Tropical com estação seca, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média de 1700 mm ano⁻¹ concentrada nos meses de abril a setembro e temperatura média anual entre 26 e 28°C. À evapotranspiração máxima mensal segundo o método de Blaney–Criddle é de 141,2 mm no mês de janeiro e à mínima é 103 mm para o mês de junho e utilizando o método de tanque classe A é de 147,3 mm no mês de janeiro (ARAÚJO et al., 2007).

O solo da área do experimento é classificado como Latossolo amarelo e apresenta os atributos químicos mostrados na Tabela 6, conforme análise química realizada no laboratório de análises do INPA.

Tabela 6. Atributos químicos do solo do campo experimental Água Boa da Embrapa Roraima, onde foi conduzido o experimento (2013)

pH	MO***	P**	K*	Ca*	Mg*	H+Al	SB	CTC	Sat bases	Sat Al	S
CaCl ₂	g dm ⁻³	g dm ⁻³	----- mmol _c dm ⁻³ -----			-----			V%	m%	mg dm ⁻³
4,4	10	3	0,2	2	1	24	3	28	11	72	6

Método: EDTA, Mehlich1**, Método volumétrico***.

Foram determinados também no laboratório de análise do INPA, os teores de micronutrientes no solo, que são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Teores de micronutrientes do solo do campo experimental Água Boa da Embrapa Roraima, onde foi conduzido o experimento (2013)

Cu*	Fe*	Zn*	Mn*	B**
----- mg dm ⁻³ -----				
0,2	21	0,3	0,4	0,13

* Método DTPA; ** Método da água quente.

A área destinada à implantação do experimento com camu-camuzeiro foi previamente preparada, tendo sido roçada, arada e gradeada, para que todos os restos de biomassa vegetal existente na camada superficial do solo fossem incorporados. Devido o solo apresentar baixo pH e reduzidos teores de P, Ca e Mg, com elevada saturação de Al e baixa saturação de bases, realizou-se uma correção do solo em Ca, Mg e P, aplicando a lanço, após o preparo da área, 1.700 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico e 400 kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples (SS). No preparo das covas com dimensão de 0,40 m x 0,40 m x 0,40 m, aplicou-se mais 300 g de calcário e 50

g de SS/cova. Ao mesmo tempo foi adicionado 10 g de FTE-BR12 com a finalidade de enriquecer o solo com micronutrientes, visto que este produto apresenta a seguinte composição: 9,0 a 9,2% de Zn; 1,8 a 2,17% de B; 0,80% de Cu; 3,82% de Fe; 2,0 a 3,4% de Mn e 0,132% de Mo.

As mudas de camu-camu utilizadas no experimento foram provenientes de plântulas oriundas da população Candeias do banco de germoplasma do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Essa população se caracteriza por apresentar arbustos menores de 2,5 m de altura, com copa laxa a densa (copa intermediária), com tronco ramificado a partir do solo ou a 20 cm do chão (YUYAMA, 2011). As plântulas foram transplantadas para sacos contendo 1 dm³ de substrato composto por areia, solo e serragem na proporção 1:1:1 em maio de 2012. Quando as mudas estavam com sete meses e apresentavam cerca de 3,7 ramos, com altura de média de 35,6 cm e 4,4 mm de diâmetro de coleto foram transplantadas para as covas que haviam sido preparadas 25 dias antes.

Aos 135 DAT foi realizada uma segunda fertilização, adicionado 300g de calcário e 50 de SS conforme recomendação de Yuyama (2011). Para suprir as exigências de N se adicionou uma dose padrão de 40 kg ha⁻¹ de ureia, em todos os tratamentos.

A irrigação foi realizada por sistema de gotejamento autocompensado acionado por motobomba ligada a uma caixa de água, com ativação automática do sistema mediante um programador de controle RAIN BIRD^(R) (“timer”). A vazão do sistema foi linear de 6,8 l h⁻¹ (3,4 l h⁻¹ por cada gotejador espaçados a cada 50 cm). Para a injeção dos fertilizantes utilizou-se o Injetor tipo Venturi de ¾ de polegada, operando com taxa de injeção de 150 litros/hora.

A quantidade de água aplicada foi determinada com base na evapotranspiração de referência estimada pelo tanque Classe A e o coeficiente da cultura (Kc) tomado como referência, foi o da goiabeira (Kc=4,5) indicado para o primeiro ano (ALLEN et al., 1998; TEXEIRA, 2003).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos, que constaram das seguintes doses de potássio na forma de KCl em kg ha⁻¹: T1-0; T2- 40; T3-80; T4-120 e T5-160 com seis repetições. Os tratamentos foram aplicados via fertirrigação durante 40 semanas, e as doses foram parceladas a cada 10 semanas perfazendo 10%; 20%; 30%; e 40% do total da dose correspondente. A cultura do camu-camu foi implantada utilizando o espaçamento de 4 m entre fileiras e de 0,5 m entre plantas, sendo a parcela experimental constituída por sete plantas (cinco plantas úteis e duas de bordadura).

Foram realizadas avaliações a cada 30 dias medindo-se a altura das plantas (cm) e diâmetro do coleto (mm) e a cada 90 dias foi avaliado o número de ramos e comprimento total dos ramos (cm) por planta. Aos 270 DAT (Variáveis foram analisadas no esquema parcelas subdivididas no tempo). No final do experimento, foram realizadas avaliações referentes ao teor clorofila *a*, utilizando-se clorofilômetro (FALKER), efetuando-se a leitura em cinco folhas localizadas na parte mediana de cada planta, e imediatamente, foram coletadas as plantas, separando-se as raízes da parte aérea (ramos e folhas), que foram colocadas para secar em estufa de circulação de ar forçada a 65°C, até peso constante. Posteriormente avaliou-se a massa seca das amostras em gramas.

Com os resultados de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSRZ) e massa seca total (MST), altura (H) e diâmetro do coleto (DC), determinou-se o índice de qualidade de Dickson (IQD) utilizando a fórmula descrita por Gomes et al. (2003), definida pela expressão $IQD = MST / [(H/DC) + (MSPA/MSRZ)]$. As amostras de massa seca das folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) foram enviadas para o laboratório de Nutrição de plantas da Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde foram analisados os teores de macro e micronutrientes, segundo a metodologia analítica descrita Malavolta et al. (1989)

Os dados obtidos para as variáveis foram submetidos ao teste de normalidade de Lillifors e ao teste de homogeneidade segundo Hartley, e estando dentro dos padrões de normalidade e homogeneidade, foram submetidos à análise de variância e à regressão polinomial ($p < 0,05$) pelo programa computacional SISVAR (Ferreira, 2010). Para valores que não estavam dentro dos padrões de normalidade e homogeneidade os dados foram transformados em $(x+0,5)^{0,5}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura da planta (cm), diâmetro do coleto (mm), número e comprimento de ramos (cm)

De acordo com a análise de variância para as características de crescimento das plantas de camu-camu, não houve influência significativa pelo teste de F ($p < 0,05$) das doses de K para a altura (cm), no entanto foi significativa para o diâmetro do coleto (mm). A interação do tempo de aplicação e das doses de K foi significativa para as variáveis estudadas no período de 270 dias após o plantio (Tabela 8).

Tabela 8. Análise de variância (ANOVA) do efeito do K sobre altura (cm) e diâmetro do coleto (mm) das plantas de camu-camu no período de 270 dias

Fator de variação	GL	SQ	QM	SQ	QM
		Altura da planta (cm)		Diâmetro do coleto (mm)	
Doses (D)	4	16,74	4,18 ^{ns}	2,57	0,64*
Erro 1	20	197,08	9,85	4,91	0,25
Tempo (T)	9	216.940	240,99*	314,66	34,96*
T X D	36	36,33	1,09*	8,54	0,24*
Erro 2	1425	1030,98	0,72	100,737	0,07
Total	1494	1.467,87		431.42	
CV (%) 1		40,52		17,52	
CV (%) 2		10,98		9,39	

* Significativo a 0,05% de probabilidade pelo Teste F. ^{ns} Não significativo.

De acordo com a análise de variância para as características: número e comprimento (cm) de ramos foram influenciados significativamente ($p < 0,05$), pelas doses de K, tempo de avaliação e pela interação dos dois fatores (Tabela 9).

Tabela 9. Análise de variância (ANOVA) do efeito das doses de N sobre o número de ramos e comprimento (cm) de ramos das plantas de camu-camu

Fator de variação	GL	SQ	QM	SQ	QM
		Número de ramos		Comprimento de ramos (cm)	
Doses (D)	4	15,39	3,85*	380,42	95,10*
Erro 1	20	23,92	1,19	374,91	18,74
Tempo (T)	3	685,27	228,42*	15228,96	5076,32*
T X D	12	21,25	1,77*	449,06	37,42*
Erro 2	555	265,61	0,47	4042,08	7,28
Total	594	1.011,44		20.475,43	
CV (%) 1		32,24		42,32	
CV (%) 2		20,46		26,38	

* Significativo a 0,05% de probabilidade pelo Teste F. ^{ns} Não significativo.

As plantas de camu-camu ao receberem fertilização potássica apresentaram uma resposta linear para o número de ramos e quadrática para altura de plantas, comprimento dos

ramos e diâmetro do coleto (Figura 9). Os tratamentos começaram a fazer efeito aproximadamente aos 25 dias após a primeira fertirrigação das mudas. Não houve resposta significativa ($p < 0,05$) da altura das plantas (Figura 9a) obtendo-se uma média de 105,41 cm nas doses de potássio no final do experimento.

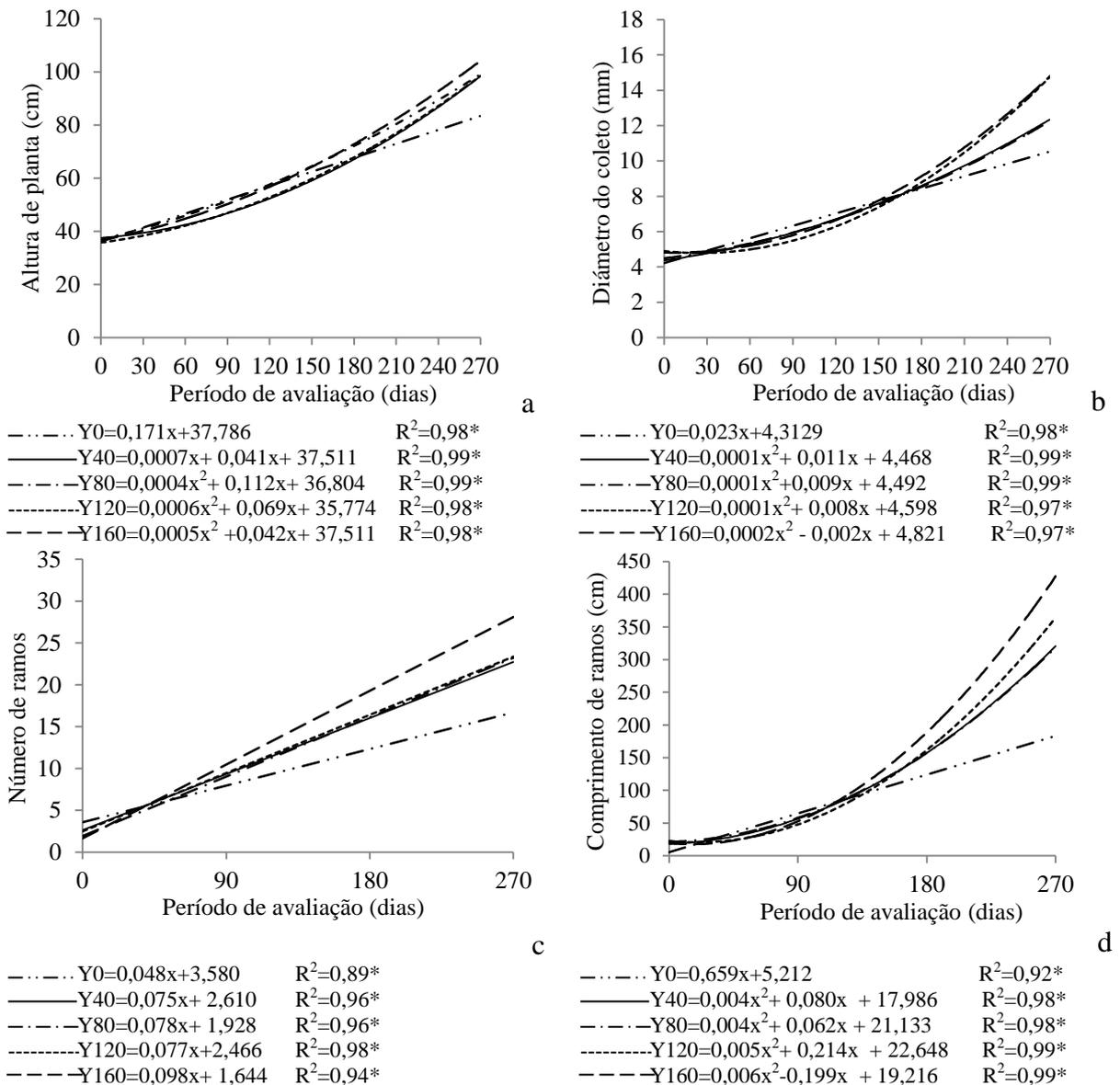


Figura 9. Efeito das doses de K sobre: a) altura (cm); b) diâmetro do coleto (mm); c) número; d) comprimento (cm) de ramos de plantas de camu-camu.

