



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZONIA-UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS



RICARDO AUGUSTO MARTINS CORDEIRO

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DO AÇAIZEIRO (*Euterpe oleracea* Mart.), EM FUNÇÃO DA IDADE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE TOMÉ-AÇU, PARÁ.

BELÉM
2011



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZONIA-UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS



RICARDO AUGUSTO MARTINS CORDEIRO

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DO AÇAIZEIRO (*Euterpe oleracea* Mart.), EM FUNÇÃO DA IDADE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE TOMÉ-AÇU, PARÁ.

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: área de concentração Agroecossistemas da Amazônia, para obtenção do título de Doutor em Ciências Agrárias. Orientador: Prof. Dr. Ismael de Jesus Matos Viégas.

BELÉM
2011

Cordeiro, Ricardo Augusto Martins.

Crescimento e nutrição mineral do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), em função da idade em sistemas agroflorestais no Município de Tomé-Açu, Pará./ Ricardo Augusto Martins Cordeiro. – Belém, 2011

135 f.:il.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias/Agroecossistemas da Amazônia) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, 2011.

1. Açaí 2. Marcha de absorção 3. Nutrientes 4. Micronutrientes I. Título

CDD – 634.6



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZONIA-UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS



RICARDO AUGUSTO MARTINS CORDEIRO

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DO AÇAIZEIRO (*Euterpe oleracea* Mart.), EM FUNÇÃO DA IDADE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE TOMÉ-AÇU, PARÁ.

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: área de concentração Agroecossistemas da Amazônia, para obtenção do título de Doutor.

Aprovado em 19 de abril de 2011.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ismael de Jesus Matos Viégas - Orientador
UFRA-UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Prof. Dr. Welliton de Lima Sena – 1º Examinador
IFPA- INSTITUTO FEDERAL DO PARÁ

Prof. Dr. Heráclito Eugênio Oliveira da Conceição – 2º Examinador
UFRA-UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Dr. Eduardo Jorge Maklouf Carvalho– 3º Examinador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Dr. João Elias Lopes Fernandes Rodrigues – 4º Examinador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

A DEUS,

Mestre maior, pela dádiva de minha vida que me proporcionou toda sabedoria divina em meu caminho através da fé, paz, alegria e da tranquilidade nesta árdua caminhada de luta e sucesso. Rogai a ti, pai celestial, que com seu poder infinito, me torne instrumento de seus desígnios, ilumine e abençoe a minha família principalmente a minha querida mãe, Luzia Martins Cordeiro e ao meu pai, Joacy Meneses Cordeiro (in memoriam) pelo amor e confiança, e também aos meus irmãos, Yvens e Amanda Cordeiro por toda a compreensão em momentos de ausência e a minha esposa, Adriana Briglia Cordeiro que sempre esteve presente ao meu lado, me dando amor, calma e serenidade, me fortalecendo e compartilhando comigo de tantos momentos importantes.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Pai todo poderoso, pela dádiva de minha vida me capacitando no desenvolvimento deste trabalho em se tornar realidade e sucesso.

Ao Dr. Ismael de Jesus Matos Viégas, pelos ensinamentos, orientação, amizade e apoio ao longo do curso.

Aos professores Benedito Gomes dos Santos Filho, Mário Lopes e ao Dr. Dílson Augusto Capucho Frazão que contribuíram na minha qualificação.

Ao técnico Inocêncio Bernardo Neto pelo apoio na coleta dos dados e ao pesquisador Antônio Agostinho Muller pelas sugestões feitas na tese.

Aos grandes amigos do curso de Doutorado Jessivaldo Rodrigues Galvão, Luis Freitas, Dionilson Cardoso da Cunha, pelo apoio nos momentos mais difíceis nesta jornada acadêmica.

Aos alunos de Engenharia Agrônômica do IFPA campus Castanhal: Ernesto da Silva Pires, Francisco Carlos de Almeida e Paulo César Ramos Oliveira pelo apoio na digitação deste trabalho.

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

À Embrapa Amazônia Oriental e a Sectam, com a reestruturação do governo passou a ser chamada de SEMA (Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Pará) pelo apoio financeiro na realização deste projeto.

À CAMTA, (Cooperativa Agrícola Mixta de Tomé-Açu) que disponibilizou as áreas de cooperados para realização da pesquisa.

Aos membros da banca examinadora, prof. Dr. Welliton de Lima Sena, Prof. Dr. Heráclito Eugênio Oliveira da Conceição, Dr. Eduardo Jorge Maklounf Carvalho e ao Dr. João Elias Fernandes Rodrigues pelas sugestões feitas a Tese.

À minha mãe, Luzia Martins Cordeiro pela confiança, ajuda, incentivo, apoio e orientação para a vida, meus sinceros agradecimentos e minha eterna gratidão.

À minha esposa, Adriana Briglia Cordeiro por estar sempre ao meu lado, me incentivando, dando apoio com palavras de conforto, e compartilhando de muitos momentos alegres.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

	RESUMO.....	P. 12
	ABSTRACT.....	13
1	CONTEXTUALIZAÇÃO	14
1.1	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
1.1.1	O açaizeiro e sua importância socioeconômica.....	16
1.1.2	Crescimento- massa seca.....	17
1.1.3	Macronutrientes	19
1.1.3.1	Nitrogênio.....	19
1.1.3.2	Fósforo.....	21
1.1.3.3	Potássio.....	22
1.1.3.4	Cálcio.....	24
1.1.3.5	Magnésio.....	25
1.1.3.6	Enxofre.....	27
1.1.4	Micronutrientes	28
1.1.4.1	Boro.....	28
1.1.4.2	Cobre.....	30
1.1.4.3	Ferro.....	31
1.1.4.4	Manganês.....	32
1.1.4.5	Zinco.....	33
2	CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DO AÇAIZEIRO (<i>Euterpe Oleracea</i> Mart.), EM FUNÇÃO DA IDADE EM AGROECOSSISTEMAS NO MUNICÍPIO DE TOMÉ-AÇU- PARÁ	34
2.1	INTRODUÇÃO	34
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	35
2.2.1	Caracterização da área experimental.....	35
2.2.2	Amostragem das palmeiras no campo.....	37
2.2.3	Obtenção e preparo das amostras.....	38
2.2.4	Determinação dos teores de macro e micronutrientes.....	40
2.2.5	Delineamento experimental e variáveis estudadas.....	40
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
2.3.1	Crescimento de plantas de açaizeiro	41
2.3.1.1	Produção de massa seca.....	41
2.3.2	Teores de macronutrientes	45
2.3.2.1	Teor de nitrogênio.....	46
2.3.2.2	Teor de fósforo.....	51
2.3.2.3	Teor de potássio.....	56
2.3.2.4	Teor de cálcio.....	61
2.3.2.5	Teor de magnésio.....	66
2.3.2.6	Teor de enxofre.....	70
2.3.3	Extração total de macronutrientes	74
2.3.3.1	Nitrogênio.....	74
2.3.3.2	Fósforo.....	75
2.3.3.3	Potássio.....	76
2.3.3.4	Cálcio	77

2.3.3.5	Magnésio.....	78
2.3.3.6	Enxofre.....	78
2.3.4	Exportação de macronutrientes.....	83
2.3.5	Micronutrientes.....	90
2.3.5.1	Teor de boro.....	90
2.3.5.2	Teor de cobre.....	93
2.3.5.3	Teor de ferro.....	96
2.3.5.4	Teor de manganês.....	99
2.3.5.5	Teor de zinco.....	102
2.3.6	Extração total de micronutrientes.....	105
2.3.7	Exportação de micronutrientes.....	111
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
4	CONCLUSÃO.....	116
	REFERÊNCIAS.....	117

LISTA DE TABELAS

	P.
Tabela 1	Produção de matéria seca dos diferentes componentes do dendezeiro, em função da idade, segundo Viégas, (1993)..... 18
Tabela 2	Resultados da análise química de solo das áreas utilizadas no plantio de açaí..... 37
Tabela 3	Comparação entre teores foliares de nutrientes, nos tratamentos completos e deficientes, em açaizeiro, dendezeiro e pupunheira..... 46
Tabela 4	Comparação do acúmulo total de macronutrientes pelo açaizeiro e dendezeiro em função da idade..... 81
Tabela 5	Acúmulo total e exportação de nutrientes pelos cachos do açaizeiro, em função da idade..... 85
Tabela 6	Estimativas das quantidades exportadas de macronutrientes (kg t ⁻¹) de cachos de dendê, coco e açaí, obtidos por pesquisadores..... 86
Tabela 7	Exportação de nutrientes e sua equivalência em fertilizantes no açaizeiro, em função da idade..... 87
Tabela 8	Comparação das quantidades exportadas de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O e sua equivalência em fertilizantes para o açaizeiro..... 89
Tabela 9	Acúmulo total de micronutrientes pelo açaizeiro e dendezeiro em função da idade..... 107
Tabela 10	Acúmulo total e exportação de micronutrientes pelos cachos do açaizeiro, em função da idade..... 112
Tabela 11	Estimativas das quantidades exportadas de micronutrientes (g t ⁻¹) de cachos de dendê e açaí, obtidos por pesquisadores..... 113
Tabela 12	Exportação de micronutrientes e sua equivalência em fertilizantes no açaizeiro, em função da idade..... 114

LISTA DE FIGURAS

	P.
Figura 1	Totais mensais de precipitação pluviométrica na estação agroclimatológica da Embrapa Amazônia Oriental no Município de Tomé Açu, PA. Períodos: 1985-2007 e 2008 (PACHÊCO et al., 2008)..... 36
Figura 2	(a) Croqui de plantas de açaí com 2 anos de idade; (b) Croqui da associação de plantas de açaizeiro com 3 anos com pimenteira-do-reino e cacaueiro; (c) Croqui da associação de plantas de açaizeiro com 4 anos e cupuaçuzeiro; (d) Croqui da associação de plantas de açaizeiro com 5 anos e plantas de cacaueiro; (e) Croqui da associação de plantas de açaizeiro com 6 anos com plantas de teca e cupuaçuzeiro; (f) Croqui de associação de plantas de açaizeiro com 7 anos e plantas de paricá e cupuaçuzeiro..... 39
Figura 3	Coleta e pesagem dos componentes do açaizeiro (a) estipe, (b) meristema, (c) pecíolo + ráquis, (d) folíolos, (e) flechas, (f) engaços, (g) frutos..... 40
Figura 4	Distribuição percentual de massa seca nos diferentes componentes do açaizeiro, em função da idade..... 43
Figura 5	Produção de matéria seca total no açaizeiro, em função da idade..... 44
Figura 6	Equações de regressão do acúmulo de matéria seca nos diferentes componentes do açaizeiro, em função da idade..... 45
Figura 7	Teores de nitrogênio em órgãos de açaizeiro em função da idade..... 48
Figura 8	Acúmulo de nitrogênio em órgãos de açaizeiro em função da idade..... 50
Figura 9	Distribuição em porcentagem do nitrogênio acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro..... 51
Figura 10	Teores de fósforo em órgãos de açaizeiro em função da idade..... 53
Figura 11	Acúmulo de fósforo em órgãos de açaizeiro em função da idade..... 55
Figura 12	Distribuição em porcentagem do fósforo acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.....
Figura 13	Teores de potássio em órgãos de açaizeiro em função da idade..... 59
Figura 14	Acúmulo de potássio em órgãos de açaizeiro em função da idade..... 60
Figura 15	Distribuição em porcentagem do potássio acumulado nas diferentes partes

	das plantas de açaizeiro.....	61
Figura 16	Teor de cálcio em órgãos de açaizeiro em função da idade.....	63
Figura 17	Acúmulo de cálcio em órgãos de açaizeiro em função da idade.....	65
Figuras 18	Distribuição em porcentagem do potássio acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.....	66
Figuras 19	Teores de magnésio em órgãos de açaizeiro em função da idade.....	68
Figuras 20	Acúmulo de magnésio em órgãos de açaizeiro em função da idade.....	69
Figuras 21	Distribuição em porcentagem do magnésio acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.....	70
Figuras 22	Teores de enxofre em órgãos de açaizeiro em função da idade.....	71
Figuras 23	Acúmulo de enxofre em órgãos de açaizeiro em função da idade.....	73
Figuras 24	Distribuição em porcentagem do enxofre acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.....	74
Figuras 25	Quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada de nitrogênio (a), fósforo (b) e potássio (c) no açaizeiro, em função da idade.....	77
Figuras 26	Quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada de Cálcio (a), Magnésio (b) e Enxofre (c) no açaizeiro, em função da idade.....	80
Figuras 27	Comparação percentual de extração total de macronutrientes em plantas de açaizeiro desta pesquisa e da pesquisa realizada com dendê por Viégas (1993).....	83
Figuras 28	Teores de boro em órgãos de açaizeiro em função da idade.....	91
Figuras 29	Acúmulo de boro em órgãos de açaizeiro em função da idade.....	92
Figuras 30	Distribuição em porcentagem do boro acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.....	93
Figuras 31	Teores de cobre em órgãos de açaizeiro em função da idade.....	94
Figuras 32	Acúmulo de Cobre em órgãos de açaizeiro em função da idade.....	95
Figuras 33	Distribuição em porcentagem do cobre acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.....	96
Figuras 34	Teores de ferro em órgãos de açaizeiro em função da idade.....	97
Figuras 35	Acúmulo de ferro em órgãos de açaizeiro em função da idade.....	
Figuras 36	Distribuição em porcentagem do ferro acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.....	99
Figuras 37	Teores de manganês em órgãos de açaizeiro em função da idade.....	100

Figuras 38	Acúmulo de ferro em órgãos de açazeiro em função da idade.....	101
Figuras 39	Distribuição em porcentagem do manganês acumulado nas diferentes partes das plantas de açazeiro.....	102
Figuras 40	Teores de zinco em órgãos de açazeiro em função da idade.....	103
Figuras 41	Acúmulo de zinco em órgãos de açazeiro em função da idade.....	104
Figuras 42	Distribuição em porcentagem do zinco acumulado nas diferentes partes das plantas de açazeiro.....	105
Figuras 43	Quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada de Boro (a), Cobre (b) e Ferro (c) no açazeiro, em função da idade.....	108
Figura 44	Quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada de Manganês (a), Zinco (b) no açazeiro, em função da idade.....	110
Figura 45	Distribuição percentual da extração total de micronutrientes em plantas de açazeiro desta pesquisa e da realizada com dendezeiro por Viégas (1993).....	111

RESUMO: O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira típica da região Amazônica, que dentre as espécies existentes do gênero *Euterpe* é a de maior importância, por apresentar subprodutos oriundos da espécie, tais como: suco in natura, bebidas, sorvetes e outros. A nova conjuntura econômica do mercado do açaí, tanto a nível local, como nacional e internacional, se caracteriza por uma crescente demanda do produto, onde os plantios de terra firme necessitam de tecnologias que impulsionem a obtenção das altas produtividades encontradas nas regiões das ilhas do Marajó. Desta forma o presente trabalho consiste na determinação da marcha de absorção de nutrientes pelo açaizeiro em sistemas agroflorestais (SAF's), cultivados em terra firme, com plantas de 2 á 7 anos de idade, onde foram amostrados folíolos, flechas, pecíolo + ráquis, engajo, meristema, estipe e frutos, avaliando massa seca destes órgãos. Os espaçamentos mantidos nos SAF's influenciaram negativamente o crescimento do açaizeiro pela competição por água, luz e nutrientes, obtendo produção de massa seca lenta até o terceiro ano, com o ponto de maior crescimento apenas do quarto ao quinto ano. A variação nos teores dos nutrientes em todos os órgãos do açaizeiro foi decorrente a baixa fertilidade dos Latossolos, adubação desequilibrada, falta de irrigação e competição entre as plantas nos SAF's implantados pelos produtores de Tomé Açu, estado do Pará. O ponto máximo de demanda nutricional do açaizeiro aconteceu no sexto ano, o estipe e os folíolos são os órgãos de maior acúmulo. Os três primeiros nutrientes mais demandados pelo açaizeiro foram o nitrogênio, potássio e o cálcio e o principal micronutriente, o manganês. O açaizeiro exporta pouco e imobiliza grande quantidade dos nutrientes. Os órgãos que podem ser reciclados contêm quantidades superiores de nutrientes comparados aos exportados pela colheita. A razão de extração dos macronutrientes foi de 10,4N: 8,4K: 3,8Ca: 1,9S: 1,0Mg: 1,0P e de micronutrientes foi de 5,76 Mn: 5,32 Fe: 5,23 Zn: 1,78 B: 1,0 Cu no sétimo ano da pesquisa. A exportação percentual de nutrientes em relação á extração da planta no sétimo ano obedeceu a seguinte ordem decrescente: N > K > Ca > S > P > Mg > Mn > Fe > Zn > B > Cu. A reciclagem de nutrientes, a partir de um manejo adequado de órgãos do açaizeiro, bem como a sua exportação junto com a colheita, deve ser levada em consideração no programa de adubação do açaizeiro.

Palavra-chave: Açaí; Marcha de absorção; Macronutrientes; Micronutrientes.

ABSTRACT: Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) is a typical palm tree in Amazon region, which among the existing species of the genus *Euterpe* is the most important by subproducts from this species, such as fresh juices, drinks, ice cream and others. The new economic conditions in the açaí market, both local, national and international, is characterized by a growing product demand, where upland crops require technologies that advance the achievement of high productivity found in the regions of the islands Marajo. Therefore, present work consists in determining the mineral absorption of nutrients in the açaí agroforestry (SAF's), grown on land with plants from 2 to 7 years of age, where leaflets were sampled, arrows, rachis + petioles, stem, meristem, stem and fruit dry mass evaluating these organs. The spacing maintained in the SAF's negative influence on the growth of açaí competition for water, light and nutrients, getting slowly dry mass production until the third year, with the only major point of growth from fourth to fifth year. Variation in nutrient content in all organs of the açaí was due to low fertility Oxisols, unbalanced fertilization, irrigation and lack of competition between plants in the SAF's implemented by the producers of Tomé Açu, Pará State. The peak of nutritional demand of the açaí occurred in the sixth year, with stem and leaflets being main organs of accumulation. The first three nutrients more required by the açazeiro were nitrogen, potassium and calcium, as well as major micronutrient was manganese. The açazeiro exports little and immobilizes the nutrients. Organs that can be recycled contain higher amounts of nutrients, if compared to those exported by the crop. The extraction ratio of macronutrients was 10.4 N: 8.4 K: 3.8 Ca: 1.9 S: 1.0 Mg: 1.0 P and micronutrients was 5.76 Mn, 5.32 Fe, 5.23 Zn: 1.78 B: 1.0 Cu in the seventh year of the survey. The export percentage of nutrients relative to the extraction plant in seventh year had the following descending order: N> K> Ca> S> P> Mg> Mn> Fe> Zn> B> Cu. The recycling of nutrients from an appropriate management of açaí agencies, as well as their export with the harvest, should be taken into account in the fertilization program açazeiro.

Word-key: Açaí; March of absorption; Macronutrients; Micronutrients.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira que vem sendo implantada em plantios comerciais, em solos de terra firme e, como no Estado do Pará são comuns os Latossolos Amarelos de baixa fertilidade natural, é necessário para obtenção da alta produtividade e a produção continuada do açazeiro, que haja adubação para reposição dos nutrientes exportados com a colheita. O melhor resultado da adubação requer o conhecimento detalhado da época de maior necessidade nutricional, teor e acúmulo de nutrientes nos órgãos das plantas, no decorrer da idade da palmeira. No açazeiro, este conhecimento tem uma complexidade maior do que em outras culturas pelo seu modo de crescimento multicaulinar. Isso ocorre durante um prazo definido pelas condições ecológicas, nutricionais e genéticas. O processo é contínuo e extremamente dinâmico. Um açazeiro adulto apresenta sempre ao seu redor, em condições naturais, outros açazeiros em diversos estágios de desenvolvimento. Esse conjunto de açazeiros interligados, com diferentes idades, oriundos de uma única planta e crescendo desordenadamente, denomina-se de touceira. Essa característica de constante renovação das plantas é que permite dizer que os açazeais têm vida permanente.

Discorrendo sobre o estudo da cultura do açazeiro, Nogueira et al., (1995), verificou que as áreas muito arenosas, com baixa capacidade de retenção de água, devem ser evitadas, embora esta espécie ocorra naturalmente em várzeas e igapós do estuário amazônico. O cultivo econômico do açazeiro deve evitar áreas pantanosas, permanentemente alagadas, onde não ocorre renovação constante de água. As áreas ribeirinhas são as mais apropriadas ao seu cultivo, pois estão sujeitas a um regime de marés diárias que renova a água de inundações. Esses solos estão sujeitos a uma contribuição regular de vários sedimentos ricos em N, Ca, P, K e Mg que são transportados pelo rio Amazonas e seus afluentes, desde as montanhas andinas (LIMA, 1965).

Essa frutífera por ser uma cultura que há décadas foi considerada extrativista, pouco estimulou pesquisadores a desenvolver pesquisas sobre o açazeiro. Desta forma, a partir da década de 1990, com descobertas de que o açaí possui elementos funcionais como a antocianina, que melhorariam a saúde humana e estas pesquisas divulgadas em massa pela imprensa, onde pesquisadores a partir do século XXI intensificaram pesquisas sobre o sistema de produção do açazeiro para atender a demanda de produtores querendo implantar esta cultura em terra-firme. Assim, surgiu o sistema de produção do açazeiro com pesquisas

realizadas pela Embrapa Amazônia Oriental, com enfoque de orientar o agricultor, de forma geral, no que diz respeito ao manejo da cultura, da implantação até a colheita (NOGUEIRA et al., 2005). Entretanto, não há estudos publicados sobre balanço nutricional do açaizeiro em diferentes estágios de desenvolvimento. Porém, os estudos realizados com omissão de nutrientes em plantas de açaizeiro mostram que o nitrogênio foi o primeiro nutriente a externalizar sintomas de carência para esta frutífera, sendo um nutriente de destaque (HAAG; SILVA FILHO; CARMELLO, 1992).

A adubação do açaizeiro é prática pouco corrente pelos agricultores, pois ainda é de reduzida consistência, do ponto de vista de resultado conclusivo de pesquisa. Os agricultores do plantio de açaizeiros em terra firme utilizam práticas de adubação sem parâmetro da real necessidade nutricional em seus açaizais. Ainda assim, conseguem obter produção de frutos de forma rentável. Apesar de já existirem algumas indicações de adubação para açaizais de terra firme, os agricultores de Tomé-Açu, no Pará, região com maior rendimento médio em torno de 15.900 kg de frutos/ha em áreas de terra firme (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2009), utilizam na cova na adubação de plantio, 10 litros de esterco de curral de gado e 200 g de superfosfato triplo (COOPERATIVA AGRÍCOLA MISTA DE TOMÉ-AÇU, 2010). No decorrer do ano, são efetuados mais três aplicações de adubos, constituídos de 100 g do formulado 10:28:20, distribuídos em cobertura circular, a 30 cm em torno da planta. As recomendações utilizadas no Estado do Pará têm seus méritos, mas apresentam a desvantagem de não considerarem que as doses recomendadas dos nutrientes variam, continuamente, com a produtividade esperada, com o teor e com a capacidade tampão do nutriente no solo e vários outros fatores. Entretanto, possibilitam a obtenção de boas produções de frutos. Assim, propõe-se que as recomendações de adubação para a cultura do açaizeiro sejam mais confiáveis, do ponto de vista técnico e principalmente, mais propenso a ajustes com bases científicas, em relação às recomendações, mediante o desenvolvimento e utilização de sistemas para recomendação de adubação baseado em modelos matemáticos.

As exigências nutricionais de uma planta são obtidas analisando-se amostras destas plantas em pesquisas desenvolvidas em casa-de-vegetação ou no campo e se for realizada em função de determinadas idades, períodos fisiológicos diferenciados terá então, o que se denomina de marcha de absorção de nutrientes. Essa metodologia foi utilizada por esta pesquisa para se obter informações sobre as épocas de maior exigência dos nutrientes, o que em termos práticos, determinará quanto e quando os nutrientes devem ser fornecidos como fertilizantes para o açaizeiro e prever os períodos mais prováveis que surgirão os sintomas de deficiência para esta palmeira.

1.1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1 O açaizeiro e sua importância socioeconômica

O açaizeiro é uma palmeira natural da região amazônica de grande valor econômico e social, principalmente para as comunidades ribeirinhas. Sendo que, seus principais produtos são o palmito e os frutos. A espécie permite à indústria instalada na área, abastecimento seguro e fácil, a custo baixo de matéria prima, pois além da facilidade de extração, a concentração de palmeiras na região é bastante significativa.

A evolução das áreas destinadas à colheita do açaizeiro é algo extraordinário, pois o seu cultivo racional, no Pará, a partir do ano de 1990, experimentou sensível crescimento em razão de incentivos financeiros e o uso de novas técnicas de cultivo e manejo.

Em 1996, a área plantada era de 3.010 hectares. Em 2009, as áreas de cultivo alcançaram 61.814 hectares, ou seja, em 14 anos cresceu 2.053,6%, revelando-se um incremento extraordinário (PARÁ, 2010). O rendimento médio da atividade apresenta variação por microrregião homogênea e município, destacando-se a microrregião de Tomé-Açu, com o melhor rendimento médio, em torno de 15.900 kg de frutos por hectare, sendo o município do Acará o que apresenta o melhor rendimento estadual, o de 18.000 kg de frutos por hectare, enquanto o rendimento médio no Estado gira em torno de 9.784 kg por hectare (IBGE, 2009).

A produção nacional de frutos ou coquilhos, de espécies nativas da palmeira açaí, em 2009, totalizou 604.805 toneladas, sendo 3,88% maior que a de 2008, e, o principal produtor é o Estado do Pará que, no ano de 2009, concentrou 91,6% da produção nacional (IBGE, 2009). No Estado, encontram-se 17 dos 20 maiores municípios produtores de frutos de açaizeiros nativos do País. São eles: Limoeiro do Ajuru, Ponta de Pedras, Oeiras do Pará, Muaná, Igarapé-Mirim, São Sebastião da Boa Vista, Mocajuba, Barcarena, Cachoeira do Arari, Inhangapi, Magalhães Barata, São Domingos do Capim, São Miguel do Guamá, Irituia, Marapanim, Óbidos, e Abaetetuba. No Maranhão, onde se encontram outros importantes centros produtores, os destaques são os Municípios de Luís Domingues, Carutapera e Amapá do Maranhão. Em conjunto, os 20 maiores municípios produtores do Pará e Maranhão responderam, em 2009, por 94,7% da produção nacional de frutos de açaí nativo.

A partir de 2009, o governo federal, através do decreto 6.871, de 04 de junho de 2009, padronizou a produção e comercialização de polpa de açaí industrializada no Brasil. Os

estabelecimentos devem ser cadastrados no MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – Superintendência Federal de Agricultura /PA), e encaminhar, anualmente, a sua relação de produção. Onde, para comercialização, são aceitos três tipos: açaí fino, médio e grosso. Pode-se verificar que a produção de polpa industrializada de açaí no Pará foi de 9.020 t, no ano de 2005. Cresceu a uma taxa média anual de 35,3%, no período de 2005 a 2009. A exceção foram os anos de 2007 e 2008, quando houve redução de 7,8% no seu crescimento. O destaque foi o tipo fino ou popular, que cresceu no período 2005 a 2009, a uma taxa média anual de 27%, e, sendo o tipo responsável por 58,70% da produção industrializada em 2009. O tipo regular ou médio respondeu por 35,98%, e o tipo grosso ou especial, por 5,32% da produção no mesmo ano (BRASIL, 2009)

A nova conjuntura econômica de mercado do açaí, tanto a nível local, como nacional e internacional, se caracteriza por uma crescente demanda que pressiona os preços internos, como resultado dos preços externos serem mais atrativos. Esse comportamento foi constatado em 2003, quando o Pará exportou US\$ 3.622,895.00, em polpa congelada e pasteurizada, para os EUA, Europa e Japão (SANTANA, 2003). Com o crescimento da produção de polpa de açaí industrializada e preços compensadores, foram exportados 3.845.354 kg de polpa, para o Japão, EUA e Europa, gerando riquezas da ordem de aproximadamente US\$ 11 milhões, no ano de 2007 (BRASIL, 2009).

1.1.2 Crescimento-massa seca

No Estado do Pará, trabalhando com produção de massa seca de partes de mudas de açaizeiro, em função da omissão de nutrientes em vasos com sílica (substrato), abastecidos com solução nutritiva, Gonçalves (2004) verificou maior produção de massa seca das raízes com 32,6 g planta, comparado com a matéria seca das folhas com 25,97 g planta no tratamento completo (sem omissão de nutrientes). Posteriormente, Viégas et al., (2009), trabalhando com mudas em vasos, porém, utilizando como substrato, o solo, concluíram maior produção de massa seca nas folhas com 51,39 g planta, comparados com a massa seca do estipe, com 42,05 g planta, no tratamento completo. Silva (2009), estudando a resposta de mudas de açaizeiro, a aplicação de calcário e fósforo, mostrou que no seu melhor tratamento produziu 31,04 g planta de massa seca das folhas, 4,91g planta de caule, 51,93 g planta de pecíolo e massa seca total de 85,54 g planta de açaizeiro.

Viégas (1993), pesquisando sobre o crescimento e nutrição da palmeira dendezeiro, do 2º ao 8º ano de idade, verificou que a produção de massa seca em todos os componentes da palmeira aumentou com o decorrer dos anos, atingindo valores mais elevados no oitavo ano. Dentre todos os órgãos, o estipe exibiu maior produção de massa seca, com 161,5 kg planta, correspondendo a 41% da massa seca total de 396,7 kg planta de dendê. Pelos resultados apresentados na (Tabela 1), observa-se que, a partir do 5º ano, a produção de matéria seca obedeceu a seguinte ordem decrescente: estipe > pecíolos > folíolos > ráquis > frutos > flechas.

Tabela 1- Produção de massa seca dos diferentes componentes do dendezeiro, em função da idade, exibida por Viégas, (1993).

Produção de matéria seca																
Idade	Folíolos		Pecíolos		Ráquis		Flechas		Estipe		Pedúnculo		Frutos		Total	
Ano	PS ¹	PSH ²	PS	PSH	PS	PSH	OS	PSH	PS	PSH	OS	PSH	PS	PSH	OS	PSH
2	3,52	0,5	4,35	0,6	3,97	0,6	0,19	0,02	4,51	0,6	-	-	-	-	16,6	2,3
3	8,80	1,3	11,27	1,6	5,87	0,8	0,27	0,03	9,16	1,3	0,18	0,02	0,39	0,05	37,1	5,3
4	18,14	2,6	27,71	4,0	13,94	2,0	1,04	0,1	15,36	2,2	0,75	0,10	8,32	1,2	88,9	12,7
5	27,83	4,0	34,80	5,0	18,88	2,7	1,23	0,2	36,76	5,2	1,95	0,3	10,57	1,5	139,6	19,9
6	30,54	4,4	44,46	6,3	26,84	3,8	1,64	0,2	88,18	12,6	2,42	0,3	15,55	2,2	224,8	32,1
7	44,67	6,4	53,61	7,6	33,85	4,8	2,58	0,4	122,17	17,5	4,45	0,6	22,75	3,2	304,7	43,6
8	50,60	7,2	73,37	10,4	40,97	5,9	0,06	0,5	161,55	23,0	6,27	0,9	28,11	4,0	396,6	56,7

(1) Peso de massa seca (kg planta); (2) Peso de massa seca por hectare (t/ha).

Viégas et al., (2008), verificaram que na aplicação de calcário em plantas jovens de açazeiro, cultivar BRS Pará em Latossolo Amarelo, na dose máxima estimada de 2,2 t/ha de calcário dolomítico a produção de matéria seca das folhas foi de 10,62 g planta. No entanto, Silva (2009), estudando o efeito da calagem e fosfatagem na mesma cultivar de açai, aos oito meses após o transplante, foi observado resultado superior ao obtido pelos autores acima citados, sendo de 31,06 g planta, na dose de 1,84 t/ha de calcário dolomítico. Provavelmente, este resultado deva estar relacionado com o benefício da correção do solo pela calagem, na disponibilidade e absorção de fósforo, através da fosfatagem, pelas plantas. Viégas et al., (2009), avaliando a fertilidade de um Latossolo Amarelo para o cultivo do açazeiro, verificaram que a aplicação, somente de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) promoveu redução de 34,95% de massa seca nas folhas; no caule de 40,95%; na parte aérea, de 35%, e na massa total, de 19,74%, em relação ao tratamento completo que produziu 130,97 g planta de massa seca total, inferindo-se que apenas a adubação NPK não é suficiente para o

adequado desenvolvimento do açaizeiro em Latossolo Amarelo, mostrando a necessidade de aplicação de outros nutrientes, como o cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes.

Frazão et al., (2008), trabalhando com crescimento de plantas de açaizeiro em função da aplicação de fertilizantes, verificou a importância do nitrogênio, através da adubação nitrogenada para as plantas nos dois primeiros anos de idade, com aumentos significativos no crescimento.

Silva e Jardim (2007), trabalhando com crescimento de mudas de açaizeiro em área de vegetação secundária no nordeste paraense, perceberam que os baixos teores minerais obtidos nas folhas, principalmente nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, associados com a menor pluviosidade no período de agosto a novembro, podem ter afetado o desenvolvimento foliar do açaizeiro. Desta maneira, a produção e a perda foliar de plantas jovens de açaizeiro no período da estiagem, de agosto a novembro, associado às elevadas temperaturas, promoveu desidratação e queima foliar, ocasionando mortalidade às plantas. No entanto, Nogueira e Conceição (2000), pesquisando o crescimento de plantas de açaizeiro, em diferentes idades de regeneração, nas áreas de várzea do Município de Igarapé-Miri, obtiveram a produção total de biomassa fresca, da parte aérea das plantas, de 10,6 kg planta, 34,7 kg planta e 112,8 kg planta com 12, 24, 36 e 48 meses, respectivamente, após a extração do palmito. A porcentagem de matéria seca total da planta até a idade de 36 meses foi de 25% aproximadamente. Após o corte do palmito, quando a planta atinge plenamente a fase adulta esta porcentagem foi de 38%, sendo a maior parte composta do estipe lenhoso.

1.1.3 Macronutrientes

1.1.3.1 Nitrogênio

O nitrogênio é necessário para todas as reações enzimáticas nos vegetais, podendo ser absorvido na forma de (NH_4^+) ou nítrica (NO_3^-) e, está diretamente envolvido na fotossíntese, por fazer parte da molécula de clorofila (Malavolta, 1980).

Haag, Silva Filho e Carmello (1992), estudando a carência nutricional em mudas de açaizeiro, verificaram que o nitrogênio foi o primeiro nutriente a provocar sintomas de deficiência nutricional, causando a paralisação do crescimento das plântulas, sendo que, os teores de N obtidos nas folhas mais velhas, no tratamento completo, foi de $16,6 \text{ g kg}^{-1}$ de N e, no tratamento com omissão deste nutriente, foi de $9,5 \text{ g kg}^{-1}$ de N. Silva e Falcão (2002), pesquisando as limitações nutricionais em mudas de pupunheira, obtiveram plantas pouco desenvolvidas no tratamento com omissão de nitrogênio, com o teor foliar de $30,7 \text{ g kg}^{-1}$ de N

no tratamento completo e $10,1 \text{ g kg}^{-1}$ de N com omissão deste nutriente, demonstrando a importância deste nutriente para o cultivo da pupunheira.

Viégas (1993), pesquisando a marcha de absorção de nutrientes em plantas de dendezeiro, verificou que, com exceção dos pecíolos, todos os componentes da planta mostraram variação na concentração e acúmulo de nutrientes com a idade. De modo geral, ocorreu aumento no teor de nitrogênio nos folíolos, ráquis, meristema, estipe, inflorescência masculina, pedúnculos, espiguetas e frutos. No oitavo ano, o estipe e os folíolos apresentaram destaque no acúmulo de nitrogênio, com $1723,47 \text{ g planta de N}$ e $1144,40 \text{ g planta de N}$, respectivamente, correspondendo a 42% e 28%, do acúmulo total de $4098,37 \text{ g planta de N}$. As flechas mostraram tendência de diminuição de concentração de nitrogênio com o tempo. A sequência decrescente dos teores de nitrogênio foi: meristema > folíolos > inflorescências masculinas > flechas > estipe > frutos > pedúnculos > espiguetas > pecíolos > ráquis e do acúmulo de nitrogênio, a sequência decrescente foi: folíolos > estipe > pecíolos > frutos > ráquis > espiguetas > inflorescências masculinas > flechas > pedúnculos > meristema.

Knecht et al., (1977), estudando a variação dos teores de nutrientes nas folhas de dendezeiro com a idade das plantações, sugeriram como nível crítico do nitrogênio para as plantas com menos de 10 anos, $27,0 \text{ g kg}^{-1}$ de N; entre 10 e 20 anos, $25,0 \text{ g kg}^{-1}$ de N; entre 20 e 30 anos, $23,0 \text{ g kg}^{-1}$ de N.

Trabalhando com aplicação de P, K e Mg, em dendezeiros em produção na região de Tailândia, no Estado do Pará, Santos (1999), obteve teores de nitrogênio de 23,7; 24,4; 24,7; 27,8 e $23,9 \text{ g kg}^{-1}$ de N aos 3, 4, 5, 6 e 12 anos, respectivamente, aplicando como fonte de fósforo o fosfino e, 24,7; 26,1; 25,2; 28,0; $23,9 \text{ g kg}^{-1}$ de N aos 3, 4, 5, 6 e 12 anos, respectivamente, aplicando como fonte de fósforo o superfosfato triplo, observando com isso maior teor de N, na folha 17, quando aplicado o superfosfato triplo, provavelmente por apresentar maior solubilidade, favorecendo com isso a sua absorção pela planta.

Estudando resposta de N, P, K e Mg em dendezeiros em produção, Pimentel (2001), não obteve resposta à aplicação nitrogenada (uréia), nas variáveis número médio de cachos por planta e produção durante nove anos de observação, Lins (2000) verificou que a produção de coco, durante dez anos, no município do Moju, estado do Pará, não foi afetada pela falta de adubação nitrogenada, possivelmente devido à influência da leguminosa *Pueraria phaseoloides*, usada na cobertura do solo. Viégas, (1993), trabalhando com nutrição de plantas de dendezeiro, obteve em sua pesquisa, o nitrogênio como segundo elemento mais extraído com maior acúmulo foi 4098 g planta no oitavo ano, o que corresponde a 34,6 % do

total dos macronutrientes. As quantidades imobilizadas, recicladas e exportadas de nitrogênio no dendezeiro aumentaram com as idades das palmeiras.

Viégas et al (2009), pesquisando a omissão de nutrientes em plantas de açaizeiro em Latossolo Amarelo, verificaram que o teor foliar de nitrogênio no tratamento completo sem sintomas de deficiência foi de $15,67 \text{ g kg}^{-1}$ de N, enquanto que, no tratamento com omissão deste nutriente, apresentando deficiências de nitrogênio, foi de $12,5 \text{ g kg}^{-1}$ de N, sendo inferior ao tratamento completo determinado por Gonçalves (2004) de $16,4 \text{ g kg}^{-1}$ de N em plantas de açaizeiro cultivadas em vasos com substrato de sílica.

Sobral (1998), em plantas de coqueiro determinou na folha nº 14, o nível crítico para nitrogênio de 22 g kg^{-1} . Lins e Viégas (2008) recomendam para plantas de coqueiro com mais de três anos de idade e com base nos teores foliares da folha nº 14 a seguinte adubação, plantas com teores foliares de 20 a 22 g kg^{-1} de N, coloca-se 225 g planta de N; teores foliares das plantas de coqueiro entre 18 e 20 g kg^{-1} recomenda-se 450 g planta de N e teores abaixo de 18 g kg^{-1} utiliza-se 675 g planta de N.

1.1.3.2 Fósforo

O fósforo é constituinte das proteínas citoplasmáticas e nucleares e atua num papel importante do metabolismo dos carboidratos e das transferências de energia (MENGEL e KIRKBY, 2001).

As plantas absorvem o fósforo, preferencialmente, como o ânion H_2PO_4^- e, em menor quantidade como HPO_4^{2-} (NUTRIFATOS, 1996; SOBRAL, 2003). O fósforo tem importante papel nas plantas como constituinte de compostos armazenadores de alta energia, como o ATP (trifosfato de adenosina).

Pacheco et al., (1985), observaram que a adubação fosfatada permitiu aumento marcante na produção do dendezeiro, com valores variando de 11,0 t de cachos/ano no sexto ano a 15,0 t de cachos/ano no sétimo ano. Viégas (1993) obteve faixa de teores de fósforo nos folíolos do dendezeiro no município de Tailândia no estado do Pará, de 1,1 a $1,4 \text{ g kg}^{-1}$ de P e, o maior acúmulo de fósforo ocorreu no estipe em plantas de oito anos de idade, com 159,05 g planta de P, enquanto que, o menor no meristema, com 4,67 g planta de P e, Rodrigues, (1993) no mesmo ano, porém, no médio amazonas, verificou que os teores de fósforo variaram de 1,3 a $1,8 \text{ g kg}^{-1}$ de P, obtendo aumentos na produção de cachos de dendezeiro, com aplicação de superfosfato triplo, do quarto ao sétimo ano, variando de 5,15 t/ha (500 g planta⁻¹) no quinto ano, a 13,73 t/ha (1500 g planta) no sexto ano.

O teor foliar de fósforo obtido por Viégas et al., (2009), em mudas de açaizeiro, no tratamento completo, sem deficiência de fósforo, foi de $0,70 \text{ g kg}^{-1}$ de P, enquanto que, com a omissão de fósforo, com deficiência, foi de $0,40 \text{ g kg}^{-1}$ de P. O teor foliar de fósforo, sem deficiência de fósforo, de $0,70 \text{ g kg}^{-1}$ está abaixo dos obtidos por Haag, Silva Filho e Carmello (1992) de $1,3 \text{ g kg}^{-1}$ de P e por Gonçalves, (2004), de $1,69 \text{ g kg}^{-1}$ de P.

Silva (2009) verificou que em mudas de açaizeiro, não houve diferença estatística entre os tratamentos com aumento da saturação por bases (10%, 20%, 40% e 60%), combinados com aumento das doses de fósforo (0, 25, 50, 75) g kg^{-1} de P, onde o menor teor nas folhas obtido de $0,70 \text{ g kg}^{-1}$ de P, com a saturação de bases de 10% e aplicação de 0 g kg^{-1} de dose de fósforo e o maior valor de $0,97 \text{ g kg}^{-1}$ de P no tratamento com saturação por bases de 60% e dose de fósforo de 50 g kg^{-1} . Nas hastes e pecíolo verificou também que não houve diferença estatística entre os tratamentos, onde o menor teor nas hastes foi de $0,47 \text{ g kg}^{-1}$ de P no tratamento com saturação por bases de 20% e dose de fósforo de 0 g kg^{-1} e o maior teor de $0,72 \text{ g kg}^{-1}$ de P nos tratamentos com saturação por bases de 40% e 60% e doses de fósforo de 50 e 75 g kg^{-1} de P. No pecíolo o menor teor de $0,29 \text{ g kg}^{-1}$ de P no tratamento com saturação por base de 10% e dose de fósforo de 0 g kg^{-1} de P e o maior teor de $0,52 \text{ g kg}^{-1}$ de P no tratamento saturação por base de 40% e dose de 25 g kg^{-1} de P. Meireles (2003), estudando a nutrição da cultura do açaizeiro obteve o teor de fósforo na haste de $0,51 \text{ g kg}^{-1}$.

No dendezeiro, segundo Viégas (1993), a maior extração de fósforo, á semelhança do nitrogênio foi mais acentuada no oitavo ano atingindo $410,57 \text{ g planta}^{-1}$, correspondendo somente a 3,5% dos macronutrientes e a $58,71 \text{ kg ha}^{-1}$. A quantidade acumulada, imobilizada e reciclada de fósforo foram análogas com o decorrer da idade do dendezeiro.

1.1.3.3 Potássio

O potássio desempenha papel importante na fisiologia das plantas, intervém no metabolismo e aceleração de movimentos estomáticos e a elevação da concentração de potássio na folha é acompanhada de uma melhoria de todos os fatores de produção (Medina et al., 1980). Pesquisas desenvolvidas pelo Irho (1989), mostraram que a aplicação dos nutrientes potássio e magnésio é benéfica sobre o número de cocos, e na quantidade de copra/coco, apresentando interação positiva dos dois nutrientes sobre a produção. O rendimento de copra passou de $1,2 \text{ t ha}^{-1}$ por ano (sem adubo), para $4,0 \text{ t ha}^{-1}$ por ano no melhor tratamento ($3,0 \text{ kg de KCl} + 0,75 \text{ de kieserita/planta}$), aumentando, também, o teor do nutriente nas folhas. Lins (2000), observou que, com ausência da aplicação de KCl nas plantas

de coqueiro, o teor do nutriente na folha é muito baixo, com média de $7,8 \text{ g kg}^{-1}$ de K, e, quando se aplicou $1,1 \text{ kg}$ de KCl/planta, atingiu o teor na folha de $15,7 \text{ g kg}^{-1}$ de K, bem acima do nível crítico para o coqueiro que, segundo Manciot et al (1980), é de $12,6 \text{ g kg}^{-1}$ de K. Neste nível de adubação por planta de coqueiro, reduziu, pela metade, a concentração de cálcio na folha, essa redução pela adubação potássica se deve à inibição competitiva entre esses dois cátions. De acordo com Malavolta (1980), esse processo ocorre quando esses nutrientes competem pelo mesmo sítio do carregador.

O potássio é o nutriente mais exportado pela cultura do dendezeiro, chegando a $7,0 \text{ kg}$ de K por toneladas de cachos produzidos. A maior extração de potássio ocorreu no sétimo ano, com $4972,12 \text{ g planta}^{-1}$, o que representa 44,5% em relação aos demais macronutrientes, e as quantidades acumulada, imobilizada e reciclada de potássio, até o quarto ano, se equivaleram, porém, a partir do quinto ano, houve um predomínio absoluto da quantidade imobilizada de potássio (Viégas, 1993). Na tentativa de encontrar um componente que melhor diagnosticasse o estado nutricional do potássio no dendezeiro, Teoh e Chew (1989), conduziram pesquisas e concluíram que o ráquis da folha 17, foi o mais sensível para desempenhar esse papel do que os folíolos. Os autores sugeriram, inclusive, a seguinte classificação: alto - maior do que $16,0 \text{ g kg}^{-1}$ K; adequado - de $13,1$ a $16,0 \text{ g kg}^{-1}$ K; marginal - de $10,1$ a $13,0 \text{ g kg}^{-1}$ K e baixo - menor do que $10,1 \text{ g kg}^{-1}$ K. Com base nesta classificação, os teores de potássio no ráquis, obtidos por Viégas, (1993) com nutrição de plantas de dendê, com exceção do terceiro ano, seria classificado como marginal, e o restante se enquadrariam como baixos.

Viégas et al., (2009), verificaram que o teor foliar de potássio em plantas jovens de açaizeiro reduziu com a omissão desse nutriente e aumentou o teor na folha quando foi omitido o fósforo e magnésio em relação a solução nutritiva completa com todos os nutrientes. O teor foliar de potássio obtido no tratamento completo foi de $3,52 \text{ g kg}^{-1}$ de K, muito inferior aos obtidos em plantas de açaizeiro, por Haag, Silva Filho e Carmello (1992), que foi $19,6 \text{ g kg}^{-1}$ de K; e em plantas de açaizeiro, por Gonçalves (2004), de $9,42 \text{ g kg}^{-1}$ de K, que utilizaram solução nutritiva em substrato com sílica, o que pode explicar os teores mais altos alcançados pelos citados autores. Os acréscimos proporcionados com a omissão de fósforo e magnésio nos teores de potássio, nas folhas de açaí, por Viégas et al., (2009), foram de 62,55% e 45,45%, respectivamente, comparados ao tratamento completo de $3,52 \text{ g kg}^{-1}$ de K. Estes aumentos, principalmente com omissão de magnésio, devem-se ao fato de o potássio ser um nutriente antagônico ao magnésio. No caule do açaí, nesta mesma pesquisa, os autores

perceberam redução significativa no teor de potássio com as omissões de nitrogênio, fósforo e potássio em relação ao tratamento completo.

1.1.3.4 Cálcio

O cálcio é absorvido pelas raízes como Ca^{+2} e sua concentração, na solução do solo, pode ser dez vezes maior que a concentração de potássio, porém, no interior das plantas, não se verifica o mesmo, pelo fato de sua absorção diminuir competitivamente pela presença de outros cátions, tais como K^+ e NH_4^+ , que são absorvidos rapidamente pelas raízes (MENGEL; KIRKBY, 2001). O principal mecanismo é o fluxo de massa. Sendo assim, o cálcio é considerado imóvel quanto à redistribuição, fazendo com que os sintomas de deficiência surjam, primeiramente, nas folhas novas das plantas, havendo deformação e clorose foliar e, nos estágios mais avançados, um amarelecimento do tecido devido à alteração na estrutura da parede celular (MENGEL; KIRKBY, 2001).

O cálcio pode ser considerado um nutriente estrutural da planta, pois é um dos principais integrantes da parede celular, onde os pectatos de cálcio existentes na lamela média são essenciais para o fortalecimento da parede celular e dos tecidos da planta (MARSCHNER, 2005). A plasticidade da parede celular depende de um fornecimento adequado de cálcio para a formação de ligações cálcio-pectina (TING, 1982).

O cálcio também exerce inúmeras funções no crescimento e desenvolvimento vegetal. O atraso no amadurecimento de frutos, na senescência e abscisão foliar, a melhoria da qualidade dos frutos e as alterações na resposta geotrópica, na fotossíntese e em outros processos como divisão celular, são apenas algumas funções do cálcio nas plantas (MALAVOLTA et al., 1997).

O nível crítico de cálcio, para plantas de dendezeiro, de acordo com Bachy (1965), é de $6,0 \text{ g kg}^{-1}$ nos folíolos da folha 17. Baseado nesta afirmação, Viégas (1993), percebeu que os teores de cálcio de todos os folíolos da planta de dendezeiro ficaram acima do nível crítico e o menor valor no sétimo ano de idade, com $7,3 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca e o maior teor, no quarto ano, com $8,3 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca, evidenciando excesso desse elemento. Esses resultados modificam a dinâmica de absorção e utilização de outros cátions, tais como o potássio e o magnésio. O acúmulo de cálcio nos diferentes componentes do dendezeiro, de forma geral, em ordem decrescente: estipe > folíolos > pecíolos > ráquis > frutos > inflorescências masculinas > espiguetas > flechas/pedúnculos > meristema. A maior absorção de cálcio em plantas de coqueiro tem sido favorecida pelo efeito sinérgico do cloro proveniente da adubação com

cloreto de potássio (MANCIOT et al, 1980). Os efeitos médios de oito anos de observações, feitas por Lins (2000), no coqueiro, mostram que o superfosfato triplo, que na sua formulação contém 18% de CaO, incrementou os teores de Ca em 27% a partir da dose de 200 g planta⁻¹ de superfosfato triplo. Sem a presença do adubo fosfatado, a nutrição do cálcio foi deficitária. O fornecimento de 750 g planta⁻¹ de superfosfato triplo elevou a concentração do cálcio na folha para 4,2 g kg⁻¹ de Ca, valor acima do nível crítico do coqueiro de 3,0 a 4,0 g kg⁻¹ de Ca estabelecida por (OCHS, 1993).

