



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



DIOCLÉA ALMEIDA SEABRA SILVA

**EXTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA
EM PROGÊNIES DE CUPUAÇUZEIRO [*Theobroma grandiflorum*
(WILLD. EX. SPRENG.) SCHUM)]**

**BELÉM
2014**

Silva, Diocléa Almeida Seabra

Extração de macronutrientes e avaliação bioquímica em progênies de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] / Diocléa Almeida Seabra Silva. – Belém, PA, 2014.

190 f.; il.; color.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Embrapa Amazônia Oriental. Belém, PA, 2014.

Orientador: Prof. Dr. Ismael de Jesus Matos Viégas; Co-Orientador: Prof. Dr. Cândido Ferreira de Oliveira Neto.

1. Cupuaçu - Bioquímica 2. *Theobroma grandiflorum*. 3. Cupuaçuzeiro PMI 186 4. Cupuaçuzeiro PMI 215. 5. Codajás. 6. Manacapuru. 7. Melhoramento genético vegetal. I. Título

CDD 633.74 21 ed.



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



DIOCLÉA ALMEIDA SEABRA SILVA

**EXTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA
EM PROGÊNIES DE CUPUAÇUZEIRO [*Theobroma grandiflorum*
(WILLD. EX. SPRENG.) SCHUM)]**

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

Orientador: Prof. Dr. Ismael de Jesus Matos Viégas

Co-Orientador: Prof. Dr. Cândido Ferreira de Oliveira Neto

**BELÉM
2014**



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



DIOCLÉA ALMEIDA SEABRA SILVA

**EXTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA
 EM PROGÊNIES DE CUPUAÇUZEIRO [*Theobroma grandiflorum*
 (WILLD. EX. SPRENG.) SCHUM)]**

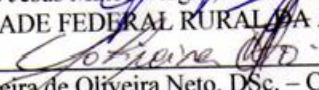
Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia Oriental, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: área de concentração Agroecossistemas da Amazônia, para obtenção do título de Doutor.

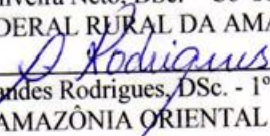
Aprovada em 28 de Fevereiro de 2014

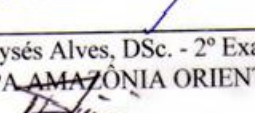
BANCA EXAMINADORA

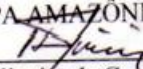
BANCA EXAMINADORA

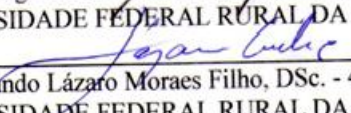

 Ismael de Jesus Matos Viégas, DSc. – Orientador
 UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA


 Cândido Ferreira de Oliveira Neto, DSc. – Co-Orientador
 UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA


 Dr. João Elias Lopes Fernandes Rodrigues, DSc. - 1º Examinador
 EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL


 Dr. Rafael Moysés Alves, DSc. - 2º Examinador
 EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL


 Dr. Heráclito Eugênio Oliveira da Conceição, DSc. - 3º Examinador
 UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA


 Dr. Raimundo Lázaro Moraes Filho, DSc. - 4º Examinador
 UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

DEDICATÓRIA

À **Deus**, pelo dom da vida, pela sabedoria que me foi concedida para que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais Luís Gonzaga Portal Seabra (in memorian) que me ensinou a nunca desistir mesmo que fosse difícil a caminhada, a minha amada mãe Maria de Nazaré Almeida Seabra que sempre me deu força e sempre orou por mim, a minha amada avó Eucléa Perpétua da Silva de Almeida Ferreira (in memorian) que me ensinou a gostar da terra e das plantas quando era pequena.

Aos meus avós paternos Luís Vasconcelos Seabra e Judith Maria Portal Seabra (in memorian).

Ao meu esposo, Alexandre Távora de Albuquerque Silva que sempre foi companheiro, amigo e nos momentos difíceis sempre ria para me distrair.

Aos meus sogros Maria Auxiliadora Távora de Albuquerque Silva e Antônio de Brito Silva.

As minhas queridas irmãs, Dionne Seabra de Freitas, Deize Cecília Seabra de Lima, Daíse Maria Almeida Seabra, Drielle Louíse Almeida Seabra.

Aos meus sobrinhos, Álvaro Henrique Seabra de Freitas e Luís Eduardo Seabra de Freitas.

Aos meus amigos e amigas irmãs, Milton Cunha, Raimundo Amaro Ribeiro Conde, Joze Melissa Nunes de Freitas e Jozeane de Nazaré Cardoso.

Aos meus cunhados, Ednaldo Tenório de Freitas e Roberto Drago de Lima.

Aos meus queridos mestres, que foram a verdadeira chave para moldar os meus conhecimentos e que foram tão importantes ao longo dessa jornada com carinho e dedicação.

DEDICO

O conhecimento é verdadeiramente apaixonante e ao mesmo tempo interessante, porque nos envolve, nos faz abrir novos caminhos para ajudar outras pessoas a serem verdadeiramente felizes, tendo melhor qualidade de vida e assim, construirmos um mundo cada vez melhor, onde todos possam ter oportunidades.

(Diocléa)

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Ismael de Jesus Matos Viégas pela orientação, dedicação, amizade e, sobretudo, profissionalismo e confiança.

Aos professores pela sugestão de melhoria na qualidade do trabalho, Dr. Heráclito Eugênio Oliveira da Conceição e ao Dr. Raimundo Lázaro Moraes Filho.

Aos pesquisadores da Embrapa Amazônia oriental que com dedicação e gentileza me acompanharam neste processo de defesa, Dr. Rafael Moysés Alves e Dr. João Elias Lopes Fernandes Rodrigues.

Aos professores Dr. Francisco de Assis Oliveira, Dra. Izildinha Miranda e Dr. Roberto Cesar Lobo, pelo fortalecimento do curso.

A todos os professores que contribuíram na formação acadêmica do Curso de Doutorado.

Aos pesquisadores MSc. Sônia Maria Araújo Botelho, Nilza Araújo Pacheco, Dra. Sandra Sampaio (Embrapa Amazônia Oriental) e ao Dr. Orivan Maria Marques Teixeira pela atenção, ensinamentos e colaboração e ao Prof. Dr. Cândido Ferreira de Oliveira Neto pelas análises realizadas no laboratório da UFRA (Capitão Poço) e pela dedicação prestada a este trabalho.

Ao Dr. Paulo Júlio da Silva Neto (CEPLAC – Centro de Pesquisa da Lavoura Cacaueira) pelo material cedido sobre cacau e pelas explicações.

Aos técnicos do Laboratório de Análise de Solos da Embrapa Amazônia Oriental Inocêncio Bernardo Neto, João Sérgio de Almeida Silva, José Renato Caraciolo Figueiredo, Éder Pereira Ferro, José Antônio Oliveira Malcher e a secretária Maria José de Oliveira e a Universidade Federal de Viçosa pelos serviços prestados em análises de laboratório.

A MSc. Ana Cristina Ferreira Salim pelo apoio dado na confecção dos mapas da área de plantio (Laboratório de Sensoriamento Remoto da Embrapa Amazônia Oriental).

Aos colegas de pós-graduação, Joze Melissa Nunes de Freitas, Jozeane de Nazaré Cardoso, Raimundo Amaro Ribeiro Conde, Noemi Vianna Leão, Félix Lélis, Rosemiro Galate, Milton Cunha, Dionilson Cardozo da Cunha, Alexandre Ferreira e Sávia Poliana da Silva.

A MSc. Socorro Viégas pelas palavras, apoio e aulas ministradas sobre inteligência emocional que foi fundamental para a base deste trabalho de tese.

A Universidade Federal Rural da Amazônia pela oportunidade de fazer parte do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias como aluna de pós-graduação de doutorado, e em especial a Coordenação do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias pelos serviços prestados em prol da melhoria do curso e na realização de tarefas que tornaram possível a realização desta pesquisa;

À Embrapa Amazônia Oriental pela implantação do projeto de tese e pelo compromisso de tornar um curso de qualidade, através do seu corpo docente e a incentivos como laboratório, aulas práticas e outros.

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1.	Exportações Brasileiras de frutas frescas (2006).....	34
FIGURA 2.	Área plantada (ha), área colhida (ha), quantidade produzida (t), valor (mil reais) do cupuaçuzeiro no Estado do Pará, nos anos de 2003 a 2011.....	35
FIGURA 3.	Imagens de localização do experimento na Embrapa Amazônia Oriental (no ano de 2005 (a), no ano de 2006 (b) e no ano de 2007 (c), no município de Belém e no Estado do Pará. Fonte: Embrapa (2012).....	56
FIGURA 4.	Totais mensais de precipitação pluviométrica (mm) e temperatura (°C) (a); brilho solar (H décimos) (b) e visualização de coordenadas geográficas da Estação Meteorológica (c) da Embrapa Amazônia Oriental até o campo experimental da Embrapa, Belém (PA) (d), durante quatro anos. Fonte: Embrapa (2012). GPS Garmin Etrex Legend HCx; camera digital – Panasonic DMC-LZ7 (7.2 Mega Pixels).....	57
FIGURA 5.	Croqui da implantação da área experimental (Δ mogno (20x10m) – 8 plantas; X PMI 215 - 80 plantas (5x5m); ∞ PMI 186 (5x5m) - 80 plantas; *bananeira PV 0376 (2,5m)– 72 plantas; ● bananeira pioneira (2,5m) – 32 plantas e # açaí (10x10m) – 72 plantas.....	58
FIGURA 6.	Plantio de cupuaçuzeiro em consórcio com açaizeiro, mogno (sombreamento definitivo), utilizando bananeira como sombreamento provisório (Figura 6a), cupuaçuzeiro com quatro anos de idade (Figura 6b) e (Figura 6c) plantas uniformes, nutridas e saudas.....	58
FIGURA 7.	Média dos teores de nitrogênio (N) (a) e análise de regressão para teores de nitrogênio (b) para progênies de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	66
FIGURA 8.	Teores de fósforo (P) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma</i>	

	<i>grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	70
FIGURA 9.	Teores de potássio (K) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	73
FIGURA 10.	Teores de cálcio (Ca) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	76
FIGURA 11.	Teores de magnésio (Mg) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	79
FIGURA 12.	Teores de enxofre (S) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	81
FIGURA 13.	Acúmulos de nitrogênio (N) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] como folhas (a), caules (b), RP (c) e RS (d) das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	84
FIGURA 14.	Distribuição em percentagem de nitrogênio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás).....	85
FIGURA 15.	Distribuição em percentagem de nitrogênio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru).....	86
FIGURA 16.	Acúmulos de fósforo (P) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro	

	[(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	88
FIGURA 17.	Distribuição em percentagem de fósforo acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás).....	89
FIGURA 18.	Distribuição em percentagem de fósforo acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru).....	90
FIGURA 19.	Acúmulos de potássio (K) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	92
FIGURA 20.	Distribuição em percentagem de potássio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás).....	93
FIGURA 21.	Distribuição em percentagem de potássio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru).....	94
FIGURA 22.	Acúmulos de cálcio (Ca) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	96
FIGURA 23.	Distribuição em percentagem de cálcio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás).....	97
FIGURA 24.	Distribuição em percentagem de cálcio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru).....	98
FIGURA 25.	Acúmulos de magnésio (Mg) em folhas (a), caules (b), ramos	

	primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	99
FIGURA 26.	Distribuição em percentagem de magnésio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás).....	100
FIGURA 27.	Distribuição em percentagem de magnésio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru).....	101
FIGURA 28.	Acúmulos de enxofre (S) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	103
FIGURA 29.	Distribuição em percentagem de enxofre acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás).....	104
FIGURA 30.	Distribuição em percentagem de enxofre acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru).....	105
FIGURA 31.	Acúmulo total de macronutrientes (mg planta ⁻¹) da PMI 186 (a) e da PMI 215 (b) em diversas partes de planta de cupuaçuzeiro, em função da idade.....	106
FIGURA 32.	Quantidade demandada de adubação com uréia, fosfato triplo e cloreto de potássio na progênie 186, tendo como base 20 plantas de cada progênie de cupuaçuzeiro, em função da idade.....	108
FIGURA 33.	Quantidade demandada de adubação com uréia, fosfato triplo e cloreto de potássio na progênie 215, tendo como base 20 plantas de cada progênie de cupuaçuzeiro, em função da idade.....	108
FIGURA 34.	Teores de carboidratos (Carb.) em folhas (a), caules (b), ramos	

	primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	129
FIGURA 35.	Teores de aminoácidos (AA) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	132
FIGURA 36.	Teores de amido em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	135
FIGURA 37.	Teores de sacarose em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	138
FIGURA 38.	Teores de proteínas solúveis totais (P.S.T) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	140
FIGURA 39.	Acúmulos de carboidratos (Carb.) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	143
FIGURA 40.	Distribuição em percentagem dos carboidratos acumulados nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 186 (Codajás).....	144
FIGURA 41.	Distribuição em percentagem dos carboidratos acumulados nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 215 (Manacapuru).....	144
FIGURA 42.	Acúmulos de aminoácidos (AA) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro	

- [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade..... 146
- FIGURA 43.** Distribuição em percentagem dos aminoácidos acumulados nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 186 (Codajás)..... 147
- FIGURA 44.** Distribuição em percentagem dos aminoácidos acumulados nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 215 (Manacapuru)..... 147
- FIGURA 45.** Acúmulos de amidos em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade..... 149
- FIGURA 46.** Distribuição em percentagem dos amidos acumulados nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 186 (Codajás)..... 150
- FIGURA 47.** Distribuição em percentagem dos amidos acumulados nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 215 (Manacapuru)..... 151
- FIGURA 48.** Acúmulos de sacarose em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade..... 152
- FIGURA 49.** Distribuição em percentagem de sacaroses acumuladas nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 186 (Codajás)..... 153
- FIGURA 50.** Distribuição em percentagem de sacaroses acumuladas nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [(*Theobroma*

	<i>grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 215 (Manacapuru).....	153
FIGURA 51.	Acúmulos de proteínas solúveis totais (P.S.T) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.....	155
FIGURA 52.	Distribuição em percentagem de proteínas solúveis totais acumuladas nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 186 (Codajás).....	156
FIGURA 53.	Distribuição em percentagem de proteínas solúveis totais acumuladas nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 215 (Manacapuru).....	157

LISTA DE TABELAS

	Pág.
TABELA 1. Produção das cultivares e características dos frutos de cupuaçuzeiro.....	36
TABELA 2. Percentual de polpa, casca, fibras e sementes das cultivares lançadas de cupuaçuzeiro.....	36
TABELA 3. Caracterização bromatológica da polpa dos frutos de cupuaçuzeiro.....	36
TABELA 4. Caracterização química da amostra do solo em diversos pontos do experimento antes da implantação do experimento (maio, 20).....	59
TABELA 5. Caracterização química e granulométrica da amostra de solo em diversos pontos do experimento durante a pesquisa (maio, 2005).....	59