No entanto, o aumento linear na altura das plantas como resposta ao uso de doses crescentes de K tem sido observado em diferentes espécies por diversos autores: Marcussi et al. (2004), trabalhando com pimentão; Brasil et al. (1999) e Lima et al. (2001) trabalhando com adubação potássica em plantas de acerola. Ao analisar as Figuras 9b, c e d; observou-se influência das doses de potássio utilizadas sobre diâmetro do coleto (mm), número de ramos e

comprimento destes identificando o efeito significativo da dose de 160 kg ha⁻¹ de K. No entanto, não foi atingido o ponto de máxima utilização deste nutriente, não havendo desta forma, um efeito depressivo do potássio sobre o crescimento das plantas.

Para o diâmetro do coleto, as diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos foram observadas a partir dos 180 DAT, aproximadamente; sendo que as doses mais altas de 160 e de 120 kg ha⁻¹ foram as que apresentaram maior efeito positivo, obtendo-se um diâmetro médio de coleto de 15,78 mm e de 15,72 mm, respectivamente, comparadas com o diâmetro de coleto de 10,9 mm obtido na testemunha.

As doses de K e as épocas de avaliação influenciaram significativamente o número de ramos e comprimento dos ramos das plantas de camu-camu, apresentando um modelo de resposta linear para o número de ramos e quadrático para seu comprimento (Figura 9c e 9d). Verificou-se que o maior número de ramos está associado à dose de 160 kg ha⁻¹, alcançando 29 ramos, o que representa um ganho em média de 10 ramos por planta, quando comparada com a testemunha (Figura 9c). Em relação ao comprimento de ramos (Figura 9d) a dose 160 kg ha⁻¹ também influenciou nos melhores resultados obtendo-se em média 402,86 cm o que gerou aumento de 107,78% no tamanho dos ramos em relação a testemunha. Estes resultados indicam que as plantas de camu-camu, nessa dose de K, apresentaram melhor estrutura, a qual fornecerá uma melhor copa na primeira poda formação, obtendo-se maior qualidade e quantidade de ramos para a frutificação.

No presente estudo as plantas de camu-camu que não receberam potássio tiveram seu crescimento comprometido, evidenciado pelo efeito significativo do K sobre a emissão de novas brotações e maior comprimento destas, o que demonstrou ser esse nutriente indispensável no início do plantio. Nesse sentido, Cecílio e Grangeiro (2004), Sampaio et al. (2005), Montoya et al. (2006) e Viena et al. (2008) mencionam que o suprimento inadequado de potássio ocasiona o funcionamento irregular dos estômatos, podendo diminuir a assimilação de CO₂ e a taxa fotossintética, atrasando o crescimento das plantas em campo.

Malavolta; Romero (1975) descrevem como sintomas de plantas deficientes em K: tendência das folhas dobrarem-se para baixo e, em geral, são pouco desenvolvidas apresentando internódios mais curtos. Cakmak (2004) salientou que, em muitos casos, a expansão celular é consequência da acumulação de K nas células, necessária para estabilizar o pH do citoplasma e aumentar o potencial osmótico nos vacúolos, contribuindo para a alongação celular.

Massa de matéria seca (g) das folhas, ramos, raízes e massa da matéria seca (g) total

A aplicação de K via fertirrigação, promoveu efeitos significativos pelo teste F ($p < 0,05$) nas características de massa (g) seca da folha (MSFO), ramos (MSR), raiz (MSRZ) e massa (g) seca total (MST) (Tabela 10).

Tabela 10. Resumo da análise de variância (ANOVA) do efeito das doses de K sobre a massa (g) seca de folha (MSFO), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) e massa (g) seca total (MST) das plantas de camu-camu no período de 270 dias

Fator de variação	GL	Quadrados Médios			
		MSFO	MSR	MSRZ	MST
Doses	4	1670,95*	23131,83*	634,89*	47180,29*
Bloco	5	99,36	1516,89	15,26	2468,48
Resíduo	20	67,11	1058,65	36,92	1970,56
CV (%) :		23,24	22,95	15,07	20,42

*Significativo a 0,05% de probabilidade, pelo Teste F.

A resposta em biomassa de matéria seca (MSFO, MSR, MSRZ e MST) das plantas de camu-camu ao uso de doses crescentes de K aplicadas via fertirrigação no solo, apresentou um comportamento linear significativo ($p < 0,05$), conforme se observou na Figura 10, indicando que as doses maiores não limitaram seus acréscimos. A dose de 160 kg ha^{-1} de K_2O proporcionou um valor máximo de 302,69 g de MST; 203,69 g de MSR; 52,44 g de MSFO e 49,85 g MSRZ o que promoveu um ganho de 139,56%, 183,49 %, 221,32% e 69,73%, respectivamente em relação ao tratamento das plantas que não receberam adubação potássica (Figura 10).

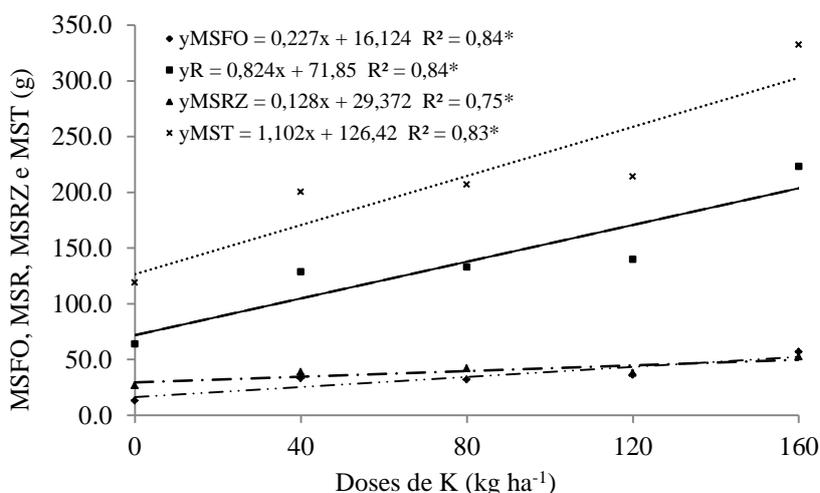


Figura 10. Efeito das doses de K sobre a massa (g) seca de folha (MSFO), de ramos (MSR), de raiz (MSRZ) e massa (g) seca total (MST) das plantas de camu-camu.

Resultados similares foram observados por Natale et al. (2006), trabalhando com adubação potássica em plantas de maracujazeiro amarelo, obtendo respostas lineares com doses crescentes de K.

Assim, estes resultados foram satisfatórios para o estudo, já que concordam com Souza et al. (2007) e Mendonça et al. (2009), os quais asseguraram, que a massa de matéria seca total é um acertado indicador para demonstrar o efeito do fertilizante sobre o crescimento das plantas. Por outro lado, Farinelli et al. (2003) observaram que a cultura do arroz apresentava boa produção com a aplicação da dose de nitrogênio de 100 kg ha^{-1} sem adubação potássica. Entretanto, quando o potássio foi fornecido em uma dose baixa de 25 kg ha^{-1} , a dose ótima de nitrogênio (100 kg ha^{-1}) caiu para a metade, clara demonstração da importância do K para o equilíbrio nutricional e bom funcionamento fisiológico das plantas.

Índice de qualidade de Dickson (IQD)

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é apontado como bom indicador da qualidade das mudas, por considerar para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa, sendo ponderadas várias características importantes (GOMES et al., 2003 citado por SOARES et al., 2007 e FONSECA, 2000). Este índice é tradicionalmente utilizado na produção de mudas de espécies florestais, mas as mesmas características que compõe o IQD são importantes para a produção de mudas frutíferas (DIAS et al., 2012). Nesse sentido quanto maior o IQD melhor e a qualidade da planta, onde o valor 0, 20 representa o valor mínimo (GOMES; PAIVA, 2004). O IQD para o presente estudo apresentou um comportamento crescente linear em função das doses de K. A dose que promoveu o índice máximo de qualidade de Dickson foi 160 kg ha^{-1} de K reportando um IQD de 27,66 indicando que a qualidade de plantas aumentou com as doses crescentes de K (Figura 11).

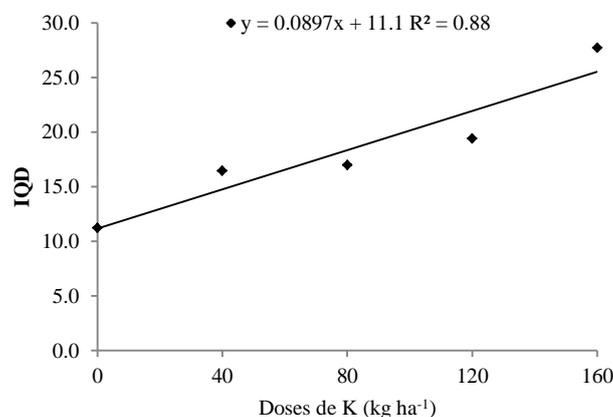


Figura 11. Efeito das doses de K sobre Índice de qualidade de Dickson (IQD) das plantas de camu-camu.

Resultados semelhantes foram verificados por Welter (2010) com resposta linear crescente no IQD, trabalhando na produção de mudas de camu-camu com doses de pó de basalto, do mesmo modo, Viana (2007) conferiu que a adubação potássica em trigo aumentou a qualidade de toda a planta devido ao aumento da eficiência da fotossíntese, ao aumento da resistência a algumas doenças e a ótima eficiência no uso da água.

Teores de macronutrientes em função das doses de Potássio

As curvas de resposta do efeito do K sobre os teores de macronutrientes em plantas de camu-camu aos 270 DAT foram lineares ou polinomiais (Figura 12)

Para o teor de N nas diferentes partes das plantas, verifica-se uma tendência linear crescente significativa para os teores nas folhas (Fo) e não significativa ($p < 0,05$) para os teores nos ramos (R) e raízes (Rz) em função das doses crescentes de K (Figura 12a). Registrou-se um valor máximo de $22,15 \text{ g kg}^{-1}$ de N nas folhas em resposta a dose 160 kg ha^{-1} de K, e as raízes e ramos apresentaram teores médios de $6,59$ e $5,06 \text{ g kg}^{-1}$ de N, respectivamente, após 270 DAT.

Resultados similares foram constatados por Borges (2004) trabalhando com adubação potássica balanceada em banana, ocorrendo em consequência aumento nos teores de N nas folhas. Do mesmo modo, Viana (2007), trabalhando com nitrogênio e potássio em plantas de trigo, verificou haver uma interação entre ambos - o fornecimento de potássio para as plantas estimula o aproveitamento do nitrogênio, possibilitando que sua absorção e assimilação sejam mais eficientes. Devido ao fato do nitrogênio e potássio estarem relacionados pela função do potássio na ativação da enzima redutase do nitrato (MARSCHNER, 1995)

Os teores de N em folhas de camu-camu determinados por diversos autores foram: Viégas et al. (2004), num experimento de nutrição mineral em casa de vegetação encontraram teores de $16,9$ a $18,2 \text{ g kg}^{-1}$ de N nas folhas; Esashika et al. (2011), trabalhando com adubação orgânica, mineral e foliar em plantas adultas, determinaram valores máximos de 18 g kg^{-1} de N; Thomaz et al. (2004) encontraram teores de $17,7 \text{ g kg}^{-1}$ de N em folhas de mudas de camu-camu; e Gavinho (2005), trabalhando com adubação foliar em condições de terra-firme, verificou teores de $16,33$ a $17,30 \text{ g kg}^{-1}$ de N.

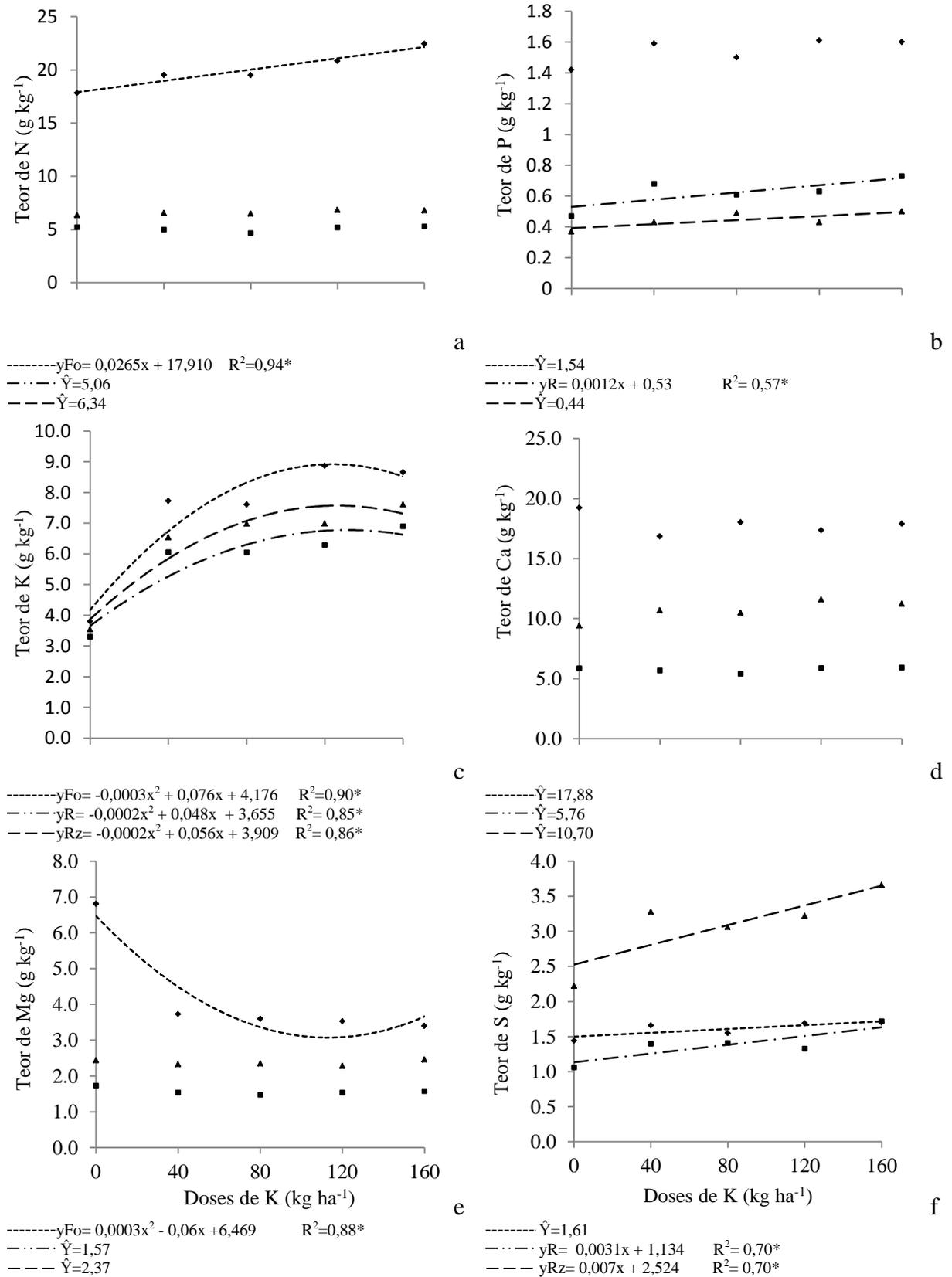


Figura 12. Efeito das doses de Potássio aplicadas via fertirrigação nos teores de N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e) e S (f) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.