Viégas et al., (2008), perceberam que a deficiência de cálcio no tratamento com omissão deste nutriente, surgiu 113 dias após o início dos tratamentos em plantas de açaizeiro. Ocorreu redução na altura das plantas e no número de folhas, sendo que, os folíolos mais jovens, apresentaram-se deformados, com amarelecimento das folhas e nervura principal. Nas plantas sem deficiência de cálcio, o teor foliar no açaizeiro foi de 13,0 g kg⁻¹ de Ca e nas com deficiência 5 g kg⁻¹ de Ca.

Os teores de cálcio nas folhas de açaizeiro perante aos tratamentos com doses de Ca provenientes de calcário calcítico foram igualmente efetivas entre si, apenas no tratamento com saturação de base 40% apresentou o menor teor de Ca (5,31 g kg⁻¹), numa dose de 1,84 t ha⁻¹ de calcário calcítico (SILVA, 2009).

O cálcio foi o terceiro macronutriente mais extraído pelo dendezeiro, atingindo, no oitavo ano, 2003,68 g planta e a quantidade reciclada de cálcio foi superior à imobilizada, principalmente no sétimo e oitavo ano e a quantidade reciclada foi 3,5 vezes superior à exportada, enquanto que a imobilizada foi 2,3 vezes mais elevada do que a quantidade removida de cálcio pelo dendezeiro (Viégas, 1993).

1.1.3.5 Magnésio

O magnésio é absorvido pelas plantas como Mg⁺², uma vez dentro da planta, ele exerce várias funções. O magnésio é o átomo central da molécula de clorofila e, assim, o elemento está envolvido ativamente na fotossíntese. O magnésio e o nitrogênio são os únicos nutrientes do solo que são constituintes da clorofila. O magnésio também ajuda no metabolismo do fosfato, na respiração da planta e na ativação de vários sistemas enzimáticos. Por ser um nutriente de alta mobilidade na planta, sua deficiência ocorre nas folhas baixas, aparecendo cor amarelada, bronzeada ou avermelhada, enquanto, as nervuras das folhas, permanecem verdes (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

O desequilíbrio entre cálcio e o magnésio pode acentuar a deficiência de magnésio. Quando a relação Ca/Mg torna-se muito alta, as plantas podem absorver menos magnésio

(MALAVOLTA, 1981). Lins (2000) percebeu que, com o aumento da adubação magnesiana no híbrido do coqueiro PB121, ocorreu diminuição da concentração de potássio nas folhas. Sem a aplicação de OMg, a concentração de Mg na folha é deficiente: $1,8 \text{ g kg}^{-1}$, e fica abaixo do nível crítico para o coqueiro de $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg, estabelecido para o elemento na folha 14. Na presença do tratamento com 320 g de OMg planta⁻¹, a concentração na folha aumentou em 48% e atingiu $2,7 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg, subindo para $3,1 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg na presença do tratamento com 540 g de OMg planta⁻¹. No açazeiro, segundo Meireles (2003), o teor foliar de magnésio não sofreu nenhuma influência com a omissão deste macronutriente e nem com outros tratamentos individuais. Apenas apresentou redução no teor foliar de Mg com adição de NPK, quando comparado ao tratamento completo com $2,22 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg e, estes resultados divergem dos obtidos por Haag, Silva Filho e Carmello, (1992), em folhas de açazeiro no tratamento completo, obteve $3,5 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg.

No dendezeiro, Viégas (1993), constatou que, nos pecíolos, meristema, flechas, inflorescências masculinas e espiguetas, foram mais evidentes o aumento da concentração de magnésio com o transcorrer das idades das palmeiras. Nos folíolos, ráquis, estipe, pedúnculos e frutos houve tendência de aumento no teor de magnésio, nos primeiros anos, para, nos anos subsequentes, ocorrer redução. Em geral, a concentração de magnésio obedeceu à seguinte sequência decrescente: meristema > inflorescência masculinas > frutos > folíolos > estipe > flechas > pecíolos > espiguetas > ráquis/pedúnculos. O nível crítico de magnésio mais indicado para o dendezeiro, segundo Viégas (1993), é de $2,4 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg nos folíolos da folha 17, entretanto, esse valor está sendo colocado em dúvida, em determinados casos, inclusive na Amazônia. Com base no referencial de $2,4 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg, verifica-se que os teores obtidos nos folíolos, de todas as folhas da planta de dendezeiro, estão no segundo, sexto e sétimo anos abaixo desse valor, evidenciando a necessidade de suprimento desse nutriente. O oitavo ano se encontra no limite e, os demais, no nível, onde na Amazônia a deficiência de magnésio em dendezeiro tem se manifestado com valores de $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg e as principais causas destas deficiências são : baixo teor desse elemento na maioria dos solos da Amazônia; interação com potássio e, principalmente com cálcio; facilidade de lixiviação desse cátion e material genético mais exigente em magnésio (Viégas, 1993).

Padilha (2005) estudou o efeito da adubação magnesiana na produção e teor foliar de dendezeiro no município de Tailândia, Estado do Pará. Este autor analisou que, a aplicação de sulfato de magnésio, não influenciou nos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e micronutrientes, porém, promoveu aumentos nos teores de magnésio, no nono e décimo anos de produção. Quanto ao nutriente cálcio, a aplicação de sulfato de magnésio promoveu, no

nono ano de produção, redução em seu teor e aumento no de magnésio, neste mesmo ano, de 2,1 para 2,4 g kg⁻¹ de Mg. Estes resultados são próximos dos obtidos por Viégas (1993), de 2,2 a 2,7 g kg⁻¹ de Mg, com dendezeiros de 2 a 8 anos de idade e, por Rodrigues (1993), de 2,0 a 3,6 g kg⁻¹ de Mg.

Em experimento conduzido por Viégas et al., (2008), com açaizeiro, verificaram que os sintomas de deficiência de magnésio com o tratamento com omissão deste nutriente surgiram aos 110 dias após o início dos tratamentos. Nas plantas sem deficiência de magnésio, obteve-se o teor foliar de 6,4 g kg⁻¹ de Mg e, nas com deficiência, teor de 2,1 g kg⁻¹ de Mg.

Viégas et al., (2009), verificaram que o teor de magnésio nas folhas, caule e raízes não sofreu influência com a omissão desse macronutriente quando comparado ao tratamento completo de 2,2 g kg⁻¹ de Mg. O fornecimento apenas de NPK e as omissões individuais de nitrogênio, fósforo e boro ocasionaram reduções nos teores de magnésio no caule, em relação ao tratamento completo, sendo que estas reduções foram de 81,13%, 53,52% e 32,39% respectivamente. Lins e Viégas (2008) trabalhando com a adubação do coqueiro, obtiveram o nível crítico para magnésio de 2,3 g kg⁻¹, onde valores abaixo deste teor devem receber adubação para reposição deste nutriente a planta, evitando a baixa de produtividade do coqueiro.

O magnésio foi o quarto nutriente mais extraído pelo dendezeiro com 720,71 g planta⁻¹ no oitavo ano, onde as quantidades reciclada e imobilizada foram muito semelhantes com o aumento da idade das palmeiras. As quantidades recicladas e imobilizadas no oitavo foram respectivamente, 2,5 e 2,2 vezes maiores do que a exportada (Viégas, 1993).

1.1.3.6 Enxofre

Embora possa ser absorvido pelas folhas na forma gasosa de SO₂ e pelas folhas e frutos na forma de enxofre molhável (aplicado no controle fitossanitário), o SO₄⁻² é a forma predominantemente absorvida pelas raízes nas condições de solo. Diferentemente do que ocorre com o N e P, o enxofre não se redistribui apreciavelmente via xilema e floema, o que provoca inicial sintoma de carência nos órgãos mais novos. Tal como acontece com o nitrogênio, aproximadamente 90% do total do S encontrado na planta está na forma orgânica (MARSCHNER, 2005). O nível ótimo de enxofre para o crescimento das plantas varia entre 2 a 5g/kg de S, em peso relativo à massa seca, conforme (MENGEL; KIRKBY, 2001).

Segundo Haag, Silva Filho e Carmello, (1992), a deficiência de enxofre em açaizeiro, traduziu-se por uma perda de coloração normal das folhas mais novas que foi substituída por uma coloração verde-clara. Os teores obtidos no tratamento completo foram de 2,9 g kg⁻¹ de S

nas folhas velhas e de $3,1 \text{ g kg}^{-1}$ de S nas raízes e com omissão de enxofre foram, $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ de S nas folhas velhas e $2,6 \text{ g kg}^{-1}$ de S nas raízes. Gonçalves (2004), estudando absorção de nutrientes por mudas de açaizeiro, observou o teor de enxofre nas folhas velhas com omissão desse nutriente, de $0,04 \text{ g kg}^{-1}$ de S, cujos sintomas de deficiência foram bem característicos, enquanto no tratamento completo, sem deficiência, de $0,43 \text{ g kg}^{-1}$ de S.

Meireles (2003), pesquisando sobre a nutrição de mudas de açaizeiro, observou que o teor foliar de S diminuiu com a omissão desses macronutriente em 33,3% comparado com o tratamento completo de $1,35 \text{ g kg}^{-1}$ de S, enquanto que as omissões de N e P aumentaram os teores de S nas folhas em relação ao tratamento completo, em 68,15% e 38,5%, respectivamente.

Viégas (1993) verificou que o meristema foi o componente do dendezeiro mais rico em enxofre, ao passo que o ráquis apresentou menor teor. A ordem decrescente no teor de enxofre foi: meristema > inflorescências masculinas > estipe > frutos > folíolos > pecíolos/flechas > pedúnculo > espiguetas > ráquis. O nível crítico de enxofre de acordo com Ollagnier e Ochs (1973) situa-se entre $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ a $2,3 \text{ g kg}^{-1}$ na massa seca dos folíolos da folha 17. A maior extração de enxofre no dendezeiro ocorreu no oitavo ano com $392,22 \text{ g planta}^{-1}$, e a quantidade imobilizada e reciclada de enxofre até o quarto ano, foram análogas, entretanto a partir do quinto ano a imobilizada foi superior à reciclada.

Viégas et al., (2008), verificaram em plantas de açaizeiro sem deficiência de enxofre, obteve o teor de $0,43 \text{ g kg}^{-1}$ de S e nas plantas com deficiência de enxofre $0,04 \text{ g kg}^{-1}$ de enxofre.

Em plantas de coqueiro, a partir do terceiro ano segundo Sobral (1998), o nível crítico para as plantas na folha nº 14 é de $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ de S, onde valores abaixo deste teor influenciaram em aumento das doses de enxofre no solo para absorção das plantas, evitando a deficiência deste nutriente pelas plantas do coqueiro.

1.1.4 Micronutrientes

1.1.4.1 Boro

O boro é absorvido pelas plantas na forma de ácido bórico não dissociado H_3BO_3 . Há dúvidas sobre a natureza do processo de absorção, se passivo ou ativo (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). De acordo com Marschner (2005) as principais funções do boro na planta são: metabolismo de carboidratos e fenóis transporte de açúcares pela membrana, síntese de ácidos nucléicos e fitos hormônios, síntese, integridade e lignificação da parede

celular, germinação de grão de pólen e crescimento do tubo polínico. É um elemento essencial para a atividade meristemática da planta.

Uexkull e Fairhurst (1991), trabalhando com nutrição de plantas de dendezeiro sugeriram a faixa de teor de 15 a 25 mg kg⁻¹ de B, na folha 17, como ótima para o dendezeiro. Viégas (1993) pesquisando sobre o teor e acúmulo de nutrientes nos órgãos das plantas de dendê de 2 a 8 anos sugeriu sua faixa ótima de 16 a 19,12 mg kg⁻¹ de B e o seu maior acúmulo no estipe com 2834 mg planta⁻¹, no oitavo ano, que em termos percentuais chegou a atingir 49%, no sexto ano, em relação aos demais órgãos. A sequência decrescente da quantidade acumulada nos diferentes componentes do dendezeiro foi: estipe > folíolos > ráquis > pecíolos > frutos > espiguetas > inflorescências masculinas > pedúnculos > flechas > meristema, nas condições de Tailândia no estado do Pará.

Em estudos feitos por Viégas et al., (2008), sobre teores de B em vários órgãos do açazeiro, foi verificado que com a omissão deste micronutriente as folhas apresentaram teor de 11,51 mg kg⁻¹ de B, e no tratamento completo sem sintomas de deficiência de boro, o teor foliar foi de 18,09 mg kg⁻¹. Haag, Silva Filho e Carmello (1992), trabalhando com nutrição de mudas de açazeiro em solução nutritiva obteve 22 mg kg⁻¹ de B na omissão e 51 mg kg⁻¹ de B, no tratamento completo, sem omissão deste micronutriente.

Viégas e Botelho (2000), em condições de casa de vegetação com mudas de dendezeiro, o teor foliar foi de 9,63 mg kg⁻¹ de B e as plantas com tratamento completo foi de 24,38 mg kg⁻¹ de B. No estipe o teor deste nutriente não reduziu em relação ao tratamento completo com todos os nutrientes, em contrapartida houve redução dos teores de boro no açazeiro, quanto se omitiu o cálcio.

As plantas de açazeiro com deficiência de boro mostraram redução de crescimento (MEIRELES, 2003), explicado pelo fato do boro ter grande papel no crescimento meristemático e nos tecidos com deficiência em boro, acumula-se o ácido indolacético (AIA) que em excesso inibe o crescimento (MALAVOLTA, 1980).

Viégas et al (2008), analisaram em mudas de açazeiro em casa vegetação utilizando solução nutritiva, quando foi omitido o boro, o teor foliar de 12 mg kg⁻¹ de B e no tratamento completo 18 mg kg⁻¹ de B.

No Estado do Pará, o boro em Latossolo Amarelo tem se mostrado limitante para família Arecaceae, família esta que se encontram o dendezeiro, coqueiro, açazeiro e outras (Viégas, 1993; Lins, 2000). Em estudo realizado por Viégas et al. (2004), verificaram os efeitos das doses de boro sobre o crescimento de plantas de açazeiro, concluíram que a dose

ótima estimada de boro foi de 2,3 mg L⁻¹ de B e que acima de 2,5 mg L⁻¹ de B ocorreu efeito depressivo no crescimento das plantas.

Andrade (2004) trabalhando com plantas de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), determinou os teores adequados de 12 a 30 mg kg⁻¹ de B, onde teores abaixo de 12 mg kg⁻¹ deverão receber adubação que forneça este nutriente as plantas de pupunha.

Foram analisados o teor de boro em órgãos de plantas de açazeiro por Viégas et al. (2009) e constataram que o teor foliar de boro sofreu redução de 25,97% com a omissão desse micronutriente quando comparado ao tratamento completo de 31,34 mg kg⁻¹ de B e no caule verificaram que a omissão de boro não promoveu redução significativa dos teores desse micronutriente, quando comparado ao completo de 33,44 mg kg⁻¹ de B.

A maior extração de boro segundo Viégas (1993) se manifestou aos oito anos, totalizando 953,04 g ha⁻¹, cerca de 0,3% dos outros micronutrientes, sendo o quarto micronutriente mais extraído. As quantidades imobilizadas, recicladas e exportadas de boro aumentaram com a idade das palmeiras. A reciclada superou a imobilizada até os quatro anos, porém a partir dos cinco anos de idade ocorreu uma inversão. A quantidade reciclada e imobilizada de boro foi 3,0 vezes mais elevada do que a removida.

1.1.4.2 Cobre

O cobre quando possui uma alta relação com ferro e molibdênio, causa redução de absorção de ferro e molibdênio. O cobre é necessário para a formação da clorofila nas plantas, catalisa vários processos no metabolismo vegetal e é necessário em diversas reações, apesar de, geralmente não fazer parte dos produtos formadores por essas reações (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Na opinião de Uexkull e Fairhurst (1991), uma ótima concentração de cobre estaria entre 5 e 8 mg kg⁻¹. Em Manaus, pesquisa realizada por Pacheco et al., (1986) o teor de cobre obtido nas folhas de dendezeiro foi de 3 mg kg⁻¹, ocorrendo deficiência. Viégas (1993), verificou em folhas de plantas de dendezeiro de 2 a 8 anos uma faixa de concentração de 5 a 7 mg kg⁻¹ de Cu e, em geral, os maiores acúmulos de cobre ocorreram entre o sétimo e o oitavo ano, destacando-se o estipe com 2233,38 mg planta⁻¹, sendo o principal armazenador de cobre, podendo chegar até 74%, em relação aos demais órgãos de dendezeiro.

A deficiência de cobre em coqueiros foi descrita por Ochs, Bonneau e Qusairi (1993), em solos turfosos da Indonésia. Primeiramente, as ráquis das folhas novas tornam-se flácidas e, em seguida envergam, as extremidades dos folíolos começam a secar, passando do verde ao amarelo e, por fim, ao marrom com aspecto queimado. No Brasil Manciot, Ollagnier e Ochs

(1980) observaram deficiência de Cu, com teor na folha nº4 de $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ e seu nível crítico na folha nº 14 de 5 mg kg^{-1} de Cu. No entanto Andrade (2004) determinou a faixa adequada de teores de cobre para as folhas do coqueiro de 4 a 10 mg kg^{-1} de Cu.

O cobre foi o micronutriente menos extraído do dendezeiro com 3366,65 mg planta, somente 0,2% em relação aos demais, num total de $481,43 \text{ g ha}^{-1}$, houve ampla dominância da quantidade imobilizada de cobre em relação à reciclada e removida com o decorrer da idade do dendezeiro e a quantidade exportada, aos oito anos foi de 1,4 a 4,7 vezes menores do que a reciclada e imobilizada, respectivamente (Viégas, 1993).

1.1.4.3 Ferro

Em função do ferro não ser translocado dentro da planta, os sintomas de deficiência, aparecem primeiro nas folhas jovens, na parte superior das plantas. A deficiência severa pode tornar toda planta amarelada ou esbranquiçada (WUTSCHER; SMITH, 1993).

De acordo com pesquisas realizadas por Naif, Viégas e Lima (2003), os sintomas de deficiência de ferro em plantas de açaizeiro foram o quarto a se manifestar, caracterizando-se por uma clorose nas folhas mais novas. Nogueira et al., (2005) verificou que não foram observados sintomas de deficiência, pois as amostras de folhas de coqueiro apresentaram valores acima de 40 mg kg^{-1} de Fe, nível considerado como crítico para a cultura do coqueiro. Magat, (1991) determinou como nível crítico para a folha nº14 do coqueiro gigante e híbridos o teor de 40 mg kg^{-1} de Fe e Andrade (2004) determinou a faixa adequada de ferro para as folhas do coqueiro de 40 a 200 mg kg^{-1} .

No dendezeiro os teores foliares de ferro considerados normais por Rognon (1984), estariam entre 50 e 250 mg kg^{-1} , porém nível crítico continua ainda indefinido, talvez pelo fato de ainda não ter sido observado nenhuma deficiência em dendezeiros desse micronutriente em condições de campo, mesmo com 40 a 50 mg kg^{-1} de Fe. Viégas (1993) constatou em sua pesquisa com dendezeiro que de modo geral, com exceção do ráquis, até o sétimo ano as concentrações de ferro são baixas, de 45 a 84 mg kg^{-1} de Fe, bem abaixo da faixa considerada normal para o dendezeiro. O estipe com $87989,19 \text{ mg planta}^{-1}$ de Fe, foi o componente com maior acúmulo no dendezeiro, correspondendo em termos percentuais, à 74% em relação aos demais componentes da planta. A ordem de acumulação foi: estipe > pecíolos > folíolos / frutos > espiguetas > ráquis > inflorescências masculinas > pedúnculos > flechas > meristema (Viégas, 1993; Viégas e Botelho, 2000).

O ferro foi segundo micronutriente mais extraído pelo dendezeiro, o que de certo modo, já era esperado devido alto teor nos solos da Amazônia, inclusive na região do Município de Tailândia onde foi realizado o referido trabalho e a maior extração total ocorreu aos oito anos de idade, com $17028,83 \text{ g ha}^{-1}$, cerca de 5% em relação aos demais micronutrientes. Verifica-se também, que a quantidade imobilizada deste elemento foi marcadamente superior à reciclada, ficando inclusive bem próximo da extração total. A quantidade reciclada aos oito anos foi 1,6 vezes superior à exportada, enquanto a imobilizada superou a removida até em 70 vezes (VIÉGAS, 1993).

Viégas et al., (2004), verificaram que a omissão de ferro em plantas de açaizeiro reduziu apenas a massa seca das folhas como consequência do alto teor de Fe de $194,2 \text{ mg dm}^{-3}$ encontrado no Latossolo Amarelo, não sendo portanto limitante para o cultivo do açaizeiro.

1.1.4.4 Manganês

O manganês, a exemplo do ferro, participa das reações de oxi-redução no interior da planta. Está ligado à formação da clorofila e, a maior parte do nutriente encontra-se no cloroplasto, participando dos processos de transporte eletrônico na fase luminosa da fotossíntese. O manganês tende a diminuir a solubilidade do ferro por oxidação e, assim, um excesso de manganês na planta pode causar clorose por deficiência de ferro e, inversamente, um excesso de ferro pode induzir deficiência de manganês (CHILDERS, 1966). Nos diferentes estádios de oxidação, o manganês permite o acúmulo de carga para a produção do poder redutor necessário para a foto-oxidação da água na reação inicial do fotossistema II da fotossíntese (SHARMA, 2006).

Os teores de manganês obtidos pela pesquisa em folhas de coqueiro gigante e híbrido por Magat (1991) foi de 100 mg kg^{-1} de Mn. No dendezeiro em plantas de 2 a 8 anos, os folíolos revelaram-se como o componente mais rico em manganês atingindo até $223,62 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mn (VIÉGAS, 1993).

De acordo com Rognon (1984), teores foliares de manganês em folíolos de dendezeiro na faixa de 58 a 86 mg kg^{-1} , com rendimento de $25 \text{ t cachos ha}^{-1}$ por ano, não proporcionaram aumentos na produção e que, 50 mg kg^{-1} de Mn parece ser suficiente para o dendezeiro. Entretanto, para se obtenha uma resposta com aplicação deste micronutriente, a concentração seria de 20 mg kg^{-1} , contra 235 mg kg^{-1} nas plantas normais.

A maior quantidade de manganês acumulada foi obtida nos folíolos alcançando, no oitavo ano da pesquisa com dendezeiro, 11314,97 mg planta. Em segundo lugar destacou-se o estipe com 4216,98 mg planta. A ordem decrescente no acúmulo foi: folíolos > estipe > pecíolos > ráquis > frutos > inflorescências masculinas > espiguetas > flechas > pedúnculos > meristema. O manganês foi o único micronutriente em que a quantidade reciclada superou a imobilizada em todas as idades. A quantidade imobilizada foi 1,8 vezes mais elevada do que a exportada, enquanto a reciclada até 7,0 vezes maiores que a removida (VIÉGAS, 1993).

O terceiro micronutriente mais extraído pelas plantas de dendezeiro foi o manganês. Sua maior absorção se deu no oitavo ano da pesquisa, com 3393,99 g ha⁻¹, que em termos percentuais, correspondeu somente a 0,9 % dos micronutrientes estudados (VIÉGAS; BOTELHO, 2000).

1.1.4.5 Zinco

O zinco está relacionado com a síntese do ácido indolacético, auxina de crescimento, cuja deficiência reduz o crescimento das plantas superiores, resultando assim, em folhas pequenas e internódios curtos (QUAGGIO, 1996).

O nível crítico de zinco na folha nº 14 do coqueiro é de 15 mg kg⁻¹ de Zn, valor abaixo do qual, a probabilidade ao uso de fertilizante é alta (MAGAT, 1991). No entanto Andrade (2004), determinou a faixa adequada para as folhas de coqueiro que foi de 12 a 40 mg kg⁻¹ de Zn.

Ainda não existe um consenso sobre o nível crítico do na folha 17 do dendezeiro. Os teores entre 12 e 18 mg kg⁻¹ de Zn parecem ser suficientes para esta palmeira (ROGNON, 1984; UEXKULL e FAIRHURST, 1991). Na pesquisa pioneira sobre a aplicação de micronutrientes em dendezeiro, realizada por Ferrand, Bachy e Ollagnier (1951), indicou que o zinco foi responsável por 58% do aumento de produção. Na Amazônia, os primeiros sintomas de deficiência de zinco em dendezeiros foram observados nas condições de Manaus (OCHS, 1985). As principais causas dessa desordem nutricional têm sido a aplicação de doses elevadas de adubos fosfatados e a pobreza dos solos em zinco disponível.

O estipe foi o componente com maior capacidade de armazenar o zinco em plantas dendezeiro, na realizada por Viégas (1993) no município de Tailândia, no Pará, alcançando, no último ano de experimento 9515,87 mg planta. Em segundo lugar ficou os folíolos com 1028 mg planta. A sequência do acúmulo de zinco nos diferentes componentes foi: estipe > folíolos > frutos > pecíolos > inflorescências masculinas > espiguetas > ráquis > pedúnculos >

meristema > flechas. O zinco com 1753,98 g/ha, cerca de 0,5% dos demais micronutrientes, apresentou-se como quarto micronutriente mais extraído pelo dendezeiro. O zinco com 1753,98 g/ha, representando cerca de 0,5% dos demais micronutrientes, apresentou-se como o quarto micronutriente mais extraído pelo dendezeiro. A quantidade imobilizada foi superior à reciclada em todo o transcorrer dos anos. A quantidade imobilizada aos oito anos foi 8,5 vezes superior à exportada e 1,3 vezes superior à reciclada.

A omissão de zinco limitou a massa seca total de plantas de açazeiro, onde, essas limitações se devem ao baixo teor de zinco no solo de 2,2 mg dm⁻³, apresentado pelo Latossolo desta pesquisa (Viégas et al, 2004).

2 CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DO AÇAIZEIRO (*Euterpe oleracea* Mart.), DE 2 A 7 ANOS DE IDADE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, NO MUNICÍPIO DE TOMÉ-AÇU, PARÁ.

2.1 INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira abundante no estuário do Rio Amazonas, em terrenos de várzea, igapó e terra firmes, encontrando-se no Estado do Pará as maiores reservas naturais (NOGUEIRA et al, 1995).

Do fruto do açazeiro é extraída a polpa utilizada na produção de sucos, sorvetes, cremes, picolés, licores, além de outros usos. Constituindo-se em uma das maiores fonte de proteína, energia e sais minerais para as comunidades ribeirinhas do Estado do Pará. Desta forma, grande parte da população paraense realiza o consumo do suco de açáí, principalmente, durante as refeições, fazendo parte do cotidiano e da economia paraense. Nos estados da região norte, o açazeiro é também uma alternativa economicamente viável para produção de palmito, por apresentar capacidade de perfilhar, formar touceiras, o que possibilita a exploração permanente, desde que racionalmente manejada.

As mais recentes pesquisas mostram o novo organograma do aproveitamento do fruto do açazeiro. O caroço corresponde a 85% do peso total do fruto, do qual a borra deste caroço é utilizada na produção de cosméticos; as fibras em móveis, placas acústicas, xaxim, compensados, indústria automobilística, entre outros; os caroços limpos podem ser utilizados na torrefação de café, panificação, extração de óleo comestível, fitoterápicos e ração animal, além do uso na geração de vapor, carvão vegetal e adubo orgânico (TINOCO, 2005).

O açazeiro inicia sua produção no quarto ano, com duas toneladas de frutos e chega ao pico de produção no sétimo ano, com seis toneladas de frutos em plantio de terra firme

com 1.200 plantas ha⁻¹, podendo sua exploração ser ilimitada, se bem manejada, por ser uma planta de grande perfilhamento renovando as plantas conforme o manejo do agricultor (NOGUEIRA et al., 2005).

No Estado do Pará, as maiorias das plantações de açazeiro estão sendo implantadas em solos de terra firme, onde predominam os Latossolos de baixa fertilidade natural, o que leva a baixa produtividade. Nessas condições, o conhecimento sobre o crescimento, concentração e exportação de nutrientes nas diversos componentes do açazeiro, desde os estágios iniciais até a fase de produção é uma exigência básica indispensável para se programar uma adubação eficiente e se obter a nutrição adequada, visando à alta produtividade. Partindo-se da hipótese de que a produção de matéria seca e acumulação de nutrientes, pelos diferentes órgãos do açazeiro, variam em função da idade, infere-se que o conhecimento mais apropriado sobre essas características, conduziria a uma adubação mais adequada. O uso indiscriminado de fertilizantes, sem conhecimento das reais necessidades dessa palmeira, pode levar o produtor de açaí a fornecer os nutrientes em excesso, causando um desperdício de fertilizantes, desbalanço nutricional e, principalmente aumento no custo de produção, uma vez que as despesas com adubação com açaí refletem 40% do custo de manutenção, e também aplicar fertilizantes abaixo das necessidades da planta condicionam a baixa produtividade da cultura.

O objetivo desta pesquisa é conhecer a exigência nutricional, através da marcha de absorção dos nutrientes por meio de órgãos representativos da planta e o crescimento através da produção de massa seca, com plantas de 2 a 7 anos de idade, para melhor estabelecer as épocas e quantidades de nutrientes a serem aplicadas, obtendo, assim, os melhores rendimentos para o açazeiro.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em área de agricultores, localizado no Município de Tomé-Açu, Estado do Pará, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 02°31'28" S, Longitude 48°22'36" W de Greenwich e altitude de 42 m.

O clima da região, conforme a classificação de Köppen, clima quente e úmido, enquadrando-se ao tipo climático Am (BASTOS; PACHÊCO, 2001).

O tipo climático Ami, caracteriza-se por um regime pluviométrico anual que define uma estação relativamente seca, porém com total anual capaz de suprir esta deficiência. Apresenta índice pluviométrico bastante elevado, porém, o total de chuva no mês de menor precipitação é inferior a 60 mm (BASTOS, 1972).

No período considerado (1985-2008), as médias anuais das temperaturas máxima, média e mínima foram 32,8 °C, 26,4 °C e 21,9 °C, respectivamente. As médias mensais das temperaturas máximas situaram-se entre 31,9 °C (março) e 33,7 °C (setembro e outubro) e as médias mensais das temperaturas mínimas oscilaram entre 21,0 °C (agosto) e 22,6 °C (abril). As temperaturas médias mensais variaram entre 25,8 °C (fevereiro e março) e 27,0 °C (novembro). A média anual da umidade relativa foi 85 % e as médias mensais variaram entre 81 % (outubro) e 89 % (março e abril), enquanto o total anual de brilho solar (1986-2001) situou-se em torno de 2.300 horas de insolação e os totais médios mensais variaram entre 134 horas e 259 horas. Com relação à chuva, a região de Tomé-Açu apresenta média do total anual de chuva em torno de 2.300 mm e os totais médios mensais variam entre 51,8 mm em agosto e 440,3 mm em março (Figura 1). No trimestre mais chuvoso - fevereiro, março e abril -, os totais médios mensais ultrapassaram 300 mm e, no trimestre menos chuvoso - agosto, setembro e outubro - os totais mensais situaram-se entre 51,8 mm (agosto) e 72,4 mm outubro (PACHÊCO et al., 2008)

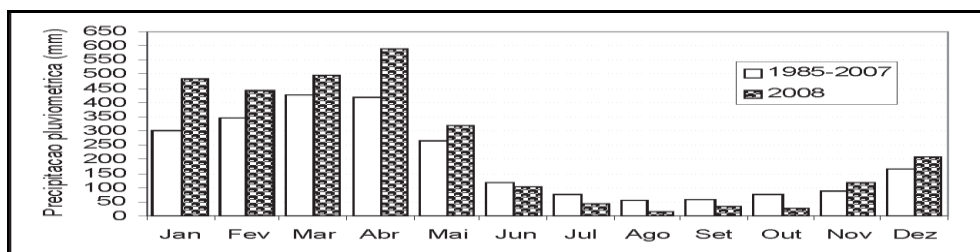


Figura 1: Totais mensais de precipitação pluviométrica na estação agroclimatológica da Embrapa Amazônia Oriental no Município de Tomé Açu, PA. Períodos: 1985-2007 e 2008 (PACHÊCO et al., 2008).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo distrófico, com textura argilo-arenosa, cujas características químicas amostradas na profundidade de 0-20 cm encontram-se na tabela 2.

Foram retiradas amostras compostas de 4 sub-amostras de solo das entrelinhas e do coroamento das plantas nos agroecossistemas que o açaizeiro está implantado, para cada idade de açaizeiro, no ano de 2008 (época da coleta das plantas) na profundidade de 0-20 cm, conforme o croqui da área demonstrado na Figura 2. Estas amostras foram submetidas à análise química no laboratório de solos da Embrapa Amazônia Oriental. As plantas de açaizeiro receberam adubação de fundação com cinco litros de esterco de curral e adubação

de cobertura com 600 g da fórmula NPK 10:28:20 parcelado em três aplicações de setembro a maio.

Tabela 2: Resultados da análise química de solo das áreas utilizadas no plantio de açaí.

Característica	Idade das plantas (anos) e local de coleta das amostras											
	2 L	2 G	3 L	3 G	4 L	4 G	5 L	5 G	6 L	6 G	7 L	7 G
pH (H ₂ O)	5,1	4,9	5,5	5,7	5,1	4,9	4,8	4,7	5,0	5,4	5,1	4,9
M.O (g kg ⁻¹)	2,0	1,8	1,7	2,2	1,9	1,8	3,2	2,9	2,3	2,4	2,4	2,2
P (mg dm ⁻³)	8,0	6,0	5,0	39,0	38,0	14,0	3,0	6,0	27,0	34,0	28,0	6,0
K (mg dm ⁻³)	20,0	18,0	33,0	24,0	29,0	20,0	43,0	24,0	71,0	43,0	41,0	27,0
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,5	1,0	2,7	3,4	2,3	1,5	1,5	2,2	2,8	3,3	2,3	1,2
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,7	0,6	1,5	1,5	0,5	0,4	0,7	0,6	0,7	1,3	0,9	0,6
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,3	0,4	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,1	0,3	0,5
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	2,8	2,9	3,4	3,2	3,6	3,5	2,9	3,2	3,6	2,9	3,6	3,7
S (mg dm ⁻³)	3,0	2,0	1,0	1,8	2,0	3,0	1,0	1,5	2,0	2,0	3,0	2,0
B (mg dm ⁻³)	0,3	0,6	0,4	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	0,8
Cu (mg dm ⁻³)	2,6	2,4	2,8	2,3	2,1	1,4	1,6	1,8	2,2	1,6	1,8	2,2
Fe (mg dm ⁻³)	32,0	43,0	22,0	54,0	65,0	32,0	98,0	54,0	33,0	45,0	78,0	22,0
Mn (mg dm ⁻³)	14,0	23,0	15,0	13,0	18,0	22,0	23,0	25,0	29,0	34,0	22,0	19,0
Zn (mg.dm ⁻³)	2,3	3,4	3,3	2,8	1,8	2,3	2,2	3,4	2,3	1,8	1,9	2,3

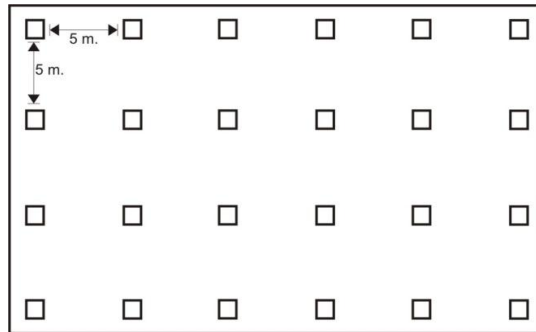
L – amostra localizada, retirada no coroamento da planta G – amostra geral, retirada da área.

2.2.2 Amostragem das palmeiras no campo

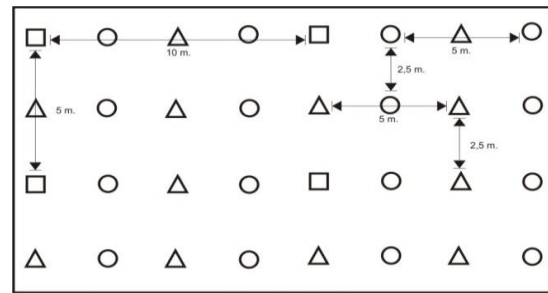
Para seleção das palmeiras, foram considerados alguns critérios, visando coletar plantas homogêneas, os quais foram: palmeiras localizadas na mesma parcela, representativas da idade, uniformes, nutridas, sadias e bem desenvolvidas. Foram amostradas quatro palmeiras para cada idade de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 anos, sendo coletada a planta “mãe”, a mais desenvolvida. Com exceção dos açaizeiros com dois anos de idade, os demais foram coletados em consórcios com outras espécies. Os açaizeiros com três anos, consorciados com pimenteira-do-reino e cacaueiro, com quatro anos com cupuaçuzeiro, com cinco anos com cacaueiro, com seis anos com teca e cupuaçuzeiro e com sete anos de idade com paricá e cupuaçuzeiro. No segundo ano de idade foram coletados os folíolos, estipe, flecha e pecíolo + ráquis, no terceiro ano todos os órgãos citados mais o meristema e a partir do terceiro ano, mais frutos e engaços (Figura 2).

2.2.3 Obtenção e preparo das amostras

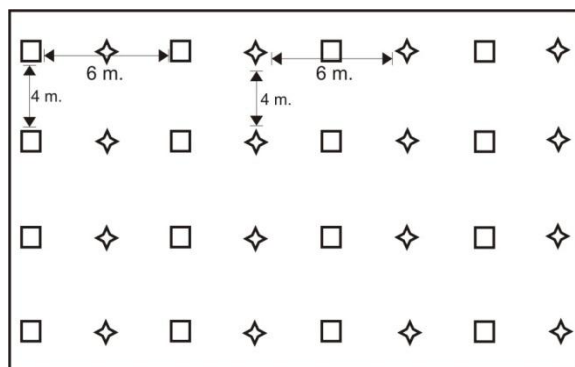
Cada componente do açazeiro foi coletado separadamente e posto sobre lonas. Em seguida, com auxílio da balança obteve-se o peso da massa fresca total de cada órgão (Figura 3). Posteriormente retirou-se uma amostra representativa de peso conhecido. Essa amostra após limpeza com água destilada foi acondicionada em saco de papel kraft e levada para secar em estufa de ventilação forçada de ar, regulada para operar na temperatura de 70⁰ C, até atingir peso de massa constante. Obtiveram-se desta forma, as massas secas das amostras dos diferentes componentes do açazeiro.

Figura 2 (a)

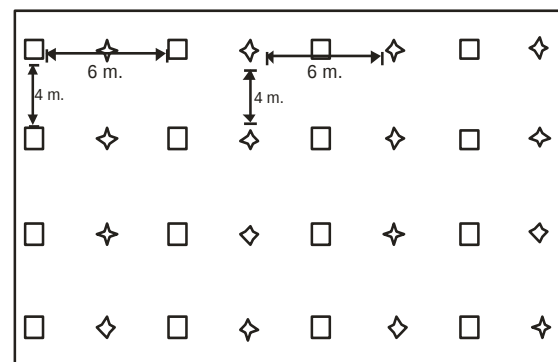
Legenda: □ Açaí 5x5

Figura 2 (b)

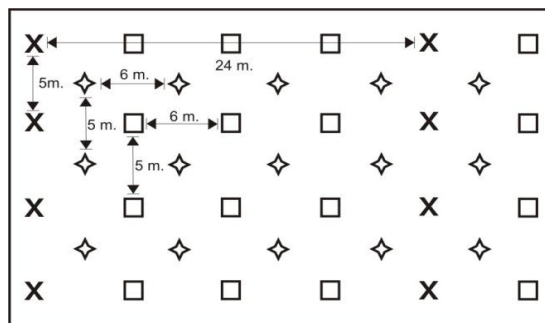
Legenda: □ Açaí 10x5
△ Cacaú 5x2,5
○ Pimenta 5x2,5

Figura 2 (c)

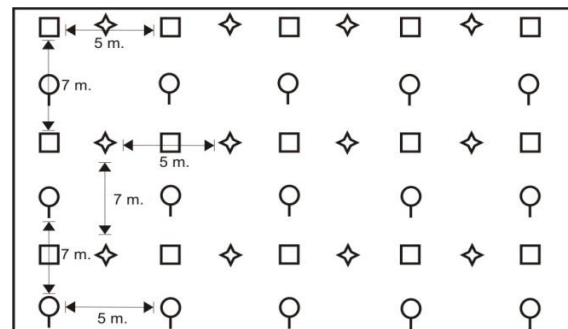
Legenda: □ Açaí 6x4
◇ Cupuaçu 6x4

Figura 2 (d)

Legenda: □ Açaí 6x4
◇ Cacaú 6x4

Figura 2 (e)

Legenda: □ Açaí 5x5
X Teca 24x5
◇ Cupuaçu 6x5

Figura 2 (f)

Legenda: □ Açaí 5x7
◇ Cupuaçu 5x7
○ Paricá 5x7

Figura 2 (a) Croqui de plantas de açaí com 2 anos de idade; **(b)** Croqui da associação de plantas de açaí com 3 anos com pimenteira-do-reino e cacaueiro; **(c)** Croqui da associação de plantas de açaí com 4 anos e cupuaçuzeiro; **(d)** Croqui da associação de plantas de açaí com 5 anos e plantas de cacaueiro; **(e)** Croqui da associação de plantas de açaí com 6 anos com plantas de teca e cupuaçuzeiro; **(f)** Croqui de associação de plantas de açaí com 7 anos e plantas de paricá e cupuaçuzeiro.



Figura 3: Coleta e pesagem dos componentes do açazeiro (a) estipe, (b) meristema, (c) pecíolo + ráquis, (d) folíolos, (e) flechas, (f) engaços, (g) frutos.

2.2.4 Determinação dos teores de macro e micronutrientes

As determinações dos teores de macro e micronutrientes no tecido vegetal foram realizadas no Laboratório de Plantas da Universidade Federal de Lavras – UFLA, seguindo-se os métodos descritos por (Malavolta et al., 1997). O nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl; o fósforo por colorimetria de metavanadato e da Azometina-H, o potássio pela fotometria de chama; o cálcio, magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica.

2.2.5 Delineamento experimental e variáveis estudadas

Para efeito da análise estatística foram computados os dados obtidos das variáveis estudadas, e como não havia repetições foi usada à interação idade (anos) versus valores das variáveis como resíduo (Gomes, 1977). As variáveis utilizadas para avaliar os tratamentos foram: produção de massa seca, teores, acúmulos e exportação de macro e micronutrientes. As quantidades acumuladas de nutrientes nos diferentes componentes do açazeiro, para cada

idade, foram estimadas multiplicando-se o teor de cada nutriente pelo valor da massa seca de cada órgão. O acúmulo total dos nutrientes se deu pela soma das quantidades de todos os órgãos, a exportação de nutrientes foi a soma dos frutos e engãos, a quantidade imobilizada de nutrientes foi a soma das quantidades obtidas no estipe, flechas e meristema e o reciclado foi a soma das quantidades do pecíolo + ráquis e folíolos.

As análises estatísticas de variância foram realizadas pelo programa SISVAR. Obtido o nível de significância das variáveis foram determinadas as equações de regressão que melhor ajustaram-se os dados obtidos em função das idades.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Crescimento de plantas de açazeiro

2.3.1.1 Produção de massa seca

A produção em percentual de massa seca nos diferentes órgãos da planta, em função da idade, encontra-se na Figura 4. A comparação entre as médias através do teste de Tukey mostrou um comportamento com subidas e descidas na produção de massa seca dos órgãos, com o decorrer dos anos nas palmeiras. Nota-se que a produção de massa seca em todos os órgãos do açazeiro mostrou diferença significativa no decorrer dos anos, reduzindo os valores de todos os componentes no sétimo ano da pesquisa, com exceção do estipe que aumentou em todos os anos da pesquisa, diferente da pesquisa realizada por Viégas (1993), em plantas de dendezeiro de dois a oito anos de idade, onde a massa seca de todos os órgãos do dendê aumentou em todos os sete anos da pesquisa. Dentre todos os órgãos, o estipe que obteve maior produção de massa seca com $36178,93 \text{ g planta}^{-1}$, correspondendo a 71,03% da massa seca total da planta (Figura 4).

A comparação entre os resultados da produção de massa seca do açazeiro, com o dendezeiro mostram que a massa seca do estipe do dendezeiro é 4,46 vezes superior o estipe da planta mais desenvolvida da touceira do açazeiro do segundo ao sétimo ano desta pesquisa (VIÉGAS, 1993). No terceiro ano, as plantas de açazeiro obtiveram redução na produção de

massa seca, pois no arranjo deste ano estão consorciadas com pimenta-do-reino e cacau, possibilitando uma concorrência por nutrientes do solo entre as plantas, desfavorecendo o crescimento do açaizeiro, pois no quarto ano onde o açaizeiro está consorciado apenas com cupuaçuzeiro, o mesmo continuou aumentando seu crescimento até o sétimo ano da pesquisa.

Os folíolos coletados de plantas de segundo ano desta pesquisa mostraram produção de massa seca de $545,65 \text{ g planta}^{-1}$ que comparada aos obtidos por Gonçalves (2004), com mudas de açaizeiro com doze meses de idade, em condições de casa de vegetação é inferior 21,01 vezes a produção de massa seca desta pesquisa. No entanto Viégas et al, (2009) trabalhando com mudas em vasos, porém utilizando como substrato o solo, concluíram maior produção de massa seca nas folhas com $51,39 \text{ g planta}^{-1}$, mostrando uma diferença em um ano de produção de massa seca de 10,61 vezes abaixo aos resultados de produção de massa seca desta pesquisa. No quarto ano a produção de massa seca dos folíolos foi de $3003,56 \text{ g planta}^{-1}$, que comparado aos resultados obtidos por Nogueira e Conceição (2000), trabalhando com plantas de açaizeiro na várzea do município de Igarapé-Miri, obtiveram produção de massa seca de plantas de açaizeiro em regeneração após quatro anos do corte do palmito de $4490 \text{ g planta}^{-1}$, portanto 1,49 vezes maior sua produção de massa seca de folíolos, pois se acredita que esta superioridade se dá por estas plantas terem maior idade e por estarem no seu habitat natural, proporcionado pela água e nutrientes que são absorvidos pelo no sistema radicular, pelo encher e vaziar das marés.

A produção de massa seca total foi sempre ascendente com o decorrer dos anos, atingindo o total de $50,93 \text{ kg planta}^{-1}$ no sétimo ano, os estipes representam 71%, e os folíolos, somente 8% (Figura 4 e 5). Desta forma Nogueira e Conceição (2000) obtiveram percentuais aproximados em plantas de açaizeiro com quatro anos, onde o estipe representou 73,3% e os folíolos 10,5% da massa seca total de açaizeiros.

Os componentes pecíolo+ráquis, flecha, meristema, engãos e frutos, embora apresentem aumento na produção de massa seca no decorrer dos anos, obtiveram redução no sétimo ano, pois as plantas de açaizeiro do 3º ao 7º ano estão consorciadas em arranjos diferentes, porém no 7º ano o consórcio com paricá e cupuaçuzeiro favoreceu bastante estas plantas. O paricá em média com 1,05 m de circunferência e o cupuaçuzeiro em produção, concorrendo por água e nutrientes com o açaizeiro.

A distribuição percentual de massa seca nos componentes do açaizeiro, contida na Figura 4, mostra redução de percentual de massa seca total com a idade de componentes da copa (pecíolo + ráquis, folíolos e flechas), atingindo valores mais elevados até o quarto ano e os valores mínimos de 13,53% no sétimo ano. Por outro lado, essa redução no peso da massa

seca da copa refletiu-se em uma maior acumulação de massa seca total do terceiro ao sétimo ano do experimento.

As equações de regressão com os respectivos coeficientes de regressão (R^2) para produção de massa seca total e nos diversos órgãos de plantas de açaizeiro, com idades de 2 a 7 anos, são observadas na Figura 5 e 6. As curvas obtidas evidenciam que o peso da massa seca dos estipes é o principal fator que determina o peso da massa seca total, no decorrer dos consórcios feitos em função dos anos.

Aos sete anos de idade os açaizeiros se encontram em plena produção de frutos, com a produção de massa seca obedecendo a seguinte ordem decrescente: estipe > folíolos > pecíolo + ráquis > râquis > meristema > frutos > engaços > flecha.

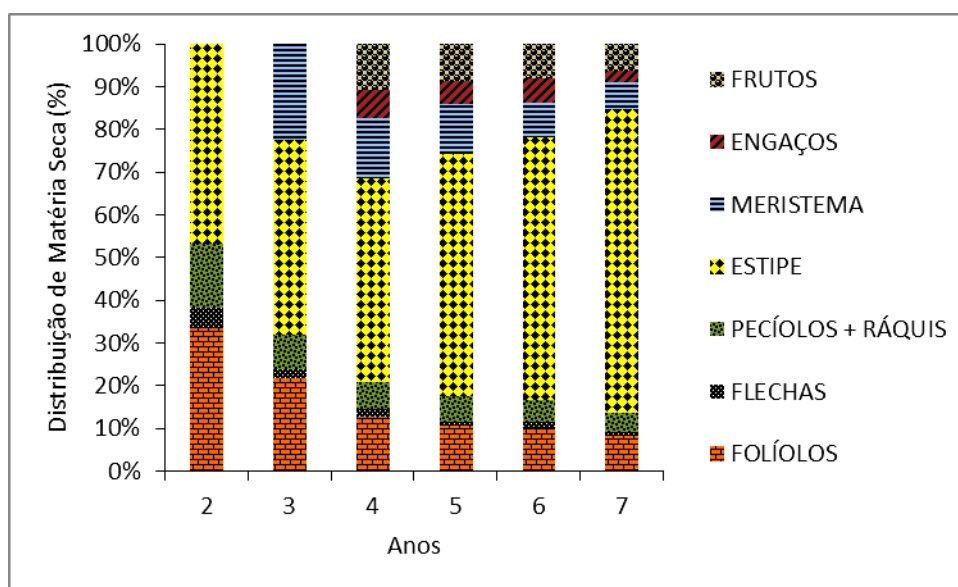


Figura 4: Distribuição percentual de massa seca total nos diferentes componentes do açaizeiro, em função da idade.