LISTA DE APÊNDICES

	Pág.
<p>APÊNDICE 1. Resumo das análises de variância para teores de macronutrientes entre as progênes de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru), Belém (PA), 2013.....</p>	163
<p>APÊNDICE 2. Resumo das análises de variância para acúmulos de macronutrientes entre as progênes de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru), Belém (PA), 2013.....</p>	164
<p>APÊNDICE 3. Resumo das análises de variância para teores bioquímicos entre as progênes de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru), Belém (PA), 2013.....</p>	165
<p>APÊNDICE 4. Resumo das análises de variância para acúmulos bioquímicos entre as progênes de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru), Belém (PA), 2013.....</p>	166
<p>APÊNDICE 5. Massa seca e massa seca total (MST) em g planta⁻¹ das PMI (S) 186 – Codajás e 215 – Manacapuru, em função da idade (Belém, PA – 2013).....</p>	167
<p>APÊNDICE 6. Testes de médias para teores (T) em (g) e acúmulos (A) (mg planta⁻¹) de macronutrientes em folhas de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fonte de variação: progênie (N (T)); progênie x anos x órgãos (N (A), P (T), K (T), Ca (T) e Ca (A), Mg (T), Mg (A)); anos x órgãos (P (A), K (A), S (T) e S (A)), Belém (PA), 2013.....</p>	168
<p>APÊNDICE 7. Testes de médias para teores (T) em (g) e acúmulos (A) (mg planta⁻¹) de macronutrientes em caules de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fonte de variação: progênie (N (T));</p>	

- progênie x anos x órgãos (N (C), P (T), K (T), Ca (T) e Ca (A), Mg (T), Mg (A)); anos x órgãos (P (A), K (A), S (T) e S (A)), Belém (PA), 2013..... 169
- APÊNDICE 8.** Testes de médias para teores (T) em (g) e acúmulos (A) (mg planta⁻¹) de macronutrientes em ramos primários de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fonte de variação: progênie (N (T)); progênie x anos x órgãos (N (A), P (T), K (T), Ca (T) e Ca (A), Mg (T), Mg (A)); anos x órgãos (P (A), K (A), S (T) e S (A)), Belém (PA), 2013..... 170
- APÊNDICE 9.** Testes de médias para teores (T) em (g) e acúmulos (A) (mg planta⁻¹) de macronutrientes em ramos secundários de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fonte de variação: Progênie (N (T)); progênie x anos x órgãos (N (A), P (T), K (T), Ca (T) e Ca (A), Mg (T), Mg (A)); anos x órgãos (P (A), K (A), S (T) e S (A)), Belém (PA), 2013..... 171
- APÊNDICE 10.** Acúmulo total macronutrientes em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários em mg planta⁻¹ da PMI 186 – Codajás, em função da idade (Belém, PA – 2013)..... 172
- APÊNDICE 11.** Acúmulo total de macronutrientes em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários em mg planta⁻¹ da PMI 215 – Manacapuru, em função da idade (Belém, PA – 2013)..... 172
- APÊNDICE 12.** Testes de médias para teores (T) e acúmulos (A) bioquímicos em folhas de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fonte de variação: progênie x órgãos (Carb. (T), P.S.T (T), P.S.T (A)); Progênie x anos x órgãos (Carb. (A), AA (T), AA (C), Amido (T), Amido (A)); progênie x anos (Sacarose (T), Sacarose (A)), Belém (PA), 2013..... 173
- APÊNDICE 13.** Testes de médias para teores (T) e acúmulos (A) bioquímicos em caules de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fonte de variação:

- progênie x órgãos (Carb. (T), P.S.T (T), P.S.T (A)); progênie x anos x órgãos (Carb. (A), AA (T), AA (A), Amido (T), Amido (A)); progênie x anos (Sacarose (T), Sacarose (A)), Belém (PA), 2013..... 174
- APÊNDICE 14.** Testes de médias para teores (T) e acúmulos (A) bioquímicos em ramos primários de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fonte de variação: progênie x órgãos (Carb. (T), P.S.T (T), P.S.T (A)); progênie x anos x órgãos (Carb. (A), AA (T), AA (A), Amido (T), Amido (A)); progênie x anos (Sacarose (T), Sacarose (A)), Belém (PA), 2013..... 175
- APÊNDICE 15.** Testes de médias para teores (T) e acúmulos (A) bioquímicos em ramos secundários de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fonte de variação: progênie x órgãos (Carb. (T), P.S.T (T), P.S.T (A)); progênie x anos x órgãos (Carb. (A), AA (T), AA (A), Amido (T), Amido (A)); progênie x anos (Sacarose (T), Sacarose (A)), Belém (PA), 2013..... 176
- APÊNDICE 16.** Acúmulo total da bioquímica em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários em mg planta⁻¹ da PMI 186 – Codajás, em função da idade (Belém, PA – 2013)..... 177
- APÊNDICE 17.** Acúmulo total da bioquímica em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários em mg planta⁻¹ da PMI 215 – Manacapuru, em função da idade (Belém, PA – 2013)..... 177
- APÊNDICE 18.** Resumo das análises de regressão e de variância (progênie) para teores de nitrogênio, nas PMI (s) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013..... 177
- APÊNDICE 19.** Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para acúmulos de nitrogênio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de

	idade, Belém (PA), 2013.....	178
APÊNDICE 20.	Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para acúmulos de nitrogênio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	178
APÊNDICE 21.	Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de fósforo, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	178
APÊNDICE 22.	Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de fósforo, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	179
APÊNDICE 23.	Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de potássio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	179
APÊNDICE 24.	das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de potássio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	179
APÊNDICE 25.	Resumo das análises de regressão e de variância para teores de cálcio (progênie x anos x órgãos), nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	180
APÊNDICE 26.	Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de cálcio, nos diferentes órgãos de	

	cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	180
APÊNDICE 27.	Resumo das análises de regressão e de variância para acúmulos de cálcio (progênie x anos x órgãos), nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	180
APÊNDICE 28.	Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para acúmulos de cálcio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	181
APÊNDICE 29.	Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de magnésio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	181
APÊNDICE 30.	Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de magnésio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	181
APÊNDICE 31.	Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para acúmulos de magnésio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	182
APÊNDICE 32.	Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para acúmulos de magnésio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	182

- APÊNDICE 33.** Resumo das análises de regressão e de variância (progênes x órgãos) para teores de carboidratos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013..... 182
- APÊNDICE 34.** Resumo das análises de regressão e de variância (progênes x órgãos) para teores de carboidratos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013..... 183
- APÊNDICE 35.** Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos x órgãos) para acúmulos de carboidratos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013..... 183
- APÊNDICE 36.** Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos x órgãos) para acúmulos de carboidratos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013..... 183
- APÊNDICE 37.** Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos x órgãos) para teores de aminoácidos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013..... 184
- APÊNDICE 38.** Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos x órgãos) para teores de aminoácidos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013..... 184
- APÊNDICE 39.** Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos x órgãos) para acúmulos de aminoácidos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex.

	Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	184
APÊNDICE 40.	Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos x órgãos) para acúmulos de aminoácidos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	185
APÊNDICE 41.	Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos x órgãos) para teores de amido, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	185
APÊNDICE 42.	Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos x órgãos) para teores de amido, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	185
APÊNDICE 43.	Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos x órgãos) para acúmulos de amido, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	186
APÊNDICE 44.	Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos x órgãos) para acúmulos de amido, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	186
APÊNDICE 45.	Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos) para teores de sacarose, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	186
APÊNDICE 46.	Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x	

	anos) para teores de sacarose, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	187
APÊNDICE 47.	Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos) para acúmulos de sacarose, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	187
APÊNDICE 48.	Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos) para acúmulos de sacarose, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	187
APÊNDICE 49.	Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x órgãos) para teores de proteínas solúveis totais, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	188
APÊNDICE 50.	Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x órgãos) para teores de proteínas solúveis totais, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	188
APÊNDICE 51.	Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x órgãos) para acúmulos de proteínas solúveis totais, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.....	188
APÊNDICE 52.	Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x órgãos) para acúmulos de proteínas solúveis totais, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro	

	anos de idade, Belém (PA), 2013.....	189
APÊNDICE 53.	Cálculo de adubação tendo como base os acúmulos totais de nitrogênio, fósforo e potássio em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários de 20 plantas da PMI 186 – Codajás e 20 plantas da PMI 215 – Manacapuru, em função da idade (Belém, PA – 2013).....	189

RESUMO: O cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] é uma espécie arbórea típica da Amazônia Oriental Brasileira, pertence à família das Malvaceae, encontrada em estado silvestre ou cultivada. Atualmente disseminada por toda a região Norte, onde ocorre por toda a Bacia Amazônica e norte do Maranhão, e atinge outros Estados. O aumento da produção é necessário para atender as demandas de mercado, porém qualquer produção deve estar relacionada ao conhecimento das exigências nutricionais por macronutrientes e o efeito dos mesmos na produção de carboidratos, aminoácidos, sacarose, amido e proteínas solúveis totais com a finalidade de aumentar a produção. Por isso, esta pesquisa está voltada ao estudo de duas progênies meios irmãos de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) durante quatro anos. O experimento foi desenvolvido no campo da Embrapa Amazônia Oriental, o delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial triplo (duas progênies, 4 anos, 4 órgãos) da planta. A análise estatística foi feita com base nas interações da análise de variância, pelo Software Sisvar, versão 5.0, no estudo do teste de média e análise de regressão. A progênie 215 concentra e acumula mais macronutrientes, aminoácidos, sacarose, carboidrato, proteínas solúveis totais e amido; ambas as progênies concentram e acumulam macronutrientes e assimilados bioquímicos em ordem decrescente N>K>Mg>P>Ca>S e Aminoácidos>Sacarose>Carboidratos>Proteínas solúveis totais>Amido.

Palavra-Chave: Massa seca, macronutrientes e bioquímica de cupuaçuzeiro.

ABSTRACT: The cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] is a typical tree species of the eastern Brazilian Amazon, belongs to the family Malvaceae, found in wild or cultivated state. Currently disseminated throughout the northern region, where it occurs throughout the Amazon Basin and northern Maranhão and reaches other states. The increased production is needed to meet the demands of the market, but any production is related to knowledge of the nutritional requirements for macronutrients and the effect thereof in the production of carbohydrates, amino acids, sucrose, starch and total soluble proteins in order to increase production. Therefore, this research is focused on the study of two brothers progeny means cupuassu PMI 186 (Codajás) and PMI 215 (Manacapuru) for four years. The experiment was conducted at the Embrapa Amazônia Oriental, in a completely randomized design with factorial arrangement triple (two progenies, 4 years, 4 organs) design. Statistical analysis was based on the interactions of the variance at Sisvar Software, version 5.0, in the study of average and regression testing. The progeny 215 concentrates and accumulates more macronutrients, amino acids, sucrose, carbohydrate, total soluble protein and starch; both progenies concentrate and accumulate macronutrientes and biochemical assimilated in descending order N> K> Mg> P> Ca> S and Amino acid > Sucrose> Carbohydrates> Total soluble proteins> Starch.

Keyword: Dry mass, macronutrients and biochemistry of cupuassu.

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	25
ABSTRACT	26
CAPÍTULO 1. CONTEXTUALIZAÇÃO	31
1.1 REVISÃO DE LITERATURA.....	33
1.1.1 O cupuaçuzeiro e sua importância econômica.....	33
1.1.2 Cultivares de cupuaçuzeiro.....	35
1.1.3 Macronutrientes.....	37
1.1.3.1 Nitrogênio (N).....	37
1.1.3.2 Fósforo (P).....	38
1.1.3.3 Potássio (K).....	39
1.1.3.4 Cálcio (Ca).....	40
1.1.3.5 Magnésio (Mg).....	41
1.1.3.6 Enxofre (S).....	42
1.1.4 Bioquímica.....	43
1.1.4.1 Carboidratos (Carb.).....	43
1.1.4.2 Aminoácidos (AA).....	43
1.1.4.3 Amido e Sacarose.....	44
1.1.4.4 Proteínas Solúveis Totais (P.S.T).....	46
1.2 HIPÓTESES DO TRABALHO.....	46
1.3 OBJETIVO GERAL DO TRABALHO.....	47
1.4 DIVISÃO DO TRABALHO EM CAPÍTULOS.....	47
REFERÊNCIAS	48
CAPÍTULO 2. TEOR E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES EM DUAS PROGÊNIES DE CUPUAÇUZEIRO [(Theobroma grandiflorum (WILLD. EX. SPRENG.) SCHUM)]	51
RESUMO	51
ABSTRACT	52
2.1 INTRODUÇÃO	53
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	55
2.2.1 Caracterização da área experimental.....	55

2.2.2 Arranjo experimental.....	57
2.2.3 Amostragem do solo.....	59
2.2.4 Seleção do material vegetal.....	60
2.2.5 Obtenção e preparo das amostras.....	60
2.2.6 Determinação da massa seca, teores e acúmulos de macronutrientes.....	61
2.2.7 Delineamento experimental e análise estatística.....	62
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
2.3.1 Teor de macronutriente nas progênies de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) em função da idade.....	63
2.3.1.1 Teor de nitrogênio nas progênies 186 e 215.....	63
2.3.1.2 Teor de fósforo nas progênies 186 e 215.....	66
2.3.1.3 Teor de potássio nas progênies 186 e 215.....	71
2.3.1.4 Teor de cálcio nas progênies 186 e 215.....	74
2.3.1.5 Teor de magnésio nas progênies 186 e 215.....	77
2.3.1.6 Teor de enxofre nas progênies 186 e 215.....	80
2.3.2 Acúmulo de macronutriente nas progênies de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) em função da idade.....	82
2.3.2.1 Acúmulo de nitrogênio nas progênies 186 e 215.....	82
2.3.2.2 Acúmulo de fósforo nas progênies 186 e 215.....	86
2.3.2.3 Acúmulo de potássio nas progênies 186 e 215.....	90
2.3.2.4 Acúmulo de cálcio nas progênies 186 e 215.....	94
2.3.2.5 Acúmulo de magnésio nas progênies 186 e 215.....	98
2.3.2.6 Acúmulo de enxofre nas progênies 186 e 215.....	101
2.3.3 Acúmulo total de macronutriente nas progênies de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) em função da idade.....	105
2.4 CONCLUSÕES.....	108
REFERÊNCIAS.....	109
CAPÍTULO 3. AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA EM DUAS PROGÊNIES DE CUPUAÇUZEIRO [(Theobroma grandiflorum (WILLD. EX. SPRENG.) SCHUM)].....	113
RESUMO.....	113
ABSTRACT.....	114
3.1 INTRODUÇÃO.....	115