Observou-se que os teores foliares ($22,15 \text{ g kg}^{-1}$ de N) encontrados no presente trabalho são superiores aos reportados por outros autores, isto pode ser devido ao efeito da fertirrigação onde os nutrientes foram aplicados na área de concentração das raízes, resultando na maior eficiência da absorção radicular (ELOI et al., 2007). Observou-se também a melhor eficiência no uso de nitrogênio pelas plantas quando ocorre a adubação balanceada com potássio, incluindo efeitos sobre o ambiente, com menores perdas de nitrato por lixiviação (KRAUSS, 2004).

Para o teor de P não houve variação significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) nas folhas (Fo) e nas raízes (Rz), alcançado teores médios de $1,6$ e $0,44 \text{ g kg}^{-1}$ de P, respectivamente, estando de acordo com Amorim et al. (2011), que verificaram não haver influência da fertilização potássica sobre os teores foliares de P, que mantiveram-se na faixa de $1,2$ a $1,6 \text{ g kg}^{-1}$, quando avaliaram o estado nutricional de goiabeiras 'Paluma'. Do mesmo modo, Cretton (2006) verificou que a aplicação de diferentes doses de KCl no solo não causou efeito nos teores foliares de P.

Diversos autores que avaliaram os teores de P em folhas de camu-camu: Viégas et al. (2004) reportaram que os teores adequados de P para folhas de camu-camu estão entre $1,2$ e $1,9 \text{ g kg}^{-1}$. Gavinho (2005) avaliando os efeitos da adubação foliar na produção de frutos de camu-camu, em solos de terra firme da Amazônia, encontrou teores de $1,38$ a $1,42 \text{ g kg}^{-1}$ de P. Natale et al. (2001) e Thomaz et al. (2004) constataram valores de fósforo entre $1,5$ e $1,7 \text{ g kg}^{-1}$ em goiabeiras e camu-camu, concordando com as concentrações de $1,42$ a $1,60 \text{ g kg}^{-1}$ de P encontradas neste estudo. Por outro lado, Esashika et al. (2011) trabalhando com diferentes formas de adubação obtiveram um teor de $2,35 \text{ g kg}^{-1}$ de P nas folhas de camu-camu quando utilizou adubação orgânica e $2,57 \text{ g kg}^{-1}$ de P com adubação mineral aplicadas via solo.

O teor de P nos ramos apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, aumentando com as doses de K, até atingir $0,73 \text{ g kg}^{-1}$ de P com a dose de 160 kg ha^{-1} (Figura 12b) aos 270 DAT. Nesse sentido Kluthocousk; Stone (2003) destacam que uma das funções do K é a melhor resposta das plantas ao uso do fósforo; resistência a algumas doenças e fortalecimento da parede celular com lignina.

Quanto aos teores de K, verificou-se resposta quadrática significativa ($p < 0,05$) para as doses de K nas diferentes partes da planta, observando-se que os maiores teores foram encontrados nas folhas e raízes, sendo o valor máximo de $9,00$ e $7,83 \text{ g kg}^{-1}$ de K, respectivamente, em resposta as doses de 130 e 136 kg ha^{-1} de K (Figura 12c). Na avaliação aos 270 DAT, as plantas apresentavam teores foliares adequados de K, com exceção das

plantas do tratamento testemunha, que apresentavam concentração muito baixa, resultando em sintomas foliares de deficiência, caracterizados, inicialmente, como pequenas necroses nos bordos e nos ápices das folhas mais velhas, as quais, com a intensidade da deficiência, evoluíram e formaram grandes manchas necróticas no limbo foliar. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Amorim et al. (2011) quando trabalharam com adubação potássica em goiabeiras ‘Paluma’ e com Dias et al. (2012) em pesquisa realizada com fertilização potássica em mudas de goiabeira.

Wallau et al. (2008), trabalhando com a cultura de mogno obteve concentrações médias em K de 11,36 e 13,20 g kg⁻¹ na parte aérea e raízes, respectivamente, valores esses superiores aos obtidos nesta pesquisa. Por outro lado, Viégas et al. (2004) afirmam que os teores foliares adequados de potássio para a cultura do camu-camu estão na faixa de 5,2 a 6,0 g kg⁻¹, inferindo-se que os teores determinados nesta pesquisa, estão acima do reportado pelo autor e dos teores obtidos por Gavinho (2005), o qual reportou teores foliares que variaram entre 7,02 e 7,13 g kg⁻¹, trabalhando com adubação foliar em plantas de camu-camu em terra firme

Nesse sentido uma das razões prováveis do alto teor de K nas folhas, foi o adequado conteúdo de umidade no solo pelo manejo da irrigação adotada associada a fertirrigação, que ajudaram na difusão do nutriente, promovendo maior absorção de K pelas raízes (CRETTON, 2006). De modo contrário, o manejo inadequado de água afeta a distribuição do potássio no perfil do solo e, conseqüentemente, a sua disponibilidade as plantas (SANTOS et al., 2002).

Quanto aos teores de Ca, verificou-se resposta linear e quadrática não significativa ($p < 0,05$) para as diferentes partes da planta em função das doses de K (Figura 12d). Observou-se maiores teores nas folhas (Fo), raízes (Rz) e, por último, nos ramos (R), sendo os teores médios de 17,93; 10,69 e 5,76 g kg⁻¹, respectivamente. Resultados semelhantes foram verificados por Amorim et al. (2012) que determinaram teores médios de 7,9 g kg⁻¹ de Ca trabalhando com doses crescentes de adubação potássica em goiabeiras ‘Paluma’ e por Cretton (2006), que constatou que os teores foliares de Ca não sofreram variações nas diferentes épocas de avaliação com a aplicação das doses de KCl em goiabeiras.

As concentrações de Ca nas folhas (9,9 até 11,7 g kg⁻¹) foram superiores àquelas consideradas adequadas para a cultura de camu-camu segundo o reportado por Viégas et al. (2004) e por Esashika et al. (2011) que obtiveram teor médio de 7,1 g kg⁻¹, trabalhando com adubação mineral em camu-camu. De igual forma, Gavinho (2005), estudando os efeitos da adubação foliar na produção de frutos do camu-camu em condições de terra-firme, encontrou teores foliares de Ca um pouco menores que o desejável (5,70 a 8,36 g kg⁻¹), os teores foliares

verificados nesta pesquisa também foram superiores aos verificados por Cretton (2006), trabalhando com adubação potássica em goiabeira, que verificou valores médios de $8,24 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca em plantas com 180 dias. Nesta pesquisa provavelmente as plantas receberam uma adubação balanceada de K e Ca, visto que altas concentrações de K induzem a redução na absorção do cálcio (MALAVOLTA et al., 1989; MARSCHNER, 1995; VENTURA, 1987; KURIHARA, 1991; RONQUETI, 2006).

Quanto aos teores de Mg, verificou-se que a adubação potássica não afetam a absorção do elemento resposta quadrática não significativa ($p < 0,05$) para raízes e ramos, apresentando valores médios de $2,37$ e $1,57 \text{ g kg}^{-1}$ respectivamente (Figura 12e). Em relação a concentração de Mg nas folhas, observa-se resposta quadrática significativa depressiva com as doses crescentes de fertirrigação com K, constatando-se que os teores foliares decaíram de $6,47$ para $4,33 \text{ g kg}^{-1}$. Estes resultados concordam com Amorim et al. (2012) que verificaram teores decrescentes de $2,2$ até $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg trabalhando com adubação potássica e nitrogenada em goiabeiras 'Paluma'

Nesta pesquisa o incremento da dose de KCl proporcionou maior absorção de K (Figura 13c) e um menor teor foliar de Mg (Figura 12e) nas plantas. Resultados semelhantes foram verificados por Cretton (2006) que ao trabalhar com doses superiores a $300 \text{ g planta}^{-1}$ de KCl, proporcionaram teores foliares de Mg abaixo do adequado para a goiabeira. A redução dos teores de Mg nos tecidos foliares é atribuída ao efeito competitivo entre os íons K^+ e Mg^{++} , pela aplicação de altas doses potássico, evidenciando o efeito antagônico do K em relação à absorção tanto do Mg quanto do Ca, visto que todos são nutrientes catiônicos que competem fortemente pelos mesmos sítios de absorção (MALAVOLTA et al., 1989; MASCARENHAS et al., 2000).

Apesar do decréscimo no teor de Mg nas folhas, estes se mantiveram dentro da faixa adequada para camu-camu, segundo o verificado por Viégas et al. (2004), que reportaram valores desde $1,4$ a $3,6 \text{ g kg}^{-1}$ e superiores aos reportados por Esashika et al. (2011) de $1,42 \text{ g kg}^{-1}$ trabalhando com adubação mineral em camu-camu.

Mesmo assim, os teores médios de magnésio nas folhas de camu-camu nesta pesquisa concordam com as concentrações adequadas para a goiabeira, planta pertencente a mesma família do camu-camu, que variam de $2,4$ a $4,0 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg (BATAGLIA; SANTOS, 2001). Também os resultados são semelhantes aos teores reportados por Cretton (2006), que encontrou teores médios de $2,25 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg para goiabeira Paluma com 180 dias.

Em relação ao S verificou-se que a adubação potássica propiciou uma absorção linear tendência linear crescente significativa de enxofre para as raízes e ramos com valores

máximos de 3,64 e 1,72 g kg⁻¹ respectivamente em resposta a dose 160 kg ha⁻¹ de K. Para as folhas, o efeito não foi significativo e resultam numa média de 1,38 g kg⁻¹ (Figura 12f), evidenciando que estes teores não foram afetados pelo incremento das doses de K. Ocorrendo o mesmo em trabalho realizado por Amorim et al. (2011), que observaram ao trabalhar com fertilização potássica em goiabeiras ‘Paluma’ teores não significativos de S, obtendo valores médios de 2,3 g kg⁻¹. Também por Carvalho et al. (2001), ao trabalhar com adubação potássica e lâminas de irrigação em plantas de maracujazeiro amarelo.

A concentração média de 1,38 g kg⁻¹ de S obtida nas folhas, não se encontra dentro da faixa de teores foliares considerados adequados (2,4 a 2,8 g kg⁻¹) para este nutriente na cultura do camu-camu (VIÉGAS et al., 2004). No entanto, é importante ressaltar que, independentemente do fato de não se encontrar dentro da faixa considerada adequada, não foram verificados sintomas de deficiências do nutriente no campo.

Os teores foliares verificados na pesquisa estão dentro da faixa mencionada por Dechen; Nachtigall (2006), de 1 a 5 g kg⁻¹ de matéria seca vegetal, comentando que a necessidade de S para o bom crescimento das plantas deve-se ao fato do nutriente ser constituinte da cisteína e metionina - os mais importantes aminoácidos contendo S.

Teores de micronutrientes em função das doses de Potássio

A concentração de B e Mn nas folhas do camu-camu apresentaram em relação às doses de K uma resposta quadrática significativa ($p < 0,05$) depressiva (Figura 13a e 13b), podendo-se inferir que houve uma diminuição nos teores devido a uma maior diluição destes nutrientes no tecido vegetal em decorrência do aumento de produção de biomassa (VIANA, 2007).