Analisando-se os resultados de produção da massa seca total, percebeu-se que houve aumento no decorrer das idades dos açaizeiros, sendo que, o maior incremento, de 15,70 kg por planta ocorreu entre o quarto e quinto ano e, o menor, entre o sexto e sétimo ano de 4,77 kg por planta⁻¹, pois no quinto o consórcio é feito apenas com o cacaueiro e no sétimo ano o consórcio é feito com o cupuaçuzeiro e o paricá havendo maior competição com o açaizeiro. Desta forma o incremento está integralmente ligado à produção de massa seca do estipe, onde isso se torna mais evidente no decorrer dos anos pelo aumento do número de estipes no plantio, pois se o consórcio inibir o desenvolvimento dos estipes laterais, a produção de massa seca total do açaizeiro reduzirá drasticamente. Com base nos resultados obtidos por Viégas (1993), verifica-se que as plantas de dendezeiro possuem de 6 a 8 vezes mais matéria seca que

as plantas de açazeiro, porém estimada por hectare se equivalem, pois o número de plantas de dendezeiro são inferiores de 6 a 10 vezes a quantidade de plantas de açazeiro por hectare. A equação de regressão que melhor explicou o comportamento da massa seca total em função da idade foi a do primeiro grau. A maior produção de massa seca no açazeiro ocorreu aos sete anos de idade de 50,93 kg por planta⁻¹, que é 5,98 vezes inferior a obtida no dendezeiro com a mesma idade (Viégas, 1993).

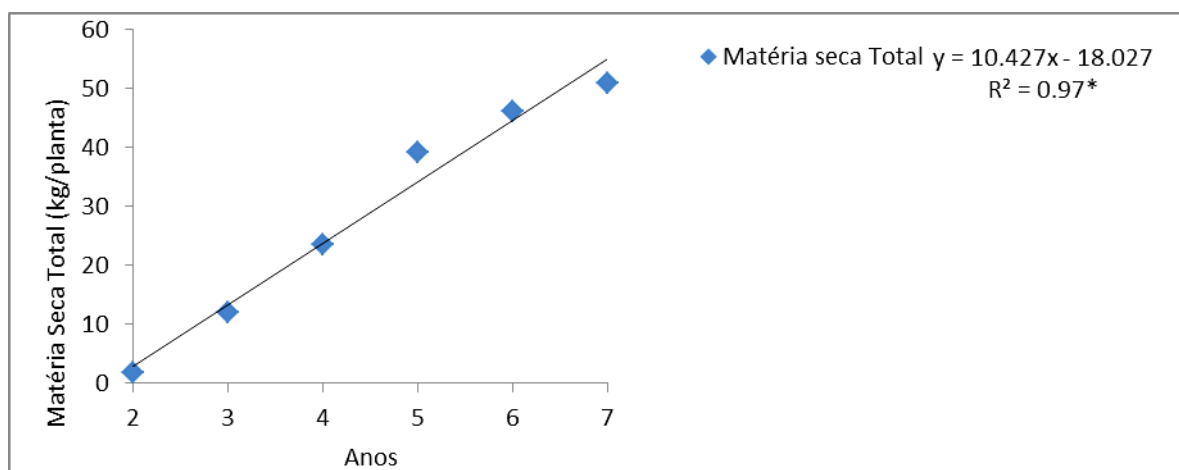


Figura 5: Produção de matéria seca total no açazeiro, em função da idade.

Nas condições de Tomé Açú, local de realização da pesquisa, identificou-se o Latossolo Amarelo de baixa fertilidade natural (Tabela 2), e o plantio de açazeiro está sendo mantido com adubações de fundação e de cobertura, conforme especificado na metodologia. Aliado a esse fato há também o período de seca que tem influencia marcante no crescimento do açazeiro. Desta forma perceberam-se plantas com oscilação de baixo e ótimo desenvolvimento vegetativo e de produção. SOUSA, (2006) em plantas de açazeiro na capoeira no Município de Bragança, verificou que em períodos de seca ocorreu redução no crescimento, concordando com esta pesquisa, pois os órgãos, com exceção do estipe tiveram crescimento reduzido no consórcio do sétimo ano e a precipitação pluviométrica neste ano foi reduzida de julho a outubro, fazendo com que as plantas sentissem bastante a falta de água e alta temperatura, reduzindo seu crescimento. Aos 5,3 anos o meristema chegou ao seu ápice de produção de massa seca, com 4184,31 g planta⁻¹, o engaço e os frutos chegaram a sua máxima produção de massa seca total aos 5,48 e 5,82 anos com 2430,46 e 3712,33 g planta⁻¹, respectivamente. O açazeiro é acostumado com regiões de marés, que beneficiam na sua enchente e vazante a irrigação para o açazeiro, pois Homma et al., (2007) avaliando o custo operacional da irrigação para o açazeiro, oportunizando de 100 a 120 litros de

água/touceira/dia de açaí, faz com que se reavalie o sistema de produção para o açaizeiro, mostrando o benefício da irrigação para esta palmeira.

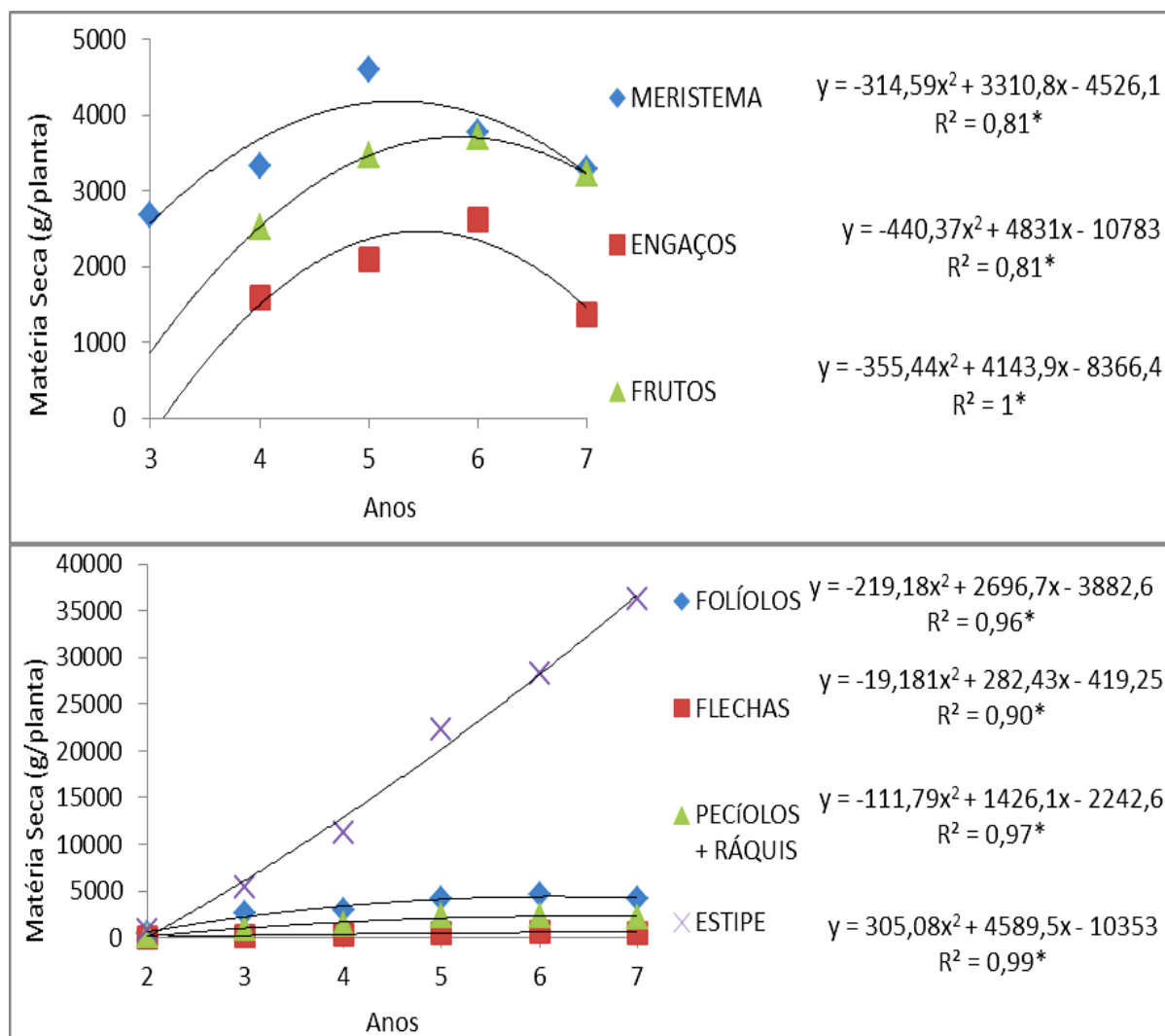


Figura 6: Equações de regressão do acúmulo de matéria seca nos diferentes componentes do açaizeiro, em função da idade.

2.3.2 Teores de macronutrientes

Os teores de macronutrientes obtidos neste trabalho estão, de maneira geral, em desacordo com os teores foliares encontrados em trabalhos com açaizeiro, dendezeiro e pupunheira. Tem sido observado que teores de nutrientes são variáveis em função das condições edafoclimáticas, manejo da cultura, características do cultivar, métodos de amostragem, entre outros (COELHO, 2004). Tem-se na Tabela 3 comparações dos resultados

dos teores foliares dos macronutrientes obtidos no presente estudo, e os determinados por alguns autores para família Arecaceae.

Tabela 3: Comparação entre teores foliares de nutrientes, nos tratamentos completos e deficientes, em açazeiro, dendezeiro e pupunheira.

Teor foliar									
Nutrientes	A ¹	C ²	D ²	C ³	D ³	C ⁴	D ⁴	C ⁵	D ⁵
	Açaizeiro	Dendezeiro		Pupunheira		Açaizeiro		Açaizeiro	
N (g kg ⁻¹)	13,12	27,5	26,5	30,7	10,1	12,07	4,42	19,39	11,16
P (g kg ⁻¹)	0,98	2,7	2,6	3,4	1,0	0,95	0,40	1,69	0,63
K(g kg ⁻¹)	4,56	0,9	0,55	27,8	4,7	3,17	0,90	9,42	2,28
Ca (g kg ⁻¹)	1,85			12,7	2,6	3,32	3,1	12,71	4,73
Mg(g kg ⁻¹)	0,46	2,5	1,0	3,5	0,9	1,80	1,70	6,44	2,08
S (g kg ⁻¹)	1,9	1,8	0,8			1,00	0,80	0,43	0,4

A¹ = adubação NPK; C = completo; D= deficiente: ⁽¹⁾ Teores de plantas de dois anos obtidos neste trabalho. (1992); ⁽²⁾ Viégas e Botelho (2000); ⁽³⁾ Silva e Falcão (2002); ⁽⁴⁾ Meireles (2003); ⁽⁵⁾ Gonçalves (2004).

2.3.2.1 Teor de nitrogênio

Os resultados dos teores de nitrogênio nos órgãos de açazeiro, em função da idade, são apresentados na Figura 7. Os teores mais altos foram observados nos folíolos que variaram de 17,6 g kg⁻¹ no sexto ano a 25,0 g kg⁻¹ de N no sétimo ano e os mais baixos no pecíolo + ráquis no sexto e sétimo ano com 3,5 e 3,7 g kg⁻¹, respectivamente. Silva e Falcão (2002) pesquisando sobre limitações nutricionais em mudas de pupunheira, verificaram plantas pouco desenvolvidas no tratamento com omissão de nitrogênio, alcançando o teor foliar de 10,1 g kg⁻¹ de N, estando bem abaixo do valor obtido nesta pesquisa para plantas com 2 anos de idade, cujo o teor foi de 13,1 g kg⁻¹ de N. Viégas (1993) verificou que o componente da copa do dendezeiro, os folíolos foram os que apresentaram teores mais elevados de nitrogênio, com 23,8 g kg⁻¹ no quarto ano e 23,0 g kg⁻¹ no sexto ano, superando inclusive, as do estipe, enquanto os pecíolos e ráquis foram os mais baixos teores de nitrogênio. Os teores foliares de nitrogênio em dendezeiros através de dados de diversos autores variam normalmente de 23,0 g kg⁻¹ a 30,0 g kg⁻¹ de N, devido à idade e o meio. O nível crítico estabelecido para o dendezeiro em plantas com menos de dez anos é de 27 g kg⁻¹ de N, estando um pouco acima do maior teor determinado em plantas de açazeiro nesta pesquisa com 25,0 g kg⁻¹ de N no sétimo ano.

Gonçalves (2004) e Viégas et al., (2009) em plantas jovens de açaizeiro, verificaram que o teor de nitrogênio nos folíolos de toda planta no tratamento completo foi de 19,3 e 15,6 g kg⁻¹ de N e com a omissão de nitrogênio de 11,1 e 12,5 g kg⁻¹ de N respectivamente, os quais estão bem acima dos teores de plantas com dois anos de idade desta pesquisa (Tabela 2). Entretanto, deve-se ressaltar que os teores do referente trabalho correspondem aos folíolos de toda a planta, enquanto o ótimo, recomendado refere-se aos folíolos da folha média do açaizeiro.

De um modo geral a sequência decrescente dos teores de nitrogênio nos órgãos de açaizeiro foi: folíolos > flecha > engãos > frutos > meristema > estipe > pecíolos + ráquis e no dendezeiro a sequência decrescente dos teores de nitrogênio foi: folíolos > inflorescências masculinas > flechas > estipe > frutos > pedúnculos > espiguetas > pecíolo > ráquis, não obedecendo à mesma sequência do açaizeiro (Viégas, 1993). Essas variações nos teores de nitrogênio e nos demais nutrientes já era esperada, devido à influência de vários fatores como: órgãos da planta constituídos por diversos tecidos, idade, clima, interação entre os elementos, manejo cultural, entre outros.

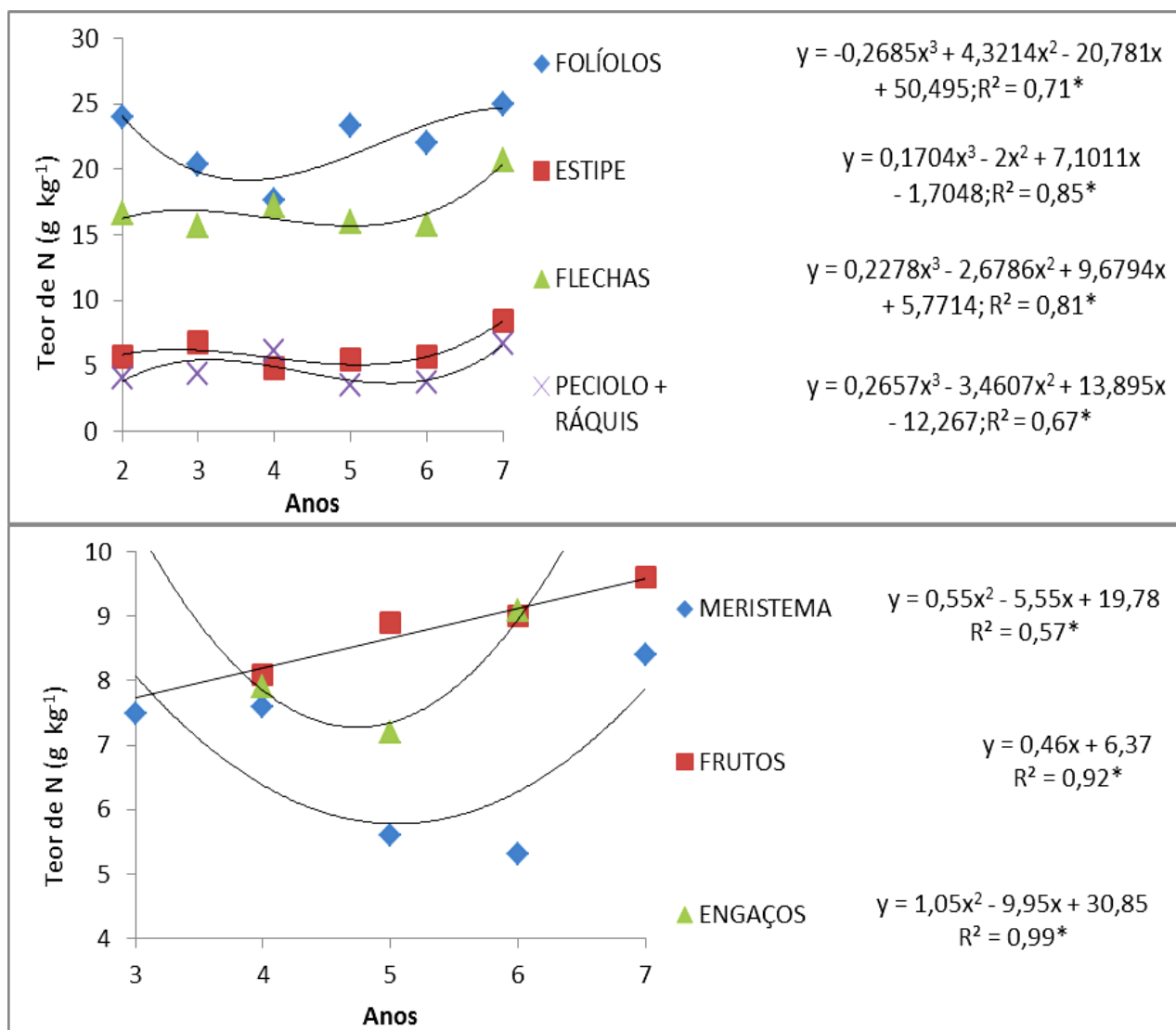


Figura 7: Teores de nitrogênio em órgãos de açaizeiro em função da idade.

Nos primeiros anos de vida da planta, o consumo de nitrogênio é relativamente baixo, após esse período, no decorrer dos anos a absorção acelera devido às necessidades da planta e o consumo aumenta, conforme o observado na (Figura 8). Confrontando-se os acúmulos de nitrogênio em plantas de dendezeiro no sétimo ano obtido no Município do Moju, Estado do Pará por Viégas (1993), com os de nitrogênio do presente trabalho, constata-se neste mesmo ano o acúmulo do nitrogênio nos componentes de dendezeiro foi 9,93 vezes maior nos folíolos, 4,63 no estipe, 26,21 no pecíolo + ráquis. Por outro lado se considerar o açaizeiro em touceiras (três plantas/touceira), a relação de acúmulo de nitrogênio a favor do dendezeiro diminuirá para 3,31 vezes para os folíolos, 8,73 para pecíolo + ráquis e 2,89 para o estipe. No açaizeiro no decorrer dos anos da pesquisa, o acúmulo de nitrogênio foi até 2,11 vezes maiores no estipe em relação aos folíolos e 16,84 vezes maior no estipe em relação à flecha.

De modo geral, a sequência do acúmulo de nitrogênio para o açaizeiro foi: estipe > folíolos > frutos > meristema > engaços > pecíolo + ráquis > flecha, discordando da ordem de acúmulo do dendezeiro determinada por Viégas (1993), folíolos > estipe > pecíolos > frutos > ráquis > espiguetas > inflorescências masculinas > flechas > pedúnculos > meristema.

A análise de regressão mostrou que, a quantidade acumulada de nitrogênio, em função da idade para estipe, folíolos, frutos podem ser estimadas por equações do segundo grau. Nesta equação pode-se demonstrar que no sexto ano os frutos demandaram o seu máximo de nitrogênio, com 33,89 g planta⁻¹. Para meristema, engaços, pecíolo + ráquis, foi estimado por equações do terceiro grau e a flecha por equação do primeiro grau (Figura 8). A equação do terceiro grau para meristema, engaço e pecíolo + ráquis, pode ser explicada pelo fato das plantas de açaizeiro estar em seis arranjos diferentes, onde no segundo ano o sistema é solteiro e a partir do terceiro ano é consorciado com espécies florestais e frutíferas que necessitam de nitrogênio para seu crescimento vegetativo, desta forma o meristema no sexto ano decresce a quantidade acumulada de nitrogênio, pois a teca e o cupuaçuzeiro que fazem parte do sistema, estão demandando em conjunto o nutriente e no sétimo temos o paricá e o cupuaçuzeiro, porém neste ano, os níveis de acúmulo de nitrogênio sobem devido a desgalha do paricá ter acontecido no ano anterior favorecendo matéria orgânica para este solo riquíssima em nitrogênio para as plantas deste sistema.

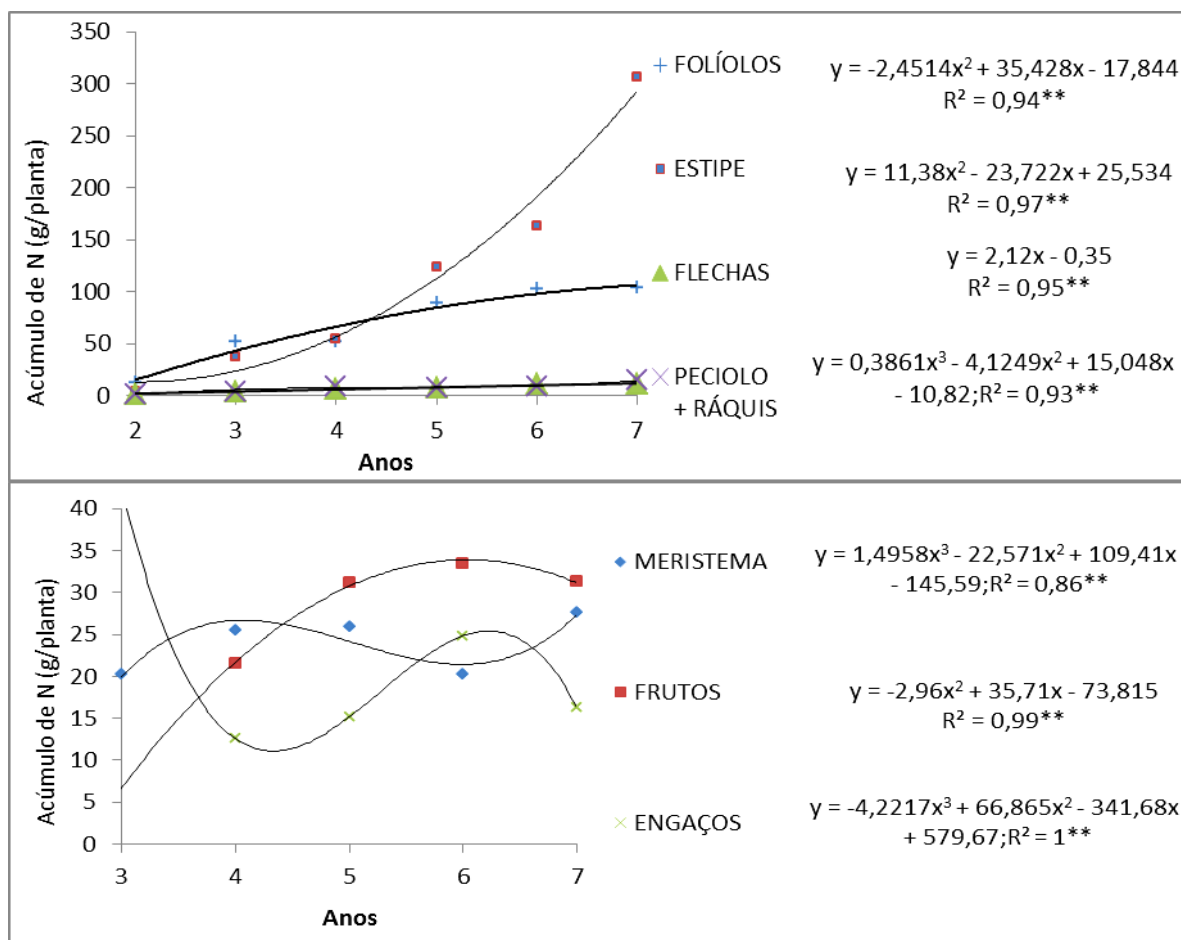


Figura 8: Acúmulo de nitrogênio em órgãos de açaizeiro em função da idade.

Observa-se que a acumulação de nitrogênio em todos os componentes aumentou com o transcorrer da idade, destacando-se, no sétimo ano, o estipe com $306,24 \text{ g planta}^{-1}$ e os folíolos com $103,77 \text{ g planta}^{-1}$ de N. A maior quantidade de nitrogênio acumulada foi nos folíolos até o terceiro ano, com 44,45% do N acumulado pela planta, porém a partir do quarto ano, essa dominância passou a ser exercida pelo estipe, com 29,81 % do N acumulado neste ano (Figura 9). Fica, portanto demonstrada a importância do estipe como grande armazenador de nitrogênio, até o terceiro ano. Desta forma a prática utilizada nos açaizais, de depositar nas linhas as folhas cortadas, a exemplo a cultura do dendezeiro que utiliza esta prática há décadas, proporcionando desta forma, uma ajuda no fornecimento de matéria orgânica e consequentemente de nutrientes dentre os quais o nitrogênio. O acúmulo de nitrogênio foi sempre superior nas folhas e estipe em relação aos demais órgãos do açaizeiro. No sétimo ano o estipe obteve 59,68% do N da planta de açaizeiro, bem próximo dos resultados obtidos por Viégas (1993) que constatou dominância de 57% do N na copa do dendezeiro no quinto ano de plantio. Os frutos obtiveram o seu ponto máximo de acúmulo de nitrogênio no 5,97 anos, com $32,80 \text{ g planta}^{-1}$ de N.

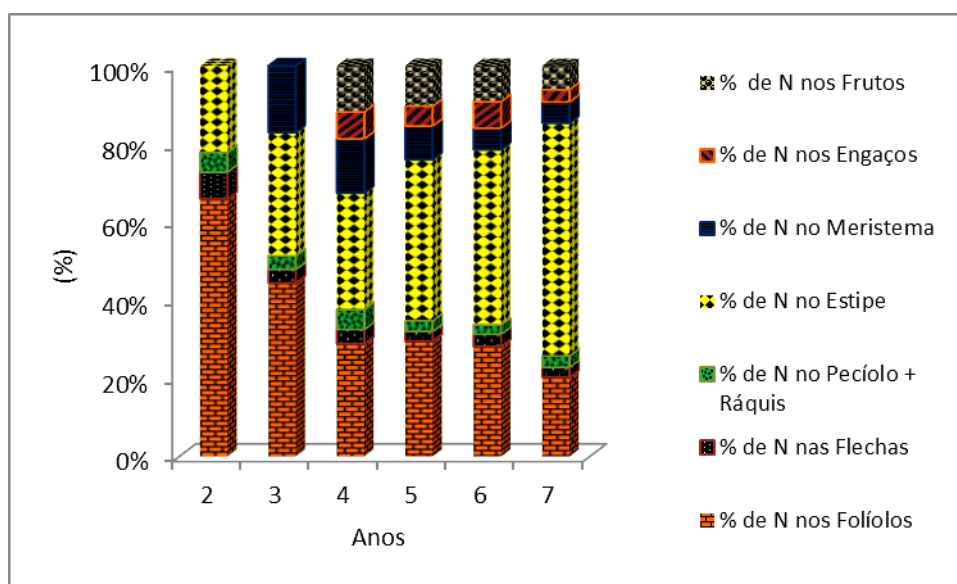


Figura 9: Distribuição em porcentagem do nitrogênio acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.

2.3.2.2 Teor de fósforo

Os teores de fósforo nos folíolos variaram de $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ de P, obtidos no quarto e sétimo anos a $1,8 \text{ g kg}^{-1}$ de P, no segundo e terceiro anos. Os teores mais altos de fósforo foram observados na flecha com $2,52 \text{ g kg}^{-1}$ de P, no sétimo ano (Figura 10). Conforme pesquisa realizada por Viégas (2009) em plantas de açaizeiro, no tratamento completo, sem deficiência de fósforo, o teor foi de $0,70 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto com a omissão deste nutriente, o teor foi de $0,40 \text{ g kg}^{-1}$ de P, estando bem abaixo dos teores obtidos nesta pesquisa, porém, Gonçalves (2004), encontrou teores nos folíolos de açaizeiro de $1,69 \text{ g kg}^{-1}$ de P no tratamento completo, bem aproximado aos resultados desta pesquisa. Rodrigues (1993), no médio Amazonas, em plantas de dendezeiro obteve de $1,3$ a $1,8 \text{ g kg}^{-1}$ de P praticamente os mesmos teores de fósforo desta pesquisa com açaí, obtendo aumento de produção de cachos de dendezeiro com a aplicação de superfosfato triplo (SPT), do quarto ao sétimo ano da pesquisa, variando de $5,15 \text{ t}$ de cachos frescos/ha (aplicação de 500 g de SPT /planta) e, no quinto e sexto ano, de $13,37 \text{ t}$ de cachos frescos/ha (aplicação de 1500 g de SPT/planta). Observou-se, desta forma, a importância da adubação fosfatada para produção de cachos da família Arecaceae e a variação no teor de fósforo nos demais componentes, no transcorrer da idade da planta. Isso demonstra a crescente demanda deste nutriente pelo açaizeiro, pois as variações no teor deste nutriente, no solo desta pesquisa, favorecem um desbalanço nutricional e dificultam uma melhor absorção de fósforo pela planta. Os teores ótimos de fósforo indicados

para o crescimento das plantas oscilam entre 3 a 5 g kg⁻¹ de P, do peso da massa seca (MARSCHNER, 2005). Percebe-se que todos os órgãos do açaizeiro desta pesquisa estão com nível de fósforo abaixo desta faixa ótima indicada pelo autor citado.

Com exceção dos folíolos, os teores no estipe e pecíolo + ráquis, foram estimados por equações do terceiro grau, pelos mesmos motivos do acúmulo de nitrogênio. A análise de regressão mostrou que a equação que melhor estimou o comportamento dos teores de fósforo para cada órgão, em função da idade, foi a do segundo grau. A ordem decrescente do teor de fósforo nos órgãos de açaizeiro foi: flecha > meristema > folíolos > estipe > frutos > engaos > pecíolo + ráquis. Dentre os formadores da copa, a flecha e os folíolos se apresentaram como 1º e 3º órgãos com os mais altos teores de fósforo, fornecendo indicações da importância e necessidade deste elemento para formação do açaizeiro. Neste caso, acorda com os resultados obtidos por Viégas (1993), que verificou dentre os componentes da copa do dendezeiro: meristema, flechas e folíolos se apresentaram com os mais altos teores de fósforo.

O fósforo é um dos nutrientes mais deficientes nos solos brasileiros, principalmente aos problemas de fixação em solos ácidos e com alto teor de ferro e alumínio (SANCHEZ, 1981). Nos solos cultivados, o conteúdo total de fósforo é variável de acordo com a região climática. Como exemplo, nos Estados Unidos é da ordem de 620 mg dm⁻³, ao passo que, na Austrália, o teor médio é de 360 mg dm⁻³ (BACKER, 1975). Isso demonstra que nos solos tropicais, as perdas são maiores devidos à alta intemperização das rochas, consequência de temperaturas altas e da perda por lavagens na região de alta pluviosidade. O fósforo tem se mostrado indispensável para cultura do açaizeiro no Estado do Pará, necessitando de atenção especial, pelo fato da grande maioria dos solos paraenses serem pobres nesse nutriente. Neste trabalho percebe-se através dos dados da Tabela 1, grande variação de fósforo no solo, área com nível baixo de fósforo com 3 mg dm⁻³ e outra área com nível alto com 39 mg dm⁻³ de P, como consequência do efeito residual da aplicação de fertilizante fosfatado. Como agravante da situação esses solos apresentam alta capacidade de fixação de fósforo (Viégas, 1993), necessitando de calagem. Silva (2009) estudando o efeito da calagem em plantas jovens de açaizeiro, verificou que não houve diferença estatística entre os tratamentos de aumento da saturação por bases (10%, 20%, 30%, 40% e 60%), combinada com o aumento das doses de fósforo (0, 25, 50, 75) mg kg⁻¹ de P no teor de fósforo nas folhas, constatando que com o aumento da saturação por bases, o solo não disponibilizou mais fósforo para absorção das raízes, provavelmente em função dos valores de pH não terem atingido uma faixa de 5,5, a 6,0, considerados necessários para que os nutrientes estejam disponíveis às plantas, pois o menor teor de fósforo encontrado foi de 0,70 g kg⁻¹ de P na saturação por bases de 10% e

aplicação de 0 mg kg⁻¹ de dose de fósforo e o seu maior teor de 0,97 g kg⁻¹) de P no tratamento saturação por bases de 60% e dose de fósforo de 50 mg kg⁻¹.

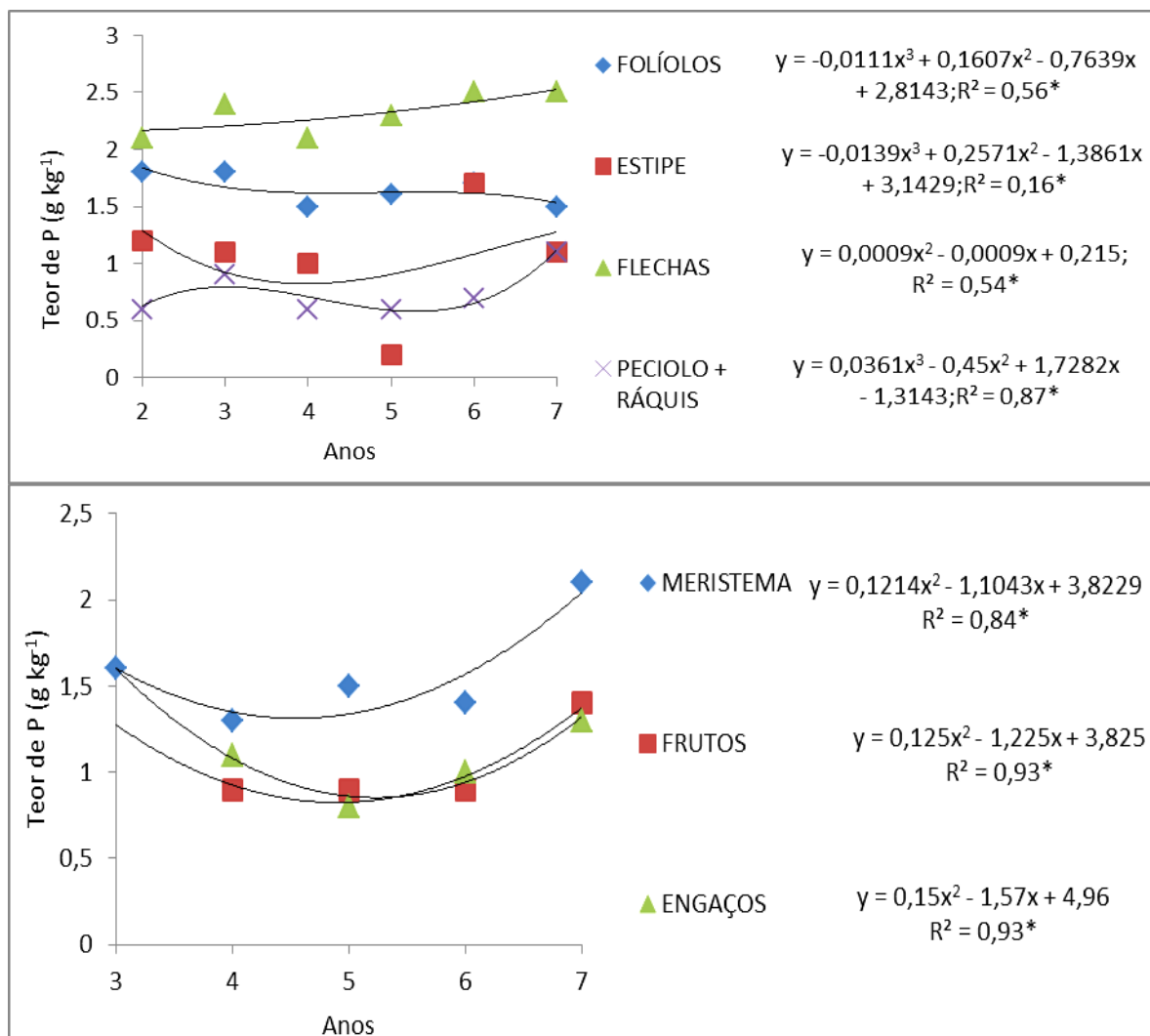


Figura 10: Teores de fósforo em órgãos de açaizeiro em função da idade.

O fósforo é um elemento de mobilidade muito baixa no solo e de mobilidade muito alta na planta (RAIJ, 1987).

O resultado do acúmulo de fósforo em diferentes partes da planta de açaizeiro encontra-se na Figura 11. A quantidade de fósforo acumulado de forma geral aumentou com idade, sendo que, diferente do nitrogênio o seu maior acúmulo ocorreu no sexto ano, proporcionado pelo estipe, com 48,26 g planta⁻¹ de P, correspondendo a 67% do total de P da planta, enquanto o menor acúmulo ocorreu no pecíolo + ráquis com 0,14 g kg⁻¹ de P no segundo ano, correspondendo a 5,9 % do total de fósforo na planta no mesmo ano (Figura 10 e 11). Comparando os valores do acúmulo de fósforo no estipe, do presente trabalho com Viégas, (1993) em plantas de dendezeiro, na idade correspondente, ou seja, no sexto e sétimo ano, verifica-se que foram de 1,3 e 3 vezes maior, porém se considerarmos que o cultivo do

açazeiro é em touceira com recomendação de até três plantas, teremos valores de acúmulo de fósforo do estipe na touceira do açazeiro no sexto ano, com $144,78 \text{ g planta}^{-1}$ de P contra $66,12 \text{ g planta}^{-1}$ de P nas plantas de dendezeiro.

O estipe apresentou marcante acumulação de fósforo, do segundo ao sétimo ano desta pesquisa, perdendo esta supremacia apenas no quinto ano desta pesquisa, para os folíolos com 24,79 % de P contra 20,25 % de P do estipe neste ano (Figura 12).

Chama atenção, o recrutamento de fósforo pelos frutos, chegando a corresponder, no quinto ano, em até 13,30% de P, em relação aos demais componentes da planta, demonstrando de imediato, a importância desse nutriente para a sua formação. Comparando-se os valores percentuais de acúmulo nos frutos com Viégas (1993), verifica-se que a demanda de fósforo pelos frutos do dendezeiro na média das idades foi até 10% de P em relação aos demais componentes da planta, mostrando que tanto para açazeiro como para dendezeiro a demanda de fósforo pelos frutos é alta e sabendo que o mesmo é colhido ou exportado do sistema, a reposição desse nutriente pela adubação assume grande importância. No geral, a ordem decrescente no acúmulo de fósforo foi: estipe > folíolos > meristema > frutos > engãos > pecíolos + ráquis > flecha e no dendezeiro o acúmulo seguiu uma ordem aproximada do açazeiro que foi: estipe > folíolos > frutos > pecíolos > inflorescências masculinas > ráquis > espiguetas > flechas > meristema = pedúnculos (VIÉGAS, 1993).

Nota-se que, a quantidade acumulada de fósforo nos componentes do açazeiro pode ser estimada por equações do terceiro grau para estipe, flecha, pecíolo + ráquis, meristema e engão; para folíolos pode ser estimado pela equação do segundo grau e para os frutos do primeiro grau (Figura 11), o que demonstra que a demanda de P para este órgão é crescente até a idade de sete anos.

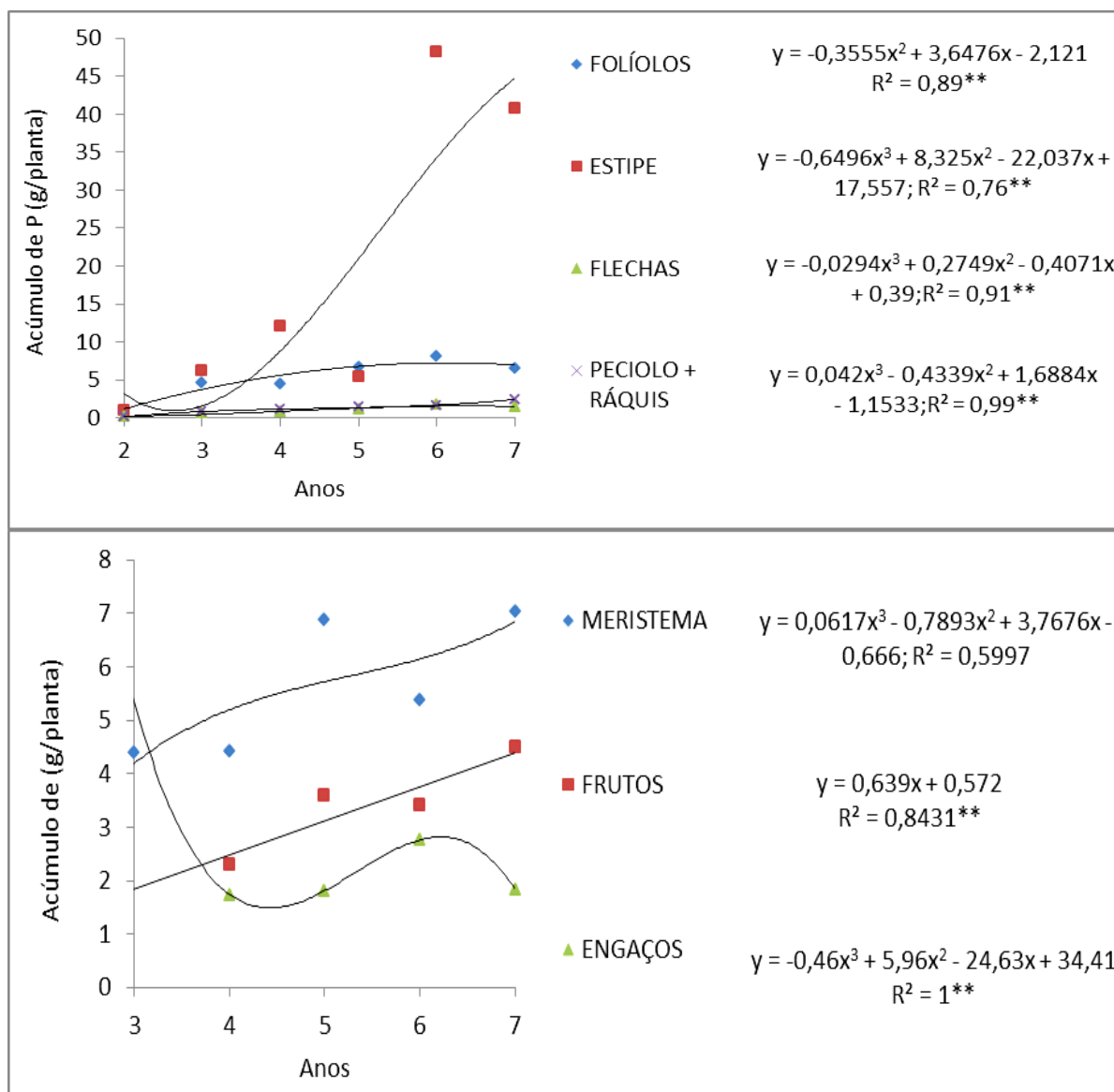


Figura 11: Acúmulo de fósforo em órgãos de açaizeiro em função da idade.

Nesta pesquisa, observa-se que a distribuição percentual de fósforo acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro (Figura 12), indica que existe uma variação, estando em sua maioria concentrado nos órgãos da copa, tendo sido observado que o meristema se mostrou como principal órgão armazenador de fósforo e no quinto ano foi um pouco superior ao acumulado dos folíolos, com 25,60% de P, sendo o terceiro componente com maior acúmulo de fósforo, este fato pode estar relacionado às necessidades desse elemento na divisão celular, formação de tecido meristemático, ao armazenamento e transferência de energia.

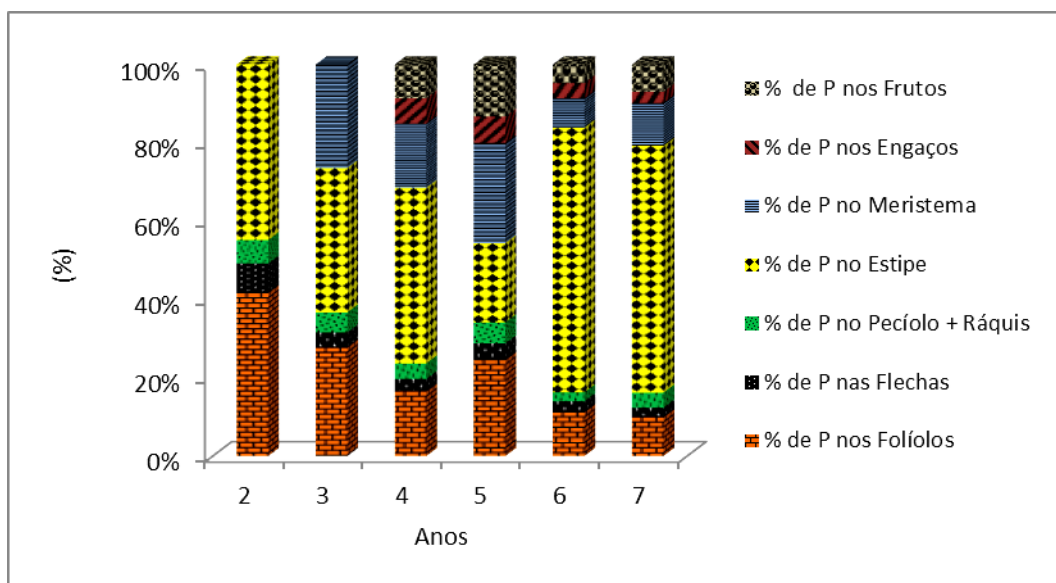


Figura 12: Distribuição em porcentagem do fósforo acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.

2.3.2.3 Teor de potássio

Os resultados dos teores de potássio nos órgãos de açaizeiro, em função da idade, são apresentados na Figura 13. Os teores mais altos foram observados no meristema que variaram de 13,0 a 20,0 g kg⁻¹ de K. Nos folíolos, os teores de potássio foram de 8,0 a 15,9 g kg⁻¹ de K. Esses teores estão bem próximos aos observados por Lins (2000) que, com a ausência da aplicação de KCl nas plantas do coqueiro, o teor do nutriente na folha foi muito baixo: de 7,8 g kg⁻¹ de K, e, com aplicação de 1,1 kg de KCl planta⁻¹, atingiu 15,7 g kg⁻¹ de K, bem acima do nível crítico para o coqueiro, segundo Manciot, Ollagnier e Ochs (1980) de 12,6 g kg⁻¹ de K.

Comparando os teores de potássio determinados no presente trabalho, nas plantas de dois anos, com a pesquisa de Gonçalves (2004) em plantas jovens de açaizeiro, percebe-se nos folíolos valores semelhantes no segundo ano desta pesquisa, de 8,0 g kg⁻¹ de K contra 7,7 g kg⁻¹ de K.

A redução dos teores de potássio nos folíolos, estipe, flecha e frutos, após o sexto ano de plantio consorciado com teca e cupuaçuzeiro, indica maior necessidade de potássio na plantação, pois a teca está 0,84 cm de diâmetro e o cupuaçuzeiro em produção, concorrendo com o açaizeiro pelo potássio existente no solo. Viégas (1993) constatou uma redução do teor de potássio nos órgãos do dendezeiro, a partir do quinto ano de plantio. Este nutriente pode constituir no futuro, um fator bastante limitante para a produção das palmeiras na Amazônia,

caso não seja adotado um programa eficaz de adubação potássica. Isto, porque os solos do experimento localizado no Município de Tomé-Açu, no Estado do Pará, possuem teores baixos de potássio, cujos valores variam entre 20 a 43 mg dm⁻³ de K nas áreas amostradas, com exceção no sexto ano, retirada no coroamento da planta de 71 mg dm⁻³ de K, considerada por Brasil e Cravo, (2010).

No Estado do Pará, a aplicação de cloreto de potássio tem mostrado efeito benéfico ao crescimento, teor na folha e produção do dendezeiro. A deficiência de potássio em dendezeiro no Estado do Pará, tem se manifestado visualmente quando, os teores são inferiores a 6,0 g kg⁻¹ de K nos folíolos (VIÉGAS; BOTELHO, 2000). Desta forma, esta pesquisa mostra que as plantas de açaizeiro estão bem nutridas em potássio e que, no quarto ano do plantio, os folíolos do açaizeiro estavam com o teor de 15,7 g kg⁻¹ de K, o que está muito acima do limite inferior da necessidade de potássio pelo dendezeiro. No quinto ano houve decréscimo no teor de potássio nos folíolos do açaizeiro, pois neste ano inicia-se a produção de frutos e as plantas estão consorciadas com cacaueiro que também estão em produção demandando por este nutriente, que está inteiramente ligado com a produção e a qualidade dos frutos.

De um modo geral, a sequência decrescente dos teores de potássio nos órgãos do açaizeiro foi: meristema > pecíolo + ráquis > flecha > folíolos = estipe > engaios. A equação que melhor estimou os teores de potássio em todos os componentes do açaizeiro, foi à equação do terceiro grau. No dendezeiro a sequência de teores de potássio obtida por Viégas (1993), foi: meristema > estipe > flechas > pedúnculos > inflorescências masculinas > frutos > espiguetas > pecíolos > ráquis, o que difere da sequência dos teores de potássio obtidos pelos órgãos do açaizeiro.

As amplitudes nas variações dos teores de potássio foram maiores do que as de nitrogênio e fósforo. As maiores flutuações ocorreram no estipe e as menores no engajo, porém, para engajo não houve diferença estatística dos teores de potássio, no decorrer dos anos. Essas variações de potássio no estipe podem indicar também a necessidade de um suprimento constante desse nutriente para os demais componentes da planta, por se tratar de um órgão armazenador de potássio.

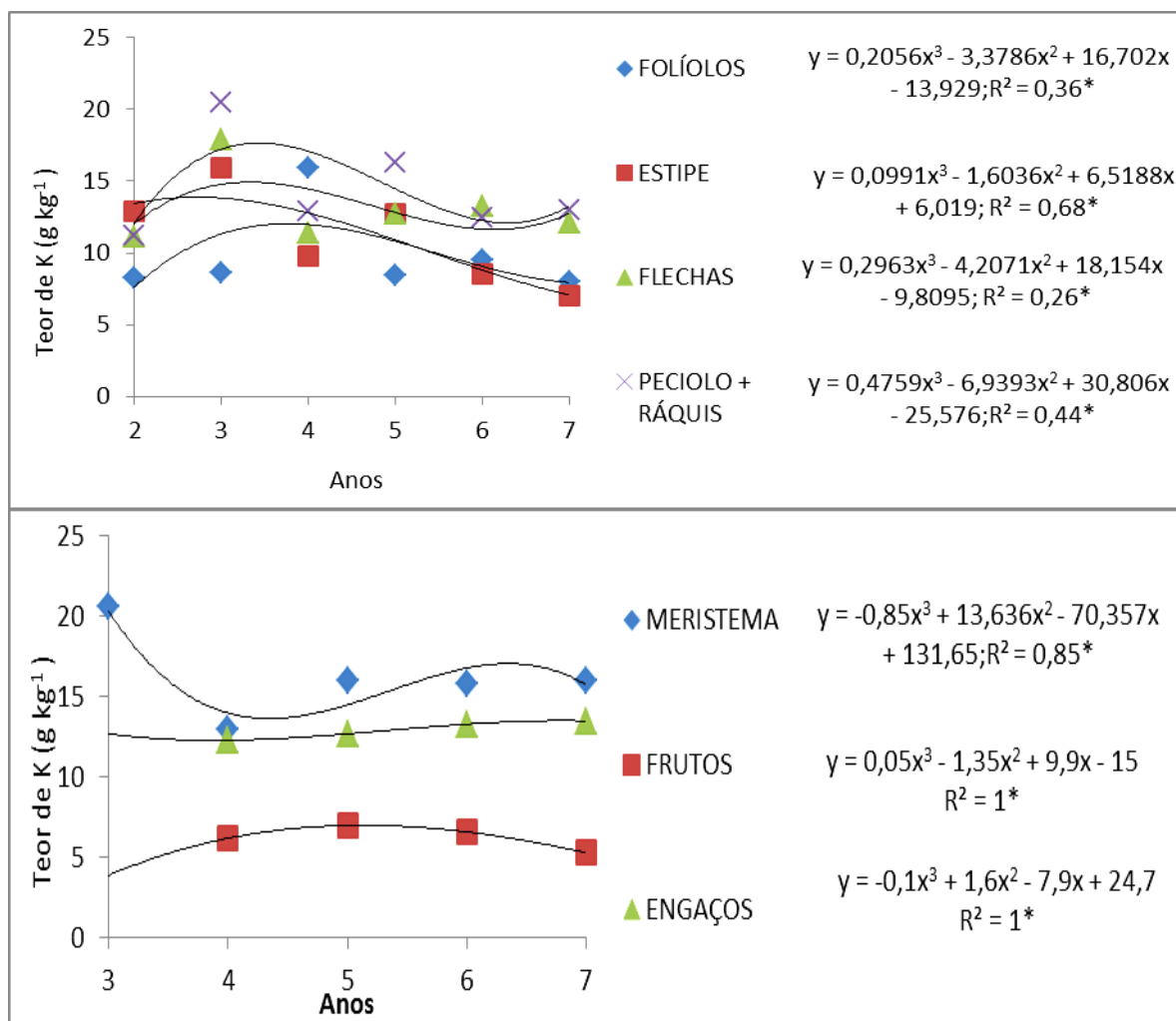


Figura 13: Teores de potássio em órgãos de açazeiro em função da idade.