3.2 MATERIAL E MÉTODOS	117
3.2.1 Caracterização da área experimental.....	117
3.2.2 Arranjo experimental.....	117
3.2.3 Amostragem do solo.....	118
3.2.4 Adubação da área experimental.....	118
3.2.5 Seleção do material vegetal.....	119
3.2.6 Obtenção e preparo das amostras.....	119
3.2.7 Coleta das plantas e variáveis bioquímicas.....	120
3.2.7.1 Determinação dos teores de carboidratos solúveis totais em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários nas progênies 186 e 215.....	120
3.2.7.2 Determinação dos teores de aminoácidos solúveis totais em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários nas progênies 186 e 215.....	121
3.2.7.3 Determinação dos teores de amido em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários nas progênies 186 e 215.....	122
3.2.7.4 Determinação dos teores de sacarose totais em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários nas progênies 186 e 215.....	123
3.2.7.5 Determinação dos teores de proteínas solúveis totais em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários nas progênies 186 e 215.....	124
3.2.7.6 Determinação dos acúmulos de carboidratos, aminoácidos, amido, sacarose e proteínas solúveis totais nas progênies 186 e 215.....	124
3.2.8 Delineamento experimental e análise estatística.....	125
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	126
3.3.1 Teores bioquímicos nas progênies de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) em função da idade.....	126
3.3.1.1 Teor de carboidrato nas progênies 186 e 215.....	126
3.3.1.2 Teor de aminoácido nas progênies 186 e 215.....	130
3.3.1.3 Teor de amido nas progênies 186 e 215.....	133
3.3.1.4 Teor de sacarose nas progênies 186 e 215.....	136
3.3.1.5 Teor de proteínas solúveis totais nas progênies 186 e 215.....	139
3.3.2 Acúmulos bioquímicos nas progênies de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) em função da idade.....	141
3.3.2.1 Acúmulo de carboidrato nas progênies 186 e 215.....	141
3.3.2.2 Acúmulo de aminoácido nas progênies 186 e 215.....	145

3.3.2.3 Acúmulo de amido nas progênies 186 e 215.....	148
3.3.2.4 Acúmulo de sacarose nas progênies 186 e 215.....	151
3.3.2.5 Acúmulo de proteínas solúveis totais nas progênies 186 e 215.....	154
3.4 CONCLUSÕES.....	157
REFERÊNCIAS.....	158
APÊNDICES.....	162

CAPÍTULO 1 – CONTEXTUALIZAÇÃO

O cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* Willd. ex. Spreng.) Schum)] é uma espécie arbórea típica da Amazônia Oriental Brasileira, pertence à família das Malvaceae, sendo encontrada em estado silvestre ou cultivada. Atualmente disseminada por toda a região Norte, onde ocorre por toda a Bacia Amazônica e norte do Maranhão, atingindo também outros estados (VENTURIERI et al., 1993; ROCHA NETO et al., 1999). No Pará, ocorria, naturalmente, nas seguintes microrregiões: Itaituba, Altamira, Portel, Tucuruí, Guamá, Bragantina, Parauapebas e Marabá. (CARVALHO et al., 2004).

Esta espécie é comumente conhecida como “cupuaçu”, “cupu”, “pupu” e “pupuaçu” (português); “copoasu”, “cupuasú”, cacao blanco (espanhol). E na língua tupi kupu, significa que parece com cacao + uasu (grande), por serem da mesma família do cacau (GODIM et al., 2001).

De acordo com Pereira (2003) o cupuaçu é uma das frutas mais populares da Amazônia, destacando-se como uma das mais promissoras atividades agrícolas da região. A polpa do cupuaçuzeiro, pelas características de acidez, teor de pectina e aroma ativo e sabor peculiar constitui importante matéria-prima na indústria de processamento, para a fabricação de suco, sorvete, doce, geléia, néctar, iogurte, manteiga, biscoito e outras iguarias. As sementes são utilizadas na fabricação de chocolates em pó e de tabletes, e na indústria de cosméticos.

A região amazônica apresenta condições propícias ao desenvolvimento do cupuaçuzeiro por possuir condições edafoclimáticas favoráveis ao seu desenvolvimento, quando comparada com as outras regiões do mundo. O Brasil apresenta características de solo, clima e disponibilidade de água e diversidade de espécies frutíferas que dotam o país de condições privilegiadas para tornar-se um pólo produtor e exportador de frutas. Porém, há carência de informações sobre aspectos ligados ao manejo da fertilidade do solo, de insumos e das exigências nutricionais das plantas, impedindo que o país se destaque nessa área do agronegócio (NATALE, 2013).

Nesta situação faz-se necessário o uso de algumas técnicas de manejo, como a introdução de sistemas de consórcio ou em SAF's (Sistemas agroflorestais), a fim de incrementar a produção de fruteiras, através da melhoria da qualidade do solo por ocasião da ciclagem de nutrientes, da aeração, da friabilidade e do uso de corretivos, adubos e fertilizantes, no sentido de suprir as necessidades nutricionais da planta.

A nutrição de plantas é um fator limitante para produção de frutos, pois os elementos minerais influenciam na qualidade que é um requisito importante para a exportação. Além disso, quando o solo apresenta condições adversas como reação ácida, a eficiência de aproveitamento é baixa e parte do investimento em adubação não tem o retorno esperado. Com isso, o uso de corretivos e adubos nas culturas não permitirá uma boa nutrição das plantas, para manter, ou mesmo melhorar a fertilidade natural do solo, a fim de se tornar uma prática economicamente rentável (NATALE, 2013).

A aplicação de fertilizantes em plantas frutíferas é quase uma imposição à produção, seja pela pobreza natural dos solos tropicais, seja pelas grandes quantidades de elementos que são imobilizados pela parte vegetativa ou exportados a cada safra (NATALE, 2013 e MALAVOLTA, 2006).

Atualmente, a pesquisa agrônômica busca conciliar os interesses da produtividade sem agredir o ambiente. Dessa forma, doses, épocas e modos de aplicação dos corretivos e adubos devem ser estudados, tomando por base vários aspectos como a fertilidade do solo, as reais necessidades da planta e a cinética de absorção dos elementos (TAGLIAVINI et al., 1996).

No entanto há pouco conhecimento sobre as exigências nutricionais do cupuaçuzeiro, principalmente em relação aos clones lançados pela Embrapa no ano de 2002. O conhecimento sobre essas cultivares, Coari, Codajás, Manacapuru e Belém, são suas características de boa produção de frutos, polpa com características agroindustriais superiores e tolerância à *Moniliophthra perniciosa* (agente causal da vassoura-de-bruxa). A cultivar Belém foi utilizada como fornecedora de pólen para as demais cultivares (ALVES e RESENDE, 2008).

De um modo geral, deseja-se visualizar a importância deste estudo para a agricultura de qual progênie, seja a Codajás, ou a Manacapuru demanda mais nutriente, carboidrato, aminoácido, amido, sacarose e proteínas solúveis totais, assim como a importância desse estudo para posterior recomendação de adubação.

1.1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1 O cupuaçuzeiro e sua importância econômica

Apesar disso, nos últimos anos as frutas têm apresentado importância crescente no país, tanto no mercado interno como no internacional. Em 2012, o valor das exportações de frutas frescas foi de U\$ 910 milhões, quase 50% maior que o valor de 2011, que foi de U\$ 634,5 milhões (AGROSTAT / MAPA, 2013).

O Brasil é atualmente o terceiro maior produtor de frutas no mundo, tem suprido o mercado interno com eficiência, importando apenas uma pequena quantidade de outros países, principalmente de frutas de clima temperado, No entanto, o país tem exportado muito pouco, sendo o 15º no ranking de exportações mundiais de frutas (BRAZILIAN FRUIT, 2008).

Devido a sua grande extensão territorial é possível encontrar no Brasil áreas com diferentes climas e ecossistemas, que vão desde o semi-árido até climas temperados, o que possibilita a produção de uma vasta variedade de frutas. O Brasil tem ascensão no mercado internacional de frutas, que caracteriza o selo “Brazilian Fruit”, que vem sendo cada vez mais utilizado em campanhas nos mercados internacionais, mas ainda há muito que crescer em termo de exportação de frutas (BRAZILIAN FRUIT, 2008).

Há ainda os países que, tendo produção limitada, sempre precisam importar frutas. Nesse caso se enquadra o mercado das nações do Oriente Médio. A China igualmente é cortejada como um mercado em potencial. Apesar de ter boa produção, vai precisar importar frutas, por limitação de área e de água (ANUÁRIO, 2008). A Figura 1 mostra os países de destino das exportações de frutas frescas do Brasil e suas respectivas participações em volume (percentagem).

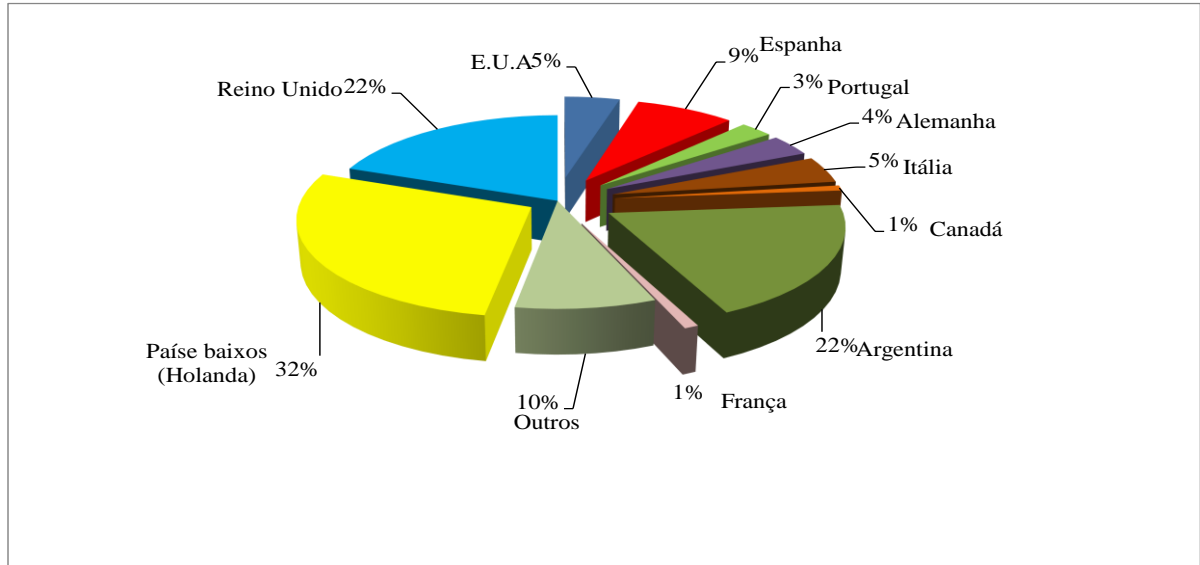


Figura 1. Exportações Brasileiras de frutas frescas (2006) / Fonte: Brazilian Fruit, 2008.

No Pará a comercialização de frutos in natura de cupuaçu é feito diretamente do produtor para o consumidor, intermediários e feirantes. A comercialização da polpa ocorre diretamente com a agroindústria ou com o consumidor (SOUZA et al., 1999). Com isso, a produção está concentrada no Estado do Pará, tendo aumento de área plantada de 9.300 hectares (2003) para 12.447 hectares (2011). O aumento na produção foi de 30.417 toneladas em 2003 para 41.449 toneladas em 2011. A área colhida da produção de frutos foi de 8.895 hectares em 2003 para 12.447 hectares em 2011, gerando aproximadamente para produção de frutos no Estado uma receita de R\$ 14.738.940,00, no ano de 2003 para R\$ 38.027.081,00 no ano de 2011 (SAGRI & GEEMA, 2011) (Figura 2).

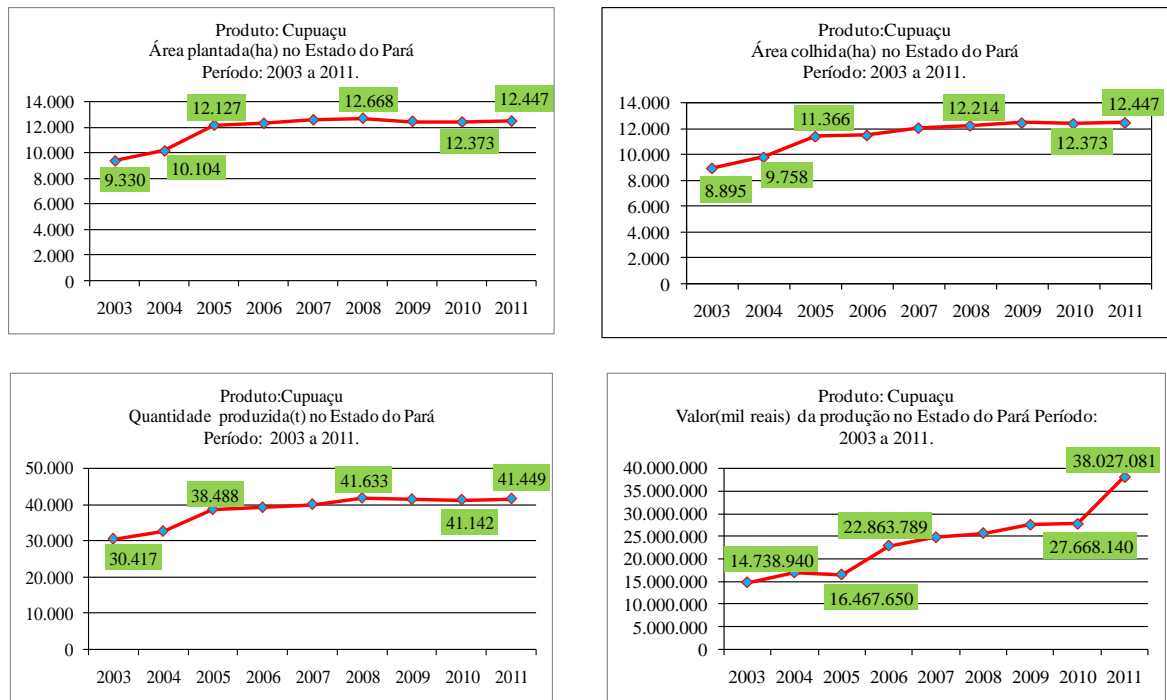


Figura 2. Área plantada (ha), área colhida (ha), quantidade produzida (t), valor (mil reais) do cupuaçuzeiro no Estado do Pará, nos anos de 2003 a 2011.

Fonte: LSPA / IBGE / Elaboração: SAGRI / GEEMA

1.1.2 Cultivares de cupuaçuzeiro

Segundo Alves & Cruz (2003) foram lançadas quatro cultivares, em 2002, pela Embrapa Amazônia Oriental, denominadas de Coari, Codajás, Manacapuru e Belém, na forma de clones. O principal diferencial desses materiais é porque apresentam tolerância à vassoura-de-bruxa, além de apresentarem produtividade média de 14 frutos/planta/safra, com frutos grandes em torno de 21 cm de comprimento e 1,2 kg.

Isso significa que cada planta produz em média 17 kg de frutos por safra. Considerando-se 400 plantas/ha, atinge uma produtividade média de 6.800 kg de frutos por ha. A Tabela 1 apresenta a variação entre as cultivares quanto à produtividade, peso, comprimento e diâmetro dos frutos. As cultivares Coari (174), Codajás (186) e Manacapuru (215) apresentam frutos grandes e compridos, enquanto a cultivar Belém (286) frutos pequenos e arredondados.