Os teores máximos de **B** nas folhas (Figura 13a) foram de 136,50 mg kg⁻¹ alcançados nas plantas sem adubação potássica, diminuindo até 99,40 mg kg⁻¹ na dose de 160 kg ha⁻¹ de K. Para as raízes (Rz) e ramos (R) não houve resposta significativa ($p < 0,05$), obtendo-se teores médios de 16,71 e 6,07 mg kg⁻¹ de B, respectivamente. Dechen; Nachtigall (2006) e Souza et al. (2012) citam que, em geral, a parte aérea das plantas apresentam maior concentração de B que as raízes e esse fato está associado a maior mobilidade do B no xilema em comparação ao floema. Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et al. (2001) ao trabalhar com adubação potássica e lâminas de irrigação em plantas de maracujazeiro amarelo, como também por Prado et al. (2004), que constataram que o aumento de doses de potássio reduziu os teores de B na parte aérea das mudas.

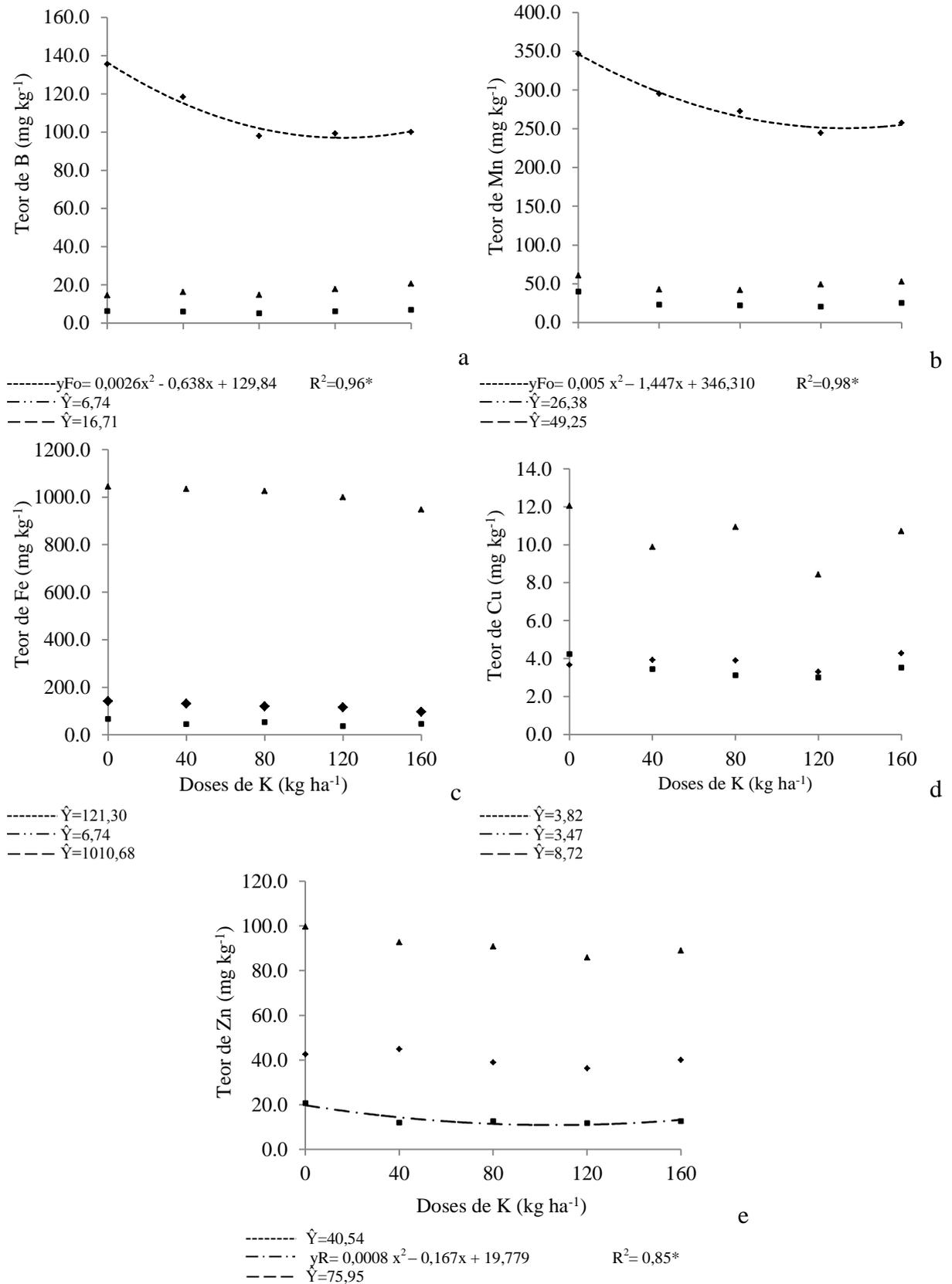


Figura 13. Efeito das doses de K aplicadas via fertirrigação nos teores de B (a), Mn (b), Fe (c), Cu (d) e Zn (e) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.

Segundo Viégas et al. (2004), os teores foliares adequados de B para camu-camu estão na faixa de 8,4 até 9,5 mg kg⁻¹. Nesta pesquisa os teores determinados foram bem superiores, provavelmente devido a aplicação de 180 mg de B por planta provenientes do FTE-BR12.

Por outro lado, os teores foliares estão semelhantes aos verificados por Villas Bôas et al. (2002), trabalhando com laranja 'Valência' fertirrigada (78 mg kg⁻¹ de B) e superiores aos constatados (45 mg kg⁻¹ de B) por Souza et al. (2012), trabalhando com mobilidade do B em mudas de pessegueiro.

O teor de boro considerado adequado para o desenvolvimento das culturas é bastante variável. As diferenças quanto à exigência desse nutriente são atribuídas a variação na composição química das paredes celulares entre e dentre espécies (MARSCHNER, 1995). Vários autores relatam que plantas deficientes apresentam concentrações foliares menores que 15 mg kg⁻¹ (MALAVOLTA, 1980; MALAVOLTA et al., 1989; PAIS; JONES JUNIOR, 1996; FURLANI, 2004). Nesse sentido, os resultados obtidos nesta pesquisa estão acima do mencionado pelos autores, o que demonstra ser o camu-camu exigente em B em comparação com outras fruteiras e, além disso, as doses de K não influenciaram no teor de B.

Observou-se um efeito depressivo da adubação potássica sobre os teores de Mn nas folhas (Figura 13b), variando de 346,63 mg kg⁻¹, quando não se utilizou adubação potássica até 242,03 mg kg⁻¹ na dose de 160 kg ha⁻¹ de K. Resultados contrários foram obtidos por Amorim et al. (2011) que observou teores foliares crescentes como resposta ao uso de doses crescentes de K em plantas de goiabeira 'Paluma'.

Nas raízes e ramos, verificaram-se teores médios de 49,25 e 26,14 mg kg⁻¹ de Mn respectivamente. É possível ter ocorrido competição entre os cátions Mn⁺⁺ e K⁺ e, com isso, redução dos teores de manganês nos tecidos foliares. Dechen; Nachtigall (2006) citam que as concentrações de Mn nas plantas variam entre 5 e 1500 mg kg⁻¹ de massa seca da planta dependendo da espécie, além disso consideram que concentrações foliares entre 20 e 500 mg kg⁻¹ são adequadas para um desenvolvimento normal das plantas.

Esashika et al. (2011) reportaram teores foliares de 131 mg kg⁻¹ de Mn trabalhando com mudas de camu-camu, sendo estes teores inferiores aos observados nesta pesquisa. Em populações estabelecidas em várzeas, Villachica (1996) observou valores de até 764 mg kg⁻¹ de Mn. Nestas condições de encharcamento, ocorrem reações de oxi-redução disponibilizando o manganês em altas concentrações, devido à redução deste nutriente em Mn²⁺ (DECHEN; NACHTIGALL, 2006)

As concentrações de Fe, Cu e Zn (Figuras 13c, 13d e 13e) apresentaram valores mais elevados nas raízes das plantas de camu-camu em todas as doses de K, em relação aos teores

nos órgãos da parte aérea das plantas. Embora, nenhum dos resultados obtidos tenha sido significativo.

O teor médio de Fe nas raízes foi da ordem de 1010 mg kg^{-1} , demonstrando haver uma grande concentração neste órgão em detrimento da concentração apresentada pela parte aérea (Figura 13c). As folhas apresentaram teor médio de Fe de $121,29 \text{ mg kg}^{-1}$ que foi superior ao relatado por Esashika et al. (2011) de 66 mg kg^{-1} de Fe em mudas de camu-camu fertilizadas com adubo mineral, e ao teor determinado por Villachica (1996), estudando o camu-camu na Amazônia peruana, em populações naturais de várzea, que registrou teor de 98 mg kg^{-1} .

Em trabalho realizado com fertirrigação em plantas de laranja Valência em campo, Villas Bôas et al. (2002) reportaram teores foliares de 136 mg kg^{-1} um pouco acima do observado para camu-camu

Estes resultados são semelhantes aos verificados por Carvalho et al. (2001), que constataram teores foliares médios de 110 mg kg^{-1} de Fe em plantas de maracujazeiro amarelo trabalhando com adubação potássica e lâminas de irrigação. Observa-se na mesma figura, que a translocação desse nutriente na planta foram suficientes para que esse elemento transcola-se das raízes para folhas em níveis adequados. Nesse sentido, Malavolta et al. (1989) mencionam que a translocação refere-se ao movimento ou à transferência do íon, do local de absorção na raiz para outro ponto qualquer da planta indicando mobilidade satisfatória desse nutriente nas plantas.

Em goiabeira, Yamada (2004) obteve-se teores foliares na faixa de 117 a 162 mg kg^{-1} de Fe, essas concentrações são semelhantes as encontradas nesta pesquisa com camu-camu. Para Dechen; Nachtigall (2006), a variabilidade do teor de Fe nas plantas pode ocorrer entre 10 e 1500 mg kg^{-1} de massa seca, considerando-se concentrações adequadas ao bom crescimento das plantas as que ocorrem entre 50 e 100 mg kg^{-1} , podendo-se considerar deficientes as plantas com teores foliares menores que 10 mg kg^{-1} de Fe, nesse sentido pode-se afirmar que os valores encontrados nesta pesquisa estão de acordo com a literatura.

Observou-se maior teor de Cu nas raízes com valores médios de $10,41 \text{ mg kg}^{-1}$; seguido pelas folhas e ramos com teores médios de $3,81$ e $3,47 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente (Figura 13d). Estes resultados estão acima dos encontrados por Camargo; Muraoka (2007), trabalhando com mudas de castanheira do Brasil, que reportaram $5,2$ e $3,2 \text{ mg kg}^{-1}$ nas raízes e nas folhas, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Amorim et al. (2011), obtendo resposta não significativa para o teor de Cu nas plantas de goiabeira 'Paluma' com adubação potássica

Segundo Dechen; Nachtigall (2006), as concentrações de Cu nas plantas variam entre 2 e 75 mg kg⁻¹ de matéria seca, considerando-se teores entre 5 e 20 mg kg⁻¹ como adequados para o crescimento normal das plantas e de outra parte, plantas deficientes apresentam concentrações foliares menores de 4 mg kg⁻¹, enquanto acima de 20 mg kg⁻¹ pode-se observar sintomas de toxicidade (MALAVOLTA, 1980; MALAVOLTA et al., 1989; PAIS; JONES JUNIOR, 1996; FURLANI, 2004). É importante ressaltar que, independentemente da faixa considerada adequada por alguns pesquisadores, não foram verificados, no campo, sintomas de deficiências de Cu nas plantas de camu-camu.

Os teores de Zn para as raízes (Rz) e folhas (Fo) foram de 91,55 e 40,54 mg kg⁻¹, respectivamente (Figura 13e), sendo superiores aos teores foliares obtidos por Esashika et al. (2011) de 24 mg kg⁻¹, ao trabalhar com adubação completa em mudas de camu-camu.

Em outras espécies foram obtidos resultados similares aos verificados nesta pesquisa: Alves (2013), trabalhando com nutrição mineral de Mogno Africano; Villas Bôas et al. (2002), trabalhando com plantas de laranja Valência; Camargo e Muraoka (2007), trabalhando com mudas de castanheira do Brasil. Resultados contrários foram determinados por Carvalho et al. (2006), ao observar que a adubação potássica reduziu os teores foliares de Zn em plantas de maracujazeiro amarelo.

Acúmulo de macronutrientes em função das doses de Potássio

As doses de K aplicadas via fertirrigação ocasionaram uma resposta linear significativa ($p < 0,05$) para acúmulo dos macronutrientes nas plantas de camu-camu, com exceção do Mg nos ramos e raízes (Figura 14).

Os maiores acúmulos de N, em resposta a dose 160 kg ha⁻¹ de K, estão nas folhas e nos ramos – 291,81 e 266,26 mg planta⁻¹, respectivamente, devido ao intenso crescimento pelo qual as plantas passam nesta fase de estabelecimento do cultivo, denotando não haver formação de reservas nitrogenadas nas raízes, que apresentaram um acúmulo de 84,31 mg planta⁻¹ de N (Figura 14a). A planta teve um acúmulo total de 642,38 mg de N, significando um ganho de 439,69 mg por planta em relação a testemunha.

Em relação ao P, verificou-se maior acúmulo nos ramos seguido pelas folhas e raízes com 35,79; 21,09 e 6,19 mg planta⁻¹ em resposta a dose máxima de 160 kg ha⁻¹ de K, tendo na planta inteira um acúmulo total de 63,07 mg de P planta⁻¹ (Figura 14b), representando um ganho de 44,96 mg planta⁻¹ em relação a testemunha.

Verificou-se maior acúmulo de K nos ramos seguido pelas folhas e raízes com 349,25; 115,59 e 95,13 mg planta⁻¹, respectivamente, em resposta a dose máxima de 160 kg ha⁻¹ de K,

o que significa um acúmulo total de 559,97 mg planta⁻¹, evidenciando um ganho de 433,28 mg planta⁻¹ de K em relação a testemunha (Figura 14c).