A Figura 14 contém os resultados do acúmulo médio de potássio. Houve variação no acúmulo de potássio em todos os componentes do açazeiro no decorrer dos anos, onde o maior acúmulo foi proporcionado pelo estipe no quinto ano, com $282,24 \text{ g planta}^{-1}$ de K e o menor acúmulo, proporcionando no segundo ano, pela flecha com $0,92 \text{ g planta}^{-1}$ de K, representando no sexto ano 59% do acúmulo total de potássio e 0,48% do acúmulo total de potássio, no segundo ano. Desta forma, caracteriza-se o estipe como principal órgão armazenador de potássio para as plantas de açazeiro (Figura 14). No sexto e sétimo anos houve redução no acúmulo de potássio no estipe, podendo indicar uma possível remoção para outros componentes ou pela competição com os consócios com essências florestais e frutíferas.

O tempo que o estipe assumiu a posição dominante do acúmulo de potássio em relação aos demais órgãos foi aos dois anos. O armazenamento prematuro e a boa reserva de potássio no estipe, é desejável, pois permitirá um estoque deste nutriente, podendo, inclusive, reduzir riscos de uma queda brusca de produção, caso a planta venha necessitar desse nutriente. Os

acúmulos obtidos por Viégas (1993) foram 6,62 vezes mais alto no estipe do dendezeiro do que nesta pesquisa com açaizeiro, no sexto ano de idade, porém, se considerarmos a planta como uma touceira, reduziremos a diferença para 2,2 vezes maior o acúmulo de potássio no estipe do dendezeiro.

De modo geral, a sequência dos componentes no acúmulo de potássio foi: estipe > meristema > folíolos > engaos > pecíolo + ráquis > frutos > flecha e no dendezeiro a sequência dos órgãos no acúmulo de potássio foi: estipe > pecíolos > folíolos > frutos > ráquis > espiguetas > inflorescências masculinas > pedúnculos > flechas > meristema, discordando em vários órgãos da sequência obtida nesta pesquisa com açaizeiro (VIÉGAS, 1993). Chama atenção o meristema como componente mais importante da copa no papel de armazenador de potássio. Nota-se, que a quantidade acumulada de potássio nos órgãos: estipe, meristema, frutos e engajo, do açaizeiro, podem ser estimados por equação do terceiro grau e os órgãos folíolos, flecha e pecíolo + ráquis podem ser estimados por equação do segundo grau. Contudo, as curvas das equações mostram que o estipe foi o único órgão que teve crescimento nos valores de acúmulo do sexto para o sétimo ano, mostrando que os níveis baixos de potássio no solo diminuíram a absorção do mesmo, não sendo suficiente para satisfazer os outros órgãos, onde a planta do açaizeiro chega à fase de seu pico de produção, além do que, estas no consórcio do sexto ano estão associadas às plantas de Teca (*Tectonia grandis*) e ao cupuaçuzeiro (*Theobroma gradiflorum*), onde as três plantas possuem raízes fasciculadas e irão disputar seu espaço no solo para obter água e nutrientes, pois a Teca de seis anos está com 7,8 m de altura e 0,88 m de circunferência e o cupuaçuzeiro está em plena produção, demonstrando que estão se alimentando dos nutrientes oriundos do solo e das adubações de manutenção. Contudo, percebe-se a alta demanda de nutrientes neste agroecossistemas e que a competição por nutrientes entre as plantas está desfavorecendo a nutrição do açaizeiro.

Do quarto, para o quinto ano, conforme a figura 14 houve a maior variação de acúmulo de potássio, pois no quinto ano, o consórcio do açaizeiro é apenas com o cacauzeiro (*Theobroma cacao*), onde o aumento de acúmulo não pode ser atribuído apenas pela competição de nutrientes no consórcio, mas também a um maior requerimento de potássio pelo maior crescimento da planta promovido pela adubação. Como, no quinto ano, o açaizeiro inicia o seu pico de produção, um maior requerimento deste nutriente pode ser esperado, tendo em vista, ser o potássio um dos nutrientes mais exportados pelo dendezeiro e coqueiro (VIÉGAS, 1993; LINS, 2000)

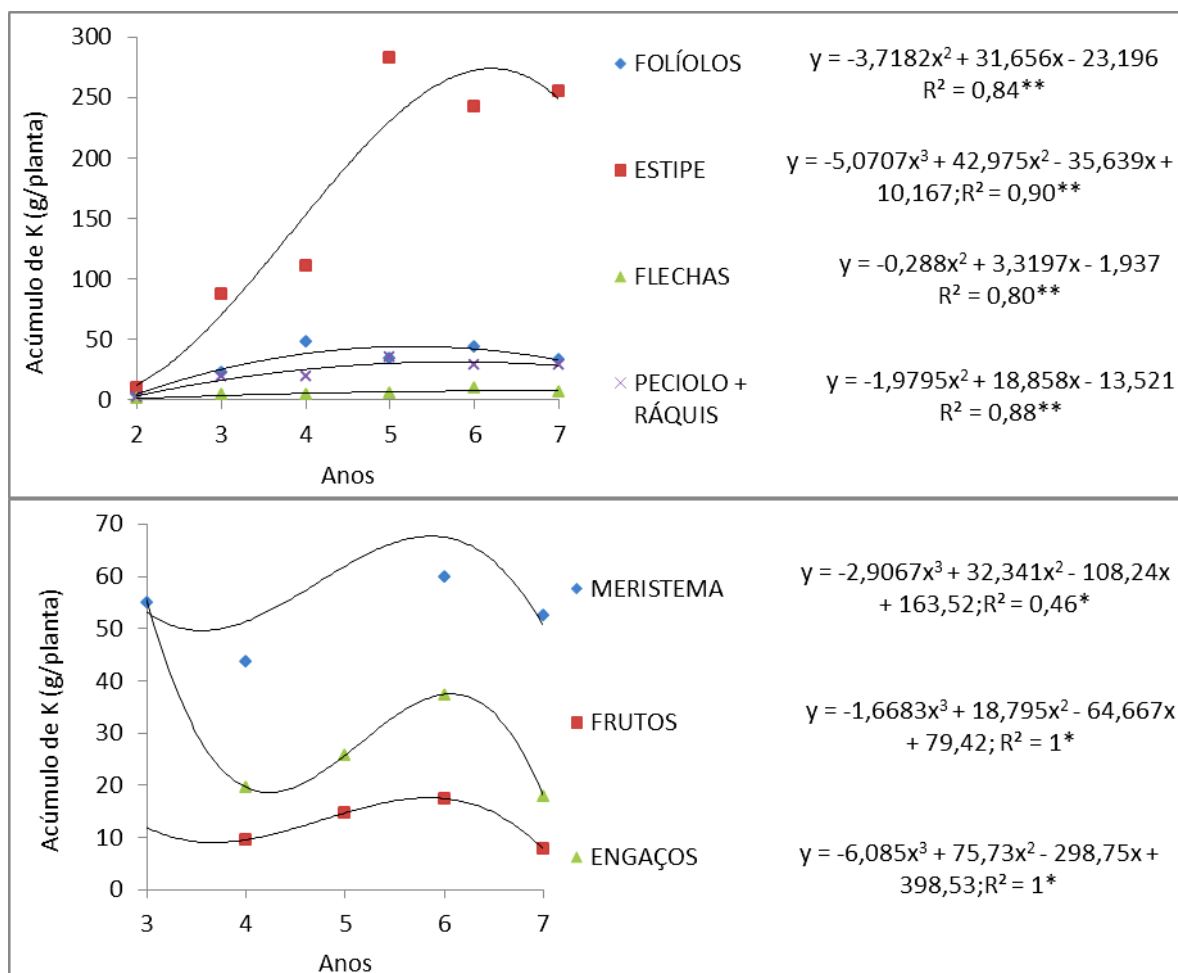


Figura 14: Acúmulo de potássio em órgãos de açaizeiro em função da idade.

A Figura 15 mostra que, somente no quarto ano, o meristema apresentou menor acúmulo de potássio com 17,18% de K contra 18,84 % de K dos folíolos, pois nos outros anos da pesquisa, o meristema dominou como segundo maior armazenador de potássio para o açaizeiro, chegando a ter 29,19 % de participação no terceiro ano. A contribuição dos frutos variou de 1,91 a 3,96% de K, enquanto os engaços de 4,46 a 8,49% de K. Essa concentração nos frutos (partes exportadas) reforça a necessidade de reposição desse elemento, como também um manejo adequado de restos culturais (folhas) que permanecem no pomar, os quais assumem grande importância na ciclagem deste nutriente.

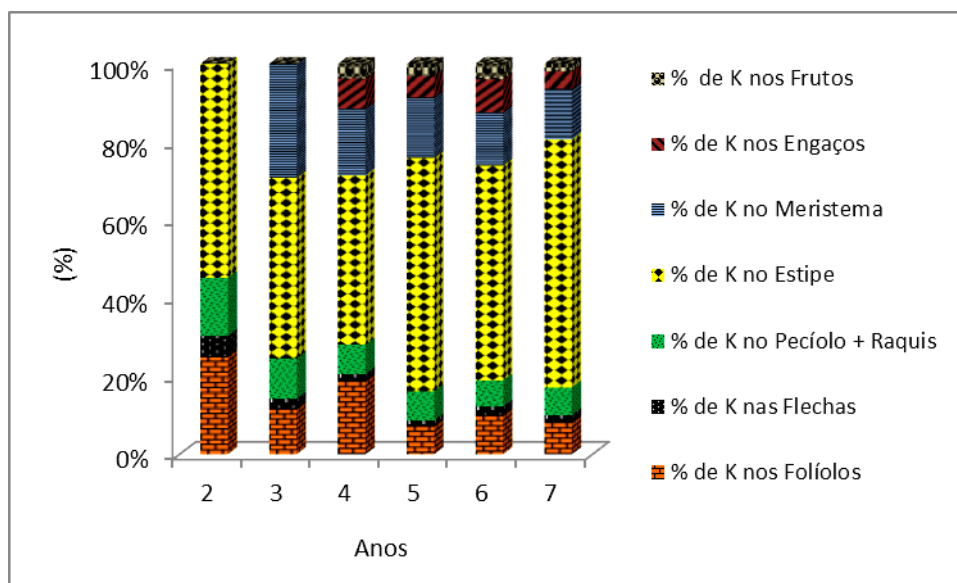


Figura 15: Distribuição em porcentagem do potássio acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.

2.3.2.4 Teor de cálcio

A Figura 16 apresenta os teores de cálcio nas diversas partes vegetais do açaizeiro, em função da idade. Os teores de cálcio nos folíolos variaram de 2,1 g kg⁻¹ de Ca, obtidos no terceiro e quarto ano, a 3,8 g kg⁻¹ de Ca, no sexto ano. Os teores mais altos de cálcio foram determinados no meristema, sendo o mínimo de 7,1 g kg⁻¹ e o máximo de 10,7 g kg⁻¹ de Ca. No entanto o teor foliar deficiente de cálcio, para plantas de dendezeiro, de acordo com Uexkull e Fairhust (1991), é de 2,0 g kg⁻¹, o ótimo de 3,0 a 4,5 g kg⁻¹ de Ca e com excesso acima de 7,0 g kg⁻¹ de Ca. Baseado nesta informação, percebeu-se que os teores de cálcio desta pesquisa estão acima do nível deficiente e dentro do nível ótimo de cálcio. Assim, Viegas (1993), nas condições do Município de Tailândia-Pa, confirma que os níveis de cálcio para o dendezeiro estão em excesso pelo uso intenso de fosfatos de rocha na adubação fosfatada, que são ricos em cálcio, onde o menor teor foi obtido no sétimo ano com 7,3 g kg⁻¹ de Ca e o maior teor no quarto ano com 8,3 g kg⁻¹ de Ca. Os efeitos médios de oito anos de observações feitas por Lins (2000) no coqueiro mostram que a aplicação de superfosfato triplo, onde a sua formulação contém 18% de CaO, incrementou os teor foliar de Ca em 27% a partir da dose de 200 g planta e o fornecimento de 750 g planta de superfosfato triplo elevou para 4,2 g kg⁻¹ de Ca, valor acima do nível crítico do coqueiro de 3,0 a 4,0 g kg⁻¹ de Ca estabelecido por Ochs (1993). Os teores foliares médios de cálcio obtidos nesta pesquisa devem estar relacionados com adubação de 200 g de superfosfato triplo colocado na cova de

plantio e as adubações anuais com a formulação 10:28:20, onde os 28% da fórmula é de fósforo composto em sua maioria por superfosfato triplo que detêm cálcio.

O teor foliar de cálcio determinados por Haag, Silva Filho e Carmello (1992), em mudas de açaizeiro, de $6,8 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca é 2,0 vezes maior do que o obtido nos folíolos do segundo ano desta pesquisa. Silva e Falcão, (2002), em plantas de pupunheira o teor de cálcio nos folíolos foi de $12,7 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca, obtendo 3,3 vezes mais cálcio do que a maior concentração de Ca desta pesquisa com açaizeiro, pois as adubações para as plantas de açaizeiro são feitas com adubos formulados que contemplam apenas nitrogênio, fósforo e potássio, sabendo-se que cálcio, magnésio, enxofre e os micronutrientes são essenciais para as plantas. Desta maneira, quando compara-se plantas que recebem a solução nutritiva em seu tratamento completo, todos os macronutrientes e micronutrientes, essenciais para as plantas de pupunheira, fica clara a diferença de teor de cálcio entre as duas palmeiras, pois o açaizeiro depende do solo de experimento com pH 4,9 em média, considerado ácido, com os teores de cálcio baixo no solo. A ordem decrescente do teor de cálcio nos órgãos do açaizeiro foi meristema > engaios > estipe > folíolos > pecíolo + ráquis > flecha > frutos, no dendezeiro de acordo com Viégas (1993), a ordem decrescente de teores de cálcio foi: meristema > inflorescências masculinas > folíolos > estipe > frutos > flechas > pecíolos > ráquis > pedúnculos > espiguetas, não concordando com ordem dos teores de cálcio nos órgãos do açaizeiro. Com exceção dos frutos que foi estimado por equação do segundo grau e o engajo por equação do primeiro grau, os demais órgãos foram estimados por equação do terceiro grau (Figura 16). Os teores de cálcio no terceiro ano decresceram em relação ao segundo ano em todos os órgãos, pois no segundo ano o plantio do açaizeiro é solteiro e no terceiro ano as plantas de açaizeiro estão consorciadas com cacau e pimenta-do-reino, ocorrendo competição por água e nutrientes. No quarto e quinto ano percebe-se estabilidade e aumento nos teores de cálcio, respectivamente. No sexto ano os teores de cálcio aumentaram em todos os órgãos, pois estão consorciados com teca e o cupuaçuzeiro. A teca no ano anterior do consórcio com açaizeiro e cupuaçuzeiro foi submetido à prática da desgalha e como é considera uma planta calcícola, onde seus restos culturais são ricos em cálcio segundo Chaves, (1991) favoreceu com a decomposição e disposição deste material no coroamento do açaizeiro o aumento dos teores de cálcio em todos os órgãos do açaizeiro no sexto ano. No sétimo ano o açaizeiro está consorciado com cupuaçuzeiro e paricá e o teor de cálcio no solo está entre 1,0 e $3,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, variando de baixo até médio no solo do experimento (BRASIL e CRAVO, 2010). Entretanto além da competição entre as espécies por nutrientes, água e luz, principalmente

pela teca, por ser grande extratora de cálcio Matricardio, (1998) e os níveis de cálcio no sistema solo não são altos, desfavorecendo a absorção de cálcio das plantas de açaizeiro do consórcio, favorecendo mais uma queda da curva do sexto para o sétimo ano, explicada por equação do terceiro grau. O engaço foi o único órgão que aumentou o teor de cálcio com a idade apresentado por equação linear, o que indica uma demanda crescente deste nutriente pelo açaizeiro.

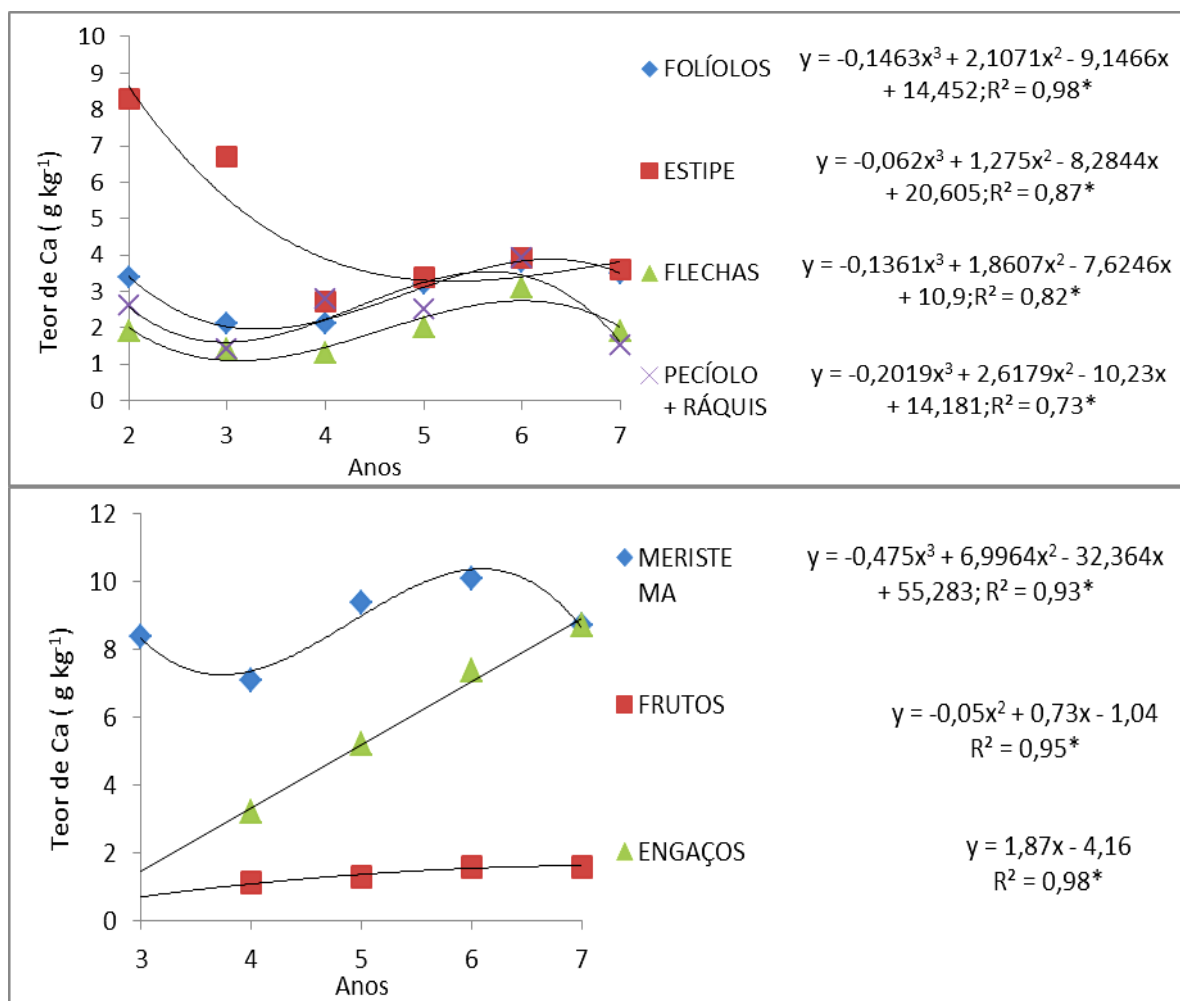


Figura 16: Teor de cálcio em órgãos de açaizeiro em função da idade.

Os maiores acúmulos de Ca estão no estipe, meristema e folhas, onde a maior proporção do cálcio na planta encontra-se em formas não solúveis em água, ao contrário do que acontece, por exemplo, com o potássio. Uma grande parte de cálcio insolúvel está na parede celular, participando das moléculas de pectatos de cálcio, principal substância constituinte da lamela média, onde o aumento de acúmulo nas folhas, engaço e no estipe, no decorrer dos anos, seja responsável pela consistência mais firme dos órgãos (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA; ROMERO, 1975; MARSCHNER, 1986; MENGEL; KIRKBY, 2001).

O maior recrutamento de cálcio pela planta do açazeiro aconteceu no estipe, no sétimo ano de plantio, com $131,22 \text{ g planta}^{-1}$ de Ca, representando 67 % do acúmulo total de cálcio por todos os órgãos da planta de açazeiro (Figura 17). Considerando a touceira (3 plantas), o acúmulo total será de $393,66 \text{ g planta}^{-1}$ de Ca sendo 1,62 vezes menor do que os resultados obtidos por Viégas (1993), no estipe de plantas de dendezeiro, nesta mesma idade, com $638,87 \text{ g planta}^{-1}$ de Ca. Desde o segundo ano o estipe assumiu a dominância do acúmulo de cálcio em relação aos folíolos, atingindo o máximo de 70% do cálcio no segundo ano. A exemplo do ocorrido para nitrogênio, fósforo e potássio, deve-se ressaltar a importância do estipe como componente estocador de cálcio, vindo em segundo lugar o meristema e, depois, os folíolos (Figura 17).

Nos frutos de açazeiro, o maior acúmulo de cálcio ocorreu no sexto ano de plantio, com $6,07 \text{ g planta}^{-1}$ de Ca, representando 2,91% do total deste macronutriente. No engaço, o maior acúmulo aconteceu no sexto ano, com $19,45 \text{ g planta}^{-1}$ de Ca, representando 9,31% do total acumulado na planta de açaí, onde, se considerarmos a exportação anual destes dois órgãos da planta, teremos $28,35 \text{ kg de Ca ha}^{-1}$, considerando uma densidade populacional de $1111 \text{ plantas}^{-1} \text{ ha}^{-1}$. Sendo assim, temos que monitorar o plantio comercial, ano após ano, através de análise de folha e de solo, para uma melhor orientação de um programa eficaz de adubação para esta área.

Nas folhas de açazeiro, no segundo ano desta pesquisa, obteve-se $1,85 \text{ g planta}^{-1}$ de Ca, o que representa 20,56 % do Ca da planta⁻¹. Desta forma, percebe-se crescimento acelerado e alta demanda de cálcio por esta palmeira, Silva (2009), trabalhando com calagem e fosfatagem em plantas jovens de açazeiro obteve, no seu melhor tratamento, o acúmulo de apenas $0,02 \text{ g planta}^{-1}$ de Ca nas folhas, revelando que em pouco mais de um ano, de diferença de idade entre as plantas, as folhas das plantas de açaí desta pesquisa acumularam 92,5 vezes mais cálcio.

O acúmulo de cálcio nos órgãos do açazeiro pode ser calculado através de equação do terceiro grau, com exceção dos frutos e engaços, que foram estimados por equações de regressão de segundo grau. A ordem decrescente do acúmulo de cálcio nos órgãos do açazeiro foi: estipe > meristema > engaços > folíolos > pecíolo + ráquis > frutos > flecha.

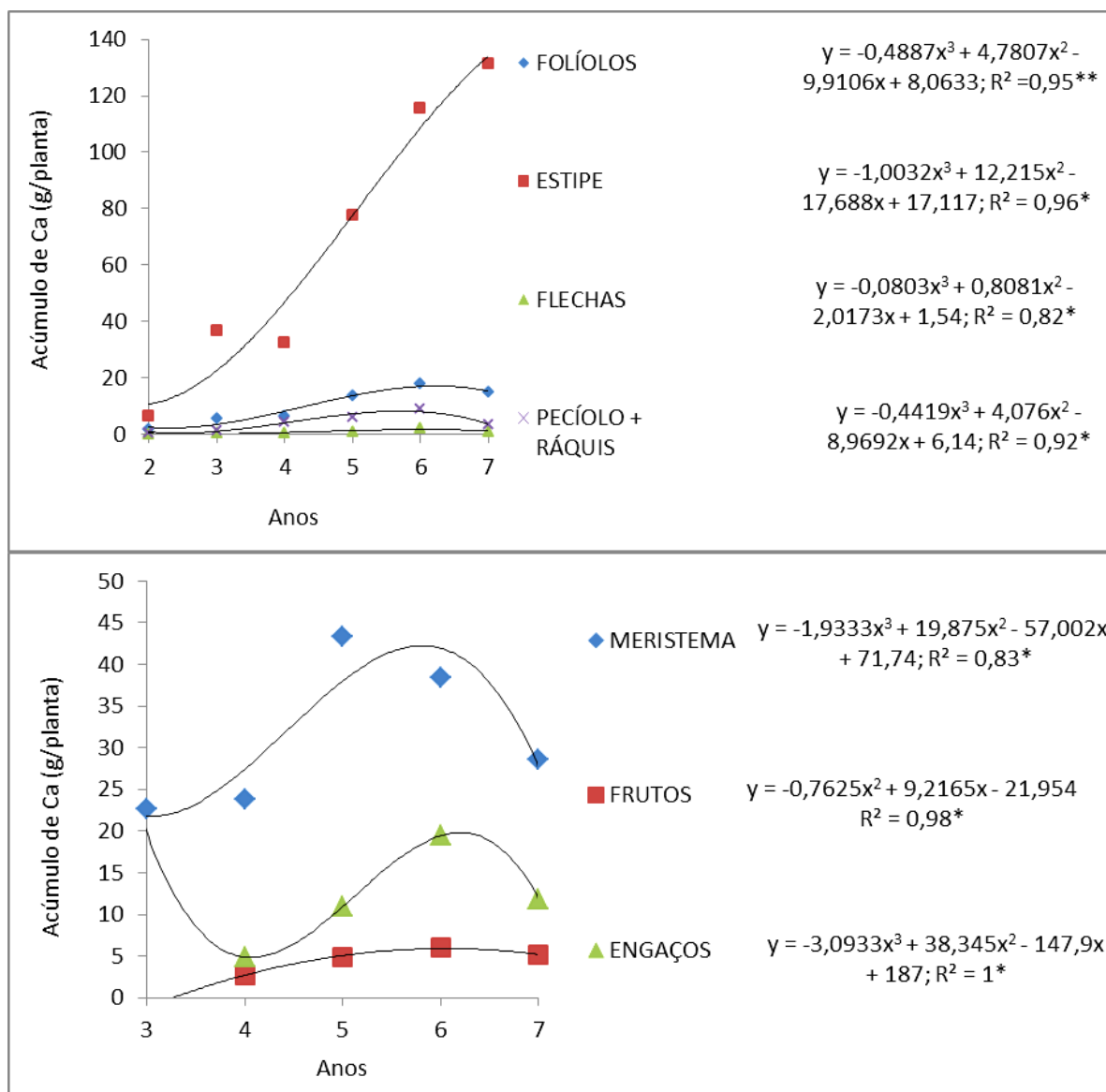


Figura 17: Acúmulo de cálcio em órgãos de açaizeiro em função da idade.

O maior recrutamento de cálcio na copa (folíolos, flecha e pecíolo + ráquis), em termos percentuais, ocorreu no segundo e sexto ano com 29,11% e 13,99% de Ca, respectivamente, e o menor no sétimo ano com 9,73% de Ca. A distribuição percentual do acúmulo de cálcio de todos os componentes do açaizeiro pode ser mais bem visualizada na Figura 18.

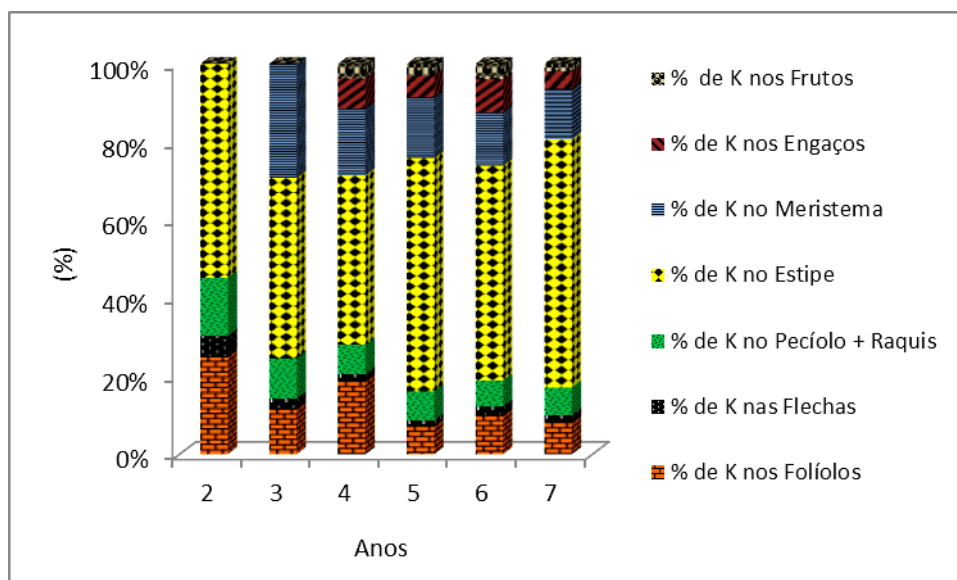


Figura 18: Distribuição em porcentagem do cálcio acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.

2.3.2.5 Teor de magnésio

No que diz respeito aos folíolos, os teores de magnésio variaram de 0,8 a 1,1 g kg⁻¹ de Mg. No 4,87 ano, os folíolos obtiveram o seu ponto máximo de teor, com 1,11 g kg⁻¹ de Mg e comparada à faixa ótima de 3,0 a 4,0 g kg⁻¹ de magnésio em plantas de dendezeiro estão bem abaixo. Esse baixo teor de magnésio pode ser explicado pelos altos teores de cálcio e potássio nas folhas de açaizeiro. Lins (2000), constatou que com o aumento da adubação magnesiana no híbrido PB 121, ocorreu diminuição no teor de potássio nas folhas e que sem a aplicação de OMg a concentração de Mg na folha é deficiente 1,8 g kg⁻¹ de Mg e fica abaixo do nível crítico para o coqueiro de 2,0 g kg⁻¹ de Mg, porém na presença de 320 g de OMg planta⁻¹, a concentração na folha subiu para 2,7 g kg⁻¹ de Mg, mostrando a importância da adubação magnesiana para as palmeiras, prática esta que não é utilizada pelos produtores de açaizeiro onde foi realizado este trabalho.

No trabalho com solução nutritiva em plantas jovens de açaizeiro Haag et al.,(1992), obtiveram 3,5 g kg⁻¹ de Mg estando bem acima dos teores obtidos nesta pesquisa. O meristema se apresentou com o teor mais alto de magnésio variando de 1,1 a 2,3 g kg⁻¹ de Mg no quarto e sétimo ano, respectivamente. Estes altos teores de magnésio no meristema indicam a importância e exigência para formação deste órgão. Os intervalos de variação no teor de magnésio mostram que as maiores flutuações foram proporcionadas pelo estipe, concordando

com a pesquisa desenvolvida com dendezeiro por Viégas, (1993) onde houve variação nos teores de magnésio no estipe no decorrer dos anos.

A deficiência de magnésio em plantas de açaizeiro pode ser indicada por fatores como: baixo teor desse elemento na maioria dos solos da Amazônia; facilidade de lixiviação deste cátion; e segundo Fernandes (2000), o aumento do teor de magnésio na planta com a redução de potássio, deve-se a interferência negativa de um íon sobre a absorção de outro pela planta, como acontece com o potássio em relação a cálcio e magnésio, e vice-versa, o que é caracterizado como antagonismo. Devido à análise de solo nos mostrar baixos níveis de potássio e muito baixo de magnésio, este solo está com desbalanço nutricional, favorecendo o antagonismo de magnésio e potássio, onde segundo Camargo e Silva (1975), relatam que o excesso de cálcio e magnésio no solo provoca diminuição da concentração de potássio na folha, e o excesso de potássio no solo diminui a absorção de magnésio, até o surgimento de sintomas de carência de magnésio.

A Figura 19 apresenta os teores de magnésio nos diversos órgãos do açaizeiro, em função da idade. Com exceção dos folíolos, estipe e engaço que foram estimados pela equação de regressão do segundo grau, os outros componentes flecha, pecíolo + ráquis, estipe e frutos a equação de regressão que melhor se ajustou ao comportamento dos teores de magnésio, em função da idade foi a do terceiro grau, pois como o experimento foi conduzido a partir do terceiro ano em consórcio do açaizeiro com frutíferas e essências florestais, desta forma as equações do terceiro grau para flecha, pecíolo + ráquis, estipe e frutos estão ligadas às demandas nutricionais, não só do açaizeiro, e sim, de cada consórcio, em cada ano de plantio. De um modo geral, a ordem decrescente do teor de magnésio nos órgãos do açaizeiro foi: meristema > estipe = engaços > flecha > folíolos > pecíolo + ráquis > frutos e no dendezeiro o teor de magnésio obedeceu a seguinte sequência decrescente foi: meristema > inflorescências masculinas > frutos > folíolos > estipe > flechas > pecíolos > espiguetas > ráquis = pedúnculos, não acompanhando a ordem decrescente dos teores de magnésio nos órgãos do açaizeiro (VIÉGAS, 1993).

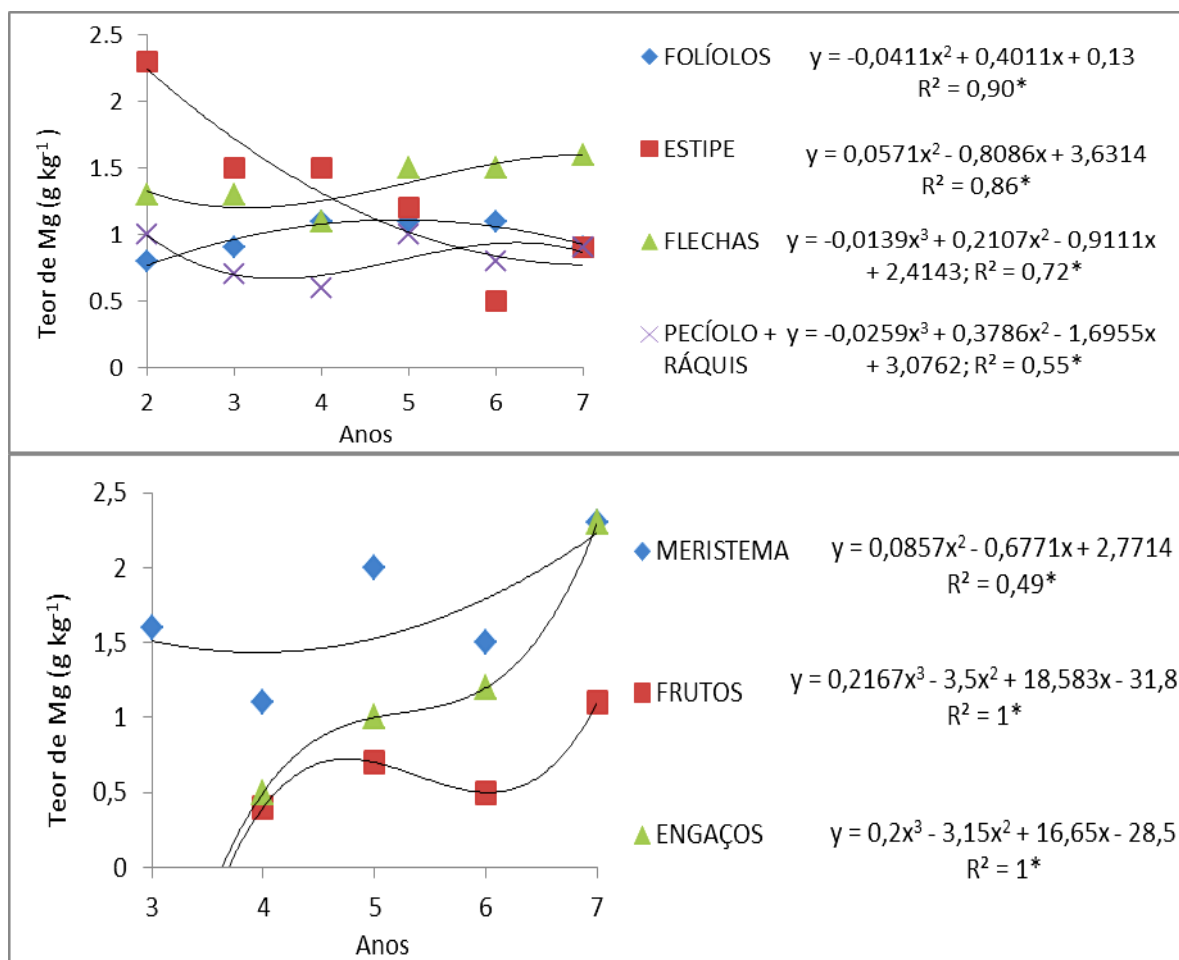


Figura 19: Teores de magnésio em órgãos de açaizeiro em função da idade.

Pelos dados contidos na Figura 20, verifica-se, de modo bastante claro, a variação do incremento na quantidade acumulada de magnésio, em todos os componentes do açaizeiro com o decorrer das idades. Em geral os maiores percentuais de acúmulo de magnésio foram obtidos no primeiro ano, destacando-se o estipe, com 68,58% de Mg, e vindo em segundo lugar os folíolos com 17,52 % de Mg, em relação aos demais componentes (Figura 20). No 4,71 ano, os folíolos obtiveram o seu acúmulo máximo, com 4,72 g planta⁻¹ de Mg. A maior quantidade acumulada de magnésio foi no estipe com 33,6 g planta de Mg e em segundo lugar o meristema com 7,79 g planta de Mg, correspondendo a 60,97% e 14% de Mg do total acumulado nas plantas no sétimo ano da pesquisa, respectivamente. Observa-se que no sétimo ano desta pesquisa, existe 60,97% do Mg no estipe, e levando-se em conta que o magnésio apresenta alta mobilidade na planta, se transloucaria rapidamente para órgãos da copa favorecendo ativação de enzimas, principalmente aquelas associadas ao metabolismo energético das plantas (MENGEL; KIRBY, 2001)

Comparando-se o recrutamento de magnésio em touceira com três plantas de açaizeiro, com o obtido por Viégas (1993), em dendezeiro, na idade correspondente, ou seja,

no sétimo ano, verifica-se o estipe foi 2,7 vezes maior e nos folíolos, 8,9 vezes maior, o acúmulo de magnésio em relação às plantas de açazeiro.

A sequência geral decrescente do acúmulo de magnésio foi: estipe > meristema > folíolos > frutos > pecíolo + ráquis > flecha e no dendezeiro estipe > folíolos > pecíolos > frutos > ráquis > inflorescências masculinas > espiguetas > flechas > meristema > pedúnculos, em alguns órgãos do dendezeiro, o acúmulo de magnésio se assemelham ao posicionamento de acúmulo de magnésio das plantas de açazeiro (VIÉGAS, 1993). A análise de regressão que melhor se ajustou à variação na quantidade acumulada de magnésio, para os componentes folíolos e meristema, em função da idade foi quadrática, para estipe, flecha, pecíolo + ráquis e frutos foi a do terceiro grau e para o engajo a equação do primeiro grau.

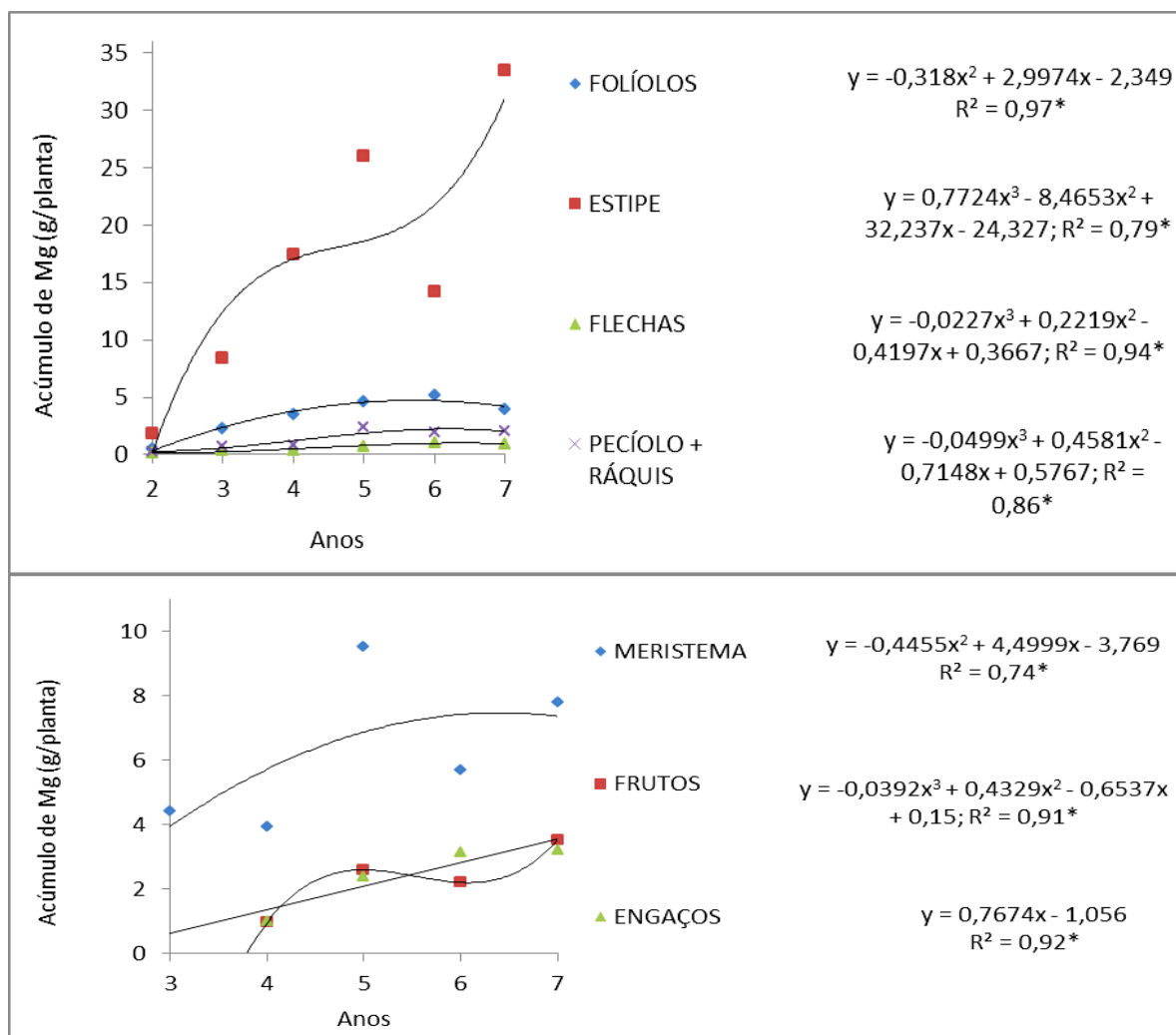


Figura 20: Acúmulo de magnésio em órgãos de açazeiro em função da idade.

O maior acúmulo de magnésio na copa, em termos percentuais, foi no segundo e sexto anos, com 31,42 % e 24,38%, respectivamente. Nos frutos e no engajo, o maior acúmulo

ocorreu no sexto ano com 6,48% e 9,45% de Mg, concomitantemente, enquanto que no meristema o maior acúmulo aconteceu no terceiro ano com 27,20% de Mg. A Figura 21, mostra com detalhes a distribuição percentual do acúmulo de magnésio nos componentes do açazeiro.

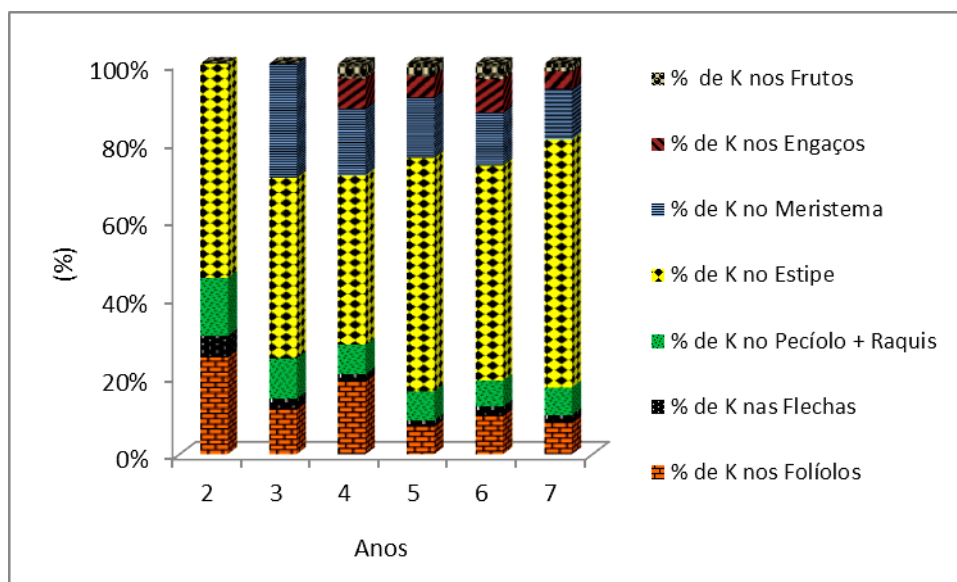


Figura 21: Distribuição em porcentagem do magnésio acumulado nas diferentes partes das plantas de açazeiro.

2.3.2.6 Teor de enxofre

Os teores mais altos de enxofre foram obtidos nos folíolos que variaram de $2,1 \text{ g kg}^{-1}$ de S, no terceiro ano, a $3,4 \text{ g kg}^{-1}$ de S, no segundo ano. Os teores mais baixos de enxofre foram no estipe com $0,5 \text{ g kg}^{-1}$ de S. Os maiores teores de enxofre nas flechas e nos engaços foram no segundo e o terceiro anos, com maior concentração de $2,5 \text{ g kg}^{-1}$ de S no segundo ano e $2,4 \text{ g kg}^{-1}$ de S no sexto ano (Figura 22).

O nível crítico de enxofre para o dendezeiro, na folha 17, de acordo com Ollagnier (1973), situa-se entre $2,0$ a $2,3 \text{ g kg}^{-1}$ de S. Analisando-se os teores obtidos de enxofre nos folíolos de todas as folhas de açazeiro, percebem-se que no segundo ano apresentou o teor de $3,4 \text{ g kg}^{-1}$ de S, estando bem acima do nível crítico citado e no decorrer dos anos os teores situaram-se dentro e acima da faixa do nível crítico considerado para plantas de dendezeiro. Viégas et al., (2009), em mudas de açazeiro obteve sintomas de deficiência nos folíolos com teor de $0,9 \text{ g kg}^{-1}$ de S e sem deficiência com teor de $1,3 \text{ g kg}^{-1}$ de S, estando bem abaixo dos teores obtidos nesta pesquisa.

As maiores flutuações no teor de enxofre ocorreram no pecíolo + ráquis, enquanto que na flecha e no engão do açazeiro não houve praticamente variação, provavelmente pelo nutriente e segundo Malavolta et al., (1997) está sempre interligado com desenvolvimento geral da planta, principalmente na sua parte aérea e participa indiretamente do tamanho dos frutos, havendo pouca variação deste nutriente em órgãos interligados a copa, onde nesta pesquisa os maiores teores de enxofre foram nos folíolos, flecha e engão. A idade máxima estimada de 5,52 anos promove o teor de $1,70 \text{ g kg}^{-1}$ de S nos frutos.

A equação de regressão que melhor explicou o comportamento dos teores de enxofre em função da idade para folíolo, meristema, engão, flecha e pecíolo + ráquis foi a do terceiro grau, enquanto para estipe e frutos a equação de regressão que estimou seus dados foi a do segundo grau. De um modo geral a ordem decrescente do teor de enxofre nos órgãos do açazeiro foi: folíolos > flecha > engãos > pecíolo + ráquis > meristema = frutos > estipe.