Apesar de não apresentar características tão favoráveis como as demais, a cultivar Belém foi incluída no conjunto lançado por apresentar fonte de tolerância, possivelmente diferente das outras três cultivares, que são oriundas do Estado do Amazonas, garantindo maior sustentabilidade biológica ao conjunto, além de ser utilizada como fornecedora de

pólen para as demais cultivares. Em termos fenológicos, as cultivares Belém e Codajás são as que mais apresentam precocidade de produção, enquanto que, a Manacapuru é intermediária, e a Coari apresenta produção tardia.

Tabela 1. Produção média das cultivares e características dos frutos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)].

Cultivar	Produção/frutos /planta/ano	Peso (g)	Comp. (cm)	Diâmetro (mm)
Coari (174)	13,4	1,491	221	121
Codajás (186)	16,8	1,297	233	116
Manacapuru (215)	13,1	1,420	227	116
Belém (286)	13,4	742	158	104

Fonte: Alves & Cruz (2003) – Embrapa Amazônia Oriental

O rendimento médio de polpa das cultivares é de 35% (Tabela 2), o que significa em torno de 2.380 kg de polpa/ha/safra. Como 15% do fruto, em média, são constituídos por sementes, deve ser computada uma produção de 1.000 kg de sementes frescas/ha/safra que, atualmente, representa uma fonte adicional de receita, segundo Alves & Cruz (2003).

Tabela 2. Percentual médio de polpa, casca, fibras e sementes das cultivares lançadas de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)].

Cultivar	Polpa (%)	Casca (%)	Fibra (%)	Sementes (%)
Coari (174)	33,5	53,0	1,6	11,9
Codajás (186)	35,7	48,4	1,6	14,3
Manacapuru (215)	36,2	44,5	2,0	17,3
Belém (286)	32,6	48,7	2,0	16,7

Fonte: Alves & Cruz (2003) – Embrapa Amazônia Oriental

Os teores médios de pH e acidez da polpa estão dentro dos padrões estabelecidos das quatro cultivares pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Tabela 3), porém, o Brix é 50% superior, o que confere à polpa um sabor mais adocicado (ALVES & CRUZ, 2003).

Tabela 3. Caracterização bromatológica média da polpa dos frutos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)].

Cultivar	Brix	pH	Acidez
Coari (174)	13,2	3,5	1,5
Codajás (186)	13,5	3,5	1,6
Manacapuru (215)	14,7	3,5	2,2
Belém (286)	14,8	3,4	2,4

Fonte: Alves & Cruz (2003) – Embrapa Amazônia Oriental

1.1.3 Macronutrientes

1.1.3.1 Nitrogênio (N)

O nitrogênio é um elemento mineral em que as plantas necessitam em grande quantidade. É constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos. Plantas com baixos teores de nitrogênio apresentam crescimento reduzido (TAIZ & ZEIGER, 2009; MALAVOLTA, 2006).

As duas principais formas iônicas do nitrogênio absorvida dos solos são: nitrato (NO_3^-) e amônia (NH_4^+). Este elemento está presente em todos os componentes essenciais, portanto o crescimento sem ele torna-se lento. Em pequenas quantidades nas plantas, caracterizam deficiência nutricional nas folhas velhas. Em excesso induz a abundância da folhagem (SALISBURY & ROSS, 2012).

Por possuir o nitrogênio função estrutural na planta é fundamental para o crescimento vegetal, estimulando o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas, além de aumentar a produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, a produção (BHELLA & WILCOX, 1986). É também necessário à síntese de clorofila e, por ser parte integrante dessa molécula, está envolvido no processo de fotossíntese. Sendo assim, na falta de nitrogênio e, conseqüentemente, de clorofila a planta não utiliza a luz do sol como fonte de energia para realizar algumas funções essenciais, como a absorção de nutrientes e a produção de carboidratos para o seu desenvolvimento, florescimento e produção de frutos (RAMOS et al., 2013).

Dias et al. (2010) em estudos com transformações logarítmicas e índice de DRIS avaliaram o estado nutricional de folhas de cupuaçuzeiro de cinco a dezoito anos de idade, e verificaram que o nitrogênio foi o macronutriente encontrado em excesso na planta em pomares produtivos com teor de $2,68 \text{ g kg}^{-1}$, e em sistemas agroflorestais com $2,69 \text{ g kg}^{-1}$, no monocultivo com $2,66 \text{ g kg}^{-1}$ e em pomares com idades inferiores e maiores que onze anos, respectivamente com $2,70$ e $2,65 \text{ g kg}^{-1}$ de nitrogênio. Analisando os teores em plantas de cupuaçuzeiro, Salvador et al. (1994) obtiveram em folhas velhas consideradas deficientes com teor de nitrogênio de $10,5 \text{ g kg}^{-1}$ de N quando foi omitido o nutriente, enquanto em folhas velhas sadias foi de $21,6 \text{ g kg}^{-1}$ de N.

Abreu et al. (1996), Malavolta (___) e Sodré et al. (2002) estudaram a relação entre os teores dos elementos observados em folhas e a produção das culturas os quais determinaram

faixas de teores de elementos minerais adequados para nitrogênio nas folhas de plantações de cacaueteiro. Tais teores são respectivamente de 17,7-21,9 g kg⁻¹; 20-23 g kg⁻¹ e 23,4-24,0 g kg⁻¹.

Esses teores condizem com Alfaia e Ayres (2004) no estudo dos efeitos de doses de nitrogênio, fósforo e potássio em duas cultivares de cupuaçuzeiro, com e sem semente, que obtiveram teores deste elemento nas folhas de planta sem sementes de 16,6 g kg⁻¹ de N na dose de 60 kg ha de uréia, e folhas de planta com sementes cujo teor foi de 18,5 g kg⁻¹ na dose de 120 kg ha de uréia. Segundo os autores as plantas de cupuaçuzeiro com semente são mais produtivas que as plantas sem semente e que a adubação nitrogenada não teve influência na produção de frutos.

1.1.3.2 Fósforo (P)

O fósforo é o elemento mais limitante nos solos. Ele é absorvido principalmente como um ânion fosfato monovalente (H₂PO₄⁻). O pH do solo controla a abundância relativa dessas duas formas, o H₂PO₄⁻ sendo favorecido abaixo do pH 7,0 e o HPO₄²⁻, acima do pH 7,0. Grande parte do fosfato é convertida em formas orgânicas ao entrar na raiz e depois do transporte através do xilema para o broto. Em comparação com o nitrogênio e o enxofre, nunca é submetido à redução nas plantas e permanece como fosfato, que pode ser livre ou ligado às formas orgânicas como ésteres (SALISBURY & ROSS, 2012).

O fósforo como fosfato (PO₄³⁻) é um componente integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como os fosfolipídeos que compõem as membranas vegetais. O fósforo é também um componente de nucleotídeo utilizado no metabolismo energético das plantas (ATP) e no DNA e RNA (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Além disso, o fosfato é facilmente redistribuído na maioria das plantas de um órgão para outro, sendo perdido pelas folhas mais velhas, se acumulando nas folhas novas, flores e sementes em desenvolvimento. Este elemento é uma parte essencial de muitos fosfatos de açúcar envolvidos na fotossíntese, respiração e outros processos metabólicos, e também faz parte dos nucleotídeos presentes nas membranas. Também cumpre uma função essencial no metabolismo energético por causa de sua presença no ATP, ADP, AMP e pirofosfato (PPi) (SALISBURY & ROSS, 2012).

De acordo com Salvador et al. (1994), o efeito da omissão de fósforo, estudada em plantas de cupuaçuzeiro cultivado em solução nutritiva, obteve teores de fósforo em folhas inferiores da planta com $1,80 \text{ g kg}^{-1}$ de P, quando este nutriente foi omitido, e $2,20 \text{ g kg}^{-1}$ de P em plantas sem sintomas, tratamento completo. Frazão e Viégas (2006) obtiveram em plantas de cupuaçuzeiro com deficiência de fósforo $0,60 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto sem deficiência $1,0 \text{ g kg}^{-1}$.

Dias et al. (2010) avaliando o estado nutricional de cupuaçuzeiro através do índice de DRIS verificaram que o teor de fósforo nas folhas foi deficiente em todos os sistemas de cultivo com plantas de cupuaçuzeiro altamente produtiva e em sistemas agroflorestais com teor de $0,34 \text{ g kg}^{-1}$ de P; em sistemas de monocultivo com $0,33 \text{ g kg}^{-1}$ de P; e em plantios com idade superior a onze anos de cultivo com $0,31 \text{ g kg}^{-1}$ de P, e com idade inferior ou igual a onze anos de cultivo com teor de $0,36 \text{ g kg}^{-1}$ de P.

Em estudos com avaliação do estado nutricional de plantas foram determinadas faixa considerada adequada na análise de folhas de plantios produtivos de cacauzeiros. Essas folhas apresentam teores de $17,7\text{-}21,9 \text{ g kg}^{-1}$ (ABREU et al., 1996); $20\text{-}23 \text{ g kg}^{-1}$ (MALAVOLTA, ___) e $23,4\text{-}24,0 \text{ g kg}^{-1}$ (SODRÉ et al., 2002).

1.1.3.3 Potássio (K)

O potássio, presente nas plantas como o cátion K^+ , desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais, além de ser um ativador de enzimas na respiração e na fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2009), também ativa as enzimas necessárias para formar amidos e proteínas (BHANDAL & MALIK, 1988).

O potássio está envolvido na síntese de proteína, portanto plantas com baixos teores de potássio apresentam baixo teor protéico, com acúmulo de compostos com baixo peso molecular como aminoácidos, amidas, aminas e nitrato. Por outro lado, a deficiência de potássio provoca o aumento do teor de carboidratos solúveis, decréscimo no conteúdo de amido e acúmulo de nitrogênio solúvel (CUNHA, 2010).

Salvador et al. (1994), trabalhando com plantas de cupuaçuzeiro, oriundas de sementes de diversas origens, obtiveram teores de potássio em folhas inferiores com valor de $2,2 \text{ g kg}^{-1}$ de K, enquanto que para as folhas inferiores do tratamento completo foram de $10,9 \text{ g kg}^{-1}$. Frazão e Viégas (2006) obtiveram em folhas de cupuaçuzeiro a faixa $8,4$ a $9,6 \text{ g kg}^{-1}$ sem sintomas de deficiências de potássio, enquanto a faixa com deficiência de $1,4$ a $2,5 \text{ g kg}^{-1}$. Em

condições de casa de vegetação, trabalhando com cupuaçuzeiro em solução nutritiva, Bueno (1997) observou que o segundo macronutriente mais acumulado pela planta foi o potássio, sendo o caule + ramos a parte que teve mais acúmulo, com $0,49 \text{ g kg}^{-1}$ de K por planta.

Dias et al. (2010) o teor de potássio nas folhas em sistemas de consórcio com plantas de cupuaçuzeiro foi adequado com $1,40 \text{ g kg}^{-1}$ na avaliação com DRIS, enquanto que os teores de potássio em cacaueiro na faixa adequada foram de $3,8\text{-}12,5 \text{ g kg}^{-1}$ (ABREU et al., 1996); $21,0\text{-}24,0 \text{ g kg}^{-1}$ (MALAVOLTA, ___) e $16,5\text{-}17,1 \text{ g kg}^{-1}$ (SODRÉ et al., 2002).

1.1.3.4 Cálcio (Ca)

O cálcio é absorvido como cálcio (Ca^{2+}) bivalente. A maioria dos solos contém cálcio suficiente para o crescimento adequado das plantas. Diferente do magnésio, o cálcio aparentemente não pode ser carregado nas células do floema de translocação, como resultado, os sintomas de deficiência são sempre mais pronunciados nos tecidos jovens (KIRKBY & PILBEAM, 1984).

As zonas meristemáticas das raízes, caules e folhas (nas quais ocorrem as divisões celulares) são mais suscetíveis, talvez porque o cálcio seja necessário para formar uma nova lamela média na placa celular que surge entre as células-filhas. Por outro lado, o cálcio é essencial para as funções normais da membrana em todas as células, provavelmente como uma ligação dos fosfolipídios entre si ou com as proteínas da membrana (SALISBURY & ROSS, 2012). Também é utilizado no fuso mitótico durante a divisão celular. Este elemento é requerido para o funcionamento normal das membranas vegetais, além de ser atribuído o papel de mensageiro secundário em várias respostas das plantas, tanto a sinais ambientais como hormonais (WHITE & BROADLEY, 2003).

Em sua função como mensageiro secundário, o cálcio pode ligar-se à calmodulina, uma proteína encontrada no citosol de células vegetais. O complexo calmodulina-cálcio liga-se a diferentes tipos de proteínas, incluindo quinases, fosfatases, proteínas mensageiras secundárias de sinalização e proteínas do citoesqueleto, regulando, portanto, muitos processos celulares, desde controle de transcrição e sobrevivência celular até a liberação de sinais químicos (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Oliveira et al. (2004) em estudos com a associação micorrízica e teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais obtiveram teores de cálcio em duas estações climáticas, como por exemplo, estação seca cujo teor de cálcio foi de $4,5 \text{ g kg}^{-1}$,

enquanto na estação chuvosa o teor do elemento foi de 4,4 g kg⁻¹. A concentração dos teores de cálcio nas folhas foi devido à simbiose na absorção de cálcio no solo

Frazão e Viégas (2006) obtiveram a faixa 7,6 a 13,0 g kg⁻¹ de cálcio em folhas de cupuaçuzeiro sem sintomas de deficiências, enquanto o teor de 4,8 g kg⁻¹ com sintomas.

Dias et al. (2010) em estudos com DRIS em plantas de cupuaçuzeiro encontraram teores de cálcio considerado deficiente em todos os sistemas de cultivo, como em sistemas altamente produtivo (1,40 g kg⁻¹), sistema agroflorestal (1,39 g kg⁻¹), sistema de monocultivo (1,41 g kg⁻¹), sistema com idade de planta maior que 11 anos (1,36 g kg⁻¹), sistema com idade menor ou igual a 11 anos (1,44 g kg⁻¹). Por outro lado, os teores de cálcio nas folhas de cacauzeiro estão na faixa adequada com 16,7-22,2 g kg⁻¹ (ABREU et al., 1996); 5,0-8,0 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., ___) e 8,3-9,0 g kg⁻¹ (SODRÉ et al., 2002).

1.1.3.5 Magnésio (Mg)

O magnésio é absorvido como (Mg²⁺) divalente. Quando este elemento encontra-se em pequena quantidade nas plantas, apresenta clorose internerval porque, por motivos desconhecidos, as células do mesófilo próximo dos feixes vasculares retêm a clorofila por períodos mais longos que as células do parênquima. O magnésio poucas vezes é limitador do crescimento das plantas nos solos. Além da sua presença na clorofila, o magnésio é essencial porque se combina com o ATP (permitindo assim que o ATP funcione em muitas reações) e porque ativa muitas enzimas necessárias na fotossíntese, respiração e formação de DNA e RNA (SALISBURY & ROSS, 2012).