O acúmulo de Ca foi maior nos ramos, seguido pelas folhas e raízes com 295,56; 221,40 e 142,02 mg de Ca planta⁻¹ em resposta a dose máxima de 160 kg de ha⁻¹ de K, mostrando um acúmulo total de 658,98 mg de Ca planta⁻¹ (Figura 14d), evidenciando um ganho de 557,82 mg planta⁻¹ de Ca em relação a testemunha.

O maior acúmulo de Mg foi apresentado pelos ramos, seguido pelas folhas e raízes com 78,33; 40,34 e 29,89 mg de Mg planta⁻¹, respectivamente, em resposta a dose máxima de 160 kg de ha⁻¹ de K, tendo na planta inteira um acúmulo total de 148,56 mg de Mg planta⁻¹ (Figura 14e), resultando num ganho de 80,38 mg planta⁻¹ em relação a testemunha.

O maior acúmulo de S nos ramos seguido pela raiz e folhas com 82,95; 44,89 e 22,28 mg de S planta⁻¹ em resposta a dose máxima de 160 kg ha⁻¹ de K, tendo na planta inteira um acúmulo total de 150,12 mg de S planta⁻¹ (Figura 14f). O que significa um ganho de 106 mg planta⁻¹ em relação a testemunha.

Esses resultados demonstram a importância desses nutrientes para o cultivo racional do camu-camu. A ordem decrescente do acúmulo total de macronutrientes, com base nas doses de K foi: Ca > N > K > Mg > S > P, mostrando que os nutrientes mais exigidos pelo camu-camu foram o cálcio, nitrogênio, e potássio. Nesta pesquisa observa-se que o maior acúmulo de macronutrientes, com exceção do N, foi determinado para os ramos, semelhante ao verificado por Viegas et al. (2004), trabalhando com solução nutritiva, por outro lado o acúmulo da maioria dos macronutrientes nas folhas foi maior do que os apresentados pelo autor.

Essas diferenças possivelmente devem-se ao fato do trabalho ter sido conduzido em condições de terra firme, com sistema de fertirrigação, e não em condições controladas de casa de vegetação. As diferenças nas pesquisas também podem ser atribuídas ao material genético utilizado, aos parâmetros cinéticos de absorção dos nutrientes que são específicos a cada espécie ou cultivar, e que por sua vez afetam às características morfológicas e fisiológicas das plantas (MARSCHNER, 1995; AUGOSTINHO et al., 2008).

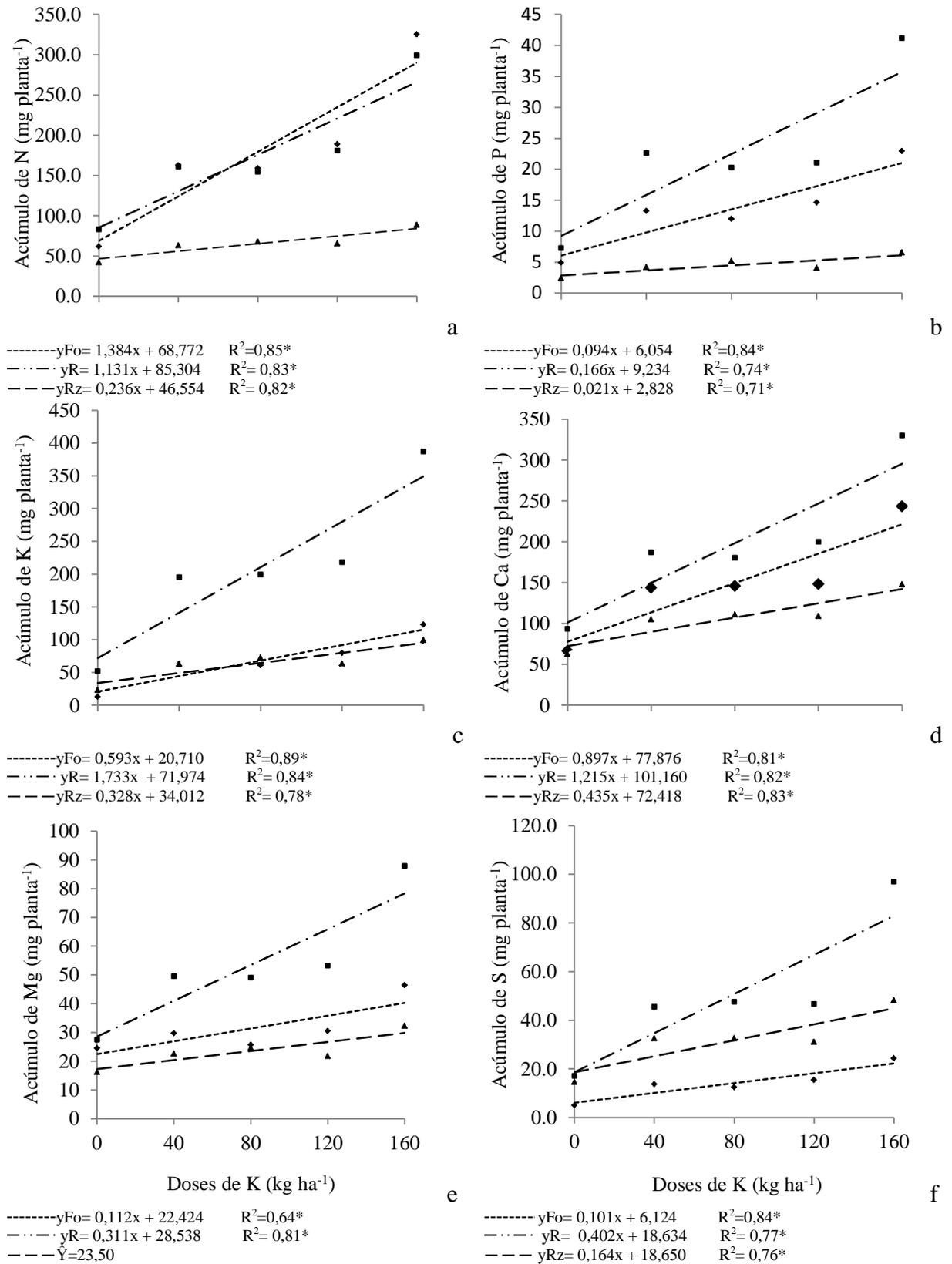


Figura 14. Efeito das doses de Potássio aplicadas via fertirrigação no acúmulo de N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e) e S (f) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.

Acúmulo de Micronutrientes em função das doses de Potássio

Em resposta as doses de K aplicadas via fertirrigação observou-se resposta linear significativa ($p < 0,05$) para acúmulo dos micronutrientes nas plantas de camu-camu (Figura 15). Verificou-se maior acúmulo nas folhas para B e Mn. enquanto, para Cu, Fe e Zn determinou-se maior acúmulo nas raízes.

O acúmulo na folha, ramos e raízes de B alcançou um máximo de 1.287,73; 324,77 e 242,11 $\mu\text{g planta}^{-1}$, respectivamente, em resposta a dose 160 kg ha^{-1} de K. Obtendo-se na um total por planta de 1.854,61 μg de B (Figura 15a). Para o acúmulo de Cu nas folhas, ramos e raízes foram determinados 53,06; 176,32 e 135,65 $\mu\text{g planta}^{-1}$ em resposta a dose de 160 kg ha^{-1} de K respectivamente. Nesse sentido se obteve um acúmulo total de 365,03 μg de Cu na planta inteira (Figura 15b).

O maior acúmulo obtido para Fe foi de 12.552,58 μg nas raízes, seguido pelos ramos e folhas com 2.385,80 e 1.328,59 μg de Fe, respectivamente, na dose 160 kg ha^{-1} de K. O acúmulo total foi 16.266,97 μg de Fe na planta inteira (Figura 15c), havendo um ganho de 7.212,80 μg de Fe em relação a testemunha.

O maior acúmulo de Mn foi obtido nas folhas seguido pelos ramos e raízes com valores máximos de 3.941,32; 1.330,00 e 605,69 μg por planta, respectivamente, em resposta a dose de 160 kg ha^{-1} de K, o acúmulo total foi de 5.877,01 μg de Mn planta^{-1} (Figura 15d), havendo um ganho de 3.671,52 μg de Mn em relação a testemunha.

E para Zn, o maior acúmulo foi nas raízes seguido dos ramos e folhas com valores máximos de 1.238,35; 545,01 e 445,22 $\mu\text{g planta}^{-1}$, respectivamente, em resposta a dose 160 kg ha^{-1} de K. Obtendo na planta inteira um acúmulo total de 2.228,58 μg de Zn (Figura 15e), havendo um ganho de 1.073,92 μg de Zn em relação a testemunha

A ordem decrescente do acúmulo total de micronutrientes, com base nas doses crescentes de K foi: Fe > Mn > Zn > B > Cu, mostrando que os nutrientes mais exigidos pelo camu-camu foram o ferro e manganês, chama atenção, o acúmulo total de Fe absorvido de 16.226,97 $\mu\text{g planta}^{-1}$, o primeiro micronutriente mais absorvido pelo camu-camu em condições de terra firme.

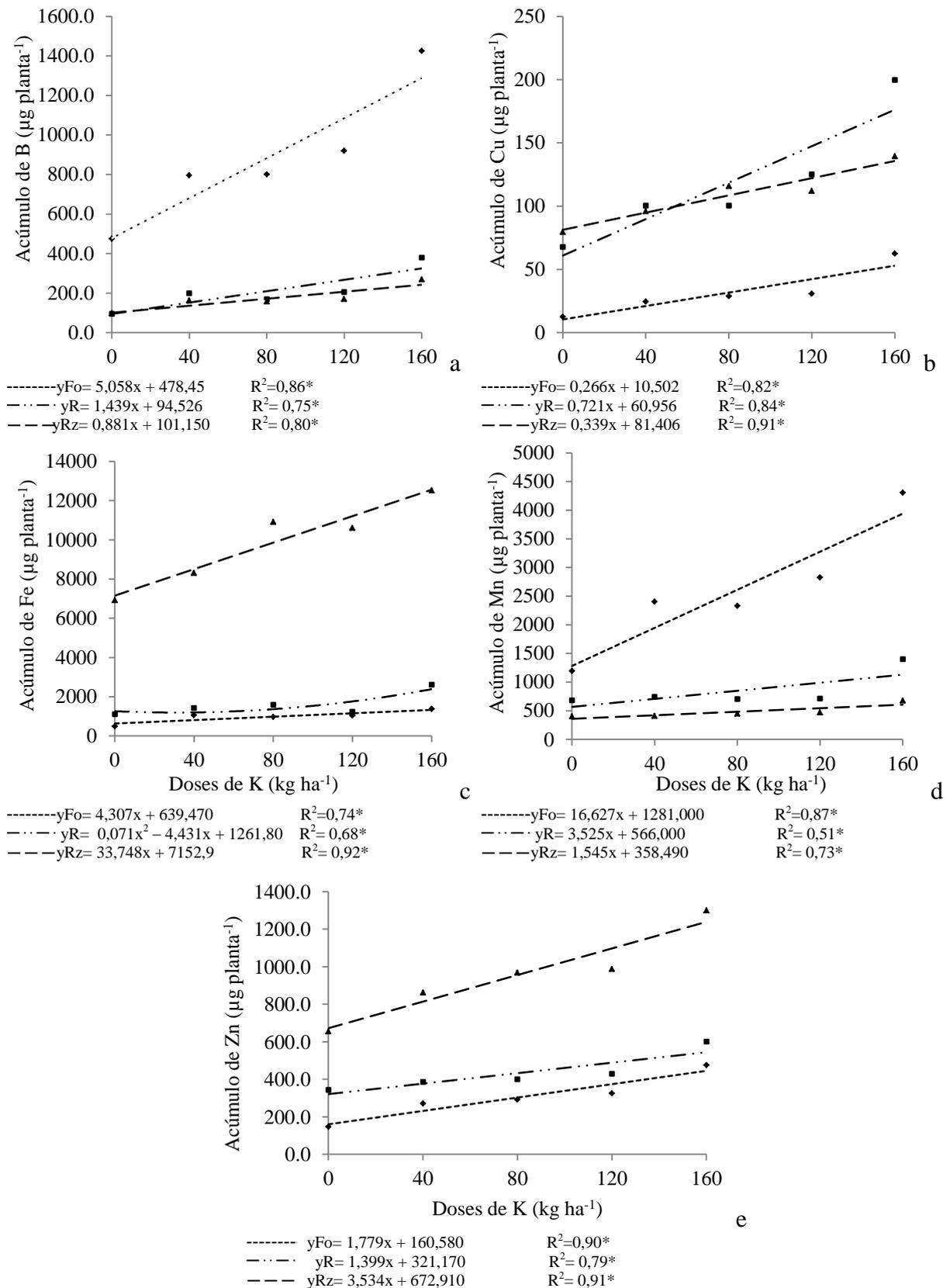


Figura 15. Efeito das doses de Potássio aplicadas via fertirrigação no acúmulo de B (a), Cu(b), Fe (c), Mn (d) e Zn (e) em folhas (Fo), ramos (R) e raízes (Rz) de plantas de camu-camu com 270 dias após o plantio.