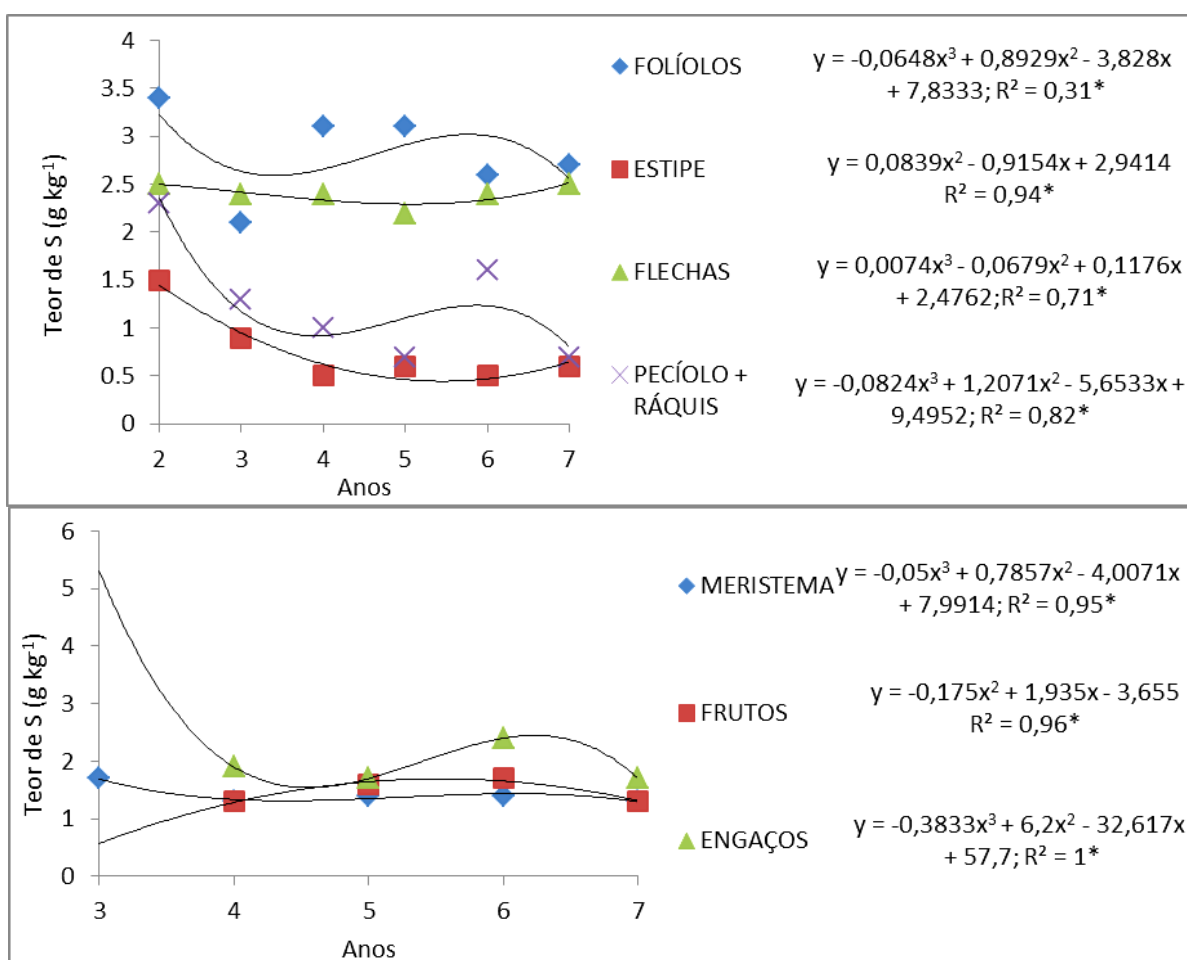


Figura 22: Teores de enxofre em órgãos de açazeiro em função da idade.

Os resultados analíticos do acúmulo de enxofre, nos diferentes componentes do açazeiro, em função da idade, encontram-se na Figura 23. Apenas no estipe observou-se um aumento ascendente na quantidade acumulada no decorrer do tempo, atingindo o máximo no sétimo ano, com $23,58 \text{ g planta}^{-1}$ e, em segundo lugar, os folíolos, com $11,17 \text{ g planta}^{-1}$, correspondendo em termos percentuais á 48,60% e 23,02% de S, respectivamente em relação aos demais componentes do açazeiro. Os folíolos no 4,59 anos estima-se o ponto máximo de acúmulo de $12,68 \text{ g planta}^{-1}$ de S (Figura 23). Desta forma comparando estes resultados com a pesquisa de Viégas, (1993) com dendezeiro, percebemos que esta planta possui os mesmos componentes no primeiro e segundo lugar de acúmulo deste nutriente no sétimo ano, porém mesmo considerando a touceira com três plantas de açazeiro, terá de 3 e 1,2 vezes menos enxofre do que o dendezeiro.

O estipe desde o quarto ano, apresentou-se como principal componente armazenador de enxofre. Nos órgãos correspondentes a copa sobressaiu-se os folíolos com maior acúmulo do nutriente, enquanto que as flechas e o pecíolo + ráquis foram os que menos acumularam esse elemento no sétimo ano. No Município de Tailândia, em plantas de dendezeiro, o estipe assumiu dominância sobre os órgãos que compõem a copa, já no quinto ano (Viégas, 1993).

Os resultados da avaliação da quantidade acumulada de enxofre entre folíolos, flechas, pecíolo + ráquis e o estipe, encontram-se na (Figura 23). A ordem decrescente em termos quantitativos do acúmulo de enxofre foi: estipe > folíolos > frutos = meristema > engaços > pecíolo + ráquis > flecha, no dendezeiro a sequência de acúmulo de enxofre foi: estipe > folíolos > pecíolos > frutos > inflorescências masculinas > espiguetas > ráquis > meristema > pedúnculos > flechas (VIÉGAS, 1993), verificando que a sequência do dendezeiro de acúmulo de enxofre em alguns momentos os órgãos desta planta se encontram na mesma posição de acúmulo de enxofre das plantas de açazeiro. A análise de regressão mostrou que a quantidade acumulada de enxofre no meristema, pecíolo + ráquis, flecha e engaços obedeceram á uma curva de terceiro grau, enquanto que os frutos e os folíolos foram à equação do segundo grau e para o estipe do primeiro grau. Através desta equação estima-se que no 4,63 anos, os frutos acumularam no seu ponto máximo $6,45 \text{ g planta}^{-1}$ de S.

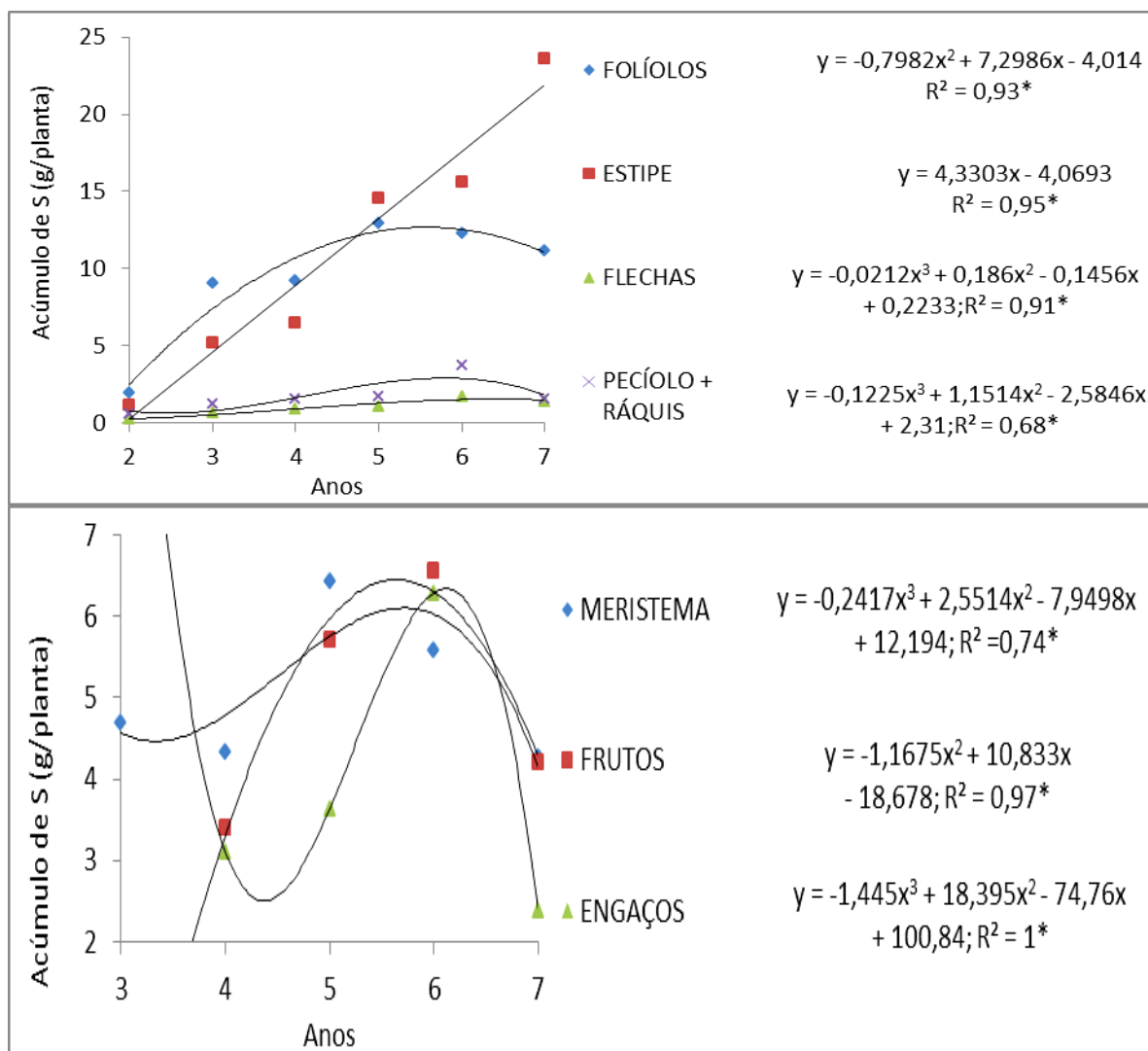


Figura 23: Acúmulo de enxofre em órgãos de açaizeiro em função da idade.

Com base na distribuição percentual, a maior acumulação de enxofre na copa, aconteceu no segundo ano, com 70,08 % de S e a menor no sétimo ano, com 29,06 %. No estipe tal fato se registrou no sétimo ano com 48,60 %, nos frutos no sexto ano com 12,68 %, meristema no segundo ano com 22,59% de S (Figura 23).

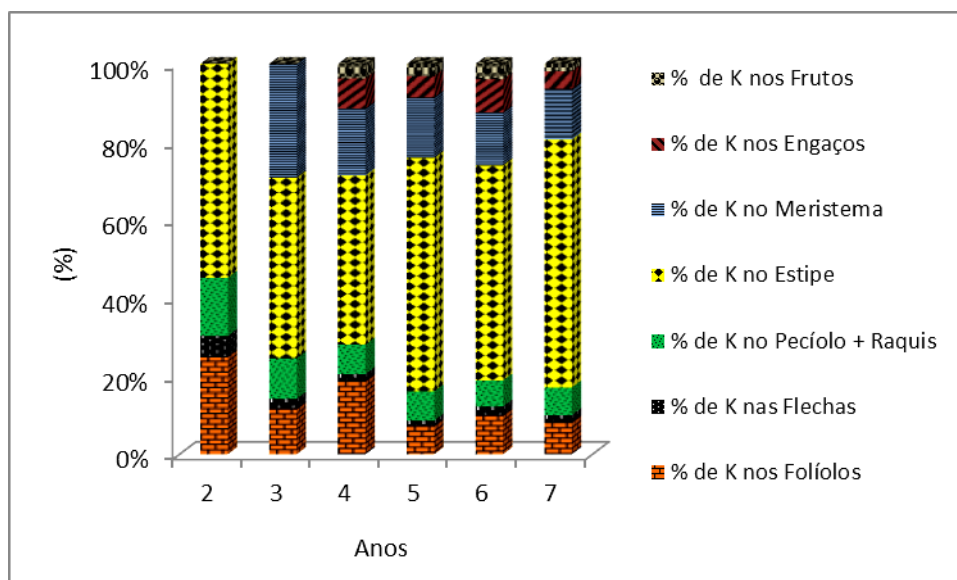


Figura 24: Distribuição em porcentagem do enxofre acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.

2.3.3 Extração total de macronutrientes

2.3.3.1 Nitrogênio

As Figuras 25 e 26 apresentam o acúmulo total, a exportação (frutos e engaços), a quantidade reciclada (pecíolo + ráquis e folíolos) e imobilizada (estipe, flechas e meristema) dos macronutrientes pelo açaizeiro em função das idades, com suas respectivas equações de regressão. O nitrogênio foi o nutriente mais extraído, com maior acúmulo no sétimo ano de 511,56 g planta⁻¹ de N, que corresponde a 40% do total dos macronutrientes, que com base na densidade média de 400 plantas⁻¹ ha⁻¹, considerando apenas a extração da planta mãe, ou seja, a planta mais desenvolvida equivaleria a 204,62 kg ha⁻¹ de N, resultados inferiores aos obtidos por Viégas, (1993) em plantas de dendezeiro, cujo acúmulo total foi de 586,08 kg ha⁻¹ de N. Esta alta quantidade extraída classifica o nitrogênio como o primeiro nutriente mais importante para o açaizeiro. Se convertermos este acúmulo em fertilizante nitrogenado (uréia) com 46% de N, esta quantidade de nitrogênio corresponderia a 444,82 kg ha⁻¹ desta matéria prima. Sabemos que esta demanda de uréia é atenuada pela reciclagem de nutrientes provenientes da deposição das folhas nas linhas do plantio, além do próprio açaizeiro temos as folhas das essências que compõe o sistema agroflorestal no arranjo de cada ano que foi coletado as plantas de açaí, como: cupuaçu, cacau, pimenta-do-reino, teca e paricá que ao mesmo tempo demandam nutrientes. Entretanto, deve-se ressaltar que a devolução de nitrogênio e demais nutrientes ao solo é proporcionada pela reciclagem que se processa á

longo prazo e não é totalmente aproveitada, pois somente uma parte fica a disposição do açazeiro. Estas perdas se devem principalmente, as condições climáticas da região, com alta umidade, precipitação pluviométrica e temperatura favorecendo o aumento da população de microrganismos que atuaram na mineralização da matéria orgânica, disponibilizando nitrogênio e outros nutrientes as plantas de açazeiro (Tabela 3).

Verifica-se que houve aumento na fase reciclada, exportada, imobilizada e acumulada no decorrer das idades das palmeiras. Desde o segundo ano a quantidade imobilizada de nitrogênio superou a quantidade reciclada e exportada em todos os anos, porém a diferença foi no sétimo ano com 9,77 vezes mais nitrogênio imobilizado em relação à quantidade exportada das plantas de açazeiro. A quantidade reciclada de nitrogênio foi de 1,81 a 2,49 vezes maiores do que a exportada, entretanto as plantas de açazeiro mostram que podem ser autossustentáveis, porém para isso, há necessidade de utilizar os folíolos, engaço, pecíolo + ráquis como forma de ciclagem de nutrientes para as plantas do açazeiro. Nos 5,95 anos obteve o ponto máximo estimado de exportação com $21,96 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, o que representaria 47 kg ha^{-1} de uréia na adubação de reposição.

Os resultados médios da comparação da quantidade imobilizada, reciclada, exportada e acumulada de nitrogênio no açazeiro em função da idade, com suas respectivas equações de regressão estão na Figura 25 (a). O modelo que melhor explicou o comportamento da extração de nitrogênio foi a equação do segundo grau.

2.3.3.2 Fósforo

A maior extração de fósforo, diferente do nitrogênio, ocorreu no sexto ano, atingindo $71,44 \text{ g planta}^{-1}$ de P, correspondendo somente a 6,1% dos macronutrientes e $28,57 \text{ kg ha}^{-1}$ de P. Juntamente com magnésio e enxofre foi um dos macronutrientes menos exigidos pelo açazeiro. Este fato não diminui a importância deste nutriente para cultura, pelas razões já discutidas.

Os valores do acumulado e imobilizado de fósforo foram aproximados no decorrer dos anos da pesquisa. A quantidade imobilizada foi 11,34 vezes mais elevada de fósforo do que a exportada no sétimo ano, enquanto a reciclada foi de 6,48 vezes maiores que a exportada neste mesmo ano (Figura 25 b). Comparando os resultados desta pesquisa com os obtidos na pesquisa com dendezeiro, por Viégas, (1993), constata-se que o valor da quantidade de fósforo imobilizado é 10 vezes superior à quantidade de fósforo exportada no dendezeiro, esta relação se mantém para as plantas de açazeiro.

A quantidade de fósforo mais exportada foi no sétimo ano com $6,33 \text{ g planta}^{-1}$ de P, o que representa $2,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P e $5,79 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , correspondendo em fertilizante Fosfato natural reativo de ARAD, com 33% de P_2O_5 , de $17,5 \text{ kg ha}^{-1}$ para satisfazer a adubação de reposição deste nutriente para planta “mãe” do açaizeiro e de $52,5 \text{ kg ha}^{-1}$ no caso de três plantas por touceira. O modelo que melhor explicou o comportamento da extração de fósforo foi a equação de regressão do segundo grau, com exceção da fase imobilizada que o modelo que melhor se ajustou foi da equação do terceiro grau.

2.3.3.3 Potássio

Dentre os macronutrientes, o potássio foi o segundo nutriente mais extraído pelo açaizeiro, discordando dos dados com dendezeiro, onde esse nutriente foi o mais extraído (VIÉGAS, 1993), inferindo-se nas condições onde se desenvolveu a pesquisa, que o açaizeiro é menos exigente em potássio, quando comparado ao dendezeiro. A maior extração total estimada de potássio ocorreu no 6,10 anos com $174,16 \text{ g planta}^{-1}$ de K, representando 45% em relação aos demais macronutrientes. Sendo este elemento, o segundo nutriente mais extraído pelo açaizeiro, vem ratificar a importância deste nutriente na cultura do açaizeiro, merecendo atenção especial, num programa de adubação de açaizeiro, principalmente nos solos da Amazônia e particularmente no Município de Tomé-Açu no Estado do Pará, que é carente neste elemento conforme mostra a análise de solo (Tabela 1).

A Figura 25 (c) mostra que as quantidades acumuladas, imobilizadas, recicladas e exportadas de potássio, do segundo até o sétimo ano o acumulado e o imobilizado seguem a mesma tendência na curva com resultados muito próximos, porém o imobilizado está nesta condição provavelmente devido à alta capacidade de armazenamento deste nutriente pelo estipe, podendo liberá-lo aos outros componentes da planta conforme a necessidade, como por exemplo, às folhas e frutos, passando para a fase reciclada e exportada, respectivamente.

A quantidade imobilizada e reciclada de potássio, no sétimo, foi respectivamente 14,6 e 2,4 vezes, mais elevada do que a exportada, discordando da quantidade imobilizada e reciclada comparada a exportada no dendezeiro na mesma idade, com 2,5 e 1,5 vezes a mais que a exportada (VIÉGAS, 1993). O modelo que melhor explicou o comportamento da extração de potássio foi a equação de regressão do segundo grau, com exceção da fase acumulada que o modelo que melhor se ajustou foi da equação do terceiro grau.

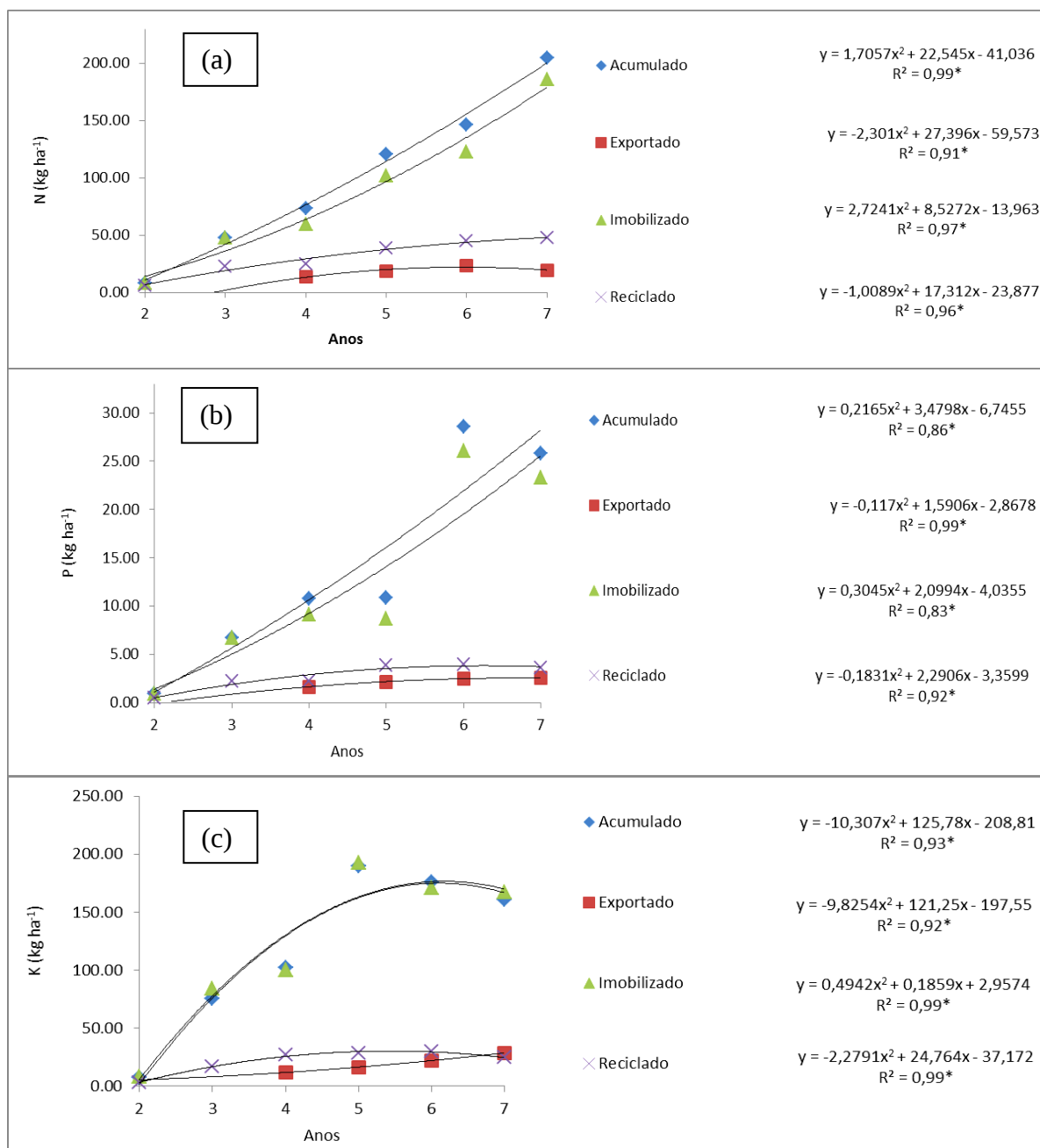


Figura 25. Quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada de nitrogênio (a), fósforo (b) e potássio (c) no açazeiro, em função da idade.

2.3.3.4 Cálcio

O cálcio foi o terceiro macronutriente mais extraído pelo açazeiro, atingindo no sexto ano 83,05 g planta⁻¹, ou seja, 17,8 % da concentração dos Macronutrientes, extrapolando para uma touceira com três plantas, representam 249,15 g planta⁻¹ desse elemento. O cálcio não tem merecido a devida atenção na cultura do açazeiro, tendo sido muito pouco estudado. Entretanto, os resultados obtidos mostram a importância desse nutriente e ressaltam a

necessidade de pesquisas específicas, principalmente em solos ácidos, como os do presente trabalho.

A quantidade máxima estimada de cálcio exportado aconteceu no 7,0 anos, com 8,41 kg ha⁻¹ de Ca e o ponto de máxima reciclagem aconteceram no 6,9 anos, com 8,69 kg ha⁻¹ de Ca, determinando que o retorno dos órgãos recicláveis para o plantio é de extrema necessidade para a ciclagem de nutrientes do açaizeiro.

A quantidade acumulada e imobilizada de cálcio foi superior á exportada e reciclada, principalmente no sexto ano (Figura 25 (a)). A quantidade imobilizada foi 9,94 vezes superior à exportada, enquanto que a reciclada 1,05 vezes superior à exportada. O estipe se mostrou como grande acumulador de cálcio, onde sabemos que a maior parte do cálcio é transportada para parte aérea através do xilema (apoplasto), ocorrendo um movimento ascendente mais por reações de troca do que por fluxo de massa. Marschner, (1986)

2.3.3.5 Magnésio

O magnésio foi o quinto nutriente mais extraído pelo açaizeiro com 54,92 g planta⁻¹ no sétimo ano, o que corresponde á 21,97 kg ha⁻¹ de Mg no sétimo ano, diferindo do dendezeiro na mesma idade com uma demanda deste nutriente por hectare de 3,74 vezes mais do que o açaizeiro, porém se considerarmos a touceira de açaizeiro com três plantas, a diferença de acúmulo de magnésio cai para 1,24 vezes. As quantidades recicladas e exportadas de Mg estão abaixo da imobilizada, entretanto as quantidades exportadas foram 1,14 vezes superior a quantidade reciclada de magnésio no sétimo ano Figura 25 (b).

2.3.3.6 Enxofre

A extração total de enxofre pelo açaizeiro foi semelhante a do magnésio e a do fósforo. O fósforo foi o quarto, o magnésio o quinto e o enxofre o sexto e último macronutriente mais extraído pelas plantas de açaí. A maior extração de enxofre se manifestou no sexto ano com 51,79 g planta⁻¹, apenas representado 4,43 % em relação aos demais macronutrientes, resultados aproximados foram obtidos por Viégas, (1993) em plantas de dendezeiro com 3,3% de enxofre neste mesmo ano em relação a todos os macronutrientes. Desta forma a maior extração deste macronutriente no açaizeiro corresponde a 20,72 kg ha⁻¹ de S.

A quantidade imobilizada de enxofre, até o sexto ano, foi crescente, no sétimo ano decresceu. Esse decréscimo pode ser explicado pelo fato dos agricultores nos plantios de açaizeiro não estarem utilizando fertilizantes que não possui enxofre. Desta forma os agricultores além de ter solos com baixo teor de matéria orgânica outra fonte de enxofre para as plantas, eles desconhecem a importância deste macronutriente, que é responsável pela parte estrutural da planta, como constituinte dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina e das proteínas que os contêm (MALAVOLTA, 2006).

O modelo que melhor explicou o comportamento de extração dos macronutrientes cálcio, magnésio e enxofre, foi a equação de regressão do segundo grau, para as fases: extração total (acumulado), reciclado, exportado e imobilizado. Verifica-se, em função destes resultados que há uma demanda crescente de macronutrientes com a idade da planta, havendo necessidade de se estudar o comportamento do açaizeiro além dos sete anos de idade.

A comparação entre os resultados de extração total de macronutrientes, com base na produção de matéria seca e no teor de nutrientes, considerando as três plantas do açaizeiro com o mesmo desenvolvimento da planta mãe, do presente trabalho, com os obtidos em plantas de dendezeiro por Viégas (1993), nas idades correspondentes são apresentados na Tabela 4. Verifica-se que, no trabalho com dendezeiro a quantidade total acumulada de todos os macronutrientes foi bem mais elevada, em todos os anos, com exceção do fósforo que no terceiro e sexto ano, as três plantas de açaizeiro superaram o acúmulo de fósforo em 1,81 e 1,11 vezes as plantas de dendezeiro respectivamente. Essa superioridade apresentada na extração total de nutrientes pelo dendezeiro é explicada por produzir mais massa seca ha^{-1} do que o açaizeiro. As maiores extrações, nas condições onde se desenvolveu a pesquisa, foram proporcionadas pelo potássio do segundo ao sexto ano, desta forma sendo superado apenas no sétimo ano pelo nitrogênio que foi 1,14 vezes maior que o acúmulo de potássio.

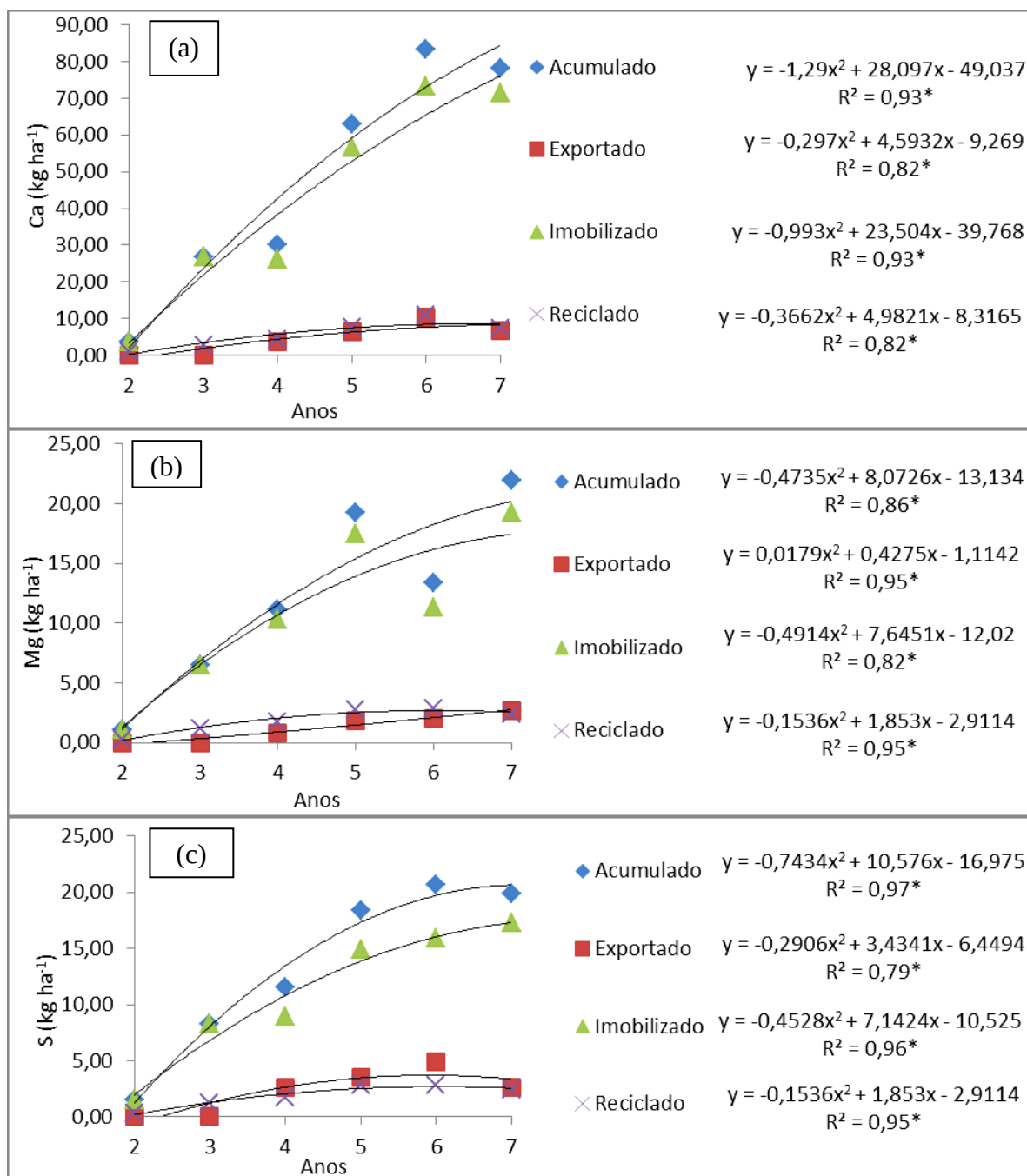


Figura 26: Quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada de cálcio (a), magnésio (b) e enxofre (c) no açaizeiro, em função da idade.

A demanda de macronutrientes pelas plantas de dendezeiro foram maiores 46,19% para nitrogênio, 64,99% para fósforo, 26,90% para potássio, 36,75% para cálcio, 24,58% para magnésio e 48,66% para enxofre (Viégas, 1993) em comparação com plantas de açaizeiro no sétimo ano, demonstrando que o dendezeiro extrai mais nutrientes por planta do que o açaizeiro. A ordem decrescente em termos quantitativos do acúmulo total de macronutrientes para o açaizeiro foi: $N > K > Ca > S > P > Mg$.

Tabela 4: Comparação do acúmulo total de macronutrientes pelo açaizeiro e dendezeiro em função da idade.

Idade	N			P			K			Ca			Mg			S		
Anos	Açai ¹	Açai ²	Dendê ³	Açai ¹	Açai ²	Dendê ³	Açai ¹	Açai ²	Dendê ³	Açai ¹	Açai ²	Dendê ³	Açai ¹	Açai ²	Dendê ³	Açai ¹	Açai ²	Dendê ³
-----g planta ⁻¹ -----																		
2	19,94	59,82	130,26	2,37	7,11	9,30	20,13	60,39	193,32	9,03	27,09	64,68	2,62	7,86	25,95	3,83	11,49	5,75
3	118,61	355,83	427,04	16,67	50,01	27,55	209,59	628,77	655,96	66,66	199,98	186,22	16,27	48,81	73,88	20,74	62,22	32,03
4	182,77	548,31	1064,84	26,95	80,85	92,58	282,83	848,52	1425,32	75,14	255,42	554,02	27,86	83,58	285,19	28,78	86,34	77,50
5	300,96	902,88	1569,15	27,02	81,06	114,93	526,79	1580,38	2180,49	157,28	471,84	831,98	48,2	144,6	348,25	46,07	138,21	128,70
6	365,17	1095,51	2412,53	71,44	214,32	191,99	487,67	1463,02	3221,52	208,76	626,28	1200,10	33,48	100,44	405,09	51,79	155,37	252,77
7	511,56	1534,68	3322,21	64,49	193,47	297,69	446,39	1339,20	4979,12	195,87	587,61	1598,81	54,92	164,76	670,18	49,74	149,22	306,67

¹ = Acúmulo g planta⁻¹² = Acúmulo (g planta⁻¹ x 3), pois considerou-se a touceira (3 plantas de açaizeiro).³ = Viégas (1993).

A distribuição percentual da quantidade acumulada de macronutrientes para açazeiro e dendezeiro mostra aumento, apenas de nitrogênio e magnésio, com a idade para as duas palmeiras, porém os demais macronutrientes para o dendezeiro seguiu a mesma dinâmica, crescendo no decorrer dos anos, porém para o açazeiro houve redução de acúmulo de potássio, cálcio, enxofre e fósforo do sexto para o sétimo ano de 8%, 6%, 4% e 39% destes nutrientes, concomitantemente (Figura 27). No sexto ano o consórcio de plantas com teca e cupuaçuzeiro, nesta idade as plantas de teca se encontravam em média 8,4 m de altura e 0,88m de circunferência e o cupuaçuzeiro em plena produção, demandando água, luz e nutrientes do sistema concorrendo com o açazeiro. No terceiro, quarto e quinto ano o açazeiro demonstra em termos percentuais superioridade na extração de nitrogênio e potássio em relação ao dendezeiro. O acúmulo de enxofre nas plantas de açazeiro foram superiores do segundo ao quinto ano, porém no último ano de comparação entre açazeiro e dendezeiro, mostrou que esta última palmeira é superior no acúmulo em todos os macronutrientes. Desta forma, o dendezeiro mostrou mais eficiência na extração dos macronutrientes, sendo favorecida por estabelecer seu manejo por empresas que empenham recursos financeiros conforme o sistema de produção determina, ao contrário do açazeiro que por muitas décadas foi uma cultura apenas extrativista e que atravessa seu auge com demandas de agricultores por pesquisas para plantio em terra firme.

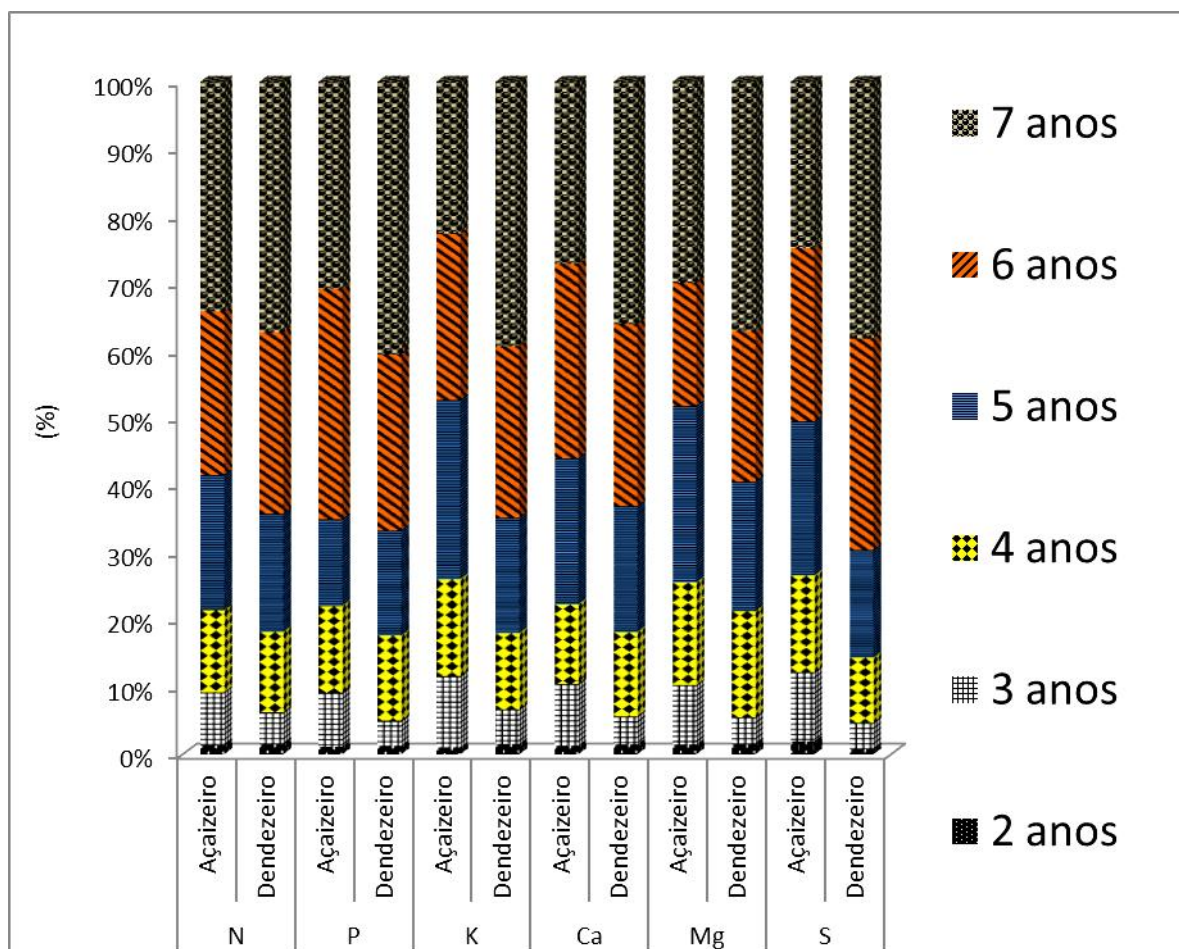


Figura 27: Comparação percentual de extração total de macronutrientes em plantas de açaizeiro desta pesquisa e da realizada com dendezeiro por Viégas (1993).

2.3.4 Exportação de macronutrientes

Os resultados da comparação entre o consumo total e a exportação de macronutrientes, em função da idade do açaizeiro, com base no peso da matéria seca, considerando uma densidade de 400 plantas por hectare e a estimativa de acúmulo/touceira, onde cada touceira com três plantas de açaizeiro são apresentados na Tabela 5. Constata-se que a exportação de macronutrientes é muito baixa quando comparada a quantidade acumulada, o que não deixa de ser um resultado desejável. A máxima exportação em relação á quantidade acumulada foi de 23,3%, referente a enxofre, sendo em termos percentuais o macronutriente mais exportado, seguido pelo nitrogênio e magnésio no sexto ano. Discordando da pesquisa feita por Viégas (1993) que obteve a máxima exportação de macronutrientes de dendezeiro pelo fósforo com 20,58%, seguido pelo potássio e magnésio.

A razão de exportação dos macronutrientes obtida neste estudo foi de 10,4N: 8,4K: 3,8Ca: 1,9S: 1,0Mg: 1,0P. Desta forma verifica-se que a ordem de exportação total dos macronutrientes na massa seca dos cachos do açaizeiro foi: $N > K > Ca > S > Mg > P$. A exportação do sexto para o sétimo ano reduziu em todos os macronutrientes, com exceção do fósforo que aumentou sua exportação em 2,9 %. O nitrogênio foi o único macronutriente que teve aumento de acúmulo do sexto para o sétimo ano de 28,62%, observando que mesmo aumentando o seu acúmulo no sétimo ano as plantas do açaizeiro reduziram sua exportação em 6,7%. Contudo, nesta pesquisa no sexto e sétimo ano, os consórcios são formados por três plantas, sendo no sexto ano, o de açaizeiro com cupuaçuzeiro e teca e no sétimo, o consórcio de açaizeiro com cupuaçuzeiro e paricá, levando a uma concorrência entre as plantas por nutrientes, luz e água do solo e reduzindo o acúmulo, e consequentemente a exportação de forma geral em todos os macronutrientes.

Tabela 5: Acúmulo total e exportação de nutrientes pelos cachos do açaizeiro, em função da idade.

Idade	N							P							K						
Anos	Acúmulo			Exportado				Acúmulo			Exportado				Acúmulo			Exportado			
	g/pl. ¹	E.g/toc ²	kg/ha	g/pl. ¹	E.g/toc ²	kg/ha	%	g/pl.	E.g/toc ²	kg/ha	g/pl. ¹	E.g/toc ²	kg/ha	%	g/pl.	E.g/toc ²	kg/ha	g/pl. ¹	E.g/toc ²	kg/ha	%
4	182,7	548,3	203,0	34,11	102,33	37,9	18,6	26,9	80,8	29,9	4,06	12,18	4,51	16,7	101,8	305,5	282,8	29,07	87,21	32,3	11,4
5	300,9	902,8	334,3	46,35	139,05	51,4	15,4	27,0	81,0	30,0	5,39	16,17	5,98	22,1	189,6	568,9	526,7	40,45	121,25	44,9	8,5
6	365,1	1095,5	405,7	58,28	174,84	64,7	15,9	71,4	214,3	79,3	6,17	18,51	6,85	9,5	175,5	526,7	487,6	54,81	164,43	60,8	12,4
7	511,5	1534,6	568,3	47,51	142,53	52,7	9,2	64,4	193,4	71,6	6,33	18,99	7,03	10,9	160,7	482,1	446,4	25,61	76,83	28,4	6,3
Idade	Ca							Mg							S						
Anos	Acumulado			Exportado				Acumulado			Exportado				Acumulado			Exportado			
	g/pl.	E.g/toc ²	kg/ha	g/pl. ¹	E.g/toc ²	kg/ha	%	g/pl.	E.g/toc ²	kg/ha	g/pl. ¹	E.g/toc ²	kg/ha	%	g/pl.	E.g/toc ²	kg/ha	g/pl. ¹	E.g/toc ²	kg/ha	%
4	75,1	225,4	83,4	9,43	28,29	10,4	12,5	27,8	83,5	30,9	2,01	6,03	2,2	7,2	28,7	86,3	31,9	6,5	19,5	7,22	22,5
5	157,2	471,8	174,7	15,43	47,89	17,5	10,0	48,2	144,6	53,5	4,5	13,5	5,0	9,3	46,0	138,2	51,1	8,87	26,61	9,85	19,2
6	208,7	626,2	231,9	25,54	76,62	28,3	12,2	33,4	100,4	37,2	5,11	15,33	5,6	15,2	51,7	155,3	57,5	12,11	36,33	13,45	23,3
7	195,8	587,6	217,6	17,0	51,0	18,8	8,6	54,9	164,7	61,0	6,73	20,19	7,4	12,2	49,7	149,2	55,2	6,58	19,74	7,31	13,2

¹grama/planta; ²estimativa grama/touceira

A estimativa de produção de massa fresca no sétimo ano, em termos médios, correspondeu a 9 t de cachos ha^{-1} , a qual é inferior a produção de massa fresca de plantas de dendezeiro com 17,0 t de cachos ha^{-1} e próxima a estimativa de massa fresca de coqueiro com 12 t de cachos ha^{-1} (VIÉGAS, 1993; MANCIOT; OLLAGNIER; OCHS, 1980). A produção foi estimada para 1 t de cachos, para efeito de comparação com outros trabalhos da mesma família do açaizeiro (Tabela 6). Pelos dados obtidos verifica-se que a exportação de nitrogênio para o dendezeiro é inferior 4 vezes ao do coqueiro e 2,5 vezes para o açaizeiro, porém para o potássio a exportação de coco foi superior em 5,3 vezes e o dendê em 1,2 vezes a do açaí. Para os demais macronutrientes houve variação de exportação, mas não tão alta como para nitrogênio e potássio.

Tabela 6: Estimativas das quantidades exportadas de macronutrientes (kg t^{-1}) de cachos de dendê, coco e açaí, obtidos por pesquisadores.

Fonte	Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S
----- kg t^{-1} de cachos-----							
Viégas (1993)	Dendezeiro	4,0	0,67	7,0	2,40	1,06	0,47
Manciot et al., (1980)	Coco híbrido (PB121)	16	2,23	29,4	1,34	2,23	1,34
Presente trabalho	Açaizeiro	10	1,11	5,57	3,69	1,45	1,43

A exportação de macronutrientes, estimados a partir do peso seco e do teor de nutrientes, e sua equivalência em fertilizantes, em função da idade, encontram-se na Tabela 7. Verifica-se que a maior demanda foi pela uréia, atingindo no sexto ano 140,75 kg ha^{-1} , havendo redução na demanda no sétimo ano de 18,47% de uréia. Para todos os macronutrientes houve redução da necessidade de nutrientes no sétimo ano, com exceção do fósforo e magnésio que continuaram demandando fertilizantes neste ano, com o aumento de 2,54% e 24,07%, respectivamente. Para o coqueiro híbrido segundo Sobral (1998) a extração de nitrogênio foi de 103,11 kg ha^{-1} de nitrogênio e de potássio 203,52 $\text{kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$, equivalendo em fertilizante á 224 $\text{kg de ureia ha}^{-1}$ e 339,2 kg de KCl ha^{-1} , estando 46,03% e 35,9% acima da exportação do açaizeiro, concomitantemente (Tabela 6).

Essa quantidade de 87,5 kg ha^{-1} de calcário dolomítico, com 30% de OCa e 15% de OMg no sétimo, preenche a necessidade de cálcio e ajuda com 13,12 kg ha^{-1} de OMg para compor o valor da necessidade de 45,69 kg ha^{-1} de magnésio perante a exportação do açaizeiro. O sulfato de magnésio, com 27% de OMg e 22% de S, preenche o restante da necessidade de magnésio para as plantas, e atende a necessidade total de enxofre exportada

pelo açazeiro. O fosfato natural reativo, além de atender à necessidade de fósforo das plantas, contribui compondo a necessidade de cálcio, pois é um fosfato tricálcico que contém 33%P₂O₅ e 30% de OCa muito utilizado na adubação das palmeiras como dendezeiro, coqueiro e, agora, açazeiro (Tabela 7).

Tabela 7: Exportação de nutrientes e sua equivalência em fertilizantes no açazeiro, em função da idade.

Idade	N				P				K			
Anos	Exportação	Uréia ¹			Exportação	F.N. R ²			Exportação	KCl ³		
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g pl ⁻¹ ⁶	E.g toc ⁻¹ ⁷	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g pl ⁻¹	E.g/toc ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g pl ⁻¹	E.g toc ⁻¹
4	37,9	82,3	74,0	222,0	4,5	31,3	28,1	84,3	32,3	64,5	58,1	174,3
5	51,4	111,9	100,0	300,0	5,9	41,5	37,4	112,2	44,9	89,8	80,9	242,7
6	64,7	140,7	126,0	378,0	6,8	47,5	42,8	128,4	60,8	121,7	109,6	328,8
7	52,7	114,7	103,0	309,0	7,0	48,8	43,9	131,7	28,4	56,9	51,2	153,6
Idade	Ca				Mg				S			
Anos	Exportação	C.D ⁴			Exportação	MgSO ₄ .H ₂ O ⁵			Exportação	MgSO ₄ .H ₂ O ⁵		
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g pl ⁻¹	E.g toc ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g pl ⁻¹	E.g/toc ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g pl ⁻¹	E.g toc ⁻¹
4	10,4	48,5	43,6	130,8	2,2	13,6	12,2	36,6	7,2	32,8	29,5	88,5
5	17,5	81,4	73,3	219,9	5,0	30,5	27,5	82,5	9,8	44,7	40,3	120,9
6	28,3	131,4	118,3	354,9	5,6	34,6	31,2	93,6	13,4	61,1	55,0	165,0
7	18,8	87,5	78,7	236,1	7,4	45,6	41,1	123,3	7,3	33,2	29,9	89,7

¹Com 46% N; ²Fosfato Natural Reativo com 33% P₂O₅; ³Cloreto de potássio com 60% de K₂O; ⁴Calcário dolomítico com 30% de Oca e 15% OMg; ⁵Kieserita com 27% OMg e 22% S; ⁶grama planta⁻¹; ⁷estimativa grama touceira⁻¹.

As informações sobre a adubação do açazeiro, em terra firme, não está totalmente definida para o Estado do Pará.

No início da década de noventa, através da alta demanda de agricultores, por informações sobre o cultivo do açazeiro, que Homma et al., (1995), através de um documento que serviu como base para que se implantasse o sistema de produção do açazeiro que disponibiliza informações do manejo da cultura em todas as suas etapas, se determinou a primeira aproximação de adubação para o açazeiro através de experiências realizadas no campo. Entretanto, ainda se encontram em algumas propriedades diversos manejos de adubação utilizados pelos agricultores, onde utilizam a fórmula 10:28:20 e esterco de bovino, sem estabelecer a necessidade da planta, relacionando com a idade da mesma, no campo. Viégas e Botelho, (2010) publicaram a recomendação de adubação N, P e K para o açazeiro cultivado em terra firme, do Estado do Pará, em função da análise de solo, relacionando os nutrientes disponíveis no solo com a idade da planta.

As adubações e as fontes de matéria para as adubações das palmeiras dendezeiro e coqueiro estão mais estudadas no estado do Pará, pois as mesmas detêm as maiores produtividades no Brasil. As fontes para nitrogênio: ureia e nitromag, para fósforo e cálcio, o fosfato natural reativo de arad, para potássio e cloro: o KCl, para Mg e S: a kieserita (Tabela 7).

A comparação entre a recomendação de adubação realizada por Viégas e Botelho (2010), com a sugestão feita por esta pesquisa, encontra-se na Tabela 8. Nota-se que, conforme a recomendação de Viégas e Botelho (2010), na implantação, ou seja, na cova da planta, sugere-se a adubação orgânica de 10 litros de esterco de curral e 10 g de FTE BR 12 e após dez dias realizar o plantio. Para adubação de primeiro ano, aplicar as quantidades N, P e K conforme a interpretação dos teores dos nutrientes contidos no solo. Para estabelecer no campo a necessidade de nitrogênio utiliza-se ureia, cuja fonte, tem sua eficiência agrônômica prejudicada pela aplicação realizada na coroa das plantas sem cobertura no solo. Desta forma, sugere-se o nitromag que é uma fonte balanceada de nitrogênio que possui 50% de sua composição de NO_3^- e 50% de NH_4^+ , possibilitando assimilação imediata pela planta de nitrato e suprimento de forma gradual pelo amônio para o melhor desenvolvimento das plantas de açaizeiro. Por outro lado, há necessidade de pesquisas na cultura do açaizeiro sobre o efeito da adubação nitrogenada, pois em plantas de dendezeiro e de coqueiro com cobertura da leguminosa *Pueraria phaseoloides*, esse nutriente não tem mostrado aumento na produção (Viégas, 1993 e Lins, 2000). Para a nutrição com fósforo nas palmeiras dendezeiro e coqueiro utiliza-se muito pouco as fontes solúveis em água de fósforo como: superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato monoamônio. Contudo, nesta sugestão de adubação realizada por esta pesquisa em solos de Tomé-Açu, que se caracterizam como solos ácidos de baixa fertilidade natural, favorecem os fosfatos naturais reativos que precisam de acidez para aumentar sua eficiência agrônômica, disponibilizando mais fósforo para as plantas. Além das matérias-primas, as demandas nutricionais oriundas de plantas de açaizeiro desta pesquisa, mostram que as plantas demandaram a parti do terceiro ano bem mais nutrientes do que o sugerido na recomendação de adubação do açaizeiro, pois a recomendação desta pesquisa está ligada a exportação de nutrientes pelos cachos do açaizeiro e a recomendação do açaizeiro pela análise de solo. As palmeiras seguem de forma geral sua nutrição pela interpretação dos nutrientes contidos na folha média, sugere-se que para o açaizeiro identifique-se a mesma e que a orientação da recomendação de adubação seja feita através dos resultados da análise de folhas e apenas como complemento da interpretação o uso da análise de solo.