O magnésio faz parte da estrutura em anel da molécula de clorofila que não é formada na ausência e em apenas quantidades limitadas, são formadas quando ele está presente em uma concentração muito baixa. Além disso, a clorose das folhas inferiores e mais velhas torna-se mais grave que a das mais jovens. Esta diferença ilustra um importante princípio: as partes jovens de uma planta uma capacidade pronunciada de retirar nutrientes móveis das partes mais velhas (SALISBURY & ROSS, 2012).

Dias et al. (2010) em estudos com DRIS em plantas de cupuaçuzeiro encontraram teores de magnésio considerado deficiente em todos os sistemas de cultivo, como em sistemas altamente produtivo (0,64 g kg⁻¹), sistema agroflorestal (0,62 g kg⁻¹), sistema de monocultivo (0,67 g kg⁻¹), sistema com idade de planta maior que 11 anos (0,60 g kg⁻¹), sistema com idade menor ou igual a 11 anos (0,68 g kg⁻¹).

Salvador et al. (1994) sendo estudando sintomas de deficiências nutricionais em cupuaçuzeiro observaram teores de magnésio nas folhas com deficiência 0,20 g kg⁻¹ na folha nova e 0,05 g kg⁻¹ na folha velha, enquanto o tratamento completo obteve teores de 0,30 g kg⁻¹ na folha nova e 0,34 g kg⁻¹ na folha velha. Por outro lado, os teores de magnésio nas folhas de cacauzeiro foram encontrados na faixa adequada de 6,4-9,0 g kg⁻¹ (ABREU et al., 1996); 4,0-6,0 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., __) e 4,3-4,5 g kg⁻¹ (SODRÉ et al., 2002). Essas faixas adequadas de magnésio obtidos em cacauzeiro pelos citados autores estão próximas da faixa obtida por Frazão e Viégas (2006) para cupuaçuzeiro sem sintomas de deficiência nesse macronutriente que foi de 4,8 a 7,7 g kg⁻¹.

1.1.3.6 Enxofre (S)

O enxofre é absorvido dos solos como ânions sulfato bivalentes (SO₄²⁻). Ele aparece metabolizado pelas raízes apenas até o ponto em que é necessário; e grande parte do sulfato é translocado inalterado para os brotos do xilema (SALISBURY & ROSS, 2012).

Nos vegetais, a maior parte do enxofre está nas proteínas, principalmente nos aminoácidos (cisteína e metionina), que são os blocos de construção das proteínas (SALISBURY & ROSS, 2012), além de ser constituinte de várias coenzimas e vitaminas (tiamina e biotina), bem como a coenzima A (acetil coenzima A, S-adenosilmetionina, biotina, vitamina B1, ácido pantotênico) essenciais ao metabolismo de ácidos graxos (TAIZ & ZEIGER, 2009). O enxofre também pode ser absorvido pelas folhas por meio dos estômatos na forma de dióxido de enxofre gasoso (SO₂) (SALISBURY & ROSS, 2012).

Salvador et al. (1994) sendo estudando sintomas de deficiências nutricionais em cupuaçuzeiro observaram teores de enxofre nas folhas com deficiência 0,18 g kg⁻¹ na folha nova e 0,20 g kg⁻¹ na folha velha, enquanto o tratamento completo obteve teores de 0,28 g kg⁻¹ na folha nova e 0,40 g kg⁻¹ na folha velha. Já os teores de enxofre nas folhas de cacauzeiro considerados adequados estão na faixa de 1,4-2,0 g kg⁻¹ (ABREU et al., 1996); 2,0-2,2 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., __). A faixa adequada de enxofre nas folhas de cacauzeiro, citada pelos autores se aproxima da obtida por Frazão e Viégas (2006) em folhas de cupuaçuzeiro, cuja faixa de enxofre para plantas sem deficiência foi de 2,5 a 4,7 g kg⁻¹.

1.1.4 Bioquímica

1.1.4.1 Carboidratos (Carb.)

Os carboidratos são as biomoléculas mais abundantes na terra e alguns carboidratos (açúcar e amido), sua oxidação é a principal via de produção de energia na maioria das células não fotossintéticas. Polímeros de carboidratos (também chamados de glicanos) agem como elementos estruturais e protetores nas paredes celulares dos vegetais (NELSON & COX, 2011).

Os polímeros de carboidratos complexos covalentemente ligados a proteínas ou lipídeos atuam como sinais que determinam a localização intracelular ou o destino metabólico de moléculas híbridas (glicoconjugados). Alguns carboidratos contêm nitrogênio, fósforo e enxofre (NELSON & COX, 2011).

Durante o processo de absorção radicular, há gasto de energia metabólica, especialmente ATP. Este ATP é oriundo, em sua grande maioria, da hidrólise dos esqueletos carbônicos (carboidratos) produzidos pelo processo fotossintético. Assim, espera-se que o suprimento de carboidratos da parte aérea para o sistema radicular seja indispensável para que a absorção iônica radicular aconteça (BONATO et al., 1998).

1.1.4.2 Aminoácidos (AA)

As proteínas são polímeros de aminoácidos, com cada resíduo de aminoácidos unido ao seu vizinho por um tipo específico de ligação covalente. Proteínas podem ser quebradas (hidrolisadas) em seus aminoácidos constituintes por diversos métodos, e os estudos iniciais de proteínas naturalmente focaram-se nos aminoácidos livres derivados delas. Vinte diferentes aminoácidos normalmente são encontrados em proteínas. Além disso, os aminoácidos compartilham características estruturais comuns, como por exemplo, todos os vinte aminoácidos comuns são α -aminoácidos. Eles possuem um grupo carboxil e um grupo amino ligados ao mesmo átomo de carbono. Eles diferem uns dos outros em suas cadeias laterais, ou grupos R, os quais variam em estrutura, tamanho e carga elétrica, e influenciam a solubilidade dos aminoácidos em água (NELSON & COX, 2011).

1.1.4.3 Amido e sacarose

O principal carboidrato de armazenamento na maioria das plantas é o amido (JENNER, 1982). Nas folhas, o amido se acumula nos cloroplastos, nos quais é formado diretamente a partir da fotossíntese. Nos órgãos de armazenamento ele, se acumula nos amiloplastos, nos quais é formado após a translocação da sacarose ou outro carboidrato a partir das folhas.

Nas plantas, o amido sempre existe como um ou mais grãos de um plastídeo. A quantidade de amido nos vários tecidos depende de muitos fatores genéticos e ambientais, mas, nas folhas, o nível e a duração da luz são particularmente importantes. O amido se acumula na luz diurna quando a fotossíntese excede as taxas combinadas de respiração e translocação, parte dele desaparece à noite por esses últimos dois processos (SALISBURY & ROSS, 2012).

Nas árvores e arbustos decíduos, o amido é armazenado principalmente nos amiloplastos dos galhos jovens, na casca (células do parênquima do floema), nas células do parênquima do xilema vivo e também em algumas células de armazenamento do parênquima radicular. Muitas dicotiledôneas armazenam amido nas raízes, bases do caule ou troncos (coroas). Nos caules, as células do córtex e da medula são locais freqüentes de armazenamento de amido, tanto nas anuais quanto nas perenes. As árvores do bordo do açúcar armazenam o amido no parênquima do xilema dos galhos (ramos) e troncos (caules) durante o final do verão e começo do outono, e depois convertem esse amido em sacarose no início da primavera, como pode ser coletado como açúcar de bordo (SALISBURY & ROSS, 2012).

A síntese de amido, que catalisa reação de ADPG + amilose pequena tem como resultado uma amilose maior (com unidades de glicose $n+1$) + ADP, é ativada pelo potássio, um dos motivos pelos quais ele é essencial e provavelmente porque os açúcares, e não o amido se acumula nas plantas deficientes em potássio. Várias isoenzimas da síntese do amido ocorrem em diferentes plantas e em suas partes (SALISBURY & ROSS, 2012).

Resta muito a aprender sobre a forma do amido e seu controle, principalmente no que se refere à ramificação. Todavia, alguns fatos sobre o controle são importantes. Os altos níveis de luz e os dias longos favorecem a fotossíntese e a translocação do carboidrato, portanto, os dias longos de verão podem causar o acúmulo de um ou mais grãos de amido nos cloroplastos e o armazenamento de amido nos amiloplastos das células não fotossintéticas. Além disso, a formação de amido nos cloroplastos é favorecida pela luz clara, porque a enzima que forma o ADPG (adenosina difosfoglicose) é ativada de maneira alostérica pelo 3-PGA e inibida pelo

Pi (PREISS, 1982a; 1982b, 1984). Os níveis de 3-PGA aumentam relativamente na luz diurna à medida que o CO₂ é fixado, mas os níveis de Pi diminuem à medida que ele é adicionado ao ADP para formar ATP durante a fosforilação fotossintética. Levando a acreditar que o armazenamento do amido representava um produto fotossintético em excesso, enquanto a sacarose representava um produto mais prontamente disponível que podia ser translocado facilmente. Embora, em parte seja verdade, o armazenamento da sacarose também é comum (no vacúolo) (SALISBURY & ROSS, 2012).

Por outro lado, TAIZ & ZEIGER (2009) explicam que a assimilação de CO₂ atmosférico pelas folhas resulta em sacarose e amido como produtos finais de duas rotas gliconeogênicas fisicamente separadas: sacarose no citosol e amido nos cloroplastos. Sob iluminação, o dissacarídeo sacarose é continuamente exportado do citosol foliar para as partes não fotossintetizantes da planta, enquanto o polissacarídeo amido simultaneamente acumula-se como grãos nos cloroplastos. O escurecimento não somente cessa a assimilação de carbono, mas também dá início à degradação do amido dos cloroplastos para manter a exportação de sacarose. A grande diferença do nível de amido no estroma promovida pela transição da luz para o escuro levou à denominação usual de amido transitório para o polissacarídeo estocado nos cloroplastos.

Os açúcares produzidos pela fotossíntese movem-se primeiro do sítio de síntese (o mesófilo) para os tecidos vasculares (o floema), sendo a sacarose o principal composto através do qual o carbono fotoassimilado é exportado das folhas para as partes não-fotossintetizantes da planta. Em órgãos nutricionalmente dependentes, os açúcares exportados são utilizados como fonte de energia para crescimento (ramos, folhas jovens). Enquanto o amido é o principal carboidrato de reserva na maioria das plantas, outros polissacarídeos são encontrados como reserva em tecidos vegetais (os frutanos) (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A regulação do crescimento pela luz e açúcares garante a utilização ótima dos recursos de carbono e energia nos tecidos exportadores e importadores de carboidratos. Além disso, esse tipo de controle leva à adaptação do metabolismo de carbono a alterações das condições ambientais e à disponibilidade de outros nutrientes. Em geral, um baixo status de açúcares melhora a fotossíntese, a mobilização de reservas e a exportação, enquanto açúcar em abundância promove o crescimento e a estocagem de carboidratos (TAIZ & ZEIGER, 2009).

1.1.4.4 Proteínas solúveis totais (P.S.T)

As proteínas são cadeias longas de aminoácidos unidas por ligação amida, conhecidas como ligações peptídicas. Há 20 diferentes cadeias laterais de aminoácidos, que dotam as proteínas de uma ampla diversidade de grupos que possuem propriedades químicas e físicas distintas, incluindo grupos hidrofílicos (polares, hidrófilos), hidrofóbicos (não-polares, hidrófobos), grupos polares carregados e neutros, grupos ácidos e básicos. Essa diversidade, associada á flexibilidade relativa da ligação peptídica, confere a tremenda variação em propriedades protéicas, indo da rigidez e inércia de proteínas estruturais até a reatividade de hormônios, catalisadores e receptores. A orientação tridimensional da estrutura protéica proporciona a discriminação exata no reconhecimento de ligantes, as moléculas que interagem com proteínas, conforme demonstrado pela capacidade da enzima em reconhecer seus substratos e dos anticorpos em reconhecer os antígenos. Todas as moléculas de uma determinada proteína possuem a mesma seqüência de resíduos de aminoácidos, estabelecidas pela seqüência de nucleotídeos no gene que codifica aquela proteína (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Além disso, as proteínas são em sua maioria globulares (6 a 8 μ m de diâmetro) e apresentam grande quantidade de alfa hélice em sua estrutura (40%). A maior parte destas proteínas encontra-se na face citoplasmática da membrana plasmática, as quais possuem funções catalíticas, entre elas: “ATPase, 5” - nucleotidase, fosfatase alcalina e ácida, etc. Quanto a localização na estrutura da membrana, as proteínas podem ser classificadas em: Intrínsecas ou integrais: penetram profundamente na estrutura da bicamada, interagindo fortemente com os lipídios (pontes de “H”, interações eletrostáticas, forças de Van Der Waals entre os grupos apolares). Constitui de 70 a 80% da proteína total presente na membrana e são as principais responsáveis na transferência de íons e outras substâncias para ambos os lados da membrana (BONATO et al., 1998).

1.2 HIPÓTESES DO TRABALHO

A progênie 215 extrai mais macronutriente que a progênie 186 por ser mais produtiva;

A progênie 215 extrai mais carboidrato, aminoácido, amido, sacarose e proteínas solúveis totais que a progênie 186 por ser mais produtiva.

1.3 OBJETIVO GERAL DO TRABALHO

Avaliar os teores e conteúdos de macronutrientes, assim como os parâmetros bioquímicos em duas progênies de meios irmãos em cupuaçuzeiro.

1.4 DIVISÃO DO TRABALHO EM CAPÍTULOS

O trabalho foi dividido em três capítulos. No primeiro capítulo realizou-se a contextualização, em que foi abordada o cultivo do cupuaçuzeiro em sistema de consórcio, condições edafoclimáticas favoráveis, limitação nutricional, escolha das progênies 186 e 215, importância econômica, diferentes cultivares de cupuaçuzeiro, formas de absorção e função dos macronutrientes, conceitos e funções de carboidratos, aminoácidos, amido, sacarose e proteínas solúveis totais nas plantas.

No segundo capítulo avaliou-se o teor e o conteúdo de macronutrientes em folhas, caules, ramos primários e secundários das progênies 186 e 215, em função da idade. O terceiro capítulo deu-se ênfase a avaliação bioquímica das progênies 186 e 215, em função da idade.

REFERÊNCIAS

ABREU JR, C.H. et al.1996. **Foliar nutrient concentrations and rations in height yield cocoa genotypes and relations yield and intensity of witches' broom disease.** In Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau. 12. Salvador. Bahia. Atas Lagos, Nigéria. Cocoa Producer's Alliance, p. 773-780.

AGROSTAL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **O Brasil 2012/2013 a 2022/13 projeções de longo prazo.** Agronegócio. 96p. 2013.

ALFAIA, S. S.; AYRES, M. I. da C. Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio em duas cultivares de cupuaçu, com e sem semente, na região da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.320-325, 2004.

ALVES, R. M.; RESENDE, M. D. V. de; BANDEIRA, B. dos S.; PINHEIRO, T. M.; FARIAS, D. C. R. Avaliação e seleção de progênies de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em Belém, Pará. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.32, n.1, p.204-212, março 2008.

ALVES, R. M.; CRUZ, E. D. **Cultivares de cupuaçuzeiro tolerantes à vassoura-de-bruxa.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 4p. Recomendações Técnicas.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2008. Editora Gazeta, 2008. 136p.