CONCLUSÕES

A utilização da fertilização potássica aplicada mediante sistema de fertirrigação proporcionou maior qualidade as plantas de camu-camu na dose de 160 kg ha⁻¹ de K₂O apresentando efeito positivo na altura de planta (cm), diâmetro do coleto (mm), número de ramos, comprimento total de ramos (cm), massa seca (g) de raízes, ramos e folhas, massa seca total (g), índice de qualidade de Dickson.

O adubo potássico elevou os teores foliares de N, K e S e reduziu os teores de Ca, Mg, B e Mn nas folhas de camu-camu;

Considerando as partes da planta, Em função das doses crescentes de K o maior acúmulo de nutrientes foi verificado na parte aérea para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn e para as raízes foi Fe, Cu e Zn.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É fundamental para o sucesso da fertilização que haja balanceamento entre os macronutrientes e os micronutrientes, pois ambos são essenciais para o bom crescimento das plantas de camu-camu;

O parcelamento a cada 10 semanas de 10%; 20%; 30% e 40 % e a utilização da fertirrigação possibilita a maior absorção dos nutrientes pelas plantas de camu-camu em condições de terra firme;

A dose de 40 kg ha⁻¹ de K utilizada para nutrir as plantas no experimento de adubação nitrogenada parece não ter sido suficiente para que houvesse um equilíbrio nutricional do camu-camuzeiro, visto que houve uma diminuição na resposta do crescimento na dose mais elevada de nitrogênio;

Na fertirrigação com K aplicando-se até 160 kg ha⁻¹ foi observado um efeito linear crescente nas variáveis estudadas, e não sendo atingindo o ponto de máxima eficiência devido talvez ao não haver um balanço com a dose aplicada de N o que limitou o uso do K pela planta ou a quantidade de K fornecido as plantas foi insuficiente;

A aplicação de 10 g de FTE BR 12 em cada cova de plantio é suficiente para suprir a quantidade necessária de micronutrientes, para que as plantas sejam suficientemente nutridas durante o primeiro ano de cultivo.

REVISÃO BIBLIOGRAFICA

ABANTO, C.; CHOY, J. S.; SALDAÑA, W.; PAIFA, M.; CHAGAS, E. A. Efecto de la altura de poda de formación en la arquitectura de plantas de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh) en la estación experimental del IIAP, Ucayali, Perú. *Revista Scientia Agropecuaria*, Lima-Perú, v.2, p. 73 – 81, 2011.

AJAY, O.; MAYNARD, D. N.; BARKER, A. V. The effects of potassium on ammonium nutrition of tomato. *Agronomy Journal*, Madison, v. 62, p. 818-821, 1970.

ALARCON, A. L. Fertilizantes para fertirrigación: tablas prácticas orientativas. In: NAMESNY, A. **Melones**. Barcelona: Ediciones de Horticultura, 1997. 277p.

ALBUQUERQUE, T.C.S.; SILVA, D.J.; FARIA, C.M.B.; PEREIRA, J.R. Nutrição e adubação em videira. In: **A Viticultura no Semiárido Brasileiro**. Editores Técnicos: Jose Monteiro Soares e Patrícia Coelho de Souza Leão. Brasília, DF: Embrapa Informação e tecnologia; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. p.430-480

ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and drainage, 56)

ALMEIDA, E. V.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; BARBOSA, J. C. Adubação nitrogenada e potássica no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, n.4, p.1138-1142, 2006.

ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; CORREIA, M.A.; GONDIM, A.R.O.; CECÍLIO FILHO, A.B.; POLITI, L.S. Couve-flor cultivada em substrato: marcha de absorção de macronutrientes e micronutrientes. *Revista Ciencia e Agrotecnologia*, v.35, n.1, p.45-55. 2011.

ALVES, M.S. **Efeitos da solução nutritiva no crescimento e qualidade de mudas de mogno africano**. Boa Vista, 2013. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Roraima. 2013.

AMORIM, A. D.; NATALE, W.; SOUZA, A. H.; ROZANE, E. D.; MODESTO, C. V.; HERNANDES, A. Estado nutricional de goiabeiras ‘Paluma’ submetidas à adubação nitrogenada e potássica. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 33. **Anais...** Uberlândia, Minas Gerais, SBCS/ ICIAG/UFU, 2011.

ANDRADE, B. M. Efeito da fertirrigação com nitrogênio e potássio sobre os teores de nutrientes em um solo cultivado com gravioleira. *Revista Ciência Agronômica*, v.35, n.2, p.410-417, 2004.

ANDRADE, W. W. **Fontes e doses de N, P, K e métodos de enxertia na produção de mudas de umbuzeiro** (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). 2011. 141f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN, 2011.

ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. 10. 2006. 432 p.

ARAÚJO, F.W.; COSTA, A.A.S.; SANTOS, E.A. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETO). **Revista Caatinga**, v.20, n.4, p.84-88, 2007.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.

AUGOSTINHO, L.; PRADO, R.; ROZANE, D.; FREITAS, N. Acúmulo de massa seca e marcha de absorção de nutrientes em mudas de goiabeira 'Pedro Sato'. **Revista Bragantina**, v.67, n.3, p.577-585, 2008.

BARBIERI JUNIOR, É.; ROSSIELLO, R. O. P.; MORENZ, M. J. F.; RIBEIRO, R. C. Comparação de métodos diretos de extração e quantificação dos teores de clorofilas em folhas do capim-Tifton 85. **Revista Ciência Rural**, v.40, n.3, p.633-636, 2010.

BARDALES, R. M. L. **Caracterização intraespecífica da variabilidade biométrica de frutos em populações nativas de camu-camu**. 2013. 42 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR. 2013.

BASSOI, L. H. **Crescimento e distribuição de raízes de videiras e sua relação com a prática da irrigação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 1998. 4p. (Embrapa Semiárido. Comunicado técnico, 76).

BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. **Informações agronômicas**, n.96, p.3-8, 2001.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4 ed. Porto Alegre: Artmed. 2007.

BELL, S. J.; ROBSON, A. Effect of nitrogen fertilization on growth, canopy density, and yield of *Vitis vinifera* L. cv. 'Cabernet Sauvignon'. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.50, p.351-358, 1999.

BERNARDI, A.C.C.; CARMELLO, Q.A.C.; CARVALHO, S.A. Macronutrientes em mudas de citros cultivadas em vasos em resposta à adubação NPK. **Revista Scientia Agrícola**, v.57, n.4, p.761-767, 2000.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, C. E. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625 p.

BETTINI, M. O. Equipamentos para irrigação localizada. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.) **Fertirrigação: Citrus, Flores, Hortaliças**. **Revista Guaíba Agropecuária**, v.1, p. 171-205, 1999.

BLACKBURN, G.A. Hyperspectral remote sensing of plant pigments. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 4, p. 855-867, 2007.

BORGES, A. L. Interação entre Nutrientes em Bananeira. EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. **Banana em Foco**, n. 55. Dez. 2004. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/produto_em_foco/banana_55.pdf> Acesso em: 10 Jan. 2014.

BOWEN, J. E. Absorption of cooper, zinc and manganese by sugarcane tissue. **Plant Physiology**, v.44, p. 255-261.1969.

BRITO, C.C.; MENDONÇA, V.; MEDEIROS, P.Q.V.; TOSTA, M. S.; MEDEIROS, F.L. Adubação nitrogenada em cobertura na produção de porta-enxertos de sapotizeiro [*Manilkara Zapota* (L.) VON ROYEN]. **Revista Agropecuária Científica do Semi-Árido**, v.03, 08-13, 2007.

BUSATO, C.C.M., SOARES, A.A. Irrigation management and fertirrigation with nitrogen on the chemical characteristics of the grapevine ‘Niagara Rosada. **Revista Ciência Rural**, v.41, n.7, p.1183-1188. 2011.

CADAHIA, C. **Fertirrigacion en cultivos hortícolas y ornamentales**. Madri: Ediciones Mundi-Prensa. 1998. 474p.

CAKMAK, I. Funções do K na formação da colheita. Palestra proferida no Simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira, São Pedro, SP: Associação Brasileira Para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato – POTAFOS, 22 – 24 set. 2004.

CAMARGO, P.N.; SILVA, O. **Manual de adubação foliar**. São Paulo: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola/Ed. HERBA, 2002. 256p.

CAMARGO, S.; MURAOKA, T. Teores, acúmulo e redistribuição de micronutrientes em castanheira-do-Brasil. **Revista Agricultura Tropical**, v.10, p.72-83, 2007.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. **In**: NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. 7. 2007. p.375-470.

CARVALHO, A. dos S. **Ocorrência, distribuição geográfica e estudo fenológico de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) no estado de Roraima**. 2012. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2012.

CARVALHO, C.J.A.; MARTINS, P.D.; MONNERAT, H.P.; BERNARDO, S; SILVA, A.J. Teores de nutrientes foliares no maracujazeiro-amarelo associados à estação fenológica, adubação potássica e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 403-408, agosto 2001.

CARVALHO, J.E.U.; NASCIMENTO, W.M.O. **Fruticultura na Amazônia: o longo caminho entre a domesticação e a utilização**. Palestra. Piracicaba: Esalq - USP, 2004.

CASTRO, A.F.; YUYAMA, K. Avaliação do crescimento de mudas de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh), submetidas a adubação orgânica e mineral. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF, 2004. Cd Rom.

CECÍLIO FILHO, B.A.; GRANGEIRO, C.L. Produtividade da cultura da melancia em função de fontes e doses de potássio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.3, p.561-569, 2004.

CESARIN, A. E.; SOUZA, H. A.; SANTOS, M. D. M.; AMORIM, D. A.; ROZANE, D. E.; NATALE, W. 2011. Teores de clorofila e índice SPAD em folhas de goiabeira, em função da

aplicação do resíduo da indústria processadora de goiabas. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 33., Uberlândia, MG. **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, CD-Rom, 2011. 4p.

CHAGAS, E.A. et al. Distribuição geográfica de populações nativas de camu-camu no estado de Roraima. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 21., 2010, Natal, **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010. CD-Rom. 4p.

CHAGAS, E.A. et al. Ocorrência e distribuição geográfica de populações nativas de camu-camu no estado de Roraima. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 22., Bento Gonçalves, **Anais...** Bento Gonçalves, RS: Sociedade Brasileira de Fruticultura. 2012. CD-Rom.^a

CIOMPI, S.; GENTILI, E.; GUIDI, G.; SOLDATINI, G.F. The effect of nitrogen deficiency on leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in sunflower. **Journal Plant Science**, Limerik, v.118, n.2, p.177-184, 1996.

COELHO, I. R.; de CARVALHO, C. J. A.; THIEBAUT, L. T. J.; de SOUZA, F. M. Teores foliares de nutrientes em mudas do abacaxizeiro 'SMOOTH CAYENNE' em resposta à adubação. **Revista de Ciências Agrárias**, v.33, n.2, 2010.

COSTA, A.R. **Produtividade de duas cultivares de cafeeiro utilizando-se sistema de irrigação localizada por gotejamento na região noroeste do Estado do Paraná**. 2010. 115 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá. 2010.

CRETTON, V. C. **Adubação potássica para a goiabeira (*Psidium guajava* L.) em formação na região norte fluminense**. 2006, 70 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). - Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.

CRUZ, J.L. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro amarelo. **Revista Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.275-284, 2006.

CRUZ, C. A. A.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). *Rev. Árvore* [online]. 2006, vol.30, n.4, pp. 537-546. ISSN 0100-6762.

DANTAS NETO, J.; MACIEL, J. L.; ALVES, A. D. S.; AZEVEDO, C.A.B.; FERNANDES, P.D.; LIMA, V.L.A. Teores de macronutrientes em folhas de goiabeira fertirrigadas com nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.9, p.962-968, 2013.

DANTAS, P. A. S.; SOUZA JÚNIOR, J.O.; GOMES, F.P.; RIBEIRO, D.O. Estimativa não destrutiva do teor foliar de nitrogênio em cacauzeiro utilizando clorofilômetro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n. , p. 669-677, 2012.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. 13.p.327-354. 2006.

DELGADO, J.P.M.; YUYAMA, K. Comprimento de estaca de camu-camu com ácido indolbutírico para a formação de mudas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.522-526, 2010.

DIAS, M. J. T.; SOUZA, H.A.; NATALE, W.; MODESTO, V.C.; ROZANE, D.E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, suplemento 1, p. 2837-2848, 2012

DIBB, D.W.; WELCH, L.F. Com growth as affected by ammonium vs. nitrate absorbed from soil. **Agronomy Journal**, Medison, v.68, p. 89-94, 1976

DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; ALVAREZ, V. H.; FERREIRA, P. A.; CANTARUTTI, R. B.; SILVA, A. T.; FIGUEIREDO, G. C. Índice de uniformidade de distribuição do amônio, nitrato, potássio e fósforo, em Latossolos sob condições de fertigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.575-581, 2010.

DONAGEMMA, G.; RUIZ, H. Distribution of ammonium, nitrate, potassium, and phosphorus in columns of fertigated latosols. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.32, n.6, p.2493-2504, 2008.

DUENHAS, L.H.; VILLAS BÔAS, R.L.; SOUZA, C.M.P.; OLIVEIRA, M.V.A.M.; DALRI, A.B. Produção, qualidade dos frutos e estado nutricional da laranja Valência sob fertirrigação e adubação convencional. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.25, p.154-160, 2005.

EL-HENDAWY, S.; HU, Y.; SCHIMIDHALTER, U. Growth, ion content, gas exchange, and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerances. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.56, p.123-134, 2005.