Tabela 8: Comparação das quantidades exportadas de N, P₂O₅ e K₂O e sua equivalência em fertilizantes no açaizeiro.

Fonte	Idade	Estimativa (g planta ⁻¹)			Estimativa (g touceira ⁻¹)			Sugestão de Adubação
	Anos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	(touceira ⁶ /ano)
Viégas e Botelho (2010)	2	35	89	117	105	267	352	E. B.C ¹ = 10 l; Uréia ² =130g; FNR ³ =227g; KCL ⁴ =166g
Nesta Pesquisa	2	42	86	110	126	258	332	E. B.C ¹ = 10 l; Nitromag ⁵ = 200 g; FNR=200g; KCL=100g
Viégas e Botelho (2010)	3	23	30	40	70	90	120	Uréia = 152g; FNR=227g; KCl= 166g
Nesta Pesquisa	3	90	22	40	270	66	120	Nitromag ³ = 1kg; FNR ⁴ =200g; KCl=200g
Viégas e Botelho (2010)	4	26	25	50	80	75	150	Uréia = 152g; FNR= 227g; KCL= 166g
Nesta Pesquisa	4	34	9	35	102	27	105	Nitromag = 750 g; FNR= 270 g; KCl =250g
Viégas e Botelho (2010)	5	30	36	36	90	110	110	Uréia= 195g; FNR = 333g; KCl=183g
Nesta Pesquisa	5	46	12	48	138	36	144	Nitromag= 1,0 kg; FNR = 360g; KCl=340 kg
Viégas e Botelho (2010)	6	33	30	43	100	90	130	Uréia = 217g; FNR= 272g; KCL= 216g
Nesta Pesquisa	6	58	14	66	174	42	198	Nitromag= 1,3 kg; FNR = 420 g; KCl= 470 g
Viégas e Botelho (2010)	7	33	35	50	100	105	150	Uréia = 217g; FNR= 318g; KCL= 216g
Nesta Pesquisa	7	47	14	31	141	42	93	Nitromag= 1050 g; FNR = 420g; KCl= 221 g

¹Esterco bovino curtido; ²Uréia= 46% de N e 50 % de eficiência agronômica; ³Fosfato natural reativo com 33% P₂O₅, 30% OCa e 30% de eficiência

agronômica; ⁴Cloreto de potássio com 60% K₂O e 70% de eficiência agronômica; ⁵Nitromag =23% de N e 50% de eficiência agronômica;

⁶touceira= três plantas de açaizeiro.

2.3.5 Micronutrientes

2.3.5.1 Teor de boro

O teor de boro variou com o aumento da idade das palmeiras. O componente do açazeiro mais rico em boro foi o meristema, e o mais pobre, os pecíolos. Comparando-se os teores de boro com os obtidos por Viégas (1993) com plantas de dendezeiro, percebe-se que os pecíolos obtiveram os menores teores de boro e o estipe do açazeiro foi 2,05 vezes maior que nas plantas de dendezeiro com dois anos de idade.

Nas plantas de coqueiro, o teor de boro obtido na folha 14 por Lins (2000), foi entre 7,58 e 13,67 mg kg⁻¹ de B, estando bem abaixo ao teor determinado nesta pesquisa que foi entre 16,8 e 24,9 mg kg⁻¹, contudo a faixa de teores ideal para o coqueiro segundo (Lins, 2000) fica entre 8 e 15 mg kg⁻¹ de B e Rognon (1984) recomenda 10 mg kg⁻¹ de B como nível crítico para dendezeiro na folha 17. Desta forma as plantas de açazeiro estão bem acima do nível ótimo em relação ao coqueiro e aproximadas para o dendezeiro (MANCIOT, 1980). Esse maior teor de boro deve-se principalmente, a adubação boratada, ministrada no plantio, pois, dentre todos os micronutrientes, é o mais limitante para as palmeiras na Amazônia. A escassez desse micronutriente ocorre principalmente em regiões com déficit hídrico, que dificulta a mineralização da matéria orgânica, que é a principal fonte de boro para as culturas. Adubação potássica tem reduzido à disponibilidade de boro em dendezeiro e coqueiro (PACHECO, 1985 e LINS, 2000).

O meristema se mostrou como grande armazenador de boro, e está diretamente ligado ao crescimento apical do açazeiro, pesquisa realizada por Viégas et al., (2008), com mudas de açazeiro mostraram o teor de 18,09 mg kg⁻¹ de B, bem aproximado ao determinado nesta pesquisa no segundo ano com 16,8 mg kg⁻¹, entretanto Viégas e Botelho (2000), obtiveram teor de 24,3 mg kg⁻¹ em mudas de dendezeiro, estando bem acima dos teores do açazeiro. O teor de boro de 31,34 mg kg⁻¹ em folhas de açazeiro obtidos na pesquisa realizada por Viégas et al., (2009), superam em 20,4% o maior teor nas folhas determinado no sexto ano desta pesquisa. Os frutos obtiveram o maior teor no 5,46 ano, com 20,62 mg kg⁻¹ e o engaço no 5,38 ano, com 26,61 mg kg⁻¹, o que coincide com o maior produção de massa seca dos cachos do açazeiro.

Os resultados da análise de regressão dos diferentes órgãos das plantas e as suas curvas representativas do teor de boro nos diversos órgãos em função da idade se encontram na Figura 27. A equação que melhor se ajustou aos resultados da regressão foi a do segundo grau para folíolos, estipe, frutos e engaço, com exceção do meristema, pecíolo + ráquis e flecha que seus dados se ajustaram com a equação do terceiro grau.

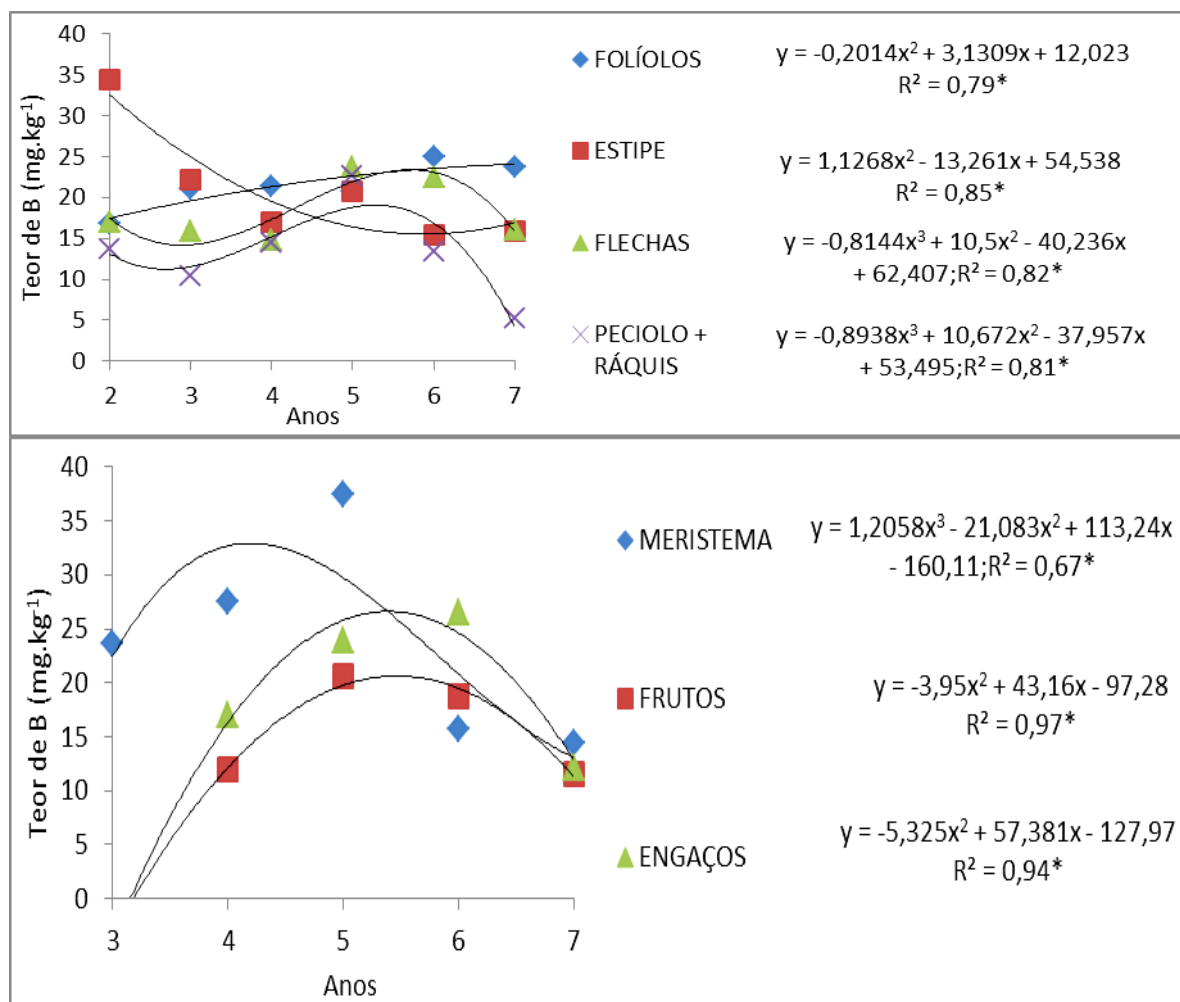


Figura 28: Teores de boro em órgãos de açazeiro em função da idade.

Foi evidente a variação na quantidade acumulada de boro, nos componentes da planta, com a idade (Figura 28). O estipe apresentou o maior acúmulo com 1732 mg touceira⁻¹ de B, no sétimo ano, que em termos percentuais equivale a 72,45% em relação aos demais órgãos, entretanto Viégas (1993) obteve maior acúmulo de boro também no estipe do dendezeiro, porém com 2834 mg planta⁻¹. As flechas foram responsáveis pelo menor acúmulo, representando apenas 1,1 % do acúmulo de boro no sétimo ano em relação aos outros órgãos. A sequência decrescente da quantidade acumulada de boro nos diferentes componentes foi: estipe > folíolos > meristema > frutos > engaço > pecíolo + ráquis > flechas. Infere-se

portanto, pela ordem apresentada, que na copa, o maior acúmulo aconteceu nos folíolos, seguido do pecíolo + ráquis e flechas.

A comparação entre as quantidades acumuladas de boro, na presente pesquisa com as obtidas por Viégas (1993) em plantas de dendezeiro, mostra que o estipe das plantas de açazeiro acumulou do segundo ao quinto ano 9% mais boro que as plantas de dendezeiro, porém no restante dos componentes houve dominância das plantas de dendezeiro.

O ponto de máximo acúmulo de boro no meristema foi 3,83 ano, com 126,59 mg planta⁻¹, dos frutos no 4,55 ano, com 74,85 mg planta⁻¹ e do engaço aos 4,46 ano, com 64,60 mg planta⁻¹.

As equações de regressão da variação na quantidade acumulada de boro, nos diferentes componentes e idade do açazeiro, são apresentadas na Figura 28. O modelo que melhor explicou o comportamento do acúmulo de boro para o estipe foi o linear ascendente, ao passo que, para os demais componentes foi o quadrático.

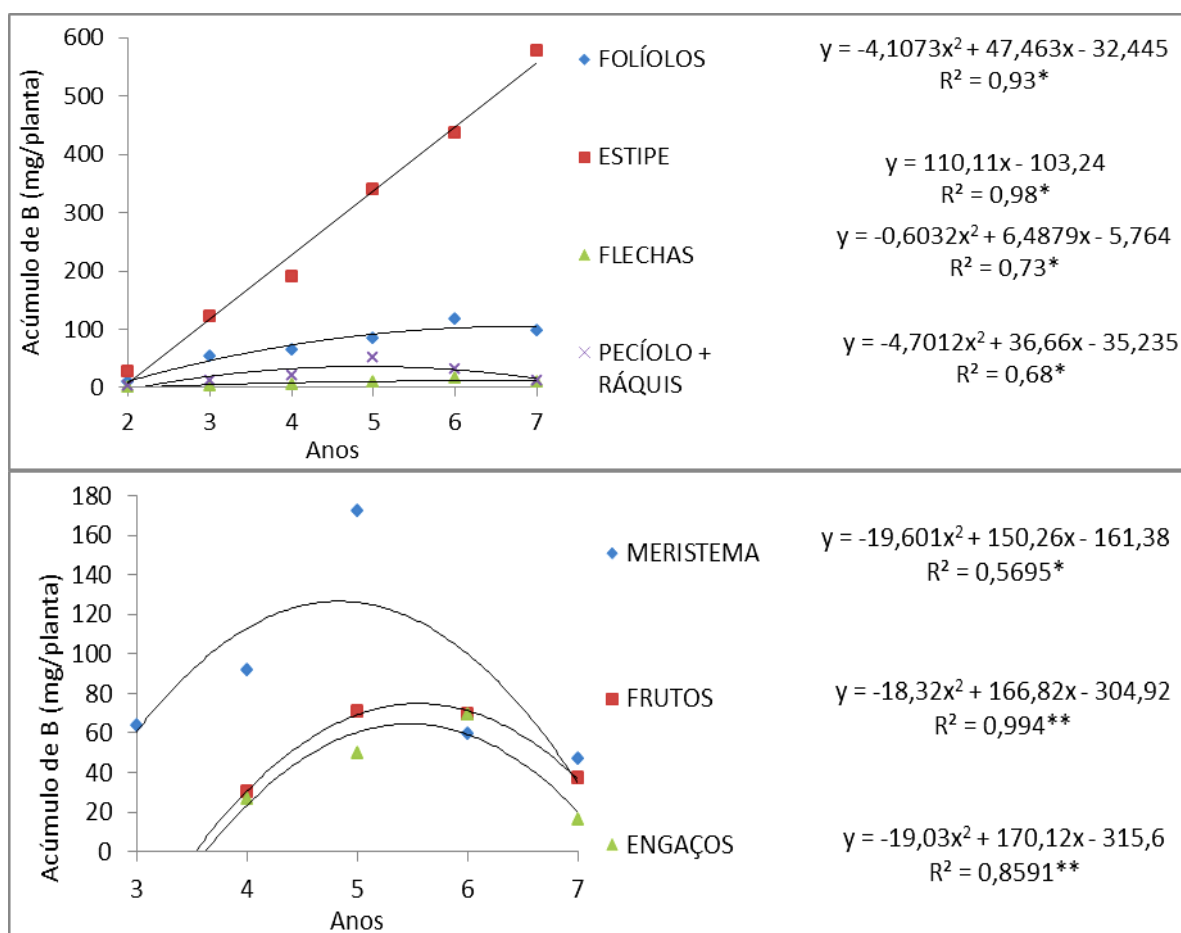


Figura 29: Acúmulo de boro em órgãos de açazeiro em função da idade.

Ocorreu grande flutuação na distribuição de boro nas diferentes partes amostradas. Observando a Figura 29, constata-se que inicialmente ocorreu uma maior presença de boro no estipe e nas folhas, que são órgãos de intensa atividade de crescimento, entretanto após o terceiro até o quinto ano o meristema foi o segundo maior armazenador de boro, tornando nos anos seguintes a diminuir nessa parte e aumentar nos folíolos. Essa flutuação ocorrida é de difícil compreensão, uma vez que é lenta a redistribuição deste elemento nas plantas (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

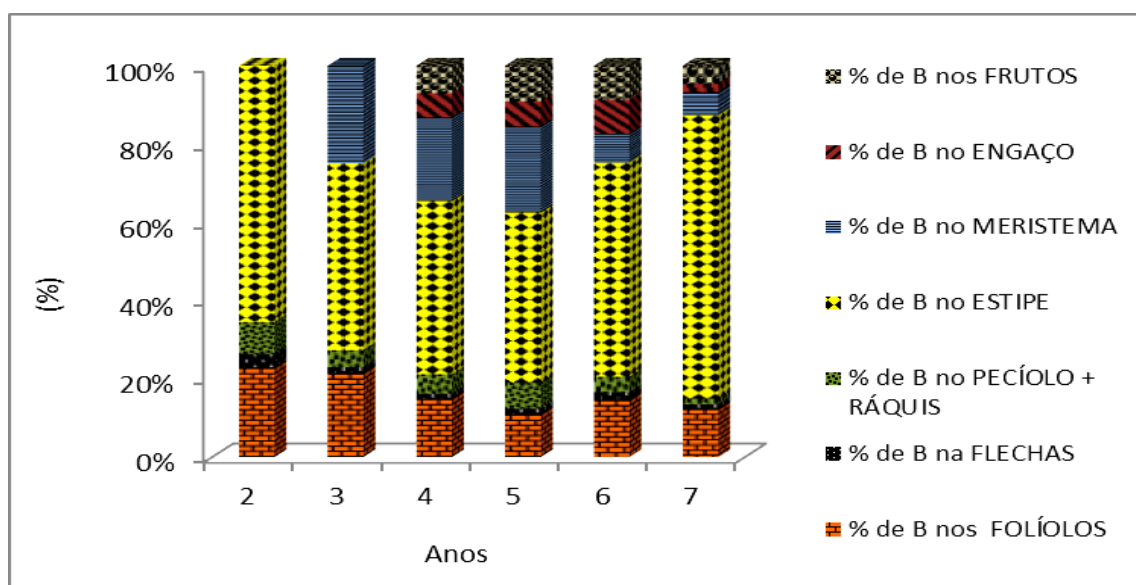


Figura 30: Distribuição em porcentagem do boro acumulado nas diferentes partes das plantas de açazeiro.

2.3.5.2 Teor de cobre

O teor de cobre, de acordo com a idade do açazeiro, não seguiu um padrão definido nos componentes, conforme se pode observar na Figura 30. No estipe, até o sexto ano, os teores aumentaram para no ano seguinte diminuírem. Nas flechas, até o sétimo ano ocorreu incremento e nos demais órgãos houve variação entre incremento e redução no teor de cobre no decorrer dos anos, pois esta variação deve-se aos diversos consórcios implantados a cada ano com as plantas de açazeiro, onde a demanda nutricional desordenada de nutrientes favorece esta variação nutricional.

Uma análise comparativa revela que os teores nas flechas do presente trabalho, em termos percentuais foram 8,9% maiores em relação ao dendezeiro com sete anos de idade, pois nos demais órgãos o dendezeiro apresentou maior teor de cobre (Viégas, 1993).

Na opinião de Uexkull e Fairhurst (1991), os níveis adequados do teor de cobre estaria entre 5 e 8 mg kg⁻¹ e Viégas (1993) no Município de Tailândia no Estado do Pará verificou que o teor médio nas folhas de dendezeiro de 2 a 8 está na faixa do teor de 5 a 7 mg kg⁻¹ de Cu, no coqueiro Manciot (1980) percebeu que as plantas demonstraram sintomas de deficiência de Cu, com teor de cobre na folha 4 de 0,4 mg kg⁻¹ de Cu e seu nível crítico na folha 14 é de 5 mg kg⁻¹ de Cu, porém nesta pesquisa com açaizeiro os teores estão acima do desejado pelo dendezeiro e coqueiro com 7,22 a 9,87 mg kg⁻¹ de Cu.

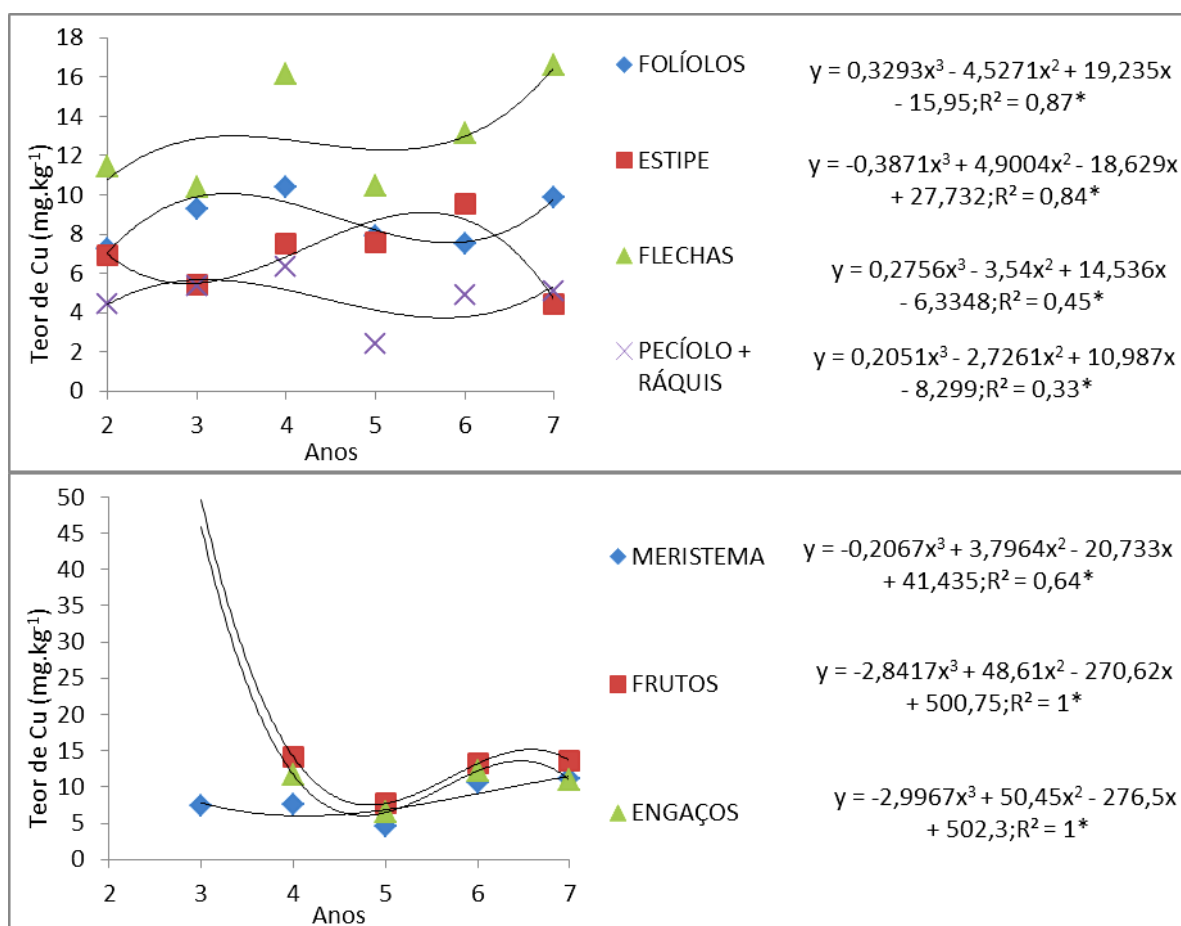


Figura 31: Teores de cobre em órgãos de açaizeiro em função da idade.

As curvas de acúmulo de cobre revelaram que, apenas nos folíolos ocorreu aumento no decorrer dos anos, onde em todos outros componentes houve redução do sexto para o sétimo ano. Em geral o maior incremento ocorreu no estipe no sexto ano com 271,6 mg planta⁻¹. A sequência decrescente da quantidade acumulada foi: estipe > folíolos > frutos > meristema > engajo > pecíolo + ráquis > flecha. Com base nestes resultados fica comprovado a importância do estipe como principal armazenador de cobre, podendo chegar acumular até 61,68%, em relação aos demais órgãos, seguidos pelos folíolos, com 12 % e pelos frutos, com

9,82% (Figura 31 e 32). Conforme a sequência dos componentes mostrada acima, infere-se que na copa, os folíolos foram responsáveis pelo maior recrutamento de cobre.

Comparando as quantidades acumuladas com as obtidas por Viégas (1993), nas idades correspondentes, constata-se que as plantas de dendezeiro, obtiveram maior acúmulo de cobre em todos os componentes do dendezeiro, chegando até a 2,9 vezes mais cobre nos folíolos no sétimo ano em relação aos folíolos da touceira (estimativa de três plantas, todas iguais a planta mãe) do açazeiro desta pesquisa. As equações de regressão das quantidades acumuladas de cobre, nos diferentes componentes do açazeiro, em relação aos anos, são apresentadas na Figura 31. Verifica-se, que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou para os componentes: folíolos, estipe e pecíolos + ráquis, enquanto que o cúbico se ajustou para meristema, frutos e engãos, e para as flechas o modelo que melhor se ajustou foi o linear.

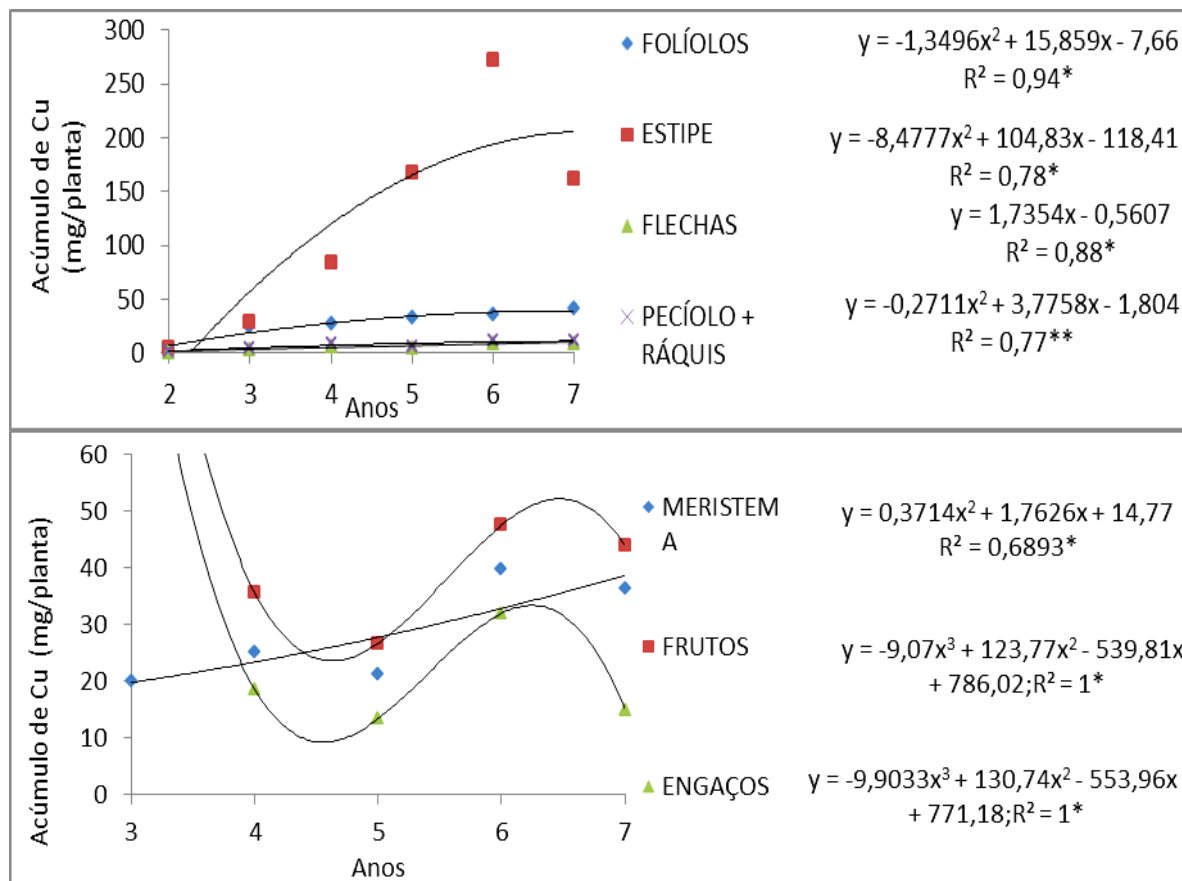


Figura 32: Acúmulo de Cobre em órgãos de açazeiro em função da idade.

Quanto à distribuição do cobre nas plantas, fica evidenciada uma flutuação nas porcentagens desse elemento nos órgãos das plantas (Figura 32). Percebe-se um predomínio absoluto do conteúdo no estipe em relação aos demais componentes. Houve uma redução na distribuição dos folíolos e flechas, do quarto para o quinto ano, e aumentaram, do sexto para o sétimo ano, demonstrando grande variação no acúmulo de cobre.

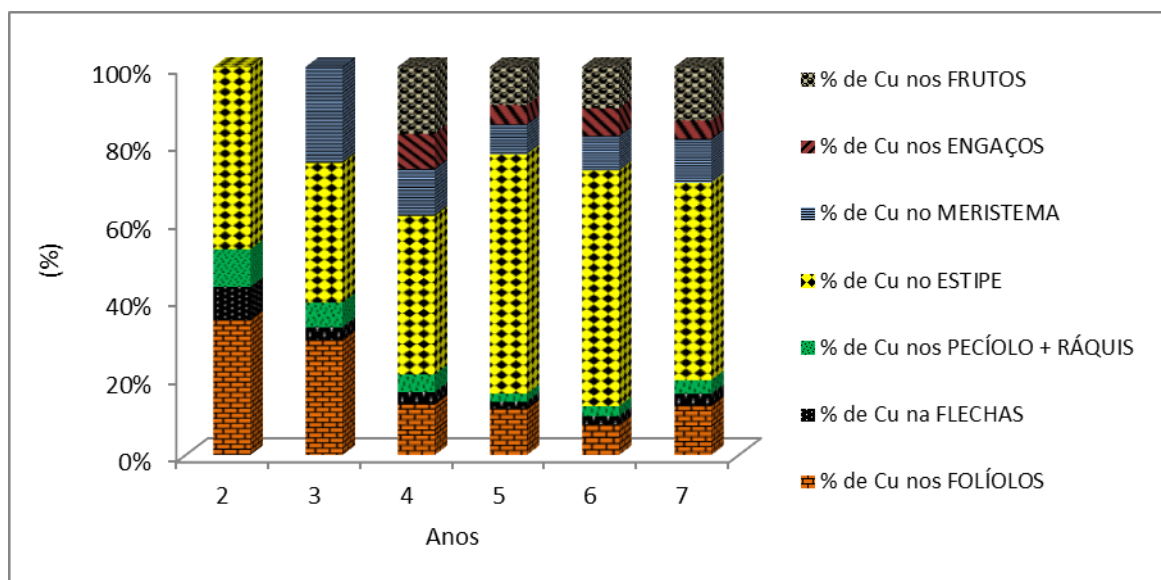


Figura 33: Distribuição em porcentagem do cobre acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.

2.3.5.3 Teor de ferro

Os resultados do teor de ferro nos componentes do açaizeiro, em função dos anos, estão contidos na Figura 33. Em todos os órgãos do açaizeiro foi bastante evidente a variação no teor, no decorrer das idades. A dominância exercida pelos folíolos, iniciou desde o segundo ano com $318,95 \text{ mg kg}^{-1}$ de Fe e o segundo órgão com maior concentração foi os frutos com $103,72 \text{ mg kg}^{-1}$ de Fe. É provável que o elevado teor de ferro, contido nos folíolos, facilite a translocação para os frutos, a fim de atender a demanda do elemento nesse componente.

Comparando-se os teores de ferro nos folíolos de plantas de dendezeiro obtidos por Rognon (1984) e Viégas (1993), de 50 a 250 mg kg^{-1} e 45 a 84 mg kg^{-1} , respectivamente, constata-se que estão abaixo dos teores foliares obtidos pelo açaizeiro desta pesquisa de $57,62$ a $318,45 \text{ mg kg}^{-1}$ de Fe.

Os órgãos de exportação frutos e os engaos apresentaram alta concentração de ferro no decorrer dos anos, e o estipe foi o órgão que menos concentrou ferro no decorrer dos anos na faixa de $11,45$ a $44,95 \text{ mg kg}^{-1}$ de Fe.

As equações de regressão dos teores de ferro, nos diferentes componentes e idades do açaizeiro encontram-se na Figura 33. A equação que melhor se ajustou para os componentes do açaizeiro foi a do terceiro grau, com exceção da flecha que ajustou do primeiro grau e o pecíolo + ráquis que se ajustou do segundo grau.

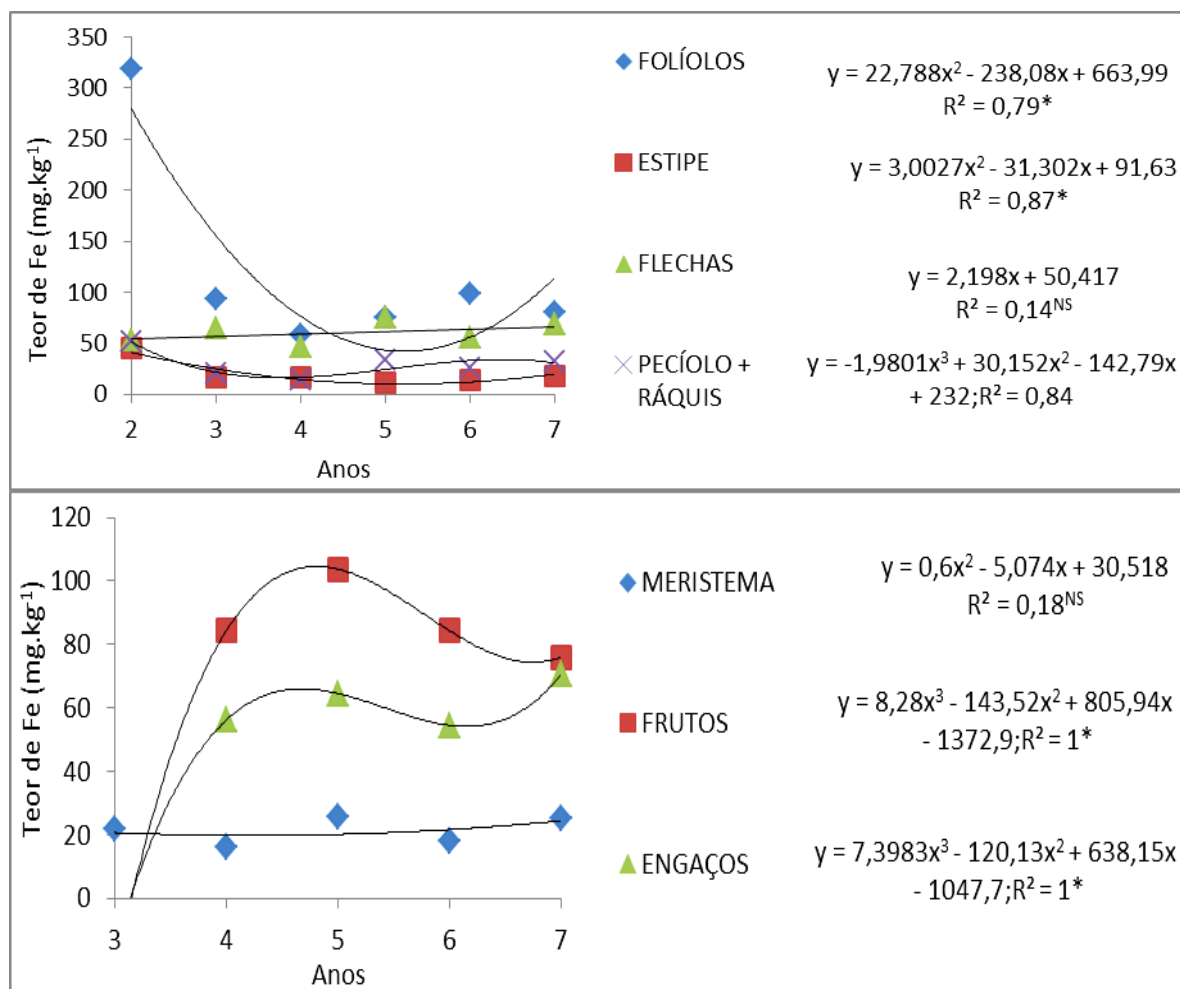


Figura 34: Teores de ferro em órgãos de açazeiro em função da idade.

As quantidades acumuladas de ferro, em todos os componentes do açazeiro, variaram com a idade, ocorrendo no sexto ano o maior acúmulo no estipe com 1299,21 mg planta⁻¹ de Fe (Figura 34). A ordem de acúmulo foi: estipe > folíolos > frutos > engaços > meristema > pecíolo + ráquis > flecha.

Os resultados de acúmulo de ferro apresentados na Figura 35, mostram uma dominância do estipe, desde o quarto ano, em relação à copa, chegando a atingir até 54,57% no sexto ano.

Os conteúdos nos cachos (engaços + frutos) foram, no primeiro ano de produção, que corresponde ao quarto ano de plantio, cerca de 15,10% acima dos acúmulos de ferro pelo estipe e no sexto ano o estipe acumulou 35,19% mais ferro que os cachos do açazeiro (Figura 35).

As quantidades acumuladas de ferro, obtida por Viégas (1993) nos folíolos do dendezeiro variou de 153,22 a 4254,77 mg planta⁻¹ de Fe, sendo até o quarto ano inferior ao açazeiro, a partir do quinto ano houve supremacia no acúmulo de dendezeiro.

A análise de regressão mostrou que o acúmulo de ferro para meristema, engão e pecíolo + ráquis, podem ser estimados pela equação do segundo grau; frutos, folíolos e estipe podem ser estimados por equações do terceiro grau e as flechas por equação linear.

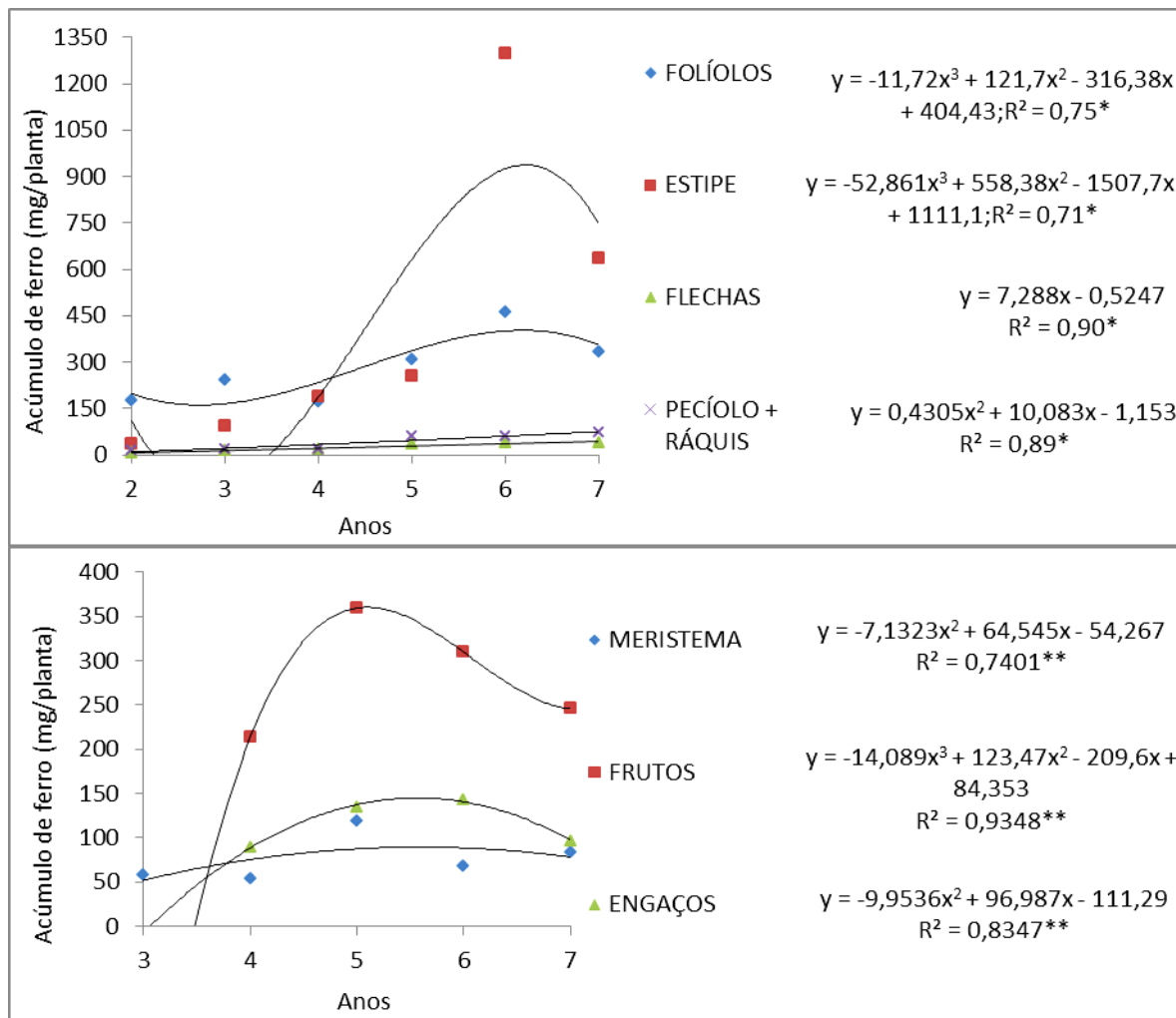


Figura 35: Acúmulo de ferro em órgãos de açazeiro em função da idade.

A distribuição percentual do acúmulo de ferro no estipe mostrou aumento até o quarto ano e no sexto ano. Esse resultado de alto acúmulo de ferro pelas plantas de açai pode ter sido influenciado pela existência de teores elevados de ferro no solo onde foi realizada a pesquisa. (Figura 36).

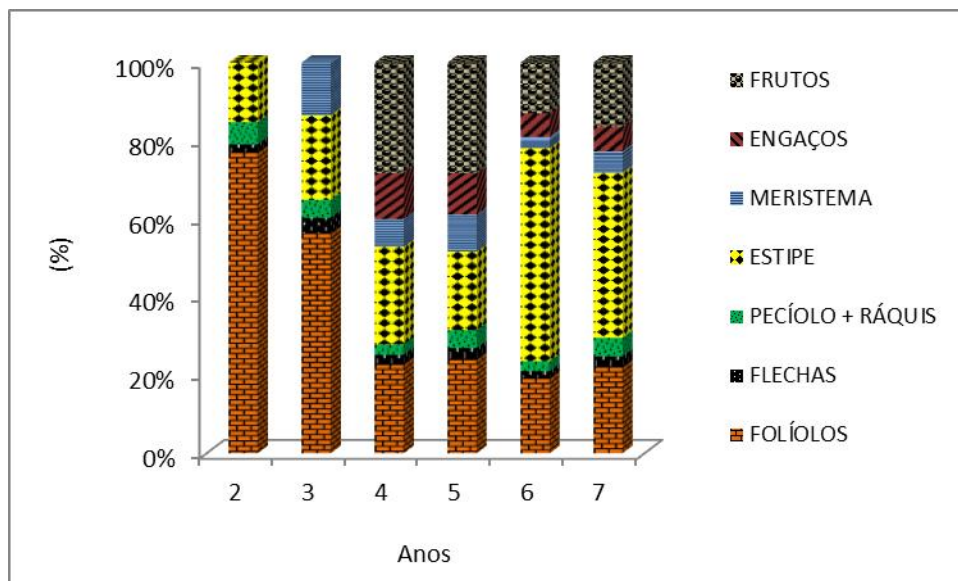


Figura 36: Distribuição em porcentagem do ferro acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.

2.3.5.4 Teor de manganês

Os resultados dos teores manganês nos diferentes partes do açaizeiro, em função dos anos são apresentados na Figura 36. Houve variação do teor, com a idade das plantas, traduzindo aumento com envelhecimento do açaizeiro. Os folíolos revelaram-se como o componente com maior teor de manganês superando o estipe em 540% no sétimo ano desta pesquisa, concordando com os resultados obtidos por Viégas (1993) que em plantas de dendezeiro obteve a maior concentração de manganês nos folíolos.

Dentre os componentes formadores do cacho, o engajo superou os teores dos frutos em 64,2 %, enquanto em plantas de dendezeiro, os frutos superaram os teores de manganês (VIÉGAS, 1993).

Essa supremacia no teor de manganês pode ser explicada pelo médio teor de manganês no solo onde foi desenvolvida esta pesquisa de 6 a 12 mg.dm⁻³, conforme indicação de (Brasil e Cravo, (2010).

De acordo com Rognon (1984), teores foliares de manganês na faixa de 58 a 86 mg dm⁻³, com rendimento de 25 t cachos ha⁻¹ por ano, não proporcionaram aumento na produção de dendê e que 50 mg dm⁻³ de Mn parece ser suficiente, entretanto para o açaizeiro, nesta pesquisa os teores nas folhas estão bem acima das ditas como adequado para o dendezeiro, onde variou de 96,85 a 784,6 mg.dm⁻³ de Mn.

A equação que melhor se ajustou para meristema, pecíolo + ráquis, flecha e folíolos foi a do terceiro grau e para frutos engaos e estipe foi a equação do segundo grau (Figura 36).

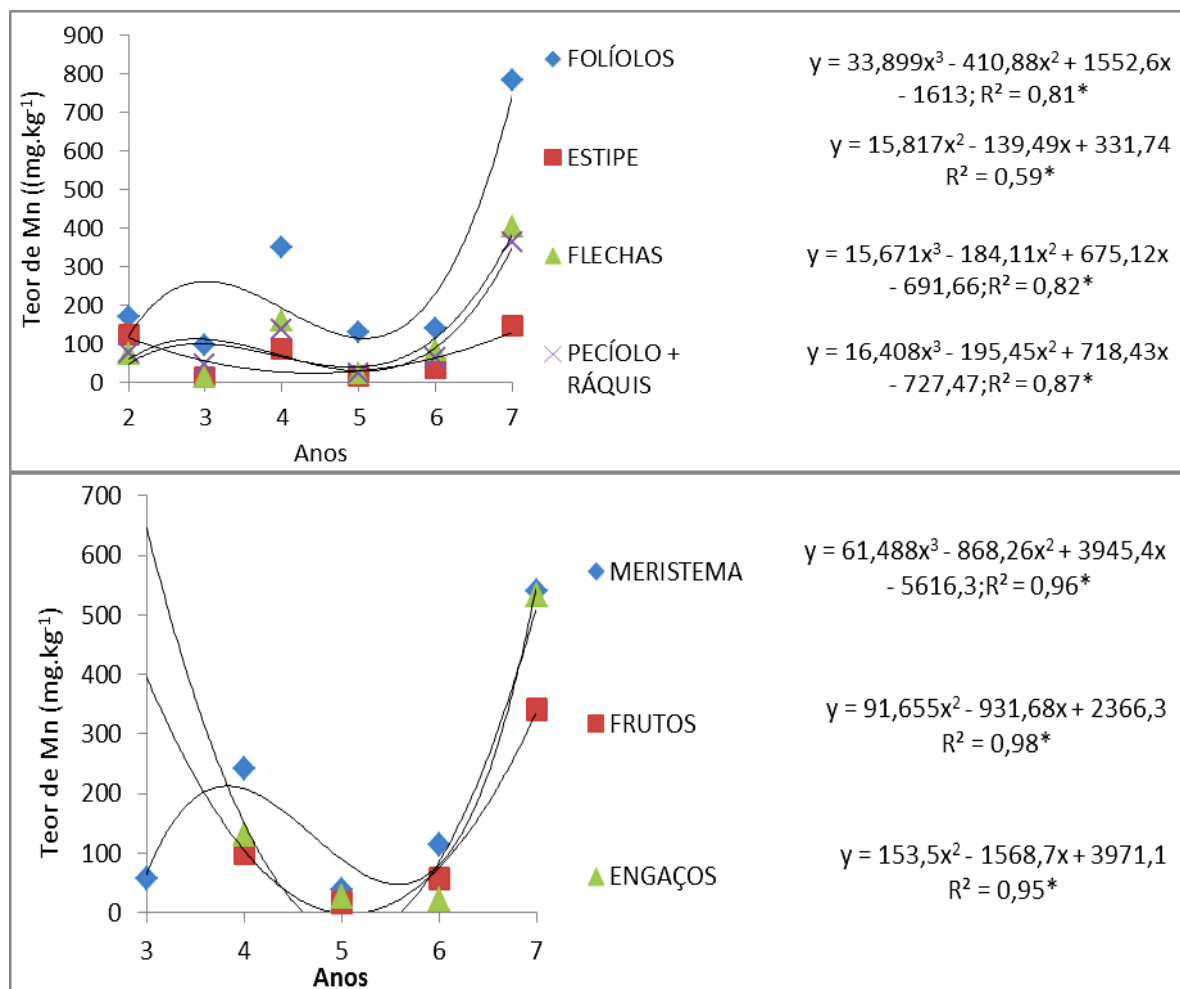


Figura 37: Teores de manganês em órgãos de açaizeiro em função da idade.

Os resultados do acúmulo de manganês nos componentes indicam com bastante clareza, aumento com a idade das plantas, tendo ocorrido maior extração no sétimo ano (Figura 37). A maior quantidade acumulada de manganês foi obtida no estipe, alcançando no sétimo ano, 5269,63 mg planta⁻¹ de Mn, correspondendo a 40,13%. Em segundo lugar destacou-se os folíolos com 3246,36 mg planta⁻¹, que em termos percentuais significou 24,72% no sétimo ano (Figura 37 e 38). A ordem de acúmulo de manganês em plantas de açaizeiro foi: estipe > folíolos > meristema > frutos > pecíolo + ráquis > engao > flechas.

Um paralelo entre os acúmulos de manganês obtidos no dendezeiro, por Viégas (1993), e os do presente trabalho, mostrou que para o estipe o acúmulo de manganês no açaizeiro superou em 3,74 vezes o conteúdo do dendezeiro no sétimo ano e para os folíolos o

dendezeiro foi superado em 3,11 vezes neste mesmo ano, considerando o acúmulo de três plantas, com o mesmo desenvolvimento da planta mãe por touceira.

Com exceção dos frutos, que apresentaram equação quadrática, todos os demais componentes se ajustaram melhor à equação do terceiro grau (Figura 38).