BRAZILIAN FRUIT. Disponível em: <<http://www.brazilianfruit.org/>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2014.

BONATO, C. M.; RUBIN FILHO, C. J.; MELGES, E.; SANTOS, V. **Nutrição mineral de plantas.** Maringá: Universidade Estadual do Maringá, 137p. 1998.

BUENO, N. Alguns aspectos recentes da nutrição do cupuaçuzeiro. SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém, PA. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: JICA, 1997. p.77-87 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

BHANDAL, I. S.; MALIK, C. R. Potassium estimation, uptake, and its role in the physiology and metabolism of flowering plants. **International Review of Cytology**, n.110, p. 205-254, 1988.

BHELLA, M.; WILCOX, G. E. Yield and composition of muskmelon as influenced by preplant and trickle applied nitrogen. **Horticulture Science**, Alexandria. v.21, p.86-88, 1986.

CARVALHO, J. E. U. de; MULLER, C. H.; ALVES, R. M.; NAZARÉ, R. F. R. de. **Cupuaçuzeiro**. Belém (Embrapa Amazônia Oriental), 2004. Comunicado Técnico, 115p.

CUNHA, R. L. M. da. **Comportamento ecofisiológico do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) e do mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) submetidos à adubação potássica, nas condições edafoclimáticas de Igarapé Açu – PA, Amazônia Oriental**. 2010. 122f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2010.

DIAS, J. R. M.; WADT, P. G. S.; LEMOS, G. de O.; DELARME LINDA, E. A.; SOLINO, J. da S.; TAVELLA, L. B. Relações nutricionais log-transformadas para avaliação nutricional de cupuaçuzeiros comerciais. **Revista Acta Amazônica**, v.40, n.1, p.37-42, 2010.

FRAZÃO, D. A. C.; VIÉGAS, I. de J. M. **Cupuaçuzeiro: Nutrição, calagem e adubação**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 6p. (Embrapa Amazônia Oriental, Circular Técnica, 43).

GONDIM, T. M. de S.; THOMAZINI, M. J.; CAVALCANTE, M. De J. B.; SOUZA, J. M. L. de. **Aspectos da produção de cupuaçu**: Rio Branco, Embrapa Acre, 2001.43p. (Embrapa Acre. Documentos; 67).

JENNER, C. F. Storage of starch. Plant carbohydrates I. Intracellular carbohydrates. F. A. Loewus and W. Tanner (eds.). Springer Verlag, Berlim, New Series, **Encyclopedia of Plant Physiology**, v.13a, p. 700-747. 1982.

MALAVOLTA, E. **Manual da nutrição mineral de plantas**. 2ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E., s.d. Nutrição e adubação do cacauzeiro, 59p. (mimeografado).

NATALE, W. Contribuição da pesquisa sobre nutrição, calagem e adubação em fruteiras para alta produção. Toda Fruta / 2011. **Disponível: <<http://www.todafruta.com>>**. Acesso em: 16 de fevereiro de 2013.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Coordenação da tradução: Fabiana Horn; revisão técnica: Carla Dalmaz, Sandra Estrazulas Farias. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 425p. 2011.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A. Associação micorrízica e teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e guaranazeiro (*Paullinia cupana*) em um sistema agroflorestal em Manaus, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.6, p.1063-1068, 2004.

RAMOS, M. J. M.; MONNERAT, P. H.; PINHO, L. G. da R. Leitura SPAD em abacaxizeiro imperial cultivado em deficiência de macronutriente e boro. **Rev. Bras. Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.277-281, 2013.

ROCHA NETO, O. G. da; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C. de; CARVALHO, J. E. U. de; LAMEIRA, O. A.; SOUZA, A. R. de; MARADIAGA, J. B. G. **Cupuaçu**. In: Principais produtos extrativos da Amazônia e seus coeficientes técnicos. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Centro Nacional de Desenvolvimento Sustentado das Populações Tradicionais, 1999. p.24-40.

SAGRI – Secretaria de Estado de Agricultura e GEEMA – Gerência Executiva de Estatística e Mercado Agrícola. **Área plantada, área colhida, quantidade produzida e valor da produção da lavoura permanente do cupuaçuzeiro, nos períodos de 2003 a 2011**. Governo do Pará, Belém (PA), 2011.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia das plantas**. Tradução Patrícia Lia Santarosa. São Paulo: Cengage Learning, p.774, 2012.

SALVADOR, J. O.; MURAOKA, T.; ROSSETTO, R.; RIBEIRO, G. de A. Sintomas de deficiências nutricionais em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) cultivado em solução nutritiva. **Revista Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.51, n.3, set./dez., p. 407-414, 1994.

SODRÉ, G. A. et al. 2002. Uso do desvio padrão para estimativa do tamanho de amostra de plantas de cacau (*Theobroma cacao* L.) em estudos de nutrição. **Revista Agrotrópica**, 13 (3):145-150.

SOUZA, A. das G. G. de; SILVA, S. E. L. da; TAVARES, A. M.; RODRIGUES, M. do R. L. **A cultura do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1999. 39p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica, 2).

TAGLIAVINI, M.; SCUDELLARI, B.; MARANGONI, D.; TOSELLI, M. Nitrogen fertilization management in orchards to reconcile productivity and environmental aspects. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v.43, n.1-1, p.93-102, 1996.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.
WHITE, P. J.; BROADEY, M. R. Calcium in plants. **Annals of Botany**, n.92, p.487-511, 2003.

KIRKBY, E. A.; PILBEAM, D. J. Calcium as a plant nutrient. **Plant, Cell and Environment**, n.7, p. 397-405, 1984.

CAPÍTULO 2. TEOR E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES EM DUAS PROGÊNIES DE CUPUAÇUZEIRO [(*Theobroma grandiflorum* (WILLD. EX. SPRENG.) SCHUM)].

RESUMO

O cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] é uma espécie perene de grande importância regional, tendo pouco conhecimento de suas exigências nutricionais em fase de campo. Por isso, este trabalho visa avaliar os macronutrientes concentrados e acumulados em duas progênies meios irmãos de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru), em função da idade. O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Amazônia Oriental no município de Belém, Estado do Pará, nas coordenadas geográficas N-S 48°26'55'' e 48°26'40'', E-W 01°26'30'' e 01°26'10''. No experimento foram avaliados os teores e acúmulos de macronutrientes nos componentes da planta por um período de quatro anos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com fatorial triplo (duas progênies x 4 anos x 4 órgãos). A análise estatística foi realizada pelo Software SISVAR 5.0 com análise de teste de média SNK e regressão dentro das interações, cujas análises de variância apresentavam-se significativas. A progênie 215 tem maior teor e acúmulo de macronutrientes do que a progênie 186; as progênies 215 e 186 concentram e acumulam macronutrientes na seguinte ordem N>K>Mg>P>Ca>S.

Palavras-chave: Nutrição mineral, progênie de meios irmãos, demanda de nutriente.

CHAPTER 2. CONTENT AND ACCUMULATION OF MACRONUTRIENTS IN TWO PROGENIES OF CUPUASSU [*Theobroma grandiflorum* (WILLD. EX. SPRENG.) SCHUM)].

ABSTRACT

The cupuassu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng.) Schum)] is a perennial species of major regional importance, having little knowledge of their nutritional requirement in the field phase. Therefore, this study aims to evaluate the content macronutrients and accumulated in two sib progenies PMI 186 (Codajás) and PMI 215 (Manacapuru), depending on age. The experiment was conducted at the experimental field of Embrapa Amazônia Oriental in the city of Belém, Pará State, in geographic coordinates N-S 48°26'55'' e 48°26'40'', E-W 01°26'30'' e 01°26'10''. In the experiment the levels and content of macronutrients in plant components for a period of four years were evaluated. The experimental design was completely randomized, triple factorial (two progenies x 4 years x 4 organs). Statistical analysis was performed by the Software SISVAR 5.0 with SNK analysis of average and regression testing interactions within whose analyzes of variance presented are significant. The 215 progeny have greater content and accumulation of macronutrients than 186 progeny; progenies 215 and 186 concentrate and accumulate macronutrients in the following order N>K>Mg>P>Ca>S.

Keywords: mineral nutrition, half-sib progeny, nutrient demand.

2.1 INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] é uma espécie perene de grande importância regional, cultivadas em SAF's e pequenas áreas de monocultivo. Apesar das áreas de cultivo ter sido usada extensivamente por essa espécie, a planta necessita de insumos agrícolas para tornar-se produtiva (FIGUEIREDO et al., 2000).

A produtividade e a qualidade dos frutos de um pomar resultam da interação de vários fatores, destacando-se o potencial genético e o ambiente (manejo do solo, dos nutrientes e balanço de água). A máxima produção e a qualidade ótima do fruto são alcançadas quando o status nutricional da planta é ideal. Sob muitas situações agrícolas essa condição é satisfeita pelo suprimento anual de fertilizantes e da correção de acidez do solo (NATALE, 2013).

O aspecto nutricional é particularmente importante para os frutos, visto a influência que os elementos minerais exercem sobre sua qualidade. As plantas frutíferas são altamente responsivas à adição de fertilizantes. Em muitos casos a adubação e, conseqüentemente o estado nutricional das culturas, pode afetar não apenas a produtividade, mas o tamanho e o peso do fruto, a cor, a aparência, o sabor, o aroma, a conservação pós-colheita, a resistência a pragas e doenças, entre outros (MALAVOLTA, 1994).

A adequada nutrição representa, para as frutíferas em geral, um dos aspectos mais importantes para alcançar o sucesso nessa atividade. De um lado, as exigências nutricionais são relativamente altas e, de outro, há uma elevada pobreza dos solos tropicais em elementos essenciais onde os pomares são instalados, o que torna imperativa a aplicação da quase totalidade dos nutrientes necessários ao pleno desenvolvimento das plantas. Desse modo, fatores ligados à planta e ao solo conduzem à utilização de quantidades elevadas de corretivos e fertilizantes nos pomares, o que pressupõe competência técnica que compense economicamente seu uso (NATALE, 2013).

De um modo geral, observa-se que na agricultura é exigida elevadas aplicações de insumos com a finalidade de suprir a demanda nutricional das plantas, e compensar a pobreza dos solos, porém um ambiente adverso para as raízes poderá comprometer o aproveitamento dos elementos aplicados e às respostas à adubação serão inibidas, devido à reação ácida dos solos. Por isso, a prática da calagem se faz necessária, pois aumenta a eficiência no aproveitamento dos nutrientes e tem como conseqüência o uso racional de fertilizantes, melhorando a relação benefício/custo através do incremento da produtividade.

Com isso, percebe-se que a importância da aplicação de fertilizantes em frutíferas deve considerar a quantidade de nutrientes necessários anualmente para o desenvolvimento vegetativo da planta e ou exportado pelas colheitas, além daquele perdido para o ambiente (fixação, lixiviação, volatilização e etc.). Por isso, deve-se levar em consideração a dinâmica de absorção do nutriente pela planta, evitando-se disponibilidade excessiva no solo, o que geralmente causa desequilíbrio na absorção de outros elementos. Por outro lado, apenas uma parte dos nutrientes necessários anualmente ao metabolismo das fruteiras vem do que está disponível no solo (NATALE, 2013).

Uma alternativa para diminuir o uso de fertilizantes é proporcionar às plantas melhores condições de absorção dos nutrientes do solo, área de absorção das raízes das plantas, permitindo que explorem o solo mais eficientemente, tornando menos dependente de adubos químicos e, ao mesmo tempo, proporcionando maior capacidade produtiva do solo (MILLER & JASTROW, 1992).

No entanto, outra parte considerável dos elementos essenciais é remobilizada do que foi estocada, sendo este processo denominado ciclagem interna. Esse é, pois um dos difíceis aspectos da nutrição de plantas em culturas perenes, visto que a circulação interna pode mascarar os resultados obtidos com a aplicação do adubo. Embora este fenômeno ocorra em todos os nutrientes móveis no floema, pode ser mais importante quando há escassez natural do elemento no solo (MARSCHNER, 1995).

Todavia, há necessidade de estudos que estejam voltados à extração e a exportação de nutrientes em cupuaçuzeiro (CRAVO & SOUZA, 1996). Este fato foi percebido por Cunha (2012) com plantas de cupuaçuzeiro, onde o nitrogênio foi mais demandado do que o fósforo, o potássio, o cálcio e o magnésio.

Contudo, cabe-nos relatar que o conhecimento da quantidade de nutrientes acumulados na planta é importante para que seja avaliada a remoção de nutrientes da área de cultivo, além de ser um parâmetro utilizado nos cálculos de adubação. Todavia, este trabalho de tese não está relacionado a quantidades acumuladas de nutrientes no fruto, como a maioria dos trabalhos, até então relatados, mas relaciona-se a teores e a quantidade acumulada dos macronutrientes em partes de planta de cupuaçuzeiro como folhas, caules e ramos.

A ausência de informação das quantidades acumuladas de macronutrientes em condições de campo, com progênies de cupuaçuzeiro, foi o que motivou esta pesquisa a utilizar progênies meios-irmãos PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) cujos clones apresentam como característica boa produção de frutos.

Este trabalho tem como objetivo avaliar e quantificar os macronutrientes concentrados e acumulados em duas progênies de cupuaçuzeiro, ao longo de quatro anos.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi implantado em uma área de consórcio cupuaçuzeiro x açazeiro x bananeira no período de 2003 a 2007 na Embrapa Amazônia Oriental, localizada na cidade de Belém, no Estado do Pará (Figura 3). Limitada pela coordenadas 48°26'55'' e 48°26'40'' de Latitude Norte - Sul e 01°26'30'' e 01°26'10'' de Longitude Leste - Oeste de Greenwich. A temperatura média mensal em Belém é de 27,1°C, com umidade relativa do ar a 80%. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante da região é o Afí, com alta pluviosidade, sendo a média de 2.754,4 mm anuais, ocorrendo uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma estação seca, ou menos chuvosa, de junho a novembro (BASTOS et al., 2002).