ELOI, W. M.; VIANA, T.V.A.; SOUSA, V. F.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; AZEVEDO, B.M. Efeitos da fertirrigação de N e K₂O na distribuição do sistema radicular da gravioleira. **Revista Caatinga**, v.20, n.2, p.50-58, 2007.

EMRICH, E. B.; SOUZA, R. J.; LIMA, A. A.; FIGUEIREDO, F. C.; SILVA, D. R. G. Cultivo do tomateiro em substratos orgânicos sob aplicação foliar de silicato de potássio em ambiente protegido. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 56-61, 2011.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta. 2ª Edição. 2004.

ESASHIKA, T.; OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F. W. Teores foliares de nutrientes em plantas de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) submetidas a adubações orgânica, mineral e foliar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.3, p.391-400, 2011.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA Ltda. Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG / CFL 1030). Porto Alegre, Falker Automação Agrícola. 2008. 33p.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Fruticultura: Fundamentos e Práticas**. 1.ed. Pelotas: Editora UFPEL, 1996. 311p.

FALCÃO, M. A.; FERREIRA, S. A. N.; CHÁVES-FLORES, W. B.; CLMENT, C. R. Aspectos fenológicos e ecológicos do “camu-camu” (*Myrciaria dubia* (H. B. K) McVaugh) na terra firme de Amazônia central.. In: FALCÃO, M. A. Aspectos fenológicos e de produtividade de algumas fruteiras cultivadas na Amazônia. Manaus: UFAM, 1986. P.57-65.

FERREIRA, D. F. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FERREIRA, J.O.P.; FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A. Desempenho de um injetor de fertilizantes do tipo Venturi para fins de fertirrigação. **Revista Scientia Agrícola**. v.53, n.1, p.105-113, 1996.

FERREIRA, R.E. et al. Effect of water stress applied at different development periods of Cabernet Sauvignon grapevine on production and wine quality. **Revista Acta Horticulturae**, v.646, p.2733, 2004.

FERREIRA, S.A.N. Camu-camu. **Informativo da Sociedade Brasileira de Fruticultura**, v.5, n.2, p.11-12. 1986.

FERREIRA, V. M. **Irrigação e drenagem**. Floriano, PI: EDUFPI, 2011. 126p.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micranta* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Mull. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. 113p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP.2000.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. 3 Ed. Viçosa: UFV, 2006. 122p.

FORTALEZA, J. M.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; OLIVEIRA A.T. RANGEL, L. E. P. Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá-azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 124-127, 2005.

FRANCO, C.F. **Marcha de absorção de macronutrientes e de micronutrientes em mudas de goiabeira Paluma e Século XXI**. 2006. 69p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal. 2006.

FREIRE, J.L.O. **Crescimento e desenvolvimento de maracujazeiro amarelo sob salinidade e uso de biofertilizante e cobertura**. 2011. 185f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. 2011.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R. ; FARIA, M. A. **Microirrigação: Gotejamento e Microaspersão**. 1.ed. Maringá: Eduem- Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2012. 356p.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. (ed.) **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Koogan, 2004. p.40-75.

GAVINHO, C.A. **Efeito da adubação foliar na produção de frutos e na concentração de ácido ascórbico do Camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh) em condições de terra-firme**. 2005. 65p. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido) - Universidade Federal de Amazonas- UFAM/Instituto de Pesquisas da Amazônia- INPA. 2005.

GODOY, L. J. G.; SANTOS, T. S.; VILLAS BÔAS, R. L.; LEITE JÚNIOR, J. B. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.217-226, 2008.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; BULL, L. T. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1049-1056, 2003.

GOMES, D.M. **Análise de viabilidade técnica, econômico-financeira para implantação da cultura do Mogno-africano (*Khaya ivorensis* A.Chev.) na região oeste de Minas Gerais.** 2010. 70p. Monografia (Especialista em Gestão Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2010.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.655-664, 2002.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p. 113-127, 2013.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: Propagação sexual.** Viçosa: UFV, 2004, 116p.

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAIS NETO, S.P.M.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2005. 427 p.: il.

GRIGIO, M.L. **Caracterização e conservação pós-colheita de camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) Mc Vaugh).** 2013. 72 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista.

GUPTA, U.C.; CHIPMAN, E.W.; MACKAY, D.C. Effects of molybdenum and lime on the yield and molybdenum concentration of crops grown on acid *Aphagnum* peat soil. **Canadian Journal of Plant Science**, v.58, n.4, p.983-992, 1978.

GUTIERREZ, R.A. Especies frutales nativas de la selva del Perú: estudio botánico e de propagación de semillas. 1969 52 f Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. 1969.

HARTZ, T.K.; LESTRANGE, M.; MAY, D.M. Nitrogen requirements of drip-irrigated peppers. **Journal Hort Science**, Alexandria, v.28, n.11, p.1097-1099, 1993.

HERNANDEZ, F.B.T. Potencialidades da fertirrigação. In: Simpósio Brasileiro sobre fertilizantes fluidos. Piracicaba. **Anais.** Piracicaba: ESALQ; CENA; POTAFOS, 1994. p. 215-225.

HOFFMANN, R. B.; OLIVEIRA, F. H. T.. Accumulation of dry matter, absorption and exportation of micronutrients in banana (*Musa* spp.) varieties under irrigation. **Revista Ciência e Agrotecnologia.** v.34, p.536-544. 2010.

ITAURAN, S.; MOTA, M.; PADINHA, M. **Recomendações para o cultivo do camu camu no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002, 9p. (Embrapa Amazônia Oriental. Série Circular técnica, 31).

KARASAWA, S.; FARIA, M. A. de; GUIMARÃES, R. J. Resposta do cafeeiro cv. Topázio MG – 1190 submetido a diferentes épocas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.28-34, 2002.

KOZINSKI, B. Influence of mulching and nitrogen fertilization rate on growth and yield of highbush blueberry. **Revista Acta Horticulturae**, Wageningen, v.715, p.231-236, 2006.

KRAUSS, A. Funções do K na qualidade da colheita. Palestra proferida no Simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira, São Pedro, SP: Associação Brasileira Para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato – POTAFOS, 22 – 24 set. 2004.

LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S. (Ed.). **Bananas and plantains**. London: Chapman & Hall, 1995. p. 258-316.

LARCHER, W. A Utilização dos elementos minerais. In: **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. p.183-230.

LAURINDO, V. T.; SILVA, G. O.; PAVANI, L. C.; QUAGGIO, J. A. Padrão de distribuição de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} e P no solo de um pomar de citros em função da fertirrigação. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.30, p.909-921, 2010.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1451-1462.

LEITZKE, L.N.; VIGNOLO, G.K.; CARPENEDO, S.; MOURA, G.C.; ANTUNES, L.E.C. **Crescimento de Plantas de Mirtilheiro sob Influência de Diferentes Doses de Nitrogênio**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011, 4p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 274).

LIMA, R.; FERNANDES, V. L. B.; OLIVEIRA, V.H.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento de mudas de cajueiro-Anão-precoce ‘ccp-76’ submetidas à adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 391-395, 2001.

LIMA, S.C.V.; FRIZZONE, J.A.; SANTOS NETO, A.M.; BELTRÃO JÚNIOR, J.A.; RODRIGUES JÚNIOR, F.M.; NUNES FILHO, J.L.N. Evolução da qualidade da irrigação após as atuações do serviço de assessoramento ao irrigante. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.2, p.91-101, 2013.

LOPES, M.L.B; SANTOS, M.A.S. O Banco da Amazônia e o financiamento da fruticultura regional. **Contexto Amazônico**. v.1, n.5. 2008. Disponível em: <<http://www.bancoamazonia.com.br>>. Acesso em: 10 Jan. 2014.

LÓPEZ, A. **Sistema de producción sostenible de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK) en Ucayali**. Informe Técnico nº 1. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-IIAP-Perú- 2001.49p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odeassa: Plantarum, 2002. V.1,265 p.

MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; YUYAMA, L. K. O.; CHAAR, J. M. Determinação da formulação e caracterização do néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh). **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 26, v. 1, p. 70-74, 2006.

MAIA, C, E.; LEVIEN, S. L. A.; MEDEIROS, J. F.; JOSÉ NETO, J. D. Dimensões de bulbo molhado na irrigação por gotejamento superficial. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 1, p. 149-158.2010.

MALAVOLTA, E. **Adubos Potássios**. In: Malavolta, E., ABC da Adubação. 5. ed. São Paulo: Agrônômica Ceres, p. 56-64. (1989).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agrônômica Ceres, 1980. 251p.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**: nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo: Agrônômica Ceres, 1976.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F.P.; ALCARDE, J.C. **Adubos e Adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. p. 11,

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, POTAFOS, 1989. 201p.

MALAVOLTA, E; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MANICA, I. **Fruticultura tropical 5**:abacaxi. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1999. 501p.

MANTOVANI, E. C; ZINATO, C.E.; SIMÃO, F.R. **Manejo de irrigação e fertirrigação na cultura da goiabeira**. Viçoso: Departamento de Engenharia Agrícola – UFV. 2003. 60p.

MARCUSSI, F.F.N.; GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de n e k pela planta. **Revista Irriga**.v. 9, n. 1, p. 41-51, 2004.

MARSCHNER, H. Comparative studies on the sensitivity of six rootstock varieties of grapevine to phosphate induced Zn deficiency. **Revista Vitis**, v. 16, p. 79-88. 1995.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. 889p.

MASCARENHAS, H.A.A. TANAKA, R. T.; CARMELLO, Q. A. C. GALLO, P. B.; AMBROSANO, G. M. V. Calcário e potássio para a cultura da soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 445-449, 2000.

MENDONÇA, V.; PEDROSA, C.; FELDBERG, N. P.; ABREU, N. A. A.; BRITO, A. P. F.; RAMOS, J. D. Doses de nitrogênio e superfosfato simples no crescimento de mudas de mamoeiro Formosa. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1065-1070, 2006.

MENDONÇA, V.; RAMOS, J. D.; ABREU, N. A. A.; TEIXEIRA, G. A.; SOUZA, H. A.; GURGEL, R. L. S.; ORBES, M. Y. Adubação nitrogenada em cobertura na formação e substratos na formação de mudas de mamoeiro 'Formosa'. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 668-675, 2009.

MENDONÇA, V.; TOSTA, M. S.; MENDONÇA, L. F. M.; BISCARO, G. A.; FREITAS, P. S. C.; PAREIRA, E. C.; LEITE, A. G. Doses crescentes de nitrogênio sobre o crescimento inicial de porta-enxertos de cajueiro gigante. **Revista Agrarian**, Dourados, v.3, n.8, p.95-103, 2010.

MENEGAZZO, M. L.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, E. A. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Agrarian**. Dourados, v.4, n.13, p.189-196, 2011.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

MEURER, E. J. **Potássio**. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. 11. 2006. 432 p.

MONTOYA, R. B.; SPINOIA, A. G. GARCIA, P. S. PAREDES, D. G. **Demanda de potasio del tomate tipo sadette**, 2006. Disponível em: <<http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/4/art391-399.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2014.

MOURA, W.M.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D. & LIMA, P.C. Divergência genética em linhagens de pimentão em relação à eficiência nutricional de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34: 217-224, 1999.

NAVA, G.; CIOTTA, M. N. Viabilidade do uso do SPAD no diagnóstico do estado de nitrogênio na macieira "Fuji". *Revista de ciências Agroveterinarias*, Lages, V.12 n.1.p.13-20, 2013.

NANNETTI, D. C.; SOUZA, R. J.; FAQUIN, V. Efeito da aplicação de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, na cultura do pimentão. **Revista Horticultura Brasileira**, v.18, p.843- 844, 2000. Suplemento.

NATALE, W.; COUTINHO, E.L.M.; BOARETTO, A.E.; CENTURION, J.F. Resposta da goiabeira (*Psidium guajava* L.) cv. Paluma em formação à adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.1, p.92-96, 2001.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; ALMEIDA, E. V.; BARBOSA, J. C. Adubação nitrogenada e potássica no estado nutricional de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Maringá**, v. 28, n. 2, p. 187-192, April/June, 2006.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. **Nutrição mineral do eucalipto**. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. (Eds.) *Relação solo-eucalipto*. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-98.

PAIS, I.; JONES JUNIOR, J. B. **The handbook of trace elements**. Boca Raton, St. Luice Press, 1996.223p.

PANAULLAH, G.M.; TIMSINA, J.; SALEQUE, M.A.; ISHAQUE, M.; PATHAN, A.B.M.B.U.; CONNOR, D. J.; SAHA, P. K.; QUAYYUM, M. A.; HUMPHREYS, E.; MEISNER, C.A. **Nutrient uptake and apparent balances for rice-wheat sequences**. III. Potassium. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.29,p.173-187, 2006.

PERIN, J.R.; CARVALHO, S.A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Efeitos de substratos e doses de fertilizante de liberação lenta no teor de clorofila e desenvolvimento vegetativo do limoeiro 'Cravo' em tubetes. **Revista Laranja**, Cordeirópolis, v.20, n.2, p.457-462, 1999.

PINEDO, P. M.; DELGADO, V. C.; FARROÑAY, P. R.; IMÁN, C. S.; VILLACRÉZ, V. J.; FACHING, M. L.; OLIVA, C. C.; ABANTO, R. C.; BARDALES, L. R.; VEGA, V. R. CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia* - Mirtaceae); Livro. **Aportes para su Aprovechamiento Sostenible en la Amazonia Peruana**. 1 ed. IIAP- FINCYT- 2010. v. 1. 130p.