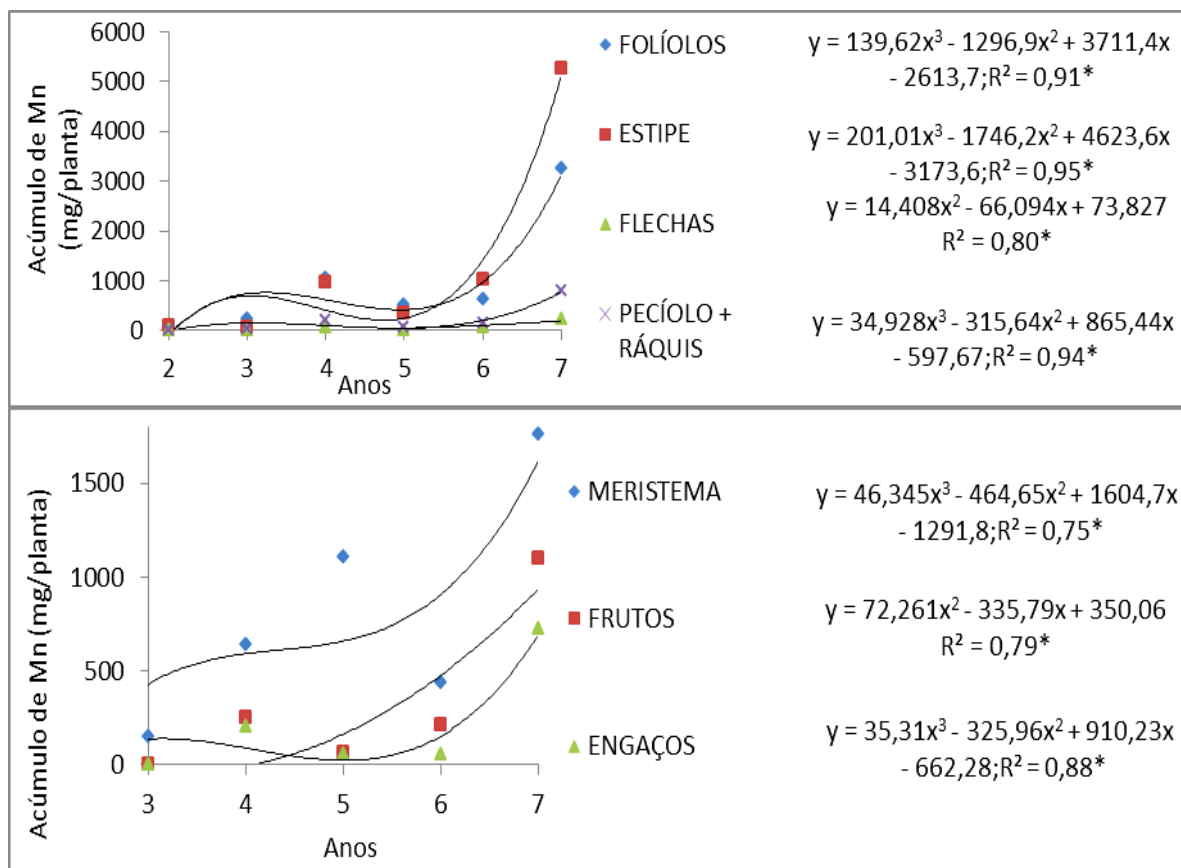


Figura 38: Acúmulo de manganês em órgãos de açaizeiro em função da idade.

A distribuição percentual da quantidade acumulada de manganês mostrou nítida superioridade da copa, em relação aos demais órgãos do segundo ao quinto ano, do sexto ao sétimo ano percebe-se uma redução no acúmulo de manganês na copa e aumento no do estipe (Figura 39).

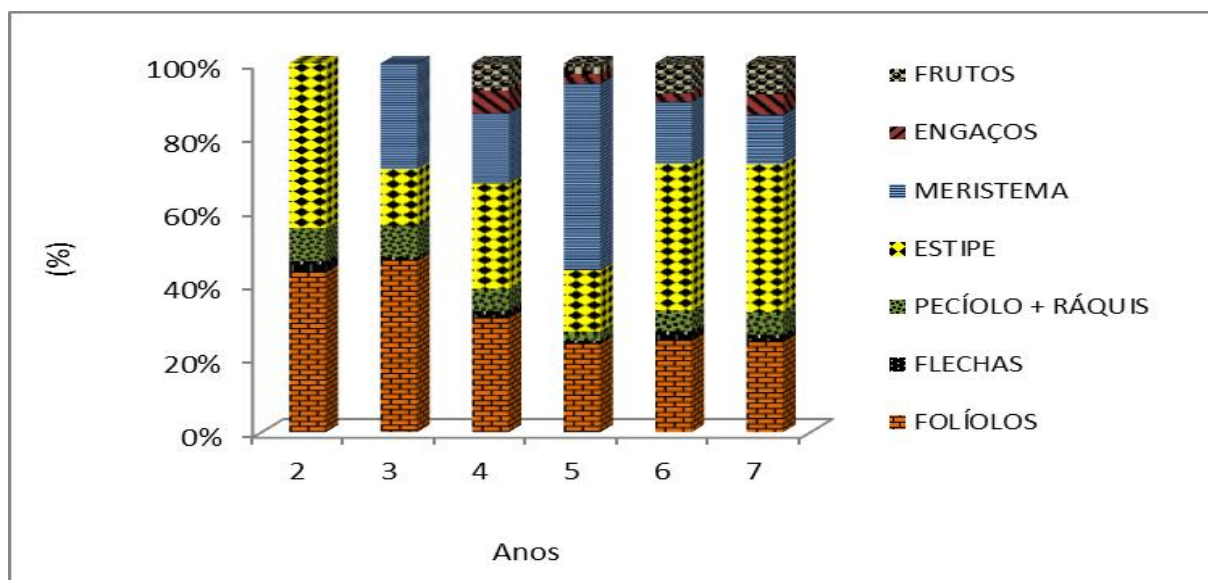


Figura 39: Distribuição em porcentagem do manganês acumulado nas diferentes partes das plantas de açazeiro. 2.3.5.5 Teor de zinco

Ao contrário do manganês, os teores de zinco não mostraram comportamento claro no decorrer dos anos. Em todos os componentes, as concentrações de zinco aumentaram seguidas de redução ou vice-versa (Figura 40).

Os teores de zinco obtidos nos folíolos, nesta pesquisa variaram de 22,65 a 32,67 mg kg⁻¹ de Zn e estão bem acima do nível crítico indicado para o coqueiro de 15 mg kg⁻¹ de Zn (MANCIOT, 1980; MAGAT, 1991). No dendezeiro segundo Uexlkull e Fairhurst, (1991) a faixa ótima nas folhas é de 12 a 18 mg kg⁻¹ de Zn, sendo inferior em 55,1% aos teores de zinco determinados nesta pesquisa com açazeiro.

A variação nos teores de zinco nos componentes das plantas é apresentada na Figura 39. A maior flutuação no teor de zinco ocorreu no engajo e a menor nos frutos. De certo modo já eram esperadas variações nas concentrações de micronutrientes no açazeiro devido principalmente, aos seus diferentes componentes, alguns constituídos de tecidos novos, outros mais velhos, como consequência da sua própria formação e da idade da planta, além dos consórcios com essências florestais e frutíferas que a parti do terceiro ano estão demandando do solo em conjunto com as plantas de açazeiro por este micronutriente.

Ocorreu no 5,21 anos o ponto máximo do teor de zinco no pecíolo + ráquis, com 56,92 mg kg⁻¹ de Zn. A análise de regressão para o teor de zinco nos órgãos: meristema, pecíolo + ráquis, frutos e engajos do açazeiro ajustaram-se a equação do terceiro grau e os folíolos, estipe e flecha ajustaram-se a equação quadrática. As curvas da equação do terceiro grau

demonstram claramente que os teores de zinco variaram a partir do terceiro ano de forma desequilibrada, entre altos e baixos na extração deste elemento para os órgãos das plantas de açazeiro.

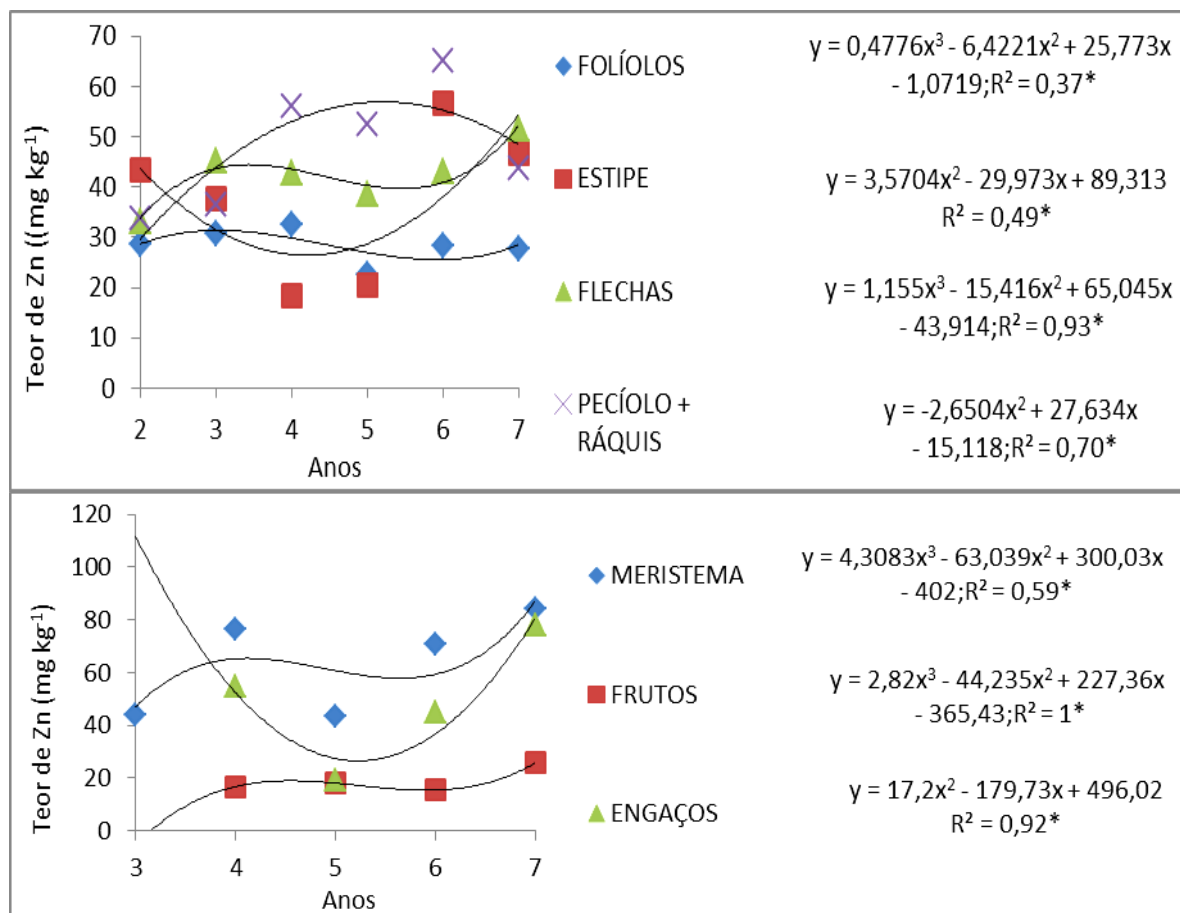


Figura 40: Teores de zinco em órgãos de açazeiro em função da idade.

Os resultados da quantidade acumulada de zinco, contidos na Figura 40, mostram variação entre aumento e redução do acúmulo com a idade dos açazeiros, com o maior incremento no sétimo ano. O estipe foi o componente com maior capacidade de armazenar zinco, alcançando, no sétimo ano $1706,56 \text{ mg planta}^{-1}$ de Zn. Em segundo lugar ficou o meristema com $276,05 \text{ mg planta}^{-1}$ de Zn, correspondendo em termos percentuais, de 11,38 a 34,98% respectivamente, em relação aos demais (Figura 41). A sequência do acúmulo de zinco nos componentes do açazeiro foi: estipe > meristema > folíolos > engaios > pecíolo + ráquis > frutos > flecha. Infere-se, que o maior acúmulo de zinco na copa ocorreu nos folíolos, seguido de pecíolo + ráquis e flechas.

As quantidades acumuladas de zinco em função da idade do açazeiro, obtidas por Viégas (1993), em todos os componentes foram superiores às do presente trabalho, onde o

acúmulo no estipe do dendezeiro foi superior 23,86 % ao do açaizeiro, mesmo considerando as três plantas por touceira com mesmo desenvolvimento da planta mãe.

A análise de regressão, para a quantidade acumulada de zinco para engajo, folíolos, estipe e flechas, ajustaram-se a equação quadrática, enquanto para meristema, frutos e pecíolo + ráquis ajustaram-se a equação do terceiro grau.

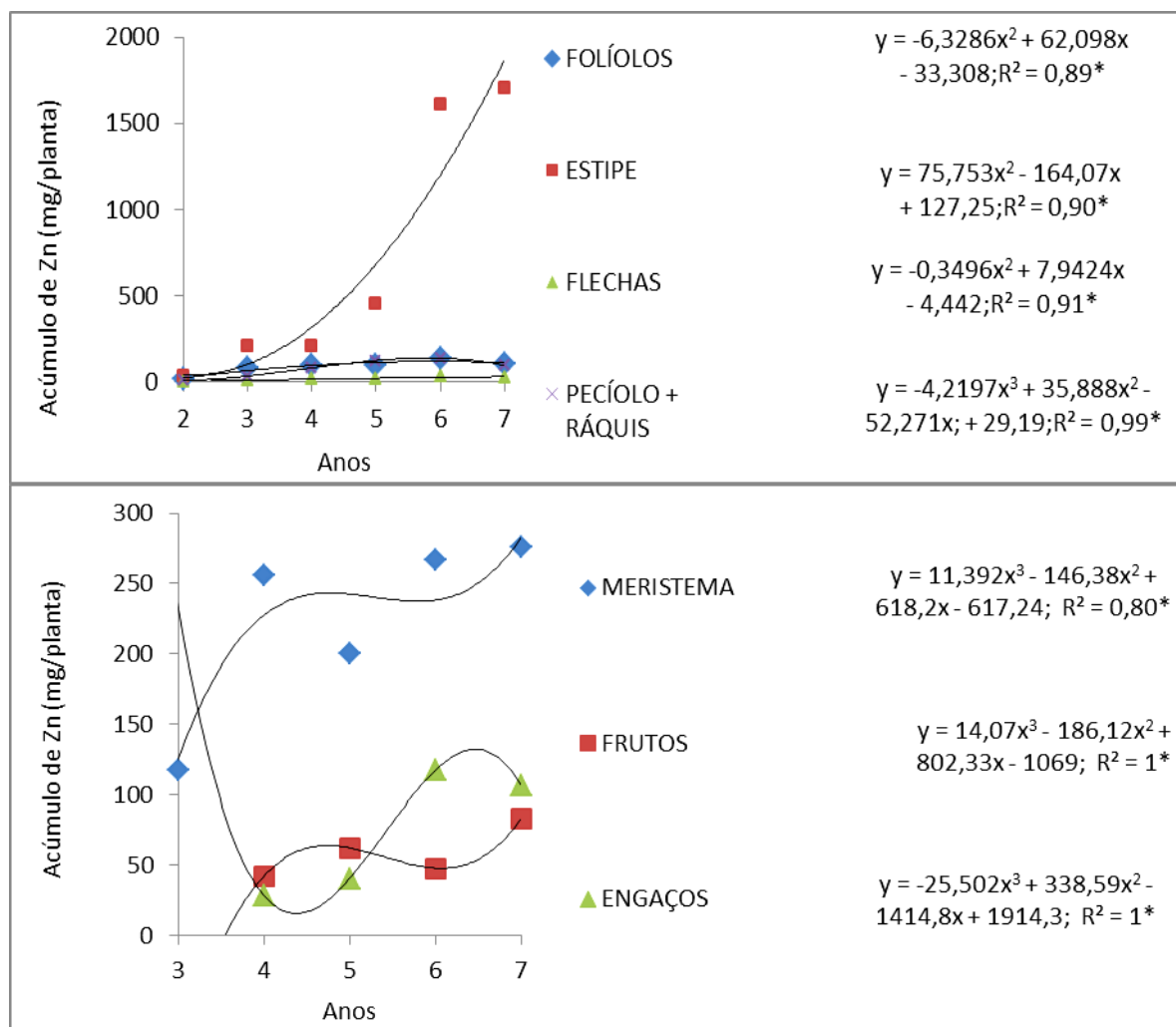


Figura 41: Acúmulo de zinco em órgãos de açaizeiro em função da idade.

A Figura 42 expõe a distribuição percentual do acúmulo de zinco nos componentes do açaizeiro, mostrando que o estipe no sétimo ano foi supremo, alcançando 70,95% do acúmulo de zinco e as flechas obtiveram o menor conteúdo de zinco com 1,2 % neste mesmo ano. Quanto à distribuição desse elemento nos órgãos da planta, é possível observar uma grande flutuação da porcentagem desse nutriente no decorrer dos anos.

Houve aumento gradual no acúmulo desse elemento no estipe a parti do quinto ano, por conseguinte uma queda na porcentagem de zinco nas demais partes das plantas. Entretanto verifica-se que durante os anos analisados o zinco encontra-se na sua maioria no estipe, sendo o órgão armazenador deste micronutriente.

As quantidades acumuladas de micronutrientes nos componentes do açaizeiro, á semelhança dos teores, apresentaram a mesma sequência decrescente, inclusive com relação ao zinco, sendo o terceiro micronutriente mais acumulado pelos frutos.

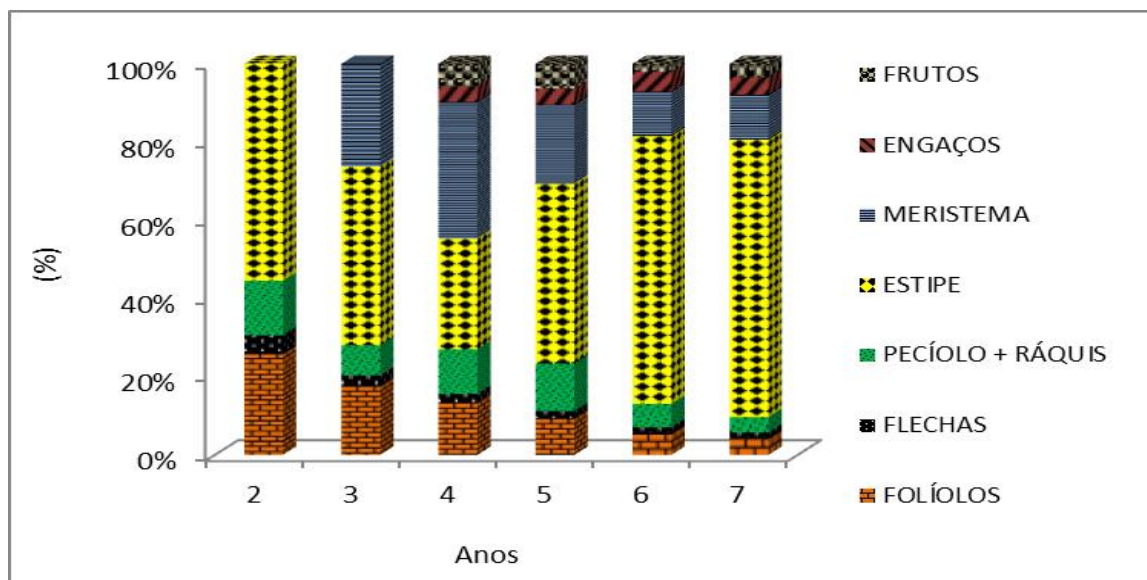


Figura 42: Distribuição em porcentagem do zinco acumulado nas diferentes partes das plantas de açaizeiro.

2.3.6 Extração total de micronutrientes

A Figura 43 e 44 apresenta o acúmulo total, exportação, quantidade reciclada e o imobilizado total dos micronutrientes pelo açaizeiro em função das idades, com suas respectivas equações de regressão.

A maior extração de boro se manifestou no sexto ano, totalizando 885,80 g ha⁻¹ de B, cerca de 9,36% em relação aos outros micronutrientes, sendo o quarto micronutriente mais extraído. Viégas (1993) em plantas de dendezeiro obteve a mesma classificação para o boro, porém inferior 26,2% a extração deste micronutriente nesta pesquisa.

As quantidades recicladas de boro superaram a exportadas em 2,05 vezes, em quanto que a imobilizada superou a reciclada em 6,76 vezes. A quantidade reciclada e imobilizada de boro foi 15,88 vezes mais elevada do que a exportada Figura 42 (a). O modelo que melhor ajustou-se ao comportamento da extração de boro foi a equação do segundo grau.

O cobre foi o micronutriente menos extraído pelo açaizeiro com 333,54 g ha⁻¹ de Cu, representando somente 1,75% em relação aos demais micronutrientes. Houve ampla

dominância da quantidade imobilizada de cobre em relação á reciclada e exportada com o decorrer da idade do açazeiro (Figura 42 (b)). A quantidade exportada, aos sete anos de idade foi superior á reciclada em 11,86% e inferior a imobilizada em 4,97 vezes a exportação de cobre.

O ferro foi o terceiro micronutriente, mais extraído pelo açazeiro, o que, de certo modo, já era esperado, devido seu alto teor nos solos da Amazônia, inclusive demonstrado na análise de solo onde foi realizada á pesquisa (Tabela 2). A maior extração ocorreu no sexto ano de idade, com $1672,44 \text{ g ha}^{-1}$ de Fe, cerca de 27,84% em relação aos demais micronutrientes no sexto ano.

A Figura 42 (c) mostra que as quantidades imobilizadas, reciclada e exportada de ferro oscilaram em incremento e redução com o aumento da idade das palmeiras. Verifica-se que a quantidade reciclada foi superior a exportada em 15,9%. A quantidade imobilizada deste elemento foi marcadamente superior à reciclada e extraída em 2,86 e 3,40 vezes, concomitantemente. O modelo que melhor ajustou-se ao comportamento da fase acumulada e imobilizado foi a equação de regressão do terceiro grau, com exceção das fases exportado e reciclado que se ajustou a equação quadrática.

Tabela 9: Acúmulo total de micronutrientes pelo açaizeiro e dendezeiro em função da idade.

Idade	B			Cu			Fe			Mn			Zn		
-----mg planta ⁻¹ -----															
Anos	Açaí ¹	Açaí ²	Dendê ³	Açaí ¹	Açaí ²	Dendê ³	Açaí ¹	Açaí ²	Dendê ³	Açaí ¹	Açaí ²	Dendê ³	Açaí ¹	Açaí ²	Dendê ³
2	40,35	121,05	221,89	11,27	33,81	143,59	225,48	676,44	2399,57	212,75	638,25	710,87	59,99	179,97	271,49
3	254,23	762,69	459,46	80,74	242,22	517,56	425,91	1277,73	3533,66	533,81	1601,43	2472,34	447,72	1343,16	1364,28
4	430,4	1291,20	1215,01	206,73	620,19	847,42	754,36	2263,08	9376,12	3382,14	10146,43	5032,22	731,03	2193,09	3438,94
5	781,66	2344,98	2027,34	271,7	815,31	1197,70	1267,56	3802,68	16174,30	2185,97	6557,91	9292,76	989,17	2967,51	6117,78
6	799,94	2399,82	3250,98	447,38	1342,14	2239,99	2380,5	7141,95	50951,21	2580,14	7740,43	13092,14	2342,19	7026,57	6930,15
7	797,10	2391,3	4574,85	318,04	954,12	3320,89	1505,64	4516,92	54979,23	13131,86	39395,58	18024,63	2405,44	7216,32	9254,88

¹ = estimativa de acúmulo (mg planta⁻¹).² = estimativa de acúmulo (mg planta⁻¹ x 3), pois considerou-se a touceira (3 plantas de açaí) na presente pesquisa.³ = Pesquisa realizada por Viégas (1993).

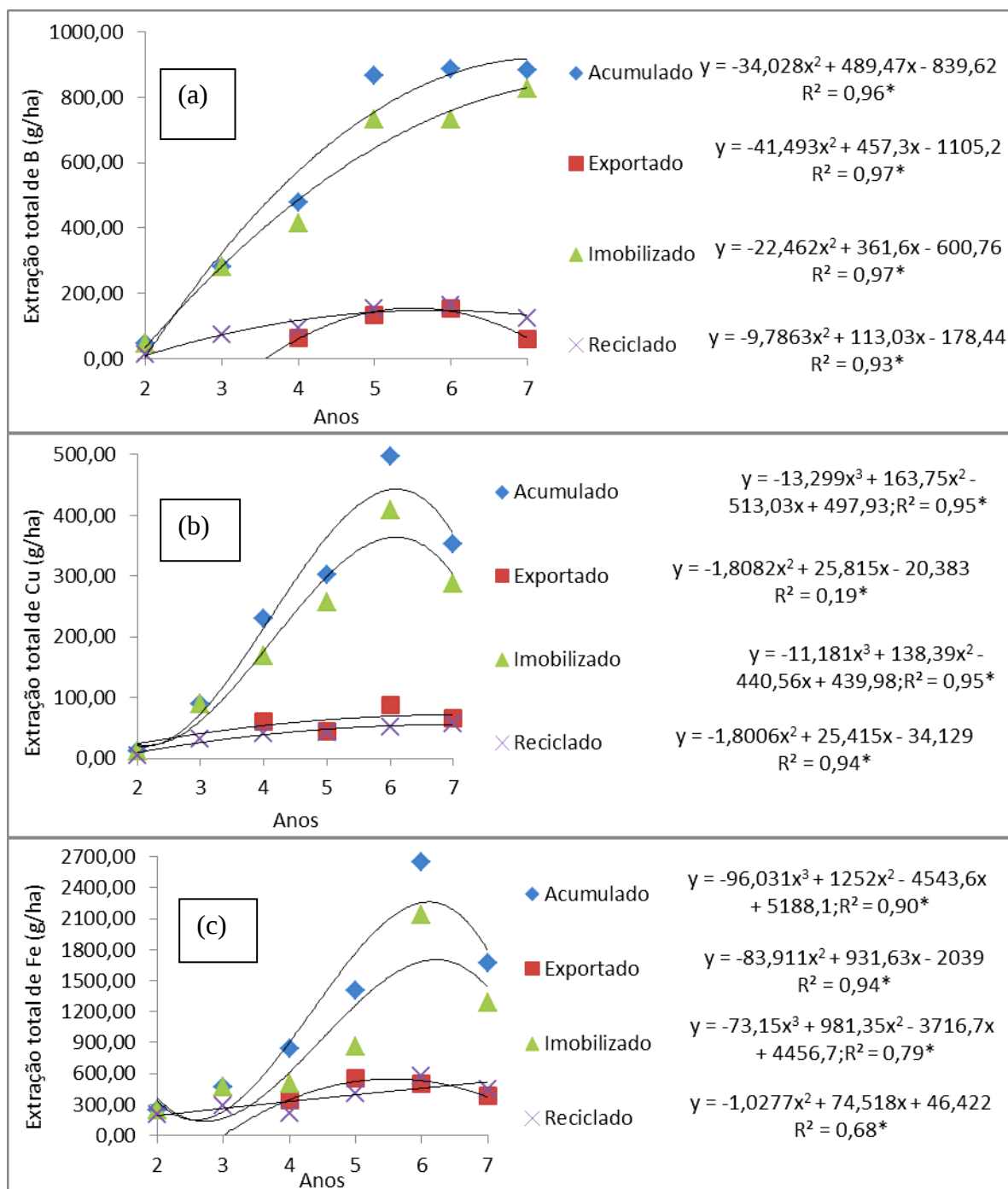


Figura 43: Quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada de boro (a), cobre (b) e ferro (c) no açazeiro, em função da idade.

O manganês, foi o nutriente mais extraído, apresentando maior acúmulo no sétimo ano, com 13131,86 mg planta⁻¹ de Mn, que corresponde a 72,32 % do total de micronutrientes, que com base na densidade de 1.111 plantas⁻¹ ha⁻¹ em touceiras com três plantas de açai, equivale a 14,58 kg ha⁻¹ de Mn, sendo 2,18 vezes maior do que os resultados obtidos por Viégas (1993) em plantas de dendezeiro, porém no caso de 370 plantas⁻¹ ha⁻¹ de açazeiro ou uma planta por touceira, tem-se 4,86 kg ha⁻¹ de Mn, sendo inferior 1,38 vezes o dendezeiro

(Tabela 9). Esta alta quantidade extraída classifica o manganês como o micronutriente mais importante para o açazeiro. Se convertermos este acúmulo em fertilizante sulfato de manganês (26% de Mn), esta quantidade de manganês corresponderia a $56,07 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ desta matéria prima.

Verifica-se que, com cinco modelos diferentes de consorcio com as plantas de açazeiro, a partir do consorcio em que as plantas estavam com três anos, ocorreu variação de aumento e redução na extração total em todas as fases, com o a idade das palmeiras. Desde o quarto ano a quantidade reciclada de manganês superou a quantidade exportada pelos cachos do açazeiro. A quantidade imobilizada representada pelo estipe, flecha e meristema superou a exportada em todos os anos com a maior diferença no sétimo ano com 6,18 vezes mais manganês imobilizado. Os resultados da comparação da quantidade imobilizada, reciclada, exportada e acumulada de manganês no açazeiro em função da idade, com suas respectivas equações de regressão estão na Figura 44 (a). O modelo que melhor ajustou-se ao comportamento da extração foi a equação do terceiro grau, com exceção da fase exportação que ajustou a equação quadrática.

O zinco foi o segundo micronutriente mais extraído pelo açazeiro com $2672,44 \text{ g ha}^{-1}$ de Zn, cerca de 13,25% dos demais micronutrientes para o açazeiro. O comportamento da quantidade imobilizada de zinco foi semelhante a do manganês, ou seja, superior à reciclada em todo o decorrer dos anos (Figura 44 (b)). A quantidade reciclada, em todos os anos, foi superior a exportada, e no sétimo ano a reciclada foi 1,07 vezes superior à quantidade exportada. O acúmulo de zinco pelo dendezeiro segundo Viégas (1993) foi 1,28 vezes superior ao acúmulo de zinco desta pesquisa, mesmo considerando três plantas por touceira, demonstrando a grande demanda de zinco pelo dendezeiro (Tabela 9).

A equação de regressão que melhor se ajustou a todas as fases de extração de zinco foi a quadrática (Figura 44 (b)).

A extração total de micronutrientes foi inferior á obtida por Viégas (1993) em plantas de dendezeiro com relação a todos os micronutrientes no decorrer dos anos, pois o aumento de produção de massa seca por planta é superior ao açazeiro, principalmente a partir do quinto ano que o dendezeiro intensificou seu crescimento até o período final das avaliações aos oito anos de idade (Viégas e Botelho, 2000).

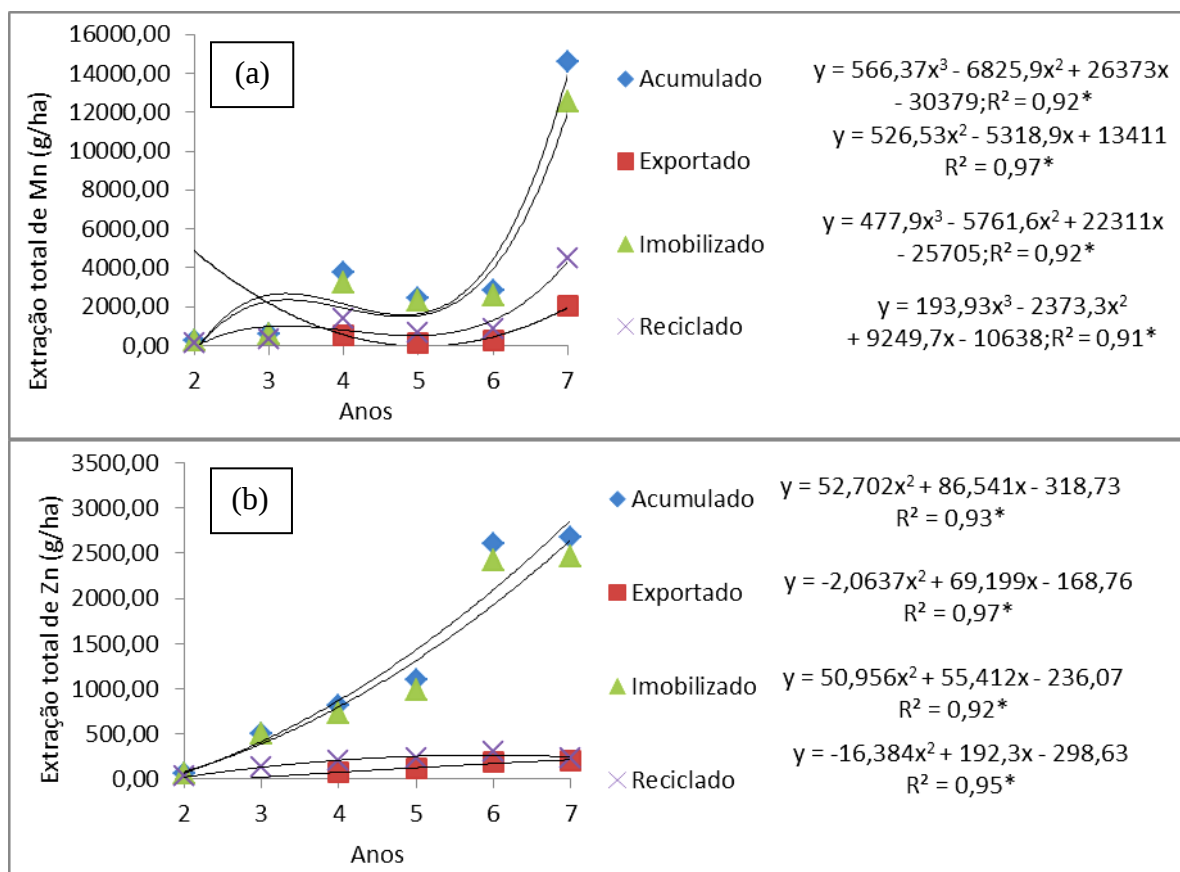


Figura 44: Quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada de manganês (a), zinco (b) no açaizeiro, em função da idade.

A distribuição percentual da quantidade total acumulada de micronutriente no açaizeiro, indicada na Figura 45, mostra em relação ao boro, ser superior ao dendezeiro do terceiro ao quinto ano e no sexto e sétimo ano o inverso, o mesmo não ocorreu para cobre, ferro, manganês, ferro e zinco que suas extrações foram superadas em todas as idades pelas plantas de dendezeiro, além dos comportamentos semelhantes, manifestarem pouca flutuação no decorrer dos anos.

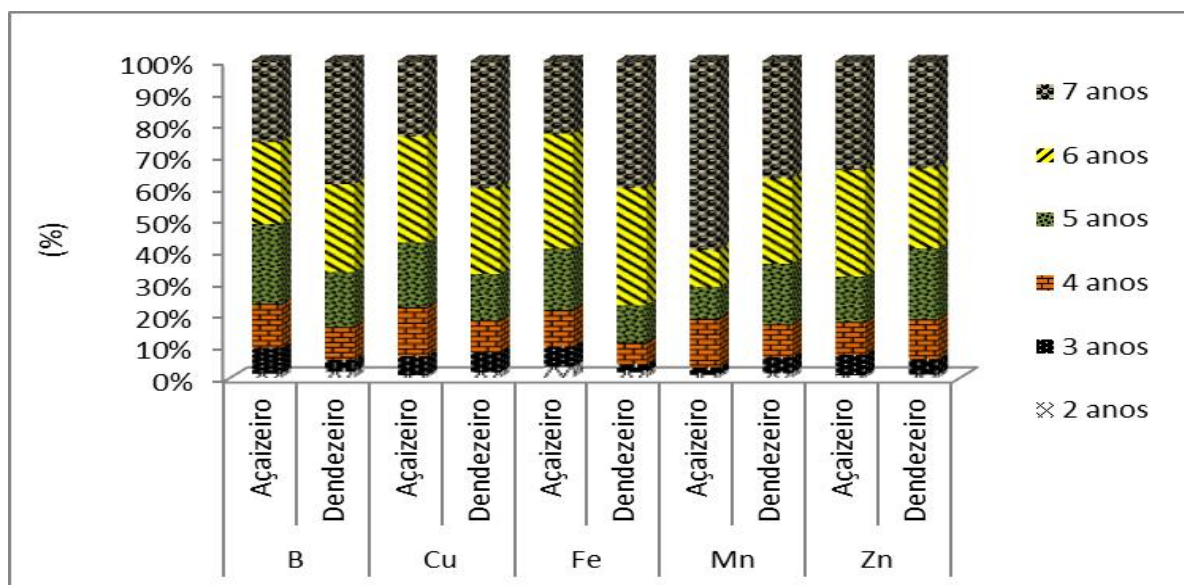


Figura 45: Distribuição percentual da extração total de micronutrientes em plantas de açazeiro desta pesquisa e da realizada com dendezeiro por Viégas (1993).

2.3.6 Exportação de micronutrientes

A Tabela 9 contém os resultados da exportação e distribuição percentual de micronutrientes em função da idade do açazeiro. Verifica-se, à semelhança do ocorrido para macronutrientes, variação na quantidade exportada de micronutriente com a idade das palmeiras, sendo, em geral, mais elevado no sexto ano para boro, cobre e ferro e no sétimo ano para manganês e zinco.

O ferro foi o micronutriente mais exportado em termos percentuais, pois dos 838,09 g ha⁻¹ de Fe extraídos, 40% foi exportado na colheita e quantitativamente foi o segundo nutriente mais exportado pelas plantas de açazeiro. Este micronutriente está presente em grandes quantidades nos solos da Amazônia (Tabela 2).

A maior extração de boro se manifestou aos seis anos, totalizando 888,73 g ha⁻¹ de B, cerca de 17,35% foi exportado, sendo o quarto micronutriente mais exportado do açazeiro.

O cobre foi o micronutriente menos exportado quantitativamente pelo açazeiro. Até o sétimo ano houve uma variação no acúmulo e exportação, porém o boro, o ferro, o zinco tiveram o mesmo comportamento no decorrer dos anos.

Registra-se uma participação muito pequena na quantidade exportada de micronutrientes em relação ao acúmulo anual, com exceção do ferro que o mínimo de

exportação foi de 19,01% do extraído no sexto ano e no máximo de 40% do extraído no quarto ano.

O manganês foi o micronutriente mais exportado em valores quantitativos pelo açazeiro. A maior exportação deste micronutriente foi de 2029,91 g ha⁻¹ de Mn, o que corresponde a 13,6% do acumulado, devido à alta concentração de manganês no solo onde foi desenvolvida esta pesquisa.

O zinco foi o terceiro micronutriente mais exportado quantitativamente, superando o boro e o cobre. O seu acúmulo máximo foi de 2672,44 g ha⁻¹ de Zn e sua máxima exportação corresponde à 10,39% do Mn.

A razão da exportação dos micronutrientes encontrada neste estudo foi de 5,76 Mn: 5,32 Fe: 5,23 Zn: 1,78 B: 1,0 Cu. Desta forma pelos resultados apresentados na Tabela 10, constata-se que a sequência decrescente dos micronutrientes mais exportados quantitativamente foi: Mn > Fe > Zn > B > Cu, obedecendo à mesma ordem do acúmulo. Esta sequência difere da encontrada por Viégas (1993) em plantas de dendezeiro: Cl > Fe > Mn > Zn > B > Cu.

Tabela 10: Acúmulo total e exportação de micronutrientes pelos cachos do açazeiro, em função da idade.

Idade	B			Cu			Fe		
Anos	Acúmulo g ha ⁻¹	Exportado g ha ⁻¹ %		Acúmulo g ha ⁻¹	Exportado g ha ⁻¹ %		Acúmulo g ha ⁻¹	Exportado g ha ⁻¹ %	
4	478,17	63,28	13,23	229,68	60,27	26,24	838,09	335,87	40,00
5	868,42	134,64	15,50	301,94	44,51	14,74	1408,26	548,48	38,94
6	888,73	154,27	17,35	497,04	88,39	17,78	2644,90	502,81	19,01
7	885,58	59,66	6,73	353,34	65,39	18,50	1672,77	379,77	22,70

Idade	Mn			Zn		
Anos	Acumulado g ha ⁻¹	Exportado g ha ⁻¹ %		Acumulado g ha ⁻¹	Exportado g ha ⁻¹ %	
4	3757,64	509,03	13,54	812,17	78,83	9,70
5	2428,61	132,71	5,46	1098,97	114,21	10,39
6	2866,50	300,09	10,46	2602,17	183,53	7,05
7	14589,50	2029,91	13,91	2672,44	210,70	7,88

A exportação de micronutrientes, com base nos cachos, mostrou que a remoção de manganês no açazeiro superou as plantas de dendezeiro pesquisadas por Viégas (1993) em

19,97 vezes, enquanto que as exportações de zinco, boro e cobre do açazeiro superaram em 4,33; 1,64; 2,93 vezes respectivamente, com exceção do ferro que as plantas de dendezeiro superaram 1,29 vezes o açazeiro (Tabela 11).

Tabela 11: Estimativas das quantidades exportadas de micronutrientes (g t^{-1}) de cachos de dendê e açai, obtidos por pesquisadores.

Fonte	Cultura	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		-----g t ⁻¹ de cachos-----				
Viégas (1993)	Dendezeiro	7,80	3,99	96,27	20,00	9,50
Presente trabalho	Açazeiro	12,82	11,70	74,39	398,34	41,20

A exportação de micronutrientes, estimados a partir do peso da massa seca e do teor de nutrientes, e sua equivalência em fertilizantes em função da idade, encontra-se na Tabela 12. Nota-se que a maior demanda foi pelo sulfato de manganês, atingindo $7807,33 \text{ g ha}^{-1}$ no sétimo ano.

A remoção de ferro no quinto ano, em equivalência com sulfato de ferro, foi maior no quinto ano, atingindo $2742,39 \text{ g ha}^{-1}$ de Fe, sendo a segunda maior demanda de micronutriente. Entretanto, para o zinco, no sétimo ano, a sua demanda de sulfato de zinco chega a $916,09 \text{ g ha}^{-1}$, suprimindo a necessidade da planta.

A exportação de boro e cobre no sexto chegaram ao seu ápice, onde $1542,73 \text{ g ha}^{-1}$ de boráx e $392,84 \text{ g ha}^{-1}$ de sulfato de cobre suprem a necessidade exportada pelo açazeiro.

Tabela 12: Exportação de micronutrientes e sua equivalência em fertilizantes no açaizeiro, em função da idade.

Idade		B		Cu			Fe		
Anos	Exportação	Boráx ¹		Exportação	Sulfato de Cobre ²		Exportação	Sulfato de Ferro ³	
	g ha ⁻¹	g ha ⁻¹	g planta ⁻¹	g ha ⁻¹	g ha ⁻¹	g planta ⁻¹	g ha ⁻¹	g ha ⁻¹	g planta ⁻¹
4	63,28	632,82	0,56	60,27	267,87	0,24	335,87	1679,33	1,51
5	134,64	1346,42	1,21	44,51	197,80	0,17	548,48	2742,39	2,46
6	154,27	1542,73	1,38	88,39	392,84	0,35	502,81	2514,02	2,26
7	59,66	596,60	0,53	65,39	290,63	0,26	379,77	1898,96	1,70
Idade		Mn		Zn					
Anos	Exportação	Sulfato de Manganês ⁴		Exportação	Sulfato de Zinco ⁵				
	g ha ⁻¹	g ha ⁻¹	g planta ⁻¹	g ha ⁻¹	g ha ⁻¹	g planta ⁻¹			
4	509,03	1957,79	1,76	78,83	342,71	0,30			
5	132,71	510,41	0,45	114,21	496,56	0,44			
6	300,09	1154,20	1,03	183,53	798,13	0,71			
7	2029,91	7807,33	7,02	210,70	916,09	0,82			

¹Com 10% B; ²Sulfato de Cobre com 22,5% de Cu; ³Sulfato de Ferro com 20% de Fe; ⁴Sulfato de Manganês com 26% de Mn; ⁵Sulfato de Zinco com 23% de Zn.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da década de 1990, com o aumento da pressão internacional para a preservação da Amazônia, os produtos não madeireiros ganharam importância como alternativa para evitar desmatamento e queimadas. Esta exposição da Amazônia na mídia chamou a atenção para diversos frutos regionais, como o cupuaçu, açaí, bacuri, pupunha, entre os principais, que tiveram destaque no mercado nacional e atraíram o interesse do mercado internacional. Contudo o açaí começou a ser divulgado comercialmente como energético que possui a substância antocianina que combate os radicais livres. Após esta ação em massa dos meios de comunicação surgiu grande procura de empresas pelo fruto, porém no campo os produtores estão com dificuldades no sistema de produção, pois a grande dúvida é como conseguir a mesma produtividade das áreas de várzea, pois a diferença média de produtividade chega até cem rasas de açaí, onde cada rasa contém vinte e oito quilos do fruto. Essa baixa produtividade está ligada principalmente as características dos Latossolos, que ocorrem nas áreas não inundáveis do estuário Amazônico, são bem drenados, porosos, fortemente ácidos e de baixa fertilidade natural. Apesar da baixa fertilidade natural, baixa soma de bases, baixa capacidade de troca de cátions e baixo índice de saturação, respondem

muito bem à adubação, o que faz com que os atributos físicos sejam mais importantes que os químicos. Com base nesse cenário, há necessidade de desenvolver pesquisas em diversas áreas, dentre as quais a de fertilidade e nutrição de plantas. Desta forma esta pesquisa foi desenvolvida para obter informações das necessidades nutricionais do açazeiro do segundo ao sétimo ano e assim contribuir com uma adubação mais adequada. É necessário informar que esta pesquisa não é suficiente para definir as exigências nutricionais do açazeiro e que outras em plantios solteiros e em sistemas agroflorestais devem ser realizadas com cultivares mais produtivas, como é o caso da BRS cultivar Pará.

O açazeiro demonstrou que o nutriente mais demandado no decorrer dos anos foi o nitrogênio, e que desde o segundo até o sexto ano a necessidade foi crescente, porém como o açazeiro está implantado em consórcio, acredita-se que o bom desenvolvimento vegetativo das plantas consorciadas, limitou, não só a absorção do nitrogênio como dos demais nutrientes para o açazeiro. Estes resultados demonstram que nos plantios racionais de açazeiro sem a cobertura de leguminosa, a adubação nitrogenada é de fundamental importância. O potássio foi o segundo nutriente mais demandado pelo açazeiro principalmente no sétimo ano mostrando tendência de maior necessidade desses macronutrientes nos anos subsequentes a esta pesquisa, fase em que as plantas apresentam maior produção, o que pode ser confirmado por pesquisas futuras, a exemplo do dendezeiro em que o pico de produção inicia-se no sétimo ano (ROGNON, 1984). Esses resultados vem confirmar a exigência das palmeiras em potássio, como coqueiro e dendezeiro (PADILHA, 2005 e LINS et al., 2008). No entanto estas demandas de macronutrientes e micronutrientes podem ser atenuadas com o aproveitamento dos órgãos que contemplam a fase reciclada, como: engaços, folhas, pecíolos + ráquis, pois esses órgãos ficam na área do plantio promovem a ciclagem de nutrientes, o que já é prática comum nos plantios de dendezeiro e coqueiro.

O açazeiro é uma planta que necessita de água, luz e nutrientes como qualquer outra, porém seu habitat natural são áreas de várzea que permitem uma boa fonte de água a esta planta, pois se entende que os ribeirinhos não possuem recursos para a adubação e as plantas de açazeiros produzem nesse sistema, em média três toneladas de açaí a mais que em terra firme. Dessa forma essa pesquisa mostra claramente que o açazeiro é uma planta que demanda nutriente, porém se bem manejado seus restos culturais podem funcionar semelhante ao observado na floresta amazônica pela ação das essências florestais e frutíferas com ótimo crescimento e produção, no entanto não se pode esquecer a importância da irrigação, pois conforme Homa et al., (2007) o açazeiro precisa em média de cento e vinte litros de água por touceira/dia. A recomendação de adubação para o açazeiro indicada por Viégas e Botelho,

(2010) precisa sofrer alterações, pois as necessidades nutricionais do açazeiro interpretadas na análise de solo estão abaixo da necessidade real desta palmeira, conforme resultados obtidos ressaltando mais uma vez a importância desta pesquisa. Desta forma os técnicos, assim como acontece com dendezeiro e coqueiro, poderão recomendar a adubação de restituição para o açazeiro, levando em consideração a exportação de nutrientes pelos cachos, os teores foliares e análise de solo.

4 CONCLUSÃO

- A produção de massa seca total é sempre ascendente no decorrer dos anos, atingindo 18.859,37 kg ha⁻¹ no sétimo ano, sendo o estipe com 71 % e os folíolos com 8% os órgãos mais representativos, e, portanto, apresenta a seguinte ordem decrescente: estipe > folíolos > pecíolo + ráquis > meristema > frutos > engãos > flechas.
- A variação nos teores dos nutrientes nos órgãos do açazeiro em função da idade é decorrente da baixa fertilidade dos Latossolo Amarelo textura média, adubação inadequada, falta de irrigação e competição entre as plantas consorciadas, devido arranjo espacial não apropriado, implantado em propriedades no município de Tomé Açu, Pará.
- O ponto máximo de demanda nutricional do açazeiro aconteceu no sexto ano, o estipe e os folíolos são os órgãos de maior acúmulo e os três macronutrientes mais demandados pelo açazeiro são nitrogênio, potássio e o cálcio e os micronutrientes manganês, zinco e ferro.
- A exportação de nutrientes do açazeiro no decorrer da idade é reduzida perante as quantidades extraídas e imobilizadas de nutrientes, sendo que os órgãos reciclados contêm quantidades superiores de nutrientes comparados aos exportados pela colheita.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. R.; **Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes**. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: Correlação do solo e adubação. 2. Ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2004. 185-226p.

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM. 1999. 142 p.

BACHY, A. Diagnostic foliare du palmier à huile: influence de L'âge des arbres. **Oleagineu**, Paris, v. 4, n. 20, p. 227-30, 1965.

BACKER, C. A. **Relaciones suelo planta**. Buenos Aires: Hemisfério Sur, 1975. p. 613-716.

BARBER, S. A. Influence of the plant root on ion movement in soil. In: CARSON, E. W. **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p. 525-564.

BASTOS, T. X. O estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia Brasileira. In: IPEAN. **Zoneamento Agrícola da Amazônia**. Belém: IPEAN, 1972. p. 68-91. (IPEAN. Boletim técnico, 54).

BASTOS, T. X.; PACHÊCO, N. A. **Informativo Agrometeorológico 1998**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 57 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 77).

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA. Superintendência Federal de Agricultura-Pa. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 22/01/2011.

CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S.; DECHEN, A. R. Efeitos do pH e da incubação na extração de manganês, zinco, cobre e ferro do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 6, p. 83-88. 1982.

CAMARGO, P. N.; SILVA, ODY. **O Manual de adubação foliar**. São Paulo: Ave Maria, 1975. 258 p.

CHAVES, E.; FONSECA, W. **Tectona grandis L.f. Especie de arbol de uso multiple en America Central**. Turrialba, Costa Rica, 1991. 47p.

CHILDERS, N. **Temperate to tropical fruit nutrition**. New Jersey: Somerset Press, 1966. p. 391-488.

COELHO, A. M. Fertirrigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed). **Quimigação**. Brasília: EMBRAPA-Serviço de Produção de Informação, 2004. p. 201-228.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341 p.

_____; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.

FERNANDES, A. R. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.), em solução nutritiva, em função do balanço de nutrientes e níveis de salinidade**. 2000. 145 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, 2000.