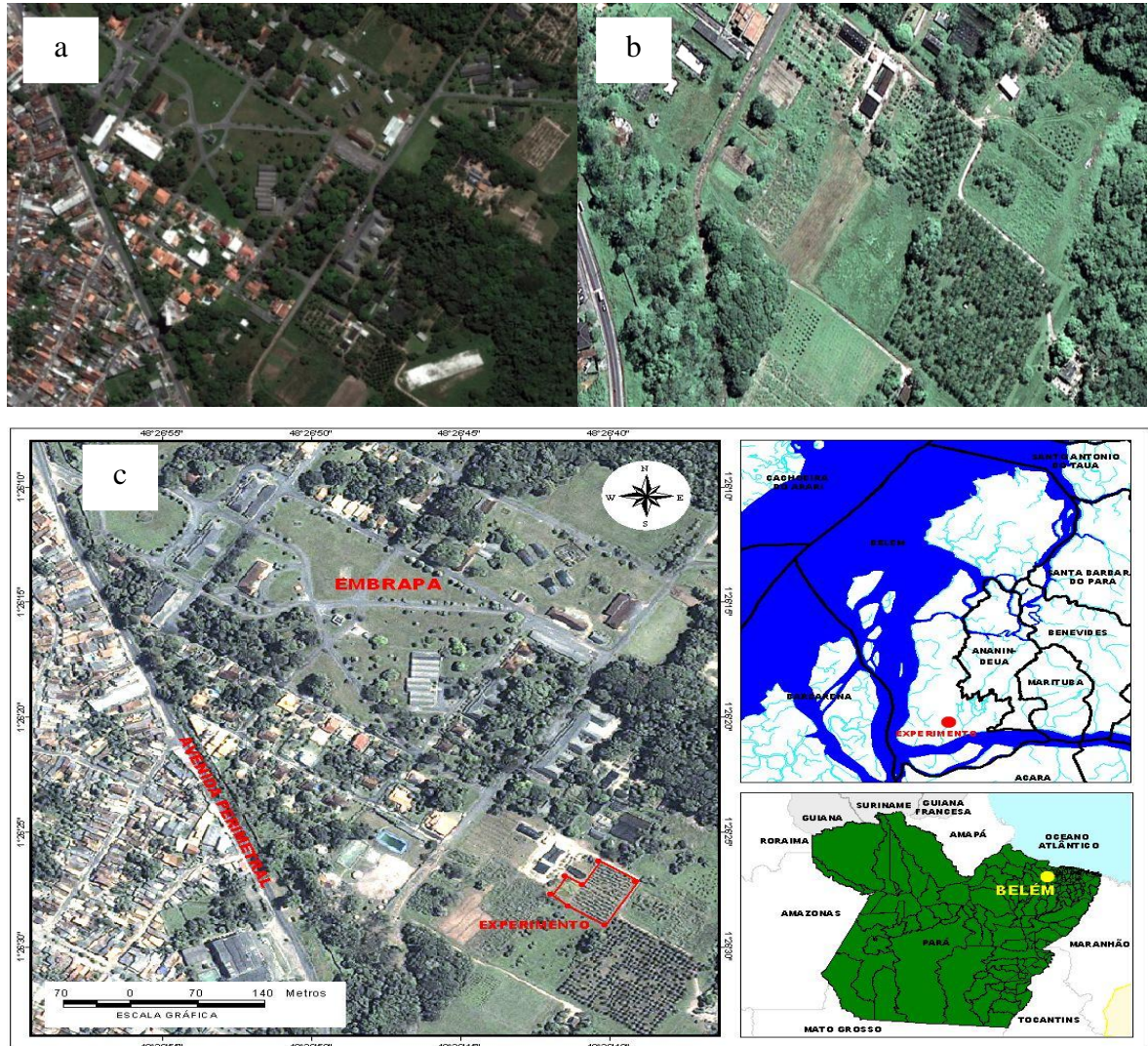


Figura 3. Imagens de localização do experimento na Embrapa Amazônia Oriental (no ano de 2005 (a), no ano de 2006 (b) e no ano de 2007 (c), no município de Belém e no Estado do Pará. Fonte: Embrapa (2012).

Os dados médios mensais referentes à temperatura, precipitação pluviométrica e brilho solar durante a condução do experimento foram coletados na Estação Meteorológica da Embrapa/Belém, tendo como partida o ponto da estação meteorológica (coordenadas de $01^{\circ} 26' 12,3''S$ a $048^{\circ} 26' 48,2''W$) até o experimento (coordenadas de $01^{\circ} 26' 24,6''S$ a $048^{\circ} 26' 40,8''W$), perfazendo uma distância de 400 metros em linha reta (Figura 4).

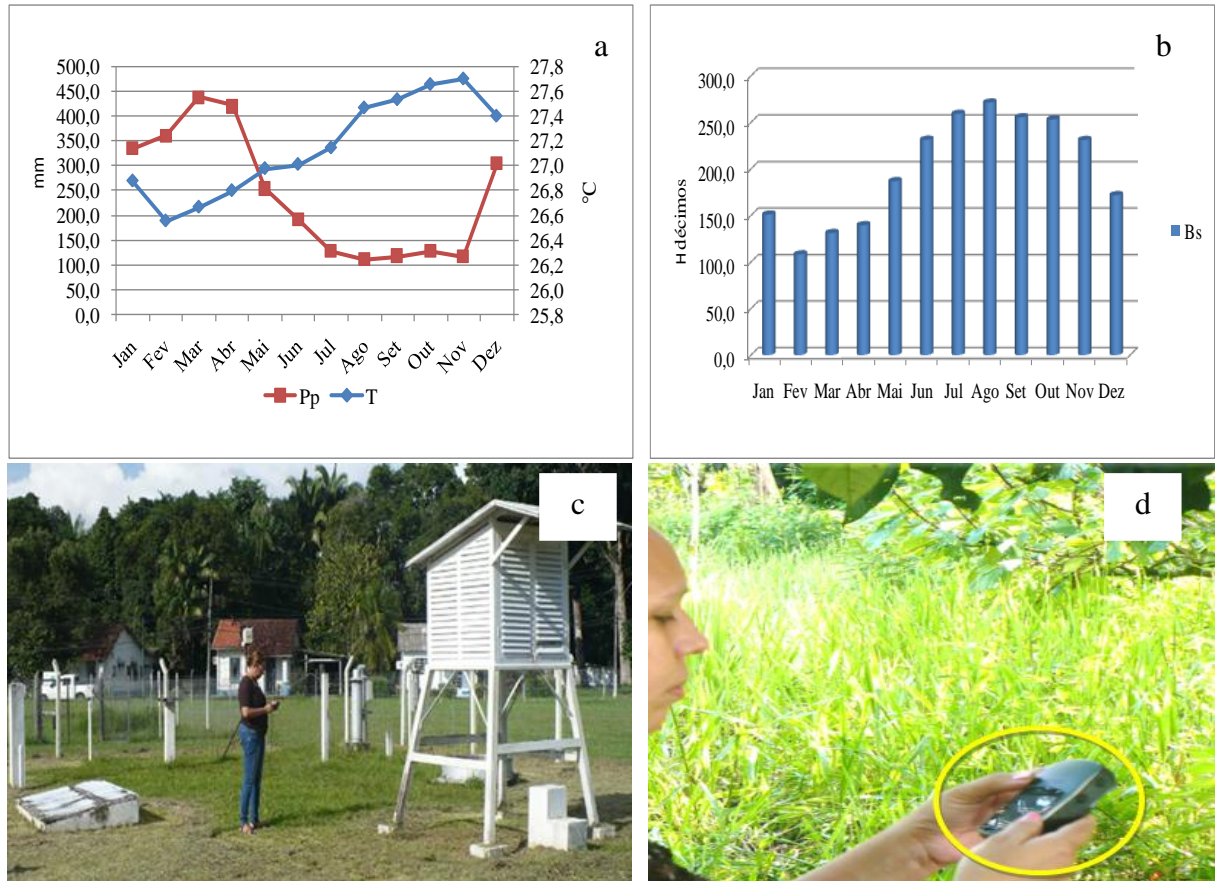


Figura 4. Totais mensais de precipitação pluviométrica (mm) e temperatura (°C) (a); brilho solar (H décimos) (b) e visualização de coordenadas geográficas da Estação Metereológica (c) da Embrapa Amazônia Oriental até o campo experimental da Embrapa, Belém (PA) (d), durante quatro anos. Fonte: Embrapa (2012). GPS Garmin Etrex Legend HCx; camera digital – Panasonic DMC-LZ7 (7.2 Mega Pixels).

2.2.2 Arranjo experimental

A área experimental tem aproximadamente 4.300 m² com as progênie 186 e 215 de cupuaçuzeiro plantadas e dispostas em linhas de forma alternada em espaçamento de 5 x 5 m, em consórcio com bananeira 2,2 x 2,5 m, utilizadas como sombreamento provisório e açazeiro como sombreamento definitivo (10 x 10 m), além do mogno nas bordaduras (20 x 10 m). A Figura 5 mostra a distribuição das plantas de cupuaçuzeiro consorciado com bananeira, açazeiro e mogno. A pesquisa foi realizada durante quatro anos, com avaliações anuais, de 5 plantas de cada progênie, com um total de 40 plantas.

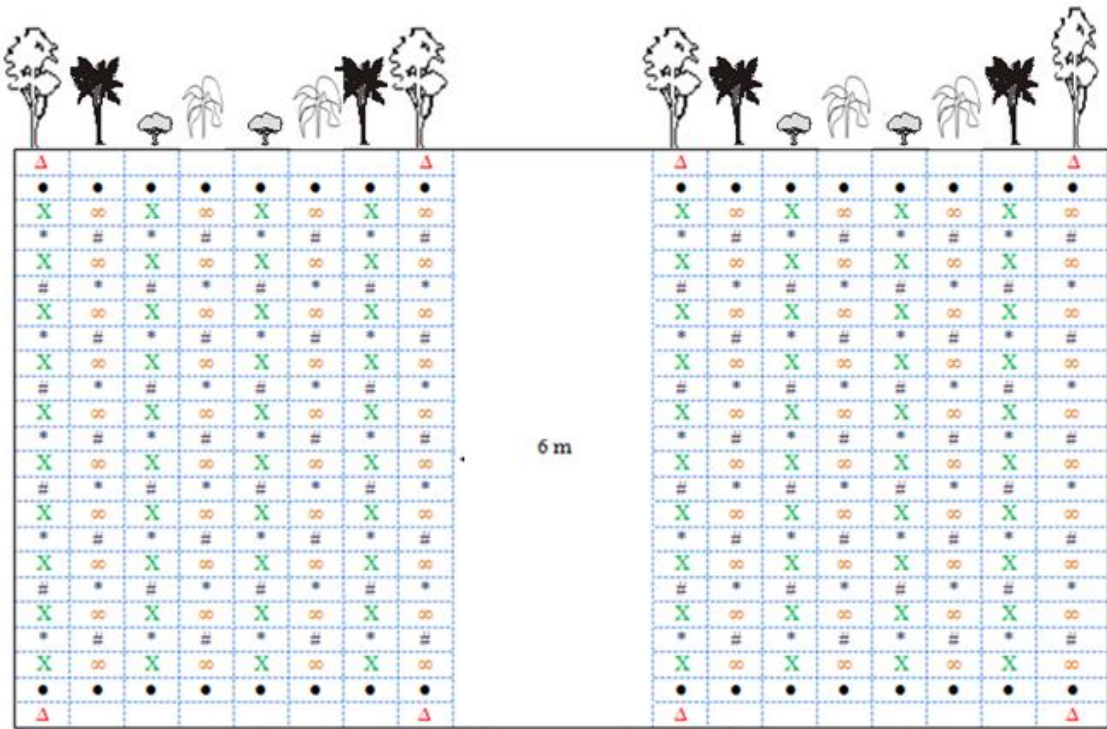


Figura 5. Croqui da implantação da área experimental (Δ mogno (20 x 10m) – 8 plantas ; X PMI 215 - 80 plantas (5 x 5m); ∞ PMI 186 (5 x 5m) - 80 plantas; *bananeira PV 0376 (2,5 x 2,5m) – 72 plantas; ● bananeira pioneira (2,5 x 2,5m) – 32 plantas e # açai (10 x 10m) – 72 plantas.

Na Figura 6a observa-se a distribuição de árvores de cupuaçuzeiro em consórcio com açazeiro, mogno (sombreamento definitivo) e bananeira como sombreamento provisório. A Figura 6b mostra cupuaçuzeiro com quatro anos de idade indicando os locais de coleta de folhas, caule e ramos para análises. Para a seleção das plantas de cupuaçuzeiro, foram considerados alguns critérios como: plantas localizadas na mesma parcela, representativas de mesma idade, uniformes, nutridas, sadias e bem desenvolvidas (Figura 6c).

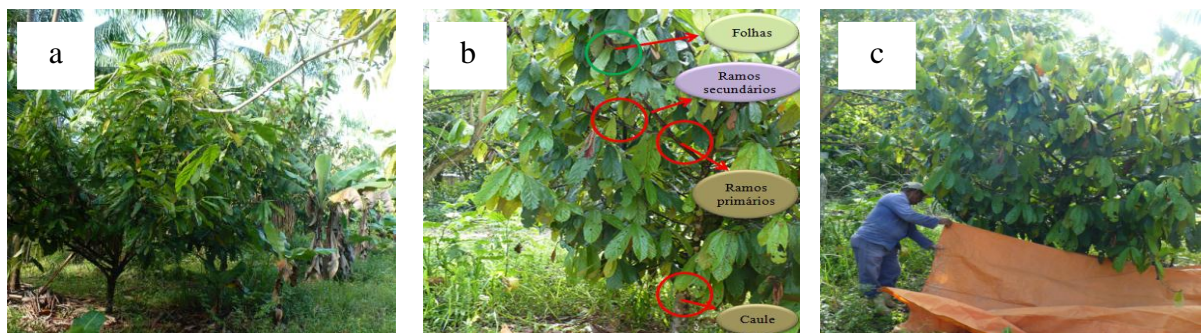


Figura 6. Plantio de cupuaçuzeiro em consórcio com açazeiro, mogno (sombreamento definitivo), utilizando bananeira como sombreamento provisório (Figura 6a), cupuaçuzeiro com quatro anos de idade (Figura 6b) e (Figura 6c) plantas uniformes, nutridas e sadias.

2.2.3 Amostragem do solo

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo Areia Franca de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006). Foram coletadas amostras de solo em maio de 2002 antes da implantação do experimento (Tabela 4), na profundidade de 0-20 cm. Em maio de 2005, durante a condução do experimento (Tabela 5). As análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001).

Tabela 4. Caracterização química da amostra do solo em 23 pontos do experimento antes da implantação do experimento (maio, 2002).

Identif. da amostra	Prof. (cm)	pH	P	K	Ca	Ca+Mg	Al
		H ₂ O	--mg dm ⁻³ ---		--- Cmol _C dm ⁻³ ---		
Latossolo Amarelo (Areia Franca)	0-20	4,3	4	19	0,2	0,4	0,8

Fonte: Análise Embrapa (2002).

Tabela 5. Caracterização química e granulométrica da amostra de solo em 23 pontos do experimento durante a pesquisa (maio, 2005).

Identif. da amostra	Prof. (cm)	Granulometria (g kg ⁻¹)			
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total
PMI 186	0-20	605	265	31	100
PMI 215	0-20	649	231	41	80

Identif. da amostra	Prof. (cm)	pH	MO	P	K	Na	Ca	Ca+Mg	Al	H+Al
		H ₂ O	g kg	---- mg dm ⁻³ ----				---- Cmol _C dm ⁻³ ----		
PMI 186	0-20	4,2	8,36	193	49	16	0,8	1,3	0,9	3,96
PMI 215	0-20	4,0	8,91	206	61	21	1,0	1,7	1,1	5,45

Fonte: Análise Embrapa (2005).