PINEDO, P.M.; RUIZ, R. R.; RENGIFO, S.E.; DELGADO, V.C.; VILLACREZ, V.J.; GONZÁLEZ, C.A.; INGA, S.H.; LÓPEZ, U.A.; FARROÑAY, P.R.; VEGA, V.R.; LINARES, B.C. **Sistema de producción de camu camu en restinga**. Editora IIAP-2001, Iquitos-Perú, 143p.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; CHOUDHURY, E. N.; PEREIRA, J. R. Efeitos de períodos e de frequências da fertirrigação nitrogenada na produção do melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n. 9, p. 1345 – 1350, 1994.

PINTO, J. M.; FEITOSA FILHO, J. C. **Fertirrigação**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. 2011. 39p. (Embrapa Semi-Árido. Circular técnica 1).

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. 1.ed. São Paulo: Unesp, 2008. 407p.

PRADO, R. M.; VALE, D. W. Nitrogênio, fósforo e potássio na leitura SPAD em porta-enxerto de limoeiro cravo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.38, n.4, p.227-232, 2008.

PRADO, R.M. LUIZ FERNANDO BRAGHIROLI, L. F.; NATALE, W.; CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. V. Aplicação de potássio no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 295-299, 2004.

PRADO, R.M.; NASCIMENTO, V.M. **Manejo da adubação do cafeeiro no Brasil**. 1.ed. Ilha Solteira: FEIS/UNESP, 2003. 273 p.

PRADO, R.M.; ROZANE, D.E.; CAMAROTTI, G.S.; CORREIA, M.A.R.; NATALE, W.; BARBOSA, J.C.; BEUTLER, A.N. Nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição e na produção de mudas de laranjeira valência, enxertada sobre citrumeleiro 'Swingle'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.812-817, 2008.

RAVEN, J. A. Short and long distance transport of boric acid in plants. **New Physiologist**, 84: 231-249. 1980.

RIBEIRO, S.I.; MOTA, M.G.C.; CORRÊA, M.L.P. **Recomendações para o cultivo do camucamuzeiro no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 9p. (Circular Técnica, 31).

RODRIGUES, T.E.; GAMA, J.R.N.F; REGO, R.S.; LIMA, A.A.C.; SILVA, J.M.L; BARRETO,W.O. **Caracterização e classificação dos solos do Campo Experimental de Água Boa - Embrapa Roraima, Boa Vista, RR**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000, 43p. (Embrapa Amazônia Oriental. Série Documentos, 54).

RONQUETI, E. C. **Adubação potássica e uso de composto orgânico na cultura da goiabeira (*Psidium guajava* L.), na região norte fluminense**; 2006. 75p. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) - Campos dos Goytacazes, RJ. 2006.

ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; FRANCO, C. F.; LEAL, R. M. Influência do cultivar, tipo de folha e do tempo de cultivo na medida indireta de clorofila (SPAD) em mudas de goiabeira. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.6, p.1538-1543, 2009.

RUFINO, M. S. M. **Propriedades funcionais de frutos brasileiros tropicais não tradicionais**. 2008. 263 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2008.

SAMPAIO, D R ; DANIEL, R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; DIAS, N. S.; FIGUEIREDO JÚNIOR, L. G. M.; CAVALCANTE, R. F. **Produtividade de melancia sob diferentes níveis de potássio**, em Parnaíba, PI. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 16., Teresina. **Anais...** Piauí: ABID, 2005. (CD-Rom).

SÁNCHEZ, J. **Fertirrigación en el cultivo del espárrago en el Perú**. 22p. 2006. Disponível em: <http://www.fertitec.com/PDF/FertiespaPeru_Brasil.pdf> Acesso em: 10 nov. 2013.

SANTOS, C. J.; SANTOS, P. A.; ROCHA, L. C. I. **Estrutura da cadeia produtiva de camu-camu no Brasil**. Relatório Final de Projeto. Belém: CPATU. 35p. 2009.

SANTOS, P C. C.; LOPES, L. C.; FREITAS, S. J.; SOUSA, L. B.; CARVALHO, J. A. C. Crescimento inicial e teor nutricional do maracujazeiro amarelo submetido à adubação com diferentes fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume Especial, p. 722-728, Outubro, 2011.

SANTOS, S.; CRISÓSTOMO, A. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2000. p.1-3. (Embrapa Agroindústria Tropical. Instruções Técnicas, 5). 2000,

SARTOR, L. R. Eficiência de utilização de nitrogênio, fósforo e potássio por plantas de papua submetidas a diferentes intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio. 2009. 115p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR. 2009.

SCIVITTARO, W. B.; OLIVEIRA, R. P.; MORALES, C. F. G.; RADMANN, E. B. Adubação nitrogenada na formação de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1, p.131-135, 2004.

SERRANO, L. A. L.; MARINHO, C. S.; CARVALHO, A. J. C.; MONNERAT, P. H. Efeito de sistemas de produção e doses de adubo de liberação lenta no estado nutricional de porta-enxerto cítrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 524-528, 2004.

SILVA JÚNIOR, G.B.; CAVALCANTE, I.H.L.; ALBANO, F.G.; OSAJIMA, J.A. Estado nutricional e clorofila foliar do maracujazeiro-amarelo em função de biofertilizantes e adubação com N e K. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 22. Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2012. CD-Rom. p.5716-5720.

SILVA, A. M.; COELHO, G.; SILVA, R. A. Épocas de irrigação e parcelamento da adubação sobre a produtividade do cafeeiro, em quatro safras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.3, p. 314-319, 2005.

SILVA, M.C.C.; COELHO, F.S.; BRAUN, H.; FONTES, P.C.R. Índice SPAD em função de diferentes horários e posições no folíolo da batata sob fertilização nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 971-977, 2011.

SILVA, S.C. **O Gênero *Myrciaria* O. Berg (MYRTACEAE) na Amazônia brasileira**. 2012. 56p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA.

SILVA, V. X. **Determinação do ponto de colheita do camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh] por meio de atributos de qualidade e funcionais**. 2012. 109 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR.

SILVEIRA, R.L.V.A.; MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. Disponível em: <<http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2013.

SMARSI, R.C.; OLIVEIRA, G.F.; REIS, L.L.; CHAGAS, E.A.; PIO, R.; MENDOÇA, V.; CHAGAS, P.C.; CURI, P.N. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de lichieira. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.1, p.129-131, 2011.

SMIDERLE, O. J.; SOUSA, R. C. P. Teor de vitamina C e características físicas do camu-camu em dois estádios de maturação. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.2, n.2, p.61-63, 2008.

SOARES, C.R.F.S.; SIQUEIRA, J.O.; CARVALHO, J.G. de; MOREIRA, F.M.S. Fitotoxidez de cádmio para *Eucalyptus maculata* e *E. urophylla* em solução nutritiva. **Revista Árvore**, v.29, p.175-183, 2005.

SOARES, I.; LIMA, S.C.; CRISÓSTOMO, L.A. Crescimento e composição mineral de mudas de gravioleira em resposta a doses de fósforo. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.4, p.343-349, 2007.

SOUSA, V.F.; COELHO, E.F.; SOUZA, V.A.B. Frequência de irrigação em meloeiro cultivado em solo arenoso. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.4, p.659-664, 1999.

SOUZA, A.S.; TÁVORA, F.J.A.F.; PITOMBEIRA, J.B.; BEZERRA, F.M.L. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. II - Crescimento e produtividade. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.4, p.422-429, 2007.

SOUZA, H.A.; MENDONÇA, V.; ABREU, N.A.A.; TEIXEIRA, G.A.; GURGEL, R.L.S.; RAMOS, J.D. Adubação nitrogenada e substratos na produção de mudas de maracujazeiro doce. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.3, p.599-604, 2007.

SOUZA, H.A.; PIO, R.; CHAGAS, E.A.; REIS, J.M.R.; RODRIGUES, H.C.A.; RAMOS, J.D.; MENDONÇA, V. Doses de nitrogênio e fósforo na formação de mudas de tamarindo. **Revista Bioscience Journal**, v.23, n.1, p.59-64, 2007.

SOUZA, J.A.; CANESIN, R.C.F.S.; BUZETTI, S. Mobilidade de boro em mudas de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**.v.34, n.3, p. 930-935. 2012.

SOUZA, R. O. R.M.; AMARAL, M.A.C.M.; SILVESTRE, W.V.D.; SACRAMENTA, T.M. Avaliação econômica da irrigação em pomares de açaí. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.1, p.54 - 65, 2013.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As Clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Ed Artmed, 2009. 848 p.

TEIXEIRA, A.H.C.; BASSOI, L.H.; REIS, V.C.S.; SILVA, T.G.; FERREIRA, M.N.L., MAIA, J.L.T Estimativa do consumo hídrico da goiabeira, utilizando estações agrometeorológicas automática e convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.3, p.457-460, 2003.

TEIXEIRA, L.A.J.; NATALE, W.; MARTINS, A.L.M. Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional - estado nutricional das bananeiras e produção de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, n.1, p.153-160, 2007.

THOMAZ, M.A.A.; VIÉGAS, I.J.M.; SILVA, J.F.; CONCEIÇÃO, H.E.O. Efeito da omissão de macronutrientes e do micronutriente boro no crescimento, sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camu-camu. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF, 2004. Cd Rom.

TOBIAS, R. B.; CONWAY, W. S.; SAMS, C. E.; GROSS, K. C.; WHITAKER, B. B. D. Cell wall composition of calcium- treated apples inoculated with *Botrytis cinerea*. **Phytochemistry**, v.32, p. 35-39. 1993. In.: PRADO, R. M.; NATALE, W. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n 10, p. 1007-1012. 2004.

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; BRESSAN-SMITH, R. E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll *a* fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Journal Scientific Horticulture**, v.104, p.199-209, 2005.

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; YAMANISHI, O. K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.14, n.3, p.203-210, 2002.

VALE JÚNIOR, J.F.; SOUZA, M.I.L.; NASCIMENTO, P.P.R.R.; CRUZ, D.L.S. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@ambiente**, v. 5, n.2, p 158-165, 2011.

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLEN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, v.157, p.423-447, 2003.

VIANA, M. E. Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo. 2007. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Piracicaba, SP.

VIEGAS, I.J.M.; FRAÇÃO, D.A.C.; SILVA, J.F. **Camu-camuzeiro, nutrição, calagem e adubação**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 6p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica. 38).

VIÉGAS, I.J.M.; THOMAZ, M.A.A.; SILVA, J.F.; CONCEIÇÃO, H.E.O.; NAIFF, A.P.M. Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camu-camu. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.26, n.2, p.315-319, 2004.

VILLACHICA, H.L. **El cultivo del camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) en la Amazonia Peruana**. Lima: TCA/ UNDP/UNAMAZ, 1996. 95p.

VILLAS BÔAS, R.C.V.; PEREIRA, R. P.; REIS, J. A.; CONSONI, R. “Economic Viability of the Use of Drip Irrigation System on Onion Crop. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n. 4, p.781-88, 2011.

VILLAS BÔAS, R.L. **Doses de nitrogênio para o pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação**. 2001. 123f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

VILLAS BÔAS, R.L.; FERNANDES, D.M.; BOARETTO, A.E., GODOY, L.G. Fertirrigação: uso e manejo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30., 2005, Recife. **Anais...** SBCS, 2005.

VILLAS BÔAS, R.L.; MORAES, M.H.; ZANINI, J.R.; PAVANI, L. C.; CAMARGO, D.A.; DUENHAS, L. H. Teores de nutrientes na folha, qualidade do suco e massa seca de raízes de laranja-“valência” em função da irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 231-235, 2002.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. 12, p. 299-325. 2006.

WALLAU, R.L.R; SOARES, A.P.; CAMARGOS, S.L. Concentração e acúmulo de macronutrientes em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.6, n.1, p.1-12, 2008.

WELTER, M. K. **Doses de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas nativas da Amazônia**. 2010. 152 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2010.

WELTER, M.K.; MELO, V. F.; BRUCKNER, C.H.; GÓES, H.T.P.; CHAGAS, E. A.; UCHÔA, S.C.P. Efeito da aplicação de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de

camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.3, p.922-931, 2011.

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

YAHIA, E. M. The contribution of fruit and vegetable consumption to human health. In: ROSA, L.A.; ALVAREZ-PARRILLA, E.; GONZALEZ AGUILARA; G.A. **Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability**. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2010. p. 3-51.

YAMADA, T. Deficiências de micronutrientes, ocorrência, detecção e correção: o sucesso da experiência brasileira. **Informações Agronômicas**, n.105, p.1-12, 2004.

YUYAMA, K. A cultura de camu-camu no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 33, n.2, p.iii-iv. 2011.

YUYAMA, K. Camu-camu: um fruto fantástico como fonte de vitamina C. **Revista Acta Amazônica**, v.32, n.1, p.169-174, 2002.

YUYAMA, K.; MENDES, N. B.; VALENTE, J. P. Longevidade de sementes de camu-camu submetidas a diferentes ambientes e formas de conservação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.2, p.601-607, 2011.

YUYAMA, K.; VALENTE, J. P. **Camu-Camu *Myrciaria dubia* (Kunth) Mc Vaugh**. 1.ed. Curitiba-Brasil: CVR, INPA, 2011. 216 p.

ZANELLA, F.; SONCELA, R.; LIMA, A. L. S. Formação de mudas de maracujazeiro “amarelo” sob níveis de sombreamento em Ji-paraná/RO. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.5, p.880-884, 2006.