FERRAND, M.; BACHY, A.; OLLAGNIER, M. Les oligoelements dans la fumure du palmier a huile au moye: Congo – leur influence sur la santé des arbres. **Olegianeux**, Paris, 1951. p. 629-36.

FRAZÃO, D. A. C.; VIEGAS, I. de J. M.; OLIVEIRA, R. F. de.; VELOSO, C. A. C. Crescimento de plantas de açaizeiro em função da aplicação de fertilizantes nas condições edafoclimáticas de Inhangapi-Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20.; ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54., 2008, Vitória. **Resumos...** Vitória: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008. 1 DVD.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 7 ed. São Paulo, USP/ESALQ, 1977. 430p.

GONÇALVES, A. S. **Crescimento, composição mineral e sintomas visuais de deficiências de macronutrientes e boro, em plantas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.)**. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2004.

HAAG, H. P.; SILVA FILHO, N. L.; CARMELLO, Q. A. C. Carência de macronutrientes e de boro em plantas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Unipress, 1992. v. 1, p. 477-479.

HEUVELINK, E. **Tomato growth and yield**: quantitative analysis and synthesis. 326 p. Dissertation (Master in Agronomy) - Wageningen Agricultural University, Wageningen, 1996.

HOMMA, A. K. O.; NOCOLI, C. M. L.; MENEZES, A. J. E. A; MATOS, G. B.; CARVALHO, J. E. U.; NOGUEIRA, O. L. **Custo operacional de açazeiro irrigado no nordeste paraense**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos 255).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 16/01/2011.

INSTITUT DE RECHERCHES POUR LES HUILES ET OLÉAGINEUX-IRHO. Rapport d'activité. **Oléagineux**, Paris, v. 44, n. 4, p. 1-22, 1989.

KNECHT, J. C. X.; RAMACHANDRAN, R.; NARAYANAN. Variation of leaf contents with age of palms in oil palm leaf sampling. **Oléagineux**, Paris, p. 139-145, 1977.

LACOUUEUILHE, J. J. Rythm d'absortion du potassium em relation avec la croissance: cas de l'ananas e du bananier. In: **POTASSIUM in tropical crops and solis**. Berne: Internacional Potash Institute, 1974. p. 177-183.

LIMA, R. R., A agricultura nas várzeas do estuário amazônico. **Boletim Técnico do Instituto Agrônômico do Norte**, n. 33, Belém, p. 1-164, 1965.

LINS, P. M. P. **Resposta do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) a aplicação de N, P, K e Mg nas condições edafoclimáticas de Moju-Pa**. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 2000.

_____.; VIÉGAS, I. de J.M. **Adubação do coqueiro no Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008, 28p.

MAGAT, S. S. Fertilizer recommendations for coconut based on soil and leaf analyses. **Philippine Journal of Coconut Studies**, Quezon City, n. 2, v. 16, p. 25-29, 1991.

MALAVOLTA, E. ROMERO, J. P (Coord.). **Manual de adubação**. 2. ed. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1975. 346 p.

_____. **O potássio e a planta**. Suíça: Instituto da Potassa-Fosfato EUA; Berna: Instituto Internacional da potassa, 1977. 41p.

_____. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

_____. **Manual de química agrícola, adubos e adubação.** São Paulo: Ceres, 1981. 696 p.

MANCIOT, R., OLLAGNIER, M.; OCHS, R. Nutrition minérale et fertilization du cocotier dans le monde. **Oléagineux**, Paris, v. 35, p. 3-55, 1980. (Hors Série).

_____; MURAOKA, T. **Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo: métodos de vegetação diagnose por subtração em vasos.** Piracicaba: CENA-USP, 1985. 7p.

_____; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: POT AFOS, 1997. 319 p. Il.

_____. **Manual de nutrição mineral de plantas.** 1. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. v 1. 638 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic Press, 1986. 674 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2. ed. Orlando: Academic Press, 2005. 889 p.

MARTIN, G., PRIoux, G. Les effects de la fumere phosphate sur le palmier à huile au Brasil. **Oleagineux**, Paris, v. 27, n. 7, p. 351-354, 1972.

MATRICARDI, W.A.T. **Efeitos dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da teca (*Tectona grandis* L.F.) cultivada na grande Cáceres – Mato Grosso.** Piracicaba: Escola Superior de Agronomia Luis de Queiros, 1989. 135p. Dissertação Mestrado.

MEDINA, J.C.; GARCIA, J.L.M.; MARTIN, Z.J. De; KATO, K.; TERUO, P.; TURATTI, J.M.; SANTOS, L.C. dos; SILVA, M.T.C.; CANTO, W.L. do; BICUDO NETO, L. de C.; MORETTI, V.A. **Nutrição mineral e adubação.** In: Coco: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas: ITAL, 1980. 285 p. il. (Série Frutas tropicais; 5).

MEIRELES, R. O. **Limitações nutricionais para o cultivo de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em latossolo amarelo textura média:** Estado do Pará. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2003.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. Dordrechth: Kluwer Academic, 2001. 849 p.

NAIF, A. P. M.; VIÉGAS, I. J. M.; LIMA, S. S. **Caracterização de sintomas de micronutrientes em plantas de açaizeiro (*Euterpia oleracea* Mart.)**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 7., Belém, 2003. 70 p.

NOGUEIRA, O. L.; CALZA V.; ARA, B. B. G; MULLER, C. H. **A cultura do açaí**. Brasília: Embrapa, SPI, 1995. (Coleção Plantar, 26).

NOGUEIRA, O. L.; CONCEIÇÃO, H. E. O. **Análise de crescimento de açaizeiro em áreas de várzea do estuário amazônico**. Pesquisa Agropecuária Brasileira., Brasília, v.35, n. 11, p. 2167-2173, 2000.

_____. FIGUEIRÊDO, F. J. C.; FERREIRA, C. A. P.; HOMMA, A. K. O.; MULLER, A. A.; MULLER, C. H.; VIÉGAS, I. J. M. **Açaí**. Belém, 2005. 137 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Sistemas de Produção, 4).

NUTRI-FATOS: Informação agrônômica sobre nutrientes para as culturas. **Arquivo do Agrônomo**. Piracicaba: Potafos, n.10, p. 1-12, mar.1996. Disponível em www.potafos.com.br

OCHS, R. Stratégie de mise em oeuvre du controle nutritionnel des plantes pérennes. Gestion de la nutrition minérale. Programmation des fumures. **Oléagineux**, Paris, n. 12, v. 40, p. 583-594, 1985.

_____; BONNEAU, X.; QUSAIRI, H. Nutrition minerale em cuivre des cocotiers hybrides sous tourbe. **Oléagineux**, v. 48, n. 2, p. 65-75, 1993.

OLLAGNIER, M.; OCHS, R. Interaction entre lazote et le potassium dans la nutrition des oléagineux tropicaux. **Oléagineux**, Paris, v. 28, n.11, p. 493-507, 1973.

PACHECO, A. R.; TAILLEZ B. J.; ROCHA DE SOUZA, R. L; LIMA, E. J. Lês deficiences minérales du palmier à huile. (*Elaeis guineenses* Jacq) dans la region de Belém-PA-Brasil. **Oléagineux**, Paris, v. 40, n. 6, p. 295-306, 1985.

_____; BARNWELL, I. M.; TAILLIEZ, B. J. Des cas deficiencie en cuivre en pepinière de pal miers à huîle em Amazonie brasilienne. **Oléagineux**, v. 1, n. 11, p. 483-489, 1986.

PACHÊCO, N. A.; BASTOS, T. X. **Boletim agrometereológico 2006**: Tomé-Açu,

PA. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 30 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 320). Disponível em: <<http://www.cpatu.embrapa.br/publicacoes-online/documentos-1/2008boletimagrometeorologico>>. Acesso em: 22 maio 2009.

PADILHA, W. Efeito da adubação fosfatada, potássica e magnesiana sobre a produção e teor de nutrientes em dendezeiro (*Elaeis guineenses* Jacq) nas condições edafoclimáticas do município de Tailândia-Pará. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2005.

PARÁ. SECRETARIA DE AGRICULTURA DO ESTADO DO PARÁ - SAGRI. Evolução das áreas, produção e rendimento do açaizeiro no Estado do Pará em 2009. Disponível em <<http://www.sagri.pa.gov/>>. Acesso em: 15/01/2010.

PIMENTEL, J. O. Resposta do dendezeiro (*Elaeis guineenses*, Jacq), à aplicação de N, P, K e Mg nas condições edafoclimáticas de Tailândia-Pará. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 2001.

QUAGGIO, J. A. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: SÃO JOSE, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS, J. M. e MORAIS, O. M. **Manga: tecnologia de produção e mercado.** Bahia: Universidade Estadual do Sudeste da Bahia, 1996. p.106-135.

RAIJ, B. V. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 142 p.

RODRIGUES, M. do R. L. Resposta do dendezeiro (*Elaeis guineenses*, Jacq) á aplicação de fertilizantes nas condições do médio amazonas. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1993.

ROGNON, F. Analyse vegetable dans controle de l' alimentation dès plantes Palmier à huíle. Paris: **Technique et Documentation Lavoiser**, 1984. p. 426-446.

SANCHEZ, P. A. Suelos del tropico-características e manejo. San José: IICA, 1981. 660 p.

SANTANA, A. C. Mercados e comercialização de produtos do açaí. Belém: UFRA, 2003.

SANTOS, L. D. Resposta do dendezeiro (*Elaeis guineenses*, Jacq), à aplicação de N, P, K e Mg nas condições edafoclimáticas de Tailândia- Pará. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1999.

SHARMA, C. P. **Plant micronutrients**. Science Publishers: Enfield, 2006. 268p.

SILVA, D. A. S. **Resposta de o açaizeiro cultivar BRS-Pará submetido à aplicação de calcário e de fósforo em latossolo amarelo distrófico**. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2009.

SILVA, J. R. A.; FALCÃO, N. P. S. Caracterização de sintomas de carências nutricionais em mudas de pupunheira cultivadas em solução nutritiva. **Acta Amazonica**, v. 2, n. 4, p. 529-539, 2002.

SOUSA, L.A.S de. **Desenvolvimento de plantas jovens de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) plantado em área de vegetação secundária (capoeira) na localidade de Benjamin Constant, Município de Bragança, estado do Pará**. 2006f. Dissertação (Mestrado em Botânica)- Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2006.

SOUSA, L.A.S de.; JARDIM, M.A.G.; **Sobrevivência e mortalidade de plântulas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) cultivadas em capoeira no nordeste paraense**. Revista Brasileira de Biociência, Porto Alegre, v.5, supl.1, p. 255-257, 2007.

SOBRAL, L.F. **Nutrição e adubação do coqueiro**. In: FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A. A cultura do coqueiro no Brasil. 2.ed. Aracaju: EMBRAPA-CPATC, 1998. P.129-157.

_____. Nutrição e adubação. In: FONTES, H.R.; RIBEIRO, F.E.; ERNANDES, M.F. (Ed.). **Coco produção**- aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa, 2003. v.1, p. 44-52.

SINGH, R.; MOLLER, M. R. F. Disponibilidade de micronutrientes em classes dominantes de solos do trópico úmido brasileiro: I. Zinco. **Boletim de Pesquisa EMBRAPA/ CPATU**, n. 55, Belém, 1984.

TEOH, K. C.; CHEW, P. S. Rachis tissue testing offers alternative for diagnosing potassium nutrition of oil palms. **Better Crop International**, v. 5, n. 2, p. 22-3, Atlanta, Dec. 1989.

TING, I. P. Plant mineral nutrition and ion uptake. In: **Plant physiology**. London: Addison Wesley Publishing Co, p. 331-63, 1982.

TINOCO, A. C. **Açaí amazônico: novas perspectivas de negócio**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. Trabalho apresentado no Workshop Regional do Açaizeiro: pesquisa, produção e comercialização, Belém, 2005. 11 CD-ROM

TURNER, D. W.; BARKUS, B. The uptake and distribution of mineral nutrients in response to supply of K, Mg and Mn. **Fertilizer research**, The Hague, v. 4, p.89-99. 1983.

UEXKULL, H.R.VON.; FAIRHUST, T. H. **Fertilizing for high yield and quality: the oil palm**. Bern/Switzerland: International Potast Institute, 1991. 79 p.

VIÉGAS, I. J. M. **Crescimento do dendezeiro (E/ais guinenses jacq), concentração, conteúdo e exportação de nutrientes nas diferentes partes de plantas com 2 a 8 anos de idade, cultivadas em Latossolo Amarelo distrófico, Tailândia-Pará**. 1993. 217 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 1993.

VIEGAS, I. J. M.; GONÇALVES, A. A. S.; FRAZÃO, D. A. C.; CONCEIÇÃO, H. E. O. Efeito das omissões de macro nutrientes e boro na sintomatologia e crescimento e plantas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 50, p. 128-141, 2008.

_____.; MEIRELES, R. O.; FRAZÃO, D. A. C.; CONCEIÇÃO, H. E. O. Avaliação da fertilidade de um latossolo amarelo textura média para o cultivo do açaizeiro no estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 52, p. 23-35, 2009.

_____.; THOMAS, M.A. A.; SILVA, J. F.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; NAIF, A. P. M. Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiência nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 26, n. 2, p. 315-319, 2004.

_____.; BOTELHO, S. M. Nutrição e adubação do dendezeiro. In: VIÉGA, I. J. M; MULLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA, 2000.

_____.; BOTELHO, S. M. **Açaizeiro**. In: CRAVO, M. da S.; VIEGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010,262p.

VORM, P. D. J. VAN DER; DIEST, A. VAN. Redistribution of nutritive elements in a 'Gross Michel' banana plant. **Netherlands Journal Agriculture Science**, Amsterdam, v.30, n. 4, p. 286-296, 1982.

WUTSCHER, H. K.; SMITH, P. F. Citrus. In: BENNETT, W. F. **Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants**. Saaint Paul: APS Press/The American Phytopathological Society, 1993. p. 165-170.

Anexo 1 - Resumo das análises de variância da massa seca, nos diferentes órgãos da planta de açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 305,08x^2 + 4589,5x - 10353$	0,99	8.3045	366.6411*
Folíolos	$y = -219,18x^2 + 2696,7x - 3882,6$	0,96	5.1287	341.6260*
Pecíolo + Ráquis	$y = -111,79x^2 + 1426,1x - 2242,6$	0,97	7.2148	223.2520*
Meristema	$y = -314,59x^2 + 3310,8x - 4526,1$	0,81	5.3363	57.2567*
Frutos	$y = -355,44x^2 + 4143,9x - 8366,4$	1	6.9209	20.8107*
Engaço	$y = -440,37x^2 + 4831x - 10783$	0,81	6.9805	70.7156*
Flecha	$y = -19,181x^2 + 282,43x - 419,25$	0,90	4.0021	749.8245*

Anexo 2- Resumo das análises de variância do teor de Nitrogênio nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 0,1704x^3 - 2x^2 + 7,1011x - 1,7048$	0,85	7.6168	29.7600*
Estipe	$y = 0,2910x^2 + 2,3719x - 9,9528$	0,43	7,6168	1,04 NS
Estipe	$y = 3,20 x + 4,7683$	0,22	7,6168	1,34 NS
Folíolos	$y = -0,2685x^3 + 4,32x^2 - 20,781x + 50,495$	0,71	8.2018	9.0544*
Folíolos	$y = -0,6964x^2 + 5,81x + 14,345$	0,43	8.2018	0,87 NS
Folíolos	$y = 2,67 x + 4,5534$	0,29	8.2018	1,01 NS
Meristema	$y = 0,55x^2 - 5,55x + 19,78$	0,57	8.4921	21.1590*
Frutos	$y = 0,46x + 6,37$	0,92	3.2056	19.7868*
Engaço	$y = 1,05x^2 - 9,95x + 30,85$	0,99	3.9768	168.0124*
Flecha	$y = 0,2278x^3 - 2,6786x^2 + 9,679x + 5,771$	0,81	8.1319	7.4312*
Flecha	$y = 3,26 x^2 + 6,345 x + 2,345$	0,65	8.1319	0,3423 NS
Flecha	$y = 0,67 x + 5,467$	0,33	8.1319	0,2654 NS

Anexo 3- Resumo das análises de variância do teor de Fósforo nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = -0,0139x^3 + 0,257x^2 - 1,386x + 3,142$	0,16	9.4866	77.8709*
Estipe	$y = 2,56 x^2 + 3,456x - 6,3422$	0,12	9.4866	2,343 NS
Estipe	$y = 6,12 x + 3,542$	0,13	9.4866	1,238 NS
Folíolos	$y = -0,0111x^3 + 0,160x^2 - 0,763x + 2,814$	0,56	7.5123	4.0421*
Folíolos	$y = 3,44 x^2 + 4,234 x - 4,3456$	0,72	7.5123	0,1867NS
Folíolos	$y = 2,456 x + 6,678$	0,66	7.5123	0,2343NS
Pecíolo + Ráquis	$y = 0,0361x^3 - 0,45x^2 + 1,7282x - 1,3143$	0,87	11.940	19.2885*
Pecíolo + Ráquis	$y = 3,256 x^2 + 2,34 x - 2,3456$	0,65	11.940	1,1438NS
Pecíolo + Ráquis	$y = 2,563 x + 5,456$	0,46	11.940	1,2345NS
Meristema	$y = 0,1214x^2 - 1,1043x + 3,8229$	0,84	7.7743	26.8564*
Frutos	$y = 0,125x^2 - 1,225x + 3,825$	0,93	10.9544	18.1290*
Engaço	$y = 0,15x^2 - 1,57x + 4,96$	0,93	7.2645	24.3548*
Flecha	$y = 0,0009x^2 - 0,0009x + 0,215$	0,54	8.1319	7.4987*

Anexo 4- Resumo das análises de variância do teor de Potássio nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 0,0991x^3 - 1,603x^2 + 6,5188x + 6,019$	0,68	8.8270	44.4944*
Estipe	$y = 3,56 x^2 - 2,672 x + 7,345$	0,62	8.8270	2,3435 NS
Estipe	$y = 3,456x + 7,234$	0,46	8.8270	1,6342 NS
Folíolos	$y = 0,2056x^3 - 3,37x^2 + 16,702x - 13,929$	0,36	4.3446	202.3974*
Folíolos	$y = 6,234 x^2 + 6,352 x - 2,3478$	0,42	4.3446	3,4567 NS
Folíolos	$y = 8,345 x + 4,363$	0,29	4.3446	2,3856 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = 0,475x^3 - 6,939x^2 + 30,806x - 25,576$	0,44	8.1328	34.4169*
Pecíolo + Ráquis	$y = 3,45x^2 - 23,34 x + 2,187$	0,34	8.1328	2,3784 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = 6,34 x - 7,342$	0,27	8.1328	1,3456 NS
Meristema	$y = -0,85x^3 + 13,63x^2 - 70,357x + 131,65$	0,85	11.0923	8.9618*
Meristema	$y = 6,34 x^2 - 10,34 x + 22,345$	0,76	11.0923	1,0892 NS
Meristema	$y = 8,34 x + 3,934$	0,54	11.0923	1,0032 NS
Frutos	$y = 0,05x^3 - 1,35x^2 + 9,9x - 15$	1	9.7102	5.5667*
Frutos	$y = 4,69 x^2 - 8,693 x + 12,345$	0,56	9.7102	0,1234NS
Frutos	$y = 3,45 x + 12,4576$	0,48	9.7102	0,1045NS
Engaço	$y = -0,1x^3 + 1,6x^2 - 7,9x + 24,7$	1	11.6266	80.0242*
Engaço	$y = 0,34 x^2 - 0,45x - 12,56$	0,45	11.6266	2,3452 NS
Engaço	$y = 1,15 x - 16,23$	0,56	11.6266	1,4678 NS
Flecha	$y = 0,2963x^3 - 4,207x^2 + 18,154x - 9,809$	0,26	6.8477	30.9157*
Flecha	$y = 2,34 x^2 - 6,45 x + 12,89$	0,36	6.8477	1,2342 NS
Flecha	$y = 4,56 x - 34,678$	0,22	6.8477	1,1345 NS

Anexo 5- Resumo das análises de variância do teor de Cálcio nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = -0,062x^3 + 1,275x^2 - 8,284x + 20,60$	0,87	6.4690	204.9602*
Estipe	$y = 2,456 x^2 + 3,2482 x + 32,345$	0,56	6.4690	2,4567 NS
Estipe	$y = 3,456 x - 22,345$	0,67	6.4690	3,5696 NS
Folíolos	$y = -0,146x^3 + 2,107x^2 - 9,146x + 14,45$	0,98	7.7472	41.6776*
Folíolos	$y = 4,567 x^2 + 8,456x - 34,564$	0,78	7.7472	2,6782 NS
Folíolos	$y = 2,4589 x - 18,345$	0,34	7.7472	1,9803 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = -0,201x^3 + 2,617x^2 - 10,23x + 14,18$	0,73	8.1091	83.0948*
Pecíolo + Ráquis	$y = 4,568 x^2 - 3,456x + 28,456$	0,58	8.1091	4,6734 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = 2,45 x^2 - 6,783 x + 34,567$	0,67	8.1091	2,4567 NS
Meristema	$y = 0,475x^3 + 6,99x^2 - 32,364x + 55,283$	0,93	3.8286	44.6836*
Meristema	$y = 7,345x^2 - 2,456x + 12,345$	0,68	3.8286	2,4567 NS
Meristema	$y = 12,34 x + 23,456$	0,54	3.8286	3,4890 NS
Frutos	$y = -0,05x^2 + 0,73x - 1,04$	0,95	12.4878	8.1053*
Engaço	$y = 1,87x - 4,16$	0,98	3.3142	560.5779*
Flecha	$y = -0,136x^3 + 1,860x^2 - 7,6246x + 10,9$	0,82	11.1616	33.9000*
Flecha	$y = 8,64 x^2 + 12,365x - 37,345$	0,56	11.1616	3,4563 NS
Flecha	$y = 7,67 x - 24,46$	0,48	11.1616	2,6753 NS

Anexo 6- Resumo das análises de variância do teor de magnésio nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 0,0571x^2 - 0,8086x + 3,6314$	0,86	13.1122	50.5718*
Folíolos	$y = -0,0411x^2 + 0,4011x + 0,13$	0,90	12.2631	4.2649*
Pecíolo + Ráquis	$y = -0,025x^3 + 0,378x^2 - 1,69x + 3,076$	0,55	11.1066	11.3294*
Pecíolo + Ráquis	$y = 3,46 x^2 - 6,87x + 19,356$	0,36	11.1066	1,8923 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = 6,78 x - 8,4567$	0,48	11.1066	1,2678 NS
Meristema	$y = 0,0857x^2 - 0,6771x + 2,7714$	0,49	8.4835	40.5677*
Frutos	$y = 0,2167x^3 - 3,5x^2 + 18,583x - 31,8$	1	10.5140	66.1538*
Frutos	$y = 4,56 x^2 - 34,578x + 36,35$	0,56	10.5140	3,5677 NS
Frutos	$y = 6,57 x + 22,87$	0,46	10.5140	1,8793 NS
Engaço	$y = 0,2x^3 - 3,15x^2 + 16,65x - 28,5$	1	8.4369	212.2727*
Engaço	$y = 9,456 x^2 - 4,567x + 45,568$	0,45	8.4369	3,5678 NS
Engaço	$y = 8,345 x + 34,8923$	0,37	8.4369	2,5670 NS
Flecha	$y = -0,013x^3 + 0,210x^2 - 0,911x + 2,414$	0,72	10.5946	5.3353*
Flecha	$y = 12,34 x^2 - 6,789 x + 14,342$	0,54	10.5946	0,0343 NS
Flecha	$y = 3,452 x - 8,982$	0,36	10.5946	0,0245 NS

Anexo 7- Resumo das análises de variância do teor de enxofre nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 0,0839x^2 - 0,9154x + 2,9414$	0,94	10.3585	75.6353*
Folíolos	$y = -0,0648x^3 + 0,892x^2 - 3,828x + 7,833$	0,31	6.7245	25.5158*
Folíolos	$y = 23,456x^2 - 6,456x + 67,456$	0,26	6.7245	2,4562 NS
Folíolos	$y = 34,7 x + 89,456$	0,19	6.7245	1,9872 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = -0,082x^3 + 1,2071x^2 - 5,653x + 9,495$	0,82	13.0114	49.8058*
Pecíolo + Ráquis	$y = 4,879x^2 - 12,345x - 29,345$	0,45	13.0114	2,3455 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = 22,56 x + 56,3456$	0,56	13.0114	3,5678 NS
Meristema	$y = -0,05x^3 + 0,7857x^2 - 4,0071x + 7,991$	0,95	8.4835	40.5677*
Meristema	$y = 12,456 x^2 - 34,456x + 8,567$	0,76	8.4835	2,4568 NS
Meristema	$y = 33,45 x - 57,890$	0,45	8.4835	1,8903 NS
Frutos	$y = -0,175x^2 + 1,935x - 3,655$	0,96	6.7870	19.9804*
Engaço	$y = -0,3833x^3 + 6,2x^2 - 32,617x + 57,7$	1	12.9076	5.8571*
Engaço	$y = 34,456 x^2 - 18,765x + 28,908$	0,56	12.9076	0,0423 NS
Engaço	$y = 22,48 x + 34,567$	0,87	12.9076	0,0234 NS
Flecha	$y = 0,0074x^3 - 0,0679x^2 + 0,117x + 2,476$	0,71	7.2083	40.5119*
Flecha	$y = 12,345x^2 - 0,34x - 26,896$	0,45	7.2083	2,3678 NS
Flecha	$y = 8,456x - 25,678$	0,39	7.2083	1,3879 NS

Anexo 8- Resumo das análises de variância do teor de boro nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 1,1268x^2 - 13,261x + 54,538$	0,85	10.1693	44.8569*
Folíolos	$y = -0,2014x^2 + 3,1309x + 12,023$	0,79	5.8320	20.4873*
Pecíolo + Ráquis	$y = -0,893x^3 + 10,672x^2 - 37,957x + 53,495$	0,81	8.5667	100.5822*
Pecíolo + Ráquis	$y = 22,567x^2 - 12,456x + 45,567$	0,46	8.5667	2,6789 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = 32,456x - 13,378$	0,36	8.5667	2,4567 NS
Meristema	$y = 1,2058x^3 - 21,083x^2 + 113,24x - 160,11$	0,67	5.9576	177.1903*
Meristema	$y = 23,456x^2 + 6,567x - 23,5678$	0,34	5.9576	4,5678 NS
Meristema	$y = 76,789x - 34,5612$	0,45	5.9576	3,4568 NS
Frutos	$y = -3,95x^2 + 43,16x - 97,28$	0,97	4.2237	195.2319*
Engaço	$y = -5,325x^2 + 57,381x - 127,97$	0,94	7.4121	78.6965*
Flecha	$y = -0,8144x^3 + 10,5x^2 - 40,236x + 62,407$	0,82	11.9768	12.1313*
Flecha	$y = 6,789x^2 - 12,456x + 36,456$	0,65	11.9768	1,0987 NS
Flecha	$y = 23,456x - 23,567$	0,34	11.9768	1,0014 NS

Anexo 9- Resumo das análises de variância do teor de cobre nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = -0,3871x^3 + 4,90x^2 - 18,629x + 27,732$	0,84	9.2844	31.5484*
Estipe	$y = 23,456x^2 - 12,456x + 34,567$	0,45	9.2844	2,3456 NS
Estipe	$y = 10,456x - 34,567$	0,36	9.2844	3,5677 NS
Folíolos	$y = 0,3293x^3 - 4,5271x^2 + 19,235x - 15,95$	0,87	10.0314	9.2613*
Folíolos	$y = 12,678x^2 + 34,56x - 32,456$	0,45	10.0314	1,3456 NS
Folíolos	$y = 56,78x - 67,678$	0,56	10.0314	0,8762 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = 0,2051x^3 - 2,7261x^2 + 10,987x - 8,299$	0,33	5.0863	116.2504*
Pecíolo + Ráquis	$y = 12,364x^2 - 36,563x + 56,789$	0,22	5.0863	4,5678 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = 26,456x + 68,5678$	0,16	5.0863	3,2456 NS
Meristema	$y = -0,2067x^3 + 3,796x^2 - 20,733x + 41,435$	0,64	5.7167	125.4655*
Meristema	$y = 12,345x^2 - 23,456x + 36,789$	0,37	5.7167	1,0034 NS
Meristema	$y = 46,567x - 34,5678$	0,29	5.7167	2,3456 NS
Frutos	$y = -2,8417x^3 + 48,61x^2 - 270,62x + 500,75$	1	7.3292	45.5113*
Frutos	$y = 12,456x^2 - 25,567x - 56,456$	0,67	7.3292	2,4567 NS
Frutos	$y = 34,567x + 87,567$	0,54	7.3292	1,8976 NS
Engaço	$y = -2,9967x^3 + 50,45x^2 - 276,5x + 502,3$	1	8.2405	38.3467*
Engaço	$y = 14,567x^2 - 26,34x + 36,789$	0,67	8.2405	2,5678 NS
Engaço	$y = 36,578x - 56,789$	0,78	8.2405	1,5678 NS
Flecha	$y = 0,2756x^3 - 3,54x^2 + 14,536x - 6,3348$	0,45	10.4525	16.7234*
Flecha	$y = 8,456x^2 - 12,456x + 32,456$	0,37	10.4525	1,3456 NS
Flecha	$y = 12,376x + 15,567$	0,26	10.4525	0,9345 NS

Anexo 10- Resumo das análises de variância do teor de ferro nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 3,0027x^2 - 31,302x + 91,63$	0,87	8.2695	212.5899*
Folíolos	$y = 22,788x^2 - 238,08x + 663,99$	0,79	4.7366	1179.3451*
Pecíolo + Ráquis	$y = -1,9801x^3 + 30,152x^2 - 142,79x + 23,256$	0,84	7.2629	152.7109*
Pecíolo + Ráquis	$y = 8,984 x^2 - 36,890x - 34,569$	0,46	7.2629	5,6780 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = 18,678 x - 23,456$	0,29	7.2629	3,4567 NS
Meristema	$y = 0,6 x^2 - 5,074x + 30,518$	0,18	10.4493	15,0962*
Frutos	$y = 8,28x^3 - 143,52x^2 + 805,94x - 1372,9$	1	2.5109	115.0353*
Frutos	$y = 18,456 x^2 + 14,567x - 23,456$	0,78	2.5109	3,4566 NS
Frutos	$y = 12,456x - 45,678$	0,59	2.5109	2,4567 NS
Engaço	$y = 7,3983x^3 - 120,13x^2 + 638,15x - 1047,7$	1	3.2105	57.3601*
Engaço	$y = 16,45 x^2 - 34,567x - 23,567$	0,56	3.2105	3,4567 NS
Engaço	$y = 38,980 x - 23,567$	0,78	3.2105	2,5678 NS
Flecha	$y = 2,198x + 50,417$	0,14	3.5353	0.4249 NS

Anexo 11- Resumo das análises de variância do teor de manganês nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 15,817x^2 - 139,49x + 331,74$	0,59	9.4721	285.6528*
Folíolos	$y = 33,899x^3 - 410,88x^2 + 1552,6x - 1613$	0,81	8.8231	4161.5252*
Folíolos	$y = 46,56 x^2 - 78,768x - 218,34$	0,49	8.8231	5,6789 NS
Folíolos	$y = 55,58 x - 456,45$	0,36	8.8231	4,5687 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = 16,408x^3 - 195,45x^2 + 718,43x - 727,47$	0,87	10.7599	388.6436*
Pecíolo + Ráquis	$y = 34,45 x^2 + 23,567x - 78,908$	0,55	10.7599	7,8903 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = 69,879x - 345,567$	0,44	10.7599	5,6789 NS
Meristema	$y = 61,488x^3 - 868,26x^2 + 3945,4x - 5616,3$	0,96	7.3496	800.3086*
Meristema	$y = 18,65 x^2 - 14,567x - 13,567$	0,86	7.3496	4,5678 NS
Meristema	$y = 28,780 x - 13,567$	0,56	7.3496	3,6789 NS
Frutos	$y = 91,655x^2 - 931,68x + 2366,3$	0,98	10.7289	442.0344*
Engaço	$y = 153,5x^2 - 1568,7x + 3971,1$	0,95	6.1739	1916.5918*
Flecha	$y = 15,671x^3 - 184,11x^2 + 675,12x - 691,66$	0,82	10.0921	516.8685*
Flecha	$y = 27,45 x^2 + 17,567x - 56,908$	0,46	10.0921	5,6789 NS
Flecha	$y = 69,879x - 145,667$	0,56	10.0921	4,6789 NS

Anexo 12- Resumo das análises de variância do teor de zinco nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 4,3083x^3 - 63,039x^2 + 300,03x - 402$	0,49	3.9541	421.7265 *
Estipe	$y = 15,65 x^2 - 13,456x - 11,689$	0,36	3.9541	5,6789 NS
Estipe	$y = 88,780 x - 13,567$	0,34	3.9541	4,6789 NS
Folíolos	$y = 2,82x^3 - 44,235x^2 + 227,36x - 365,4$	0,37	10.9418	4.6916*
Folíolos	$y = 15,65 x^2 - 12,577x - 18,567$	0,22	10.9418	0,0456 NS
Folíolos	$y = 23,380 x - 11,567$	0,17	10.9418	0,0987 NS
Pecíolo + Ráquis	$y = -2,6504x^2 + 27,634x - 15,118$	0,70	4.6908	115.9451*
Meristema	$y = 4,3083x^3 - 63,039x^2 + 300,03x - 402$	0,59	6.6092	79.8446*
Meristema	$y = 25,75 x^2 - 11,756x - 14,685$	0,45	6.6092	4,5678 NS
Meristema	$y = 88,780 x - 12,467$	0,33	6.6092	3,5677 NS
Frutos	$y = 2,82x^3 - 44,235x^2 + 227,36x - 365,43$	1	11.7623	17.6001*
Frutos	$y = 13,55 x^2 - 10,597x - 19,667$	0,67	11.7623	1,3458 NS
Frutos	$y = 21,480 x - 10,767$	0,55	11.7623	1,4567 NS
Engaço	$y = 17,2x^2 - 179,73x + 496,02$	0,92	4.6572	448.3705*
Flecha	$y = 3,5704x^2 - 29,973x + 89,313$	0,49	7.4020	15.6488*

Anexo 13- Resumo das análises de variância do acúmulo de nitrogênio nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 75,753x^2 - 164,07x + 127,25$	0,90	11.8273	263.0436*
Folíolos	$y = -6,3286x^2 + 62,098x - 33,308$	0,89	6.3906	263.2562*
Pecíolo + Ráquis	$y = -4,2197x^3 + 35,888x^2 - 52,271x; + 29,19$	0,99	12.1785	101.0892*
Meristema	$y = 11,392x^3 - 146,38x^2 + 618,2x - 617,24$	0,80	9.5421	9.2785*
Frutos	$y = 14,07x^3 - 186,12x^2 + 802,33x - 1069$	1	10.7681	11.3503*
Engaço	$y = -25,502x^3 + 338,59x^2 - 1414,8x + 1914,3$	1	12.1398	25.7935*
Flecha	$y = -0,3496x^2 + 7,9424x - 4,442$	0,91	9.5281	144.5211*

Anexo 14- Resumo das análises de variância de acúmulo de fósforo nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = -0,6496x^3 + 8,325x^2 - 22,037x + 17,557$	0,76	14.7416	209.7915*
Folíolos	$y = -0,3555x^2 + 3,6476x - 2,121$	0,89	13.1072	52.9861*
Pecíolo + Ráquis	$y = 0,042x^3 - 0,4339x^2 + 1,6884x - 1,1533$	0,99	15.4565	63.5539*
Meristema	$y = 0,0617x^3 - 0,7893x^2 + 3,7676x - 0,666$	0,5997	9.9120	21.3467*
Frutos	$y = 0,639x + 0,572$	0,8431	16.3086	10.2042*
Engaço	$y = -0,46x^3 + 5,96x^2 - 24,63x + 34,41$	1	12.1398	25.7935*
Flecha	$y = -0,0294x^3 + 0,2749x^2 - 0,4071x + 0,39$	0,91	10.5576	20.2365*

Anexo 15- Resumo das análises de variância de acúmulo de potássio nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = -5,0707x^3 + 42,975x^2 - 35,639x + 10,167$	0,90	6.9690	370.7733*
Folíolos	$y = -3,7182x^2 + 31,656x - 23,196$	0,84	7.9848	162.2470*
Pecíolo + Ráquis	$y = -1,9795x^2 + 18,858x - 13,521$	0,88	15.4565	63.5539*
Meristema	$y = -2,9067x^3 + 32,341x^2 - 108,24x + 163,52$	0,46	12.9290	62.8140*
Frutos	$y = -1,6683x^3 + 18,795x^2 - 64,667x + 79,42$	1	10.2757	50.5337*
Engaço	$y = -6,085x^3 + 75,73x^2 - 298,75x + 398,53$	1	14.6996	22.8101*
Flecha	$y = -0,288x^2 + 3,3197x - 1,937$	0,80	10.0685	113.9476*

Anexo 16- Resumo das análises de variância de acúmulo de cálcio nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = -1,0032x^3 + 12,215x^2 - 17,688x + 17,117$	0,96	9.9240	225.7204*
Folíolos	$y = -0,4887x^3 + 4,7807x^2 - 9,9106x + 8,0633$	0,95	10.6948	141.0256*
Pecíolo + Ráquis	$y = -0,4419x^3 + 4,076x^2 - 8,9692x + 6,14$	0,92	10.9525	194.5023*
Meristema	$y = -1,9333x^3 + 19,875x^2 - 57,002x + 71,74$	0,83	6.9523	70.0718*
Frutos	$y = -0,7625x^2 + 9,2165x - 21,954$	0,98	10.9685	29.1148*
Engaço	$y = -3,0933x^3 + 38,345x^2 - 147,9x + 187$	1	8.6597	137.1898*
Flecha	$y = -0,0803x^3 + 0,8081x^2 - 2,0173x + 1,54$	0,82	22.9355	49.0240*

Anexo 17- Resumo das análises de variância de acúmulo de magnésio nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 0,7724x^3 - 8,4653x^2 + 32,237x - 24,327$	0,79	13.0398	109.4893*
Folíolos	$y = -0,0227x^3 + 0,2219x^2 - 0,4197x + 0,3667$	0,94	15.3335	44.9821*
Pecíolo + Ráquis	$y = -0,0499x^3 + 0,4581x^2 - 0,7148x + 0,5767$	0,86	11.8675	114.7849*
Meristema	$y = -0,4455x^2 + 4,4999x - 3,769$	0,74	10.8256	48.2134*
Frutos	$y = -0,0392x^3 + 0,4329x^2 - 0,6537x + 0,15$	0,91	50.5316	12.8238*
Engaço	$y = 0,7674x - 1,056$	0,92	18.5904	19.9615*
Flecha	$y = -0,0227x^3 + 0,2219x^2 - 0,4197x + 0,3667$	0,94	16.5621	55.8470*

Anexo 18- Resumo das análises de variância de acúmulo de enxofre nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 4,3303x - 4,0693$	0,95	23.5827	40.1988*
Folíolos	$y = -0,7982x^2 + 7,2986x - 4,014$	0,93	9.5121	80.1823*
Pecíolo + Ráquis	$y = -0,1225x^3 + 1,1514x^2 - 2,5846x + 2,31$	0,68	11.1256	122.7235*
Meristema	$y = -0,2417x^3 + 2,5514x^2 - 7,9498x + 12,194$	0,74	12.3242	8.8862*
Frutos	$y = -1,1675x^2 + 10,833x - 18,678$	0,97	40.3821	9.0483*
Engaço	$y = -1,445x^3 + 18,395x^2 - 74,76x + 100,84$	1	14.8482	35.5775*
Flecha	$y = -0,0212x^3 + 0,186x^2 - 0,1456x + 0,2233$	0,91	8.1015	185.8512*

Anexo 19- Resumo das análises de variância de acúmulo de boro nos diferentes órgãos do açazeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 110,11x - 103,24$	0,98	12.3644	23.1210*
Folíolos	$y = -4,1073x^2 + 47,463x - 32,445$	0,93	10.1792	29.1014*
Pecíolo + Ráquis	$y = -4,7012x^2 + 36,66x - 35,235$	0,68	7.1825	26.1017*
Meristema	$y = -19,601x^2 + 150,26x - 161,38$	0,56	5.1345	22.1346*
Frutos	$y = -18,32x^2 + 166,82x - 304,92$	0,99	6.3427	23.2256*
Engaço	$y = -19,03x^2 + 170,12x - 315,6$	0,85	8.3423	22.1836*
Flecha	$y = -0,6032x^2 + 6,4879x - 5,764$	0,73	6.4567	23.0917*

Anexo 20- Resumo das análises de variância de acúmulo de cobre nos diferentes órgãos do açazeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = -8,4777x^2 + 104,83x - 118,41$	0,78	15.1234	23.4567*
Folíolos	$y = -1,3496x^2 + 15,859x - 7,66$	0,94	25.1634	38.1214*
Pecíolo + Ráquis	$y = -0,2711x^2 + 3,7758x - 1,804$	0,77	13.1123	24.1730*
Meristema	$y = 0,3714x^2 + 1,7626x + 14,77$	0,68	11.3823	17.3407*
Frutos	$y = -9,07x^3 + 123,77x^2 - 539,81x + 786,02$	1	27.4228	39.1725*
Engaço	$y = -9,9033x^3 + 130,74x^2 - 553,96x + 771,18$	1	26.4567	33.1946*
Flecha	$y = 1,7354x - 0,5607$	0,88	14.3456	28.0512*

Anexo 21- Resumo das análises de variância de acúmulo de ferro nos diferentes órgãos do açazeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = -52,861x^3 + 558,38x^2 - 1507,7x + 1111,1$	0,71	6.1426	18.1722*
Folíolos	$y = -11,72x^3 + 121,7x^2 - 316,38x + 404,43$	0,75	7.1834	19.2014*
Pecíolo + Ráquis	$y = 0,4305x^2 + 10,083x - 1,153$	0,89	6.6734	18.1630*
Meristema	$y = -7,1323x^2 + 64,545x - 54,267$	0,74	7.1436	19.3307*
Frutos	$y = -14,089x^3 + 123,47x^2 - 209,6x + 84,353$	0,93	5.3226	39.1725*
Engaço	$y = -9,9536x^2 + 96,987x - 111,29$	0,83	6.1736	34.1836*
Flecha	$y = 7,288x - 0,5247$	0,90	4.2619	23.0412*

Anexo 22- Resumo das análises de variância de acúmulo de manganês nos diferentes órgãos do açazeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 201,01x^3 - 1746,2x^2 + 4623,6x - 3173,6$	0,95	16.1422	39.1622*
Folíolos	$y = 139,62x^3 - 1296,9x^2 + 3711,4x - 2613,7$	0,91	17.1834	36.2014*
Pecíolo + Ráquis	$y = 34,928x^3 - 315,64x^2 + 865,44x - 597,67$	0,94	15.1323	28.1630*
Meristema	$y = 46,345x^3 - 464,65x^2 + 1604,7x - 1291,8$	0,75	22.1538	22.3307*
Frutos	$y = 72,261x^2 - 335,79x + 350,06$	0,79	27.3226	39.1725*
Engaço	$y = 35,31x^3 - 325,96x^2 + 910,23x - 662,28$	0,88	16.1836	34.1836*
Flecha	$y = 14,408x^2 - 66,094x + 73,827$	0,80	14.2719	32.0412*

Anexo 23- Resumo das análises de variância de acúmulo de zinco nos diferentes órgãos do açaizeiro.

Órgão	Equação	R ²	C.V (%)	F
Estipe	$y = 75,753x^2 - 164,07x + 127,25$	0,90	23.1222	36.1622*
Folíolos	$y = -6,3286x^2 + 62,098x - 33,308$	0,89	24.1734	36.2019*
Pecíolo + Ráquis	$y = -4,2197x^3 + 35,888x^2 - 52,271x + 29,19$	0,99	19.1024	35.1636*
Meristema	$y = 11,392x^3 - 146,38x^2 + 618,2x - 617,24$	0,80	26.4567	22.3307*
Frutos	$y = 14,07x^3 - 186,12x^2 + 802,33x - 1069$	1	17.4567	42.1725*
Engaço	$y = -25,502x^3 + 338,59x^2 - 1414,8x + 1914,3$	1	16.1836	32.1836*
Flecha	$y = -0,3496x^2 + 7,9424x - 4,442$	0,91	22.2418	34.0412*

Anexo 24 – Resumo das análises de variância da extração total de nitrogênio nas fases da quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada.

Fases	Equação	R ²	C.V (%)	F
Acumulada	$y = 1,7057x^2 + 22,545x - 41,036$	0,99	48.8110	35.1078*
Exportada	$y = -2,301x^2 + 27,396x - 59,573$	0,91	36.1022	34.1042*
Imobilizada	$y = 2,7241x^2 + 8,5272x - 13,963$	0,97	46.2210	34.4022*
Reciclada	$y = -1,0089x^2 + 17,312x - 23,877$	0,96	45.1014	33.2819*

Anexo 25 – Resumo das análises de variância da extração total de fósforo nas fases da quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada.

Fases	Equação	R ²	C.V (%)	F
Acumulada	$y = 0,2165x^2 + 3,4798x - 6,7455$	0,86	12.7270	8.8243*
Exportada	$y = -0,117x^2 + 1,5906x - 2,8678$	0,99	16.2510	12.1427*
Imobilizada	$y = 0,3045x^2 + 2,0994x - 4,0355$	0,83	11.1837	11.2342*
Reciclada	$y = -0,1831x^2 + 2,2906x - 3,3599$	0,92	11.2515	11.3742*

Anexo 26 – Resumo das análises de variância da extração total de potássio nas fases da quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada.

Fases	Equação	R ²	C.V (%)	F
Acumulada	$y = -10,307x^2 + 125,78x - 208,81$	0,93	8.3339	71.1141*
Exportada	$y = -9,8254x^2 + 121,25x - 197,55$	0,92	7.4598	68.3014*
Imobilizada	$y = 0,4942x^2 + 0,1859x + 2,9574$	0,99	9.4639	74.2532*
Reciclada	$y = -2,2791x^2 + 24,764x - 37,172$	0,99	9.6826	93.5320*

Anexo 27 – Resumo das análises de variância da extração total de cálcio nas fases da quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada.

Fases	Equação	R ²	C.V (%)	F
Acumulada	$y = -1,29x^2 + 28,097x - 49,037$	0,93	13.1470	35.3201*
Exportada	$y = -0,297x^2 + 4,5932x - 9,269$	0,82	12.2639	33.4224*
Imobilizada	$y = -0,993x^2 + 23,504x - 39,768$	0,93	13.1714	34.3803*
Reciclada	$y = 0,3662x^2 + 4,9821x - 8,3165$	0,82	11.9638	32.2649*

Anexo 28 – Resumo das análises de variância da extração total de magnésio nas fases da quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada.

Fases	Equação	R ²	C.V (%)	F
Acumulada	$y = -0,4735x^2 + 8,0726x - 13,134$	0,86	6.7557	159.2098*
Exportada	$y = 0,0179x^2 + 0,4275x - 1,1142$	0,95	7.3645	172.1438*
Imobilizada	$y = -0,4914x^2 + 7,6451x - 12,02$	0,82	6.9249	158.3592*
Reciclada	$y = -0,1536x^2 + 1,853x - 2,9114$	0,95	7.4236	157.3614*

Anexo 29 – Resumo das análises de variância da extração total de enxofre nas fases da quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada.

Fases	Equação	R ²	C.V (%)	F
Acumulada	$y = -0,7434x^2 + 10,576x - 16,975$	0,97	12.6667	23.8558*
Exportada	$y = -0,2906x^2 + 3,4341x - 6,4494$	0,79	10.6248	17.1431*
Imobilizada	$y = -0,4528x^2 + 7,1424x - 10,525$	0,96	11.4835	21.4632*
Reciclada	$y = -0,1536x^2 + 1,853x - 2,9114$	0,95	11.1837	22.4695*

Anexo 30 – Resumo das análises de variância da extração total de boro nas fases da quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada.

Fases	Equação	R ²	C.V (%)	F
Acumulada	$y = -34,028x^2 + 489,47x - 839,62$	0,96	4.1412	509.6858*
Exportada	$y = -41,493x^2 + 457,3x - 1105,2$	0,97	4.2213	506.1872*
Imobilizada	$y = -22,462x^2 + 361,6x - 600,76$	0,97	4.2314	505.1943*
Reciclada	$y = -9,7863x^2 + 113,03x - 178,44$	0,93	3.9617	504.3312*

Anexo 31 – Resumo das análises de variância da extração total de cobre nas fases da quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada.

Fases	Equação	R ²	C.V (%)	F
Acumulada	$y = -13,299x^3 + 163,75x^2 - 513,03x + 497,93$	0,95	5.4212	33.4250*
Exportada	$y = -1,8082x^2 + 25,815x - 20,383$	0,19	0.3240	^{NS} 0.3210
Imobilizada	$y = -11,181x^3 + 138,39x^2 - 440,56x + 439,98$	0,95	4.1320	33.2110*
Reciclada	$y = -1,8006x^2 + 25,415x - 34,129$	0,94	4.3640	31.1014*

Anexo 32 – Resumo das análises de variância da extração total de ferro nas fases da quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada.

Fases	Equação	R ²	C.V (%)	F
Acumulada	$y = -96,031x^3 + 1252x^2 - 4543,6x + 5188$	0,90	6.2240	14.3680*
Exportada	$y = -83,911x^2 + 931,63x - 2039$	0,94	7.3612	15.2619*
Imobilizada	$y = -73,15x^3 + 981,35x^2 - 3716,7x + 4456,7$	0,79	5.1110	12.1416*
Reciclada	$y = -1,0277x^2 + 74,518x + 46,422$	0,68	4.3510	9.1017*

Anexo 33 – Resumo das análises de variância da extração total de manganês nas fases da quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada.

Fases	Equação	R ²	C.V (%)	F
Acumulada	$y = 566,37x^3 - 6825,9x^2 + 26373x - 30379$	0,92	6.3512	27.3015*
Exportada	$y = 526,53x^2 - 5318,9x + 13411$	0,97	8.1017	29.4015*
Imobilizada	$y = 477,9x^3 - 5761,6x^2 + 22311x - 25705$	0,92	7.1217	26.1833*
Reciclada	$y = 193,93x^3 - 2373,3x^2 + 9249,7x - 10638$	0,91	5.1810	25.3017*

Anexo 34 – Resumo das análises de variância da extração total de zinco nas fases da quantidade acumulada, exportada, imobilizada e reciclada.

Fases	Equação	R ²	C.V (%)	F
Acumulada	$y = 52,702x^2 + 86,541x - 318,73$	0,93	7.3217	34.1312*
Exportada	$y = -2,0637x^2 + 69,199x - 168,76$	0,97	6.3218	36.1810*
Imobilizada	$y = 50,956x^2 + 55,412x - 236,07$	0,92	6.1214	33.1226*
Reciclada	$y = -16,384x^2 + 192,3x - 298,63$	0,95	5.1927	35.1218*