A adubação no sistema de consórcio cupuaçuzeiro x açaizeiro x bananeira foi iniciada pela bananeira, um ano antes da implantação do cupuaçuzeiro com 500g de superfosfato triplo (SFT). Dois meses depois houve a adubação com 1 kg de torta de mamona (TM) por planta e no mês seguinte 200g de cloreto de potássio (KCl). Três meses após, foi realizada a adubação em cobertura com 250g de uréia, 250g de cloreto de potássio (KCl), 100g de calcário dolomítico como fonte de magnésio aplicado em cobertura somente no primeiro ano da bananeira e 10g de FTE (micronutriente). No açaizeiro com um ano de idade, foi realizada a adubação em cobertura com 70g de uréia, 100 g de SFT (superfosfato triplo), 85g de KCl (cloreto de potássio), 90g de sulfato de magnésio e 5g de FTE (micronutriente) por planta. No cupuaçuzeiro no ano de implantação (2003) foi realizada a adubação em cova com 25g de SFT (superfosfato triplo), 100g de KCl (cloreto de potássio) e 500g de TM (torta de mamona).

Dois meses após, houve adubação em cobertura com 100g de uréia, 200g de KCl (cloreto de potássio), 50g de SFT (superfosfato triplo) e 50g de sulfato de magnésio. No mês seguinte foi realizada a adubação orgânica com 1 kg de TM (torta de mamona) por planta e feito cobertura com capim e folha de bananeira. Em 2004 foi realizada a adubação em cobertura com 107g de uréia, 178g de SFT (superfosfato triplo), 142g de KCl (cloreto de potássio), 20g de FTE (micronutriente) e 50g de sulfato de magnésio. Em 2005, foi realizada a adubação com 180g de uréia, 200g de SFT (superfosfato triplo), 170g de KCl (cloreto de potássio), 200g de sulfato de magnésio, 10g de FTE (micronutriente). Em 2007 foi realizada a última adubação com 200g de uréia, 100g de KCl (cloreto de potássio), 100g de SFT (superfosfato triplo), 100g de sulfato de magnésio e 20g de FTE (micronutriente).

2.2.4 Seleção do material vegetal

Foram retiradas sementes dos clones 186 e 215 e produzidas mudas para comporem do trabalho. Estes clones foram escolhidos por apresentar características de alta produtividade de frutos e tolerância à vassoura-de-bruxa.

Essas mudas foram plantadas em 2003, já estando com um ano de plantio de 2004. Em 2006, começou a floração na estação chuvosa (no mês de abril) e iniciou a produção de frutos em setembro de 2006 (estação menos chuvosa). Caracterizando a precocidade do material selecionado para esta pesquisa (progênies 186 e 215), cujo intervalo de produção de fruto foi diferente de uma progênie para outra.

2.2.5 Obtenção e preparo das amostras

Foram escolhidas plantas de cupuaçuzeiro ao acaso, onde foi utilizando o método direto destrutivo de árvores proposto por Sanqueta et al. (2007) e Carmo et al. (2004), utilizando toda a planta de cupuaçuzeiro. Cada componente da planta foi coletado (folhas, caule e ramos) e posto sobre lona plástica.

As folhas foram coletadas segundo a metodologia descrita por Sodré et al. (2002) para plantas de cacau no que consiste a coleta de folhas a partir do ápice de um lançamento recém-maduros, com 60 a 90 dias, a meia altura da copa, no terceiro par de folhas alternadas, evitando ramos com lançamentos novos.

No conjunto dos ramos foram retirados fragmentos de todos os ramos e localizados em diferentes posições da copa da árvore, os quais foram misturados formando uma amostra composta. Dessa amostra, foi retirada uma subamostra de 500g, a qual devidamente pesada com o auxílio de uma balança analítica para a determinação do peso fresco e posteriormente condicionada e etiquetada em saco de papel Kraft e levada para secar em estufa de circulação forçada de ar, regulada para operar na temperatura de 70°C, até atingir peso de massa constante.

O caule do cupuaçuzeiro foi pesado inteiro e retirado uma amostra em forma de disco com o auxílio de uma motosserra, de aproximadamente 2,5 cm de espessura, do terço inferior, médio e superior, conforme descrito por Oliveira Neto et al. (2003). Após a secagem na estufa foi determinada a massa seca das amostras dos diferentes componentes do cupuaçuzeiro. Sendo que o período necessário para secagem do material vegetal foi de uma semana para folhas e duas semanas para caules e ramos.

2.2.6 Determinação da massa seca, teores e acúmulos de macronutrientes

A massa seca foi determinada com a pesagem dos componentes das plantas de cupuaçuzeiro em balança analítica e moídas em moinho tipo Willey, com peneira de malha de 2 mm. As amostras moídas foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados, e divididas em duas partes, onde uma parte foi encaminhada ao Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental para a determinação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) conforme recomendação da Embrapa (1999) e a outra parte foi encaminhada ao Laboratório de Ciências Florestais da Universidade Federal de Viçosa para a determinação do teor de enxofre, segundo a determinação da Embrapa (1997).

O teor de nitrogênio foi determinado pelo princípio analítico da destilação, o fósforo e o enxofre foram determinados por colorimetria, o potássio foi determinado por fotometria de chama, cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica. Os teores de cada macronutriente foram expressos em g kg^{-1} de macronutriente, após o resultado das análises de tecido vegetal.

O acúmulo de macronutrientes foi determinado com base na massa seca (g planta^{-1}) de cada componente (folhas, caules, ramos primários e secundários) das duas progênes multiplicando pelo teor de cada macronutriente (N, P, K, Ca, Mg e S), dividindo estes valores por mil obtendo o acúmulo de cada parte de planta, contida em cada progênie, tendo esses

resultados expressos em mg planta^{-1} de cada macronutriente.

Acúmulo (Macronutrientes) = Massa Seca (F, C, RP, RS) x Teor (N, P, K, Ca, Mg e S) /1.000.

3.2.7 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em fatorial triplo $2 \times 4 \times 4$ (duas progênies) x quatro anos de avaliação e quatro componentes da planta (folhas (F), caules (C), ramos primários (RP) e ramos secundários (S)) com 5 repetições, totalizando 40 unidades experimentais, no qual cada unidade experimental foi composta de uma planta da PMI 186 (Codajás) e uma planta da PMI 215 (Manacapuru). Foi aplicado o teste de média SNK ao nível de 5% de probabilidade e a análise de variância para teores (Apêndice 1) e acúmulos (Apêndice 2) de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, também foi aplicado o teste de Student – Newman – Keuls para o desdobramento do teste de média para teores de nitrogênio dentro de cada fonte de variação (progênie), e enxofre na fonte de variação (anos x órgãos), assim como fósforo, potássio, cálcio e magnésio na fonte de variação (progênie x anos x órgãos), Apêndices 6, 7, 8 e 9.

Para a determinação dos acúmulos de macronutrientes, o nitrogênio, cálcio e magnésio foram determinados através do teste de Student – Newman – Keuls para o desdobramento da fonte de variação (progênie x anos x órgão), fósforo e potássio e enxofre na fonte de variação (anos x órgãos) (Apêndices 1 e 2). Tabelas do teste de média para acúmulos de macronutrientes (Apêndices 6,7, 8 e 9).

O resumo das análises de regressão e variância para macronutrientes dentro das progênies 186 e 215, quando relacionadas às partes de planta (F, C, RP, RS) com suas respectivas fonte de variação (Apêndices 18° a 32°). Nestes apêndices, como forma de ilustração, estão classificadas as progênies que os ocupam em F, C, RP e RS, assim como a modelagem das equações de regressão e seu grau de significância na fonte de variação em que pertencem. Este alinhamento estatístico foi efetuado pelo Software SISVAR versão 5.0 (FERREIRA, 2007). Este tipo de software é utilizado, segundo o autor para a análise de variáveis por fonte de variação representativas em experimentos com modelagem fatorial que apresentam elevado grau de complexidade.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Teor de macronutriente nas progênies de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) em função da idade.

2.3.1.1 Teor de nitrogênio nas progênies 186 e 215

Entre as progênies estudadas, não houve diferença significativa na distribuição de nitrogênio, porém a significância para fonte de variação progênie (Apêndice 1), tanto para o teste de média (Apêndices 6, 7, 8 e 9) quanto para regressão quadrática (Apêndice 18) do software Sisvar, justificando do porquê de partes de planta (folhas, caules e ramos) não apresentar gráfico para cada órgão (Figura 7), apenas tendo esta visualização para o gráfico do teste de média (Figura 7a) e para o gráfico de regressão dos teores de nitrogênio entre as progênies (Figura 7b).

Na Figura 7 foi observada que a concentração de nitrogênio na progênie 215 é maior que na progênie 186, porém a progênie 186 continua a aumentar os teores de nitrogênio até o quarto ano, enquanto a progênie 215 se estabilizou a partir do terceiro ano. Provavelmente, em função da própria genética da planta em concentrar o elemento nesta fase de idade, o que possivelmente poderia caracterizar sua eficiência na adsorção do elemento nitrogênio.

Nos órgãos, presente na tabela do teste de média, Apêndices 6, 7, 8 e 9 as folhas foram as que mais concentraram esse nutriente ($17,95 \text{ g kg}^{-1} \text{ N}$), seguido pelos ramos secundários ($6,88 \text{ g kg}^{-1} \text{ de N}$). O caule e os ramos primários com $4,68 \text{ g kg}^{-1} \text{ de N}$ e $4,49 \text{ g kg}^{-1} \text{ de N}$ que foram os componentes da planta que apresentaram menor distribuição desse nutriente.

Na tabela de teste de média, Apêndices 6 a concentração de nitrogênio foi maior na folha da progênie 215 (terceiro e quarto ano), onde o cupuaçuzeiro está em pleno desenvolvimento da parte vegetativa, induzindo a formação de novos lançamentos de folhas. Este resultado condiz com o trabalho de Cunha (2012) que encontrou maior teor de nitrogênio no fruto da progênie 215 com $59,9 \text{ g kg}^{-1}$ no terceiro ano, com a planta em fase de produção.

Natale et al. (1995b) em estudos com goiabeira de três anos de idade, atribui o aumento dos teores de nitrogênio à aplicação da adubação nitrogenada aplicada no solo, cujo teor de nitrogênio na folha foi de 22 g kg^{-1} . Alfaia & Ayres (2004) encontraram níveis adequados de nitrogênio nas folhas de cupuaçuzeiro com semente e sem adição de nitrogênio

numa concentração de $18,5 \text{ g kg}^{-1}$ de N, enquanto que plantas de cupuaçuzeiro sem semente e sem adição de nitrogênio teve uma concentração de $15,8 \text{ g kg}^{-1}$.

Locatelli et al. (2001) em estudos com nutrientes e biomassa em sistemas agroflorestais encontraram teores de nitrogênio em folhas de plantas de cupuaçuzeiro em consórcio com castanheira, freijó e pupunheira, com quatro anos de idade, respectivamente de $21,16 \text{ g kg}^{-1}$ de N; $21,94 \text{ g kg}^{-1}$ de N e $22,19 \text{ g kg}^{-1}$ de N. Os teores de nitrogênio encontrados pelos autores foram superior aos encontrados nesta pesquisa, para ambas as progênes no terceiro ano com teor médio de $17,95 \text{ g kg}^{-1}$ de N nas folhas. Os resultado das progênes são superiores ao encontrado por Yapp et al. (1993) em estudos com cacauzeiro de quatro anos e meio de idade, cujo teor médio de nitrogênio nas folhas foi de 2,6 a $3,2 \text{ g kg}^{-1}$.

No entanto, os teores de nitrogênio das progênes estudadas estão na faixa considerada adequada quando comparada com plantas de cacauzeiro produtivo, que corresponde $17,7 \text{ g kg}^{-1}$ até $21,9 \text{ g kg}^{-1}$ de N nas folhas (ABREU et al., 1996). O teor de nitrogênio encontrado (terceiro e quarto ano) das progênes 186 e 215 pode está atribuído a adubação nitrogenada ou a eficiência destas plantas em adsorver o elemento, sendo necessário a realização de novas pesquisas no futuro que possam detalhar com clareza este efeito.

Segundo Malavolta (2006) o nitrogênio é liberado através da adubação mineral, como a uréia sendo absorvida tanto pelas raízes quanto pelas folhas, diretamente ou depois do seu desdobramento pela uréase em NH_2 e CO_2 . O que possivelmente poderia explicar o aumento do teor do elemento na planta, haja vista que o solo recebeu adubação nitrogenada.

Segundo Malavolta (2006) o nitrogênio é um elemento transportado no xilema na mesma forma em que foi absorvido pelas raízes, NH_4 ou NH_3 principalmente, ou como produto de sua assimilação, em geral aminoácido. A redistribuição do nitrogênio na planta é possível devido ao fato de haver um equilíbrio dinâmico das proteínas no metabolismo, e no caso de exigência da planta na formação de órgãos novos o equilíbrio se deslocaria para a direita na direção do dreno (MALAVOLTA, 2006). O dreno seria a formação do órgão responsável pelo desenvolvimento do fruto, o que provavelmente explicaria o aumento do teor do elemento pela planta.

Além dessa função de transporte, o nitrogênio exerce papel na produção através da participação de compostos nitrogenados nos vários processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, sínteses em geral e herança. Além de todos estes processos faz parte da estrutura de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucléicos, enzimas e coenzimas, vitaminas, glicose e lipoproteínas, pigmentos e produtos secundários. O nitrogênio é o maior responsável pela vegetação, não dispensa a participação

dos outros elementos, que se reflete no índice da área foliar, e em algumas plantas a produção de gemas vegetativas e floríferas está relacionada com o suprimento deste elemento (MALAVOLTA, 2006).

As funções do nitrogênio são inúmeras, mas como é um elemento estrutural, também a presença de excesso de nitrogênio aumenta o teor de aminoácidos livres o que pode também ser causado pela deficiência de outros elementos como o potássio, o enxofre e o zinco, que dificultam a síntese protéica (MALAVOLTA, 2006). O que no futuro prejudicaria a formação do fruto.

Como neste trabalho as folhas foram as que mais concentraram este elemento devido à aplicação do adubo nitrogenado (uréia), na área de plantio, fez-se necessário que se leve em conta que o fornecimento pelo solo de nitrogênio se dá, através do contato entre o elemento com a raiz, assim como suas características e suas transformações no solo, haja vista que as necessidades das culturas perenes são maiores em relação as outras culturas, por isso o processo de contato para o nitrogênio é o fluxo de massa.

Malavolta (2006) mostra em suas pesquisas que isso acontece, devido à sua solubilidade, os adubos nitrogenados minerais apresentam índice salino, isto é, tem tendência a aumentar a pressão osmótica da solução do solo o que pode causar “queima” da raiz se estiver próxima a mesma. Por outro lado, a uréia, por sua vez, quando aplicada na superfície do solo com umidade suficiente, ou sobre folhas caídas no sistema de plantio pode levar a perda de nitrogênio que se volatiliza como NH_3 sob ação da uréase (MALAVOLTA, 2006). Devido a todos esses acontecimentos, através da implicação da adubação nitrogenada, fez-se necessário que a dose total de adubo fosse fracionada em várias aplicações, para evitar riscos de perda de raízes e aumentar a eficiência do adubo na planta. Por esse motivo a adubação de nitrogênio no presente trabalho foi feita em cobertura.

Como o pH do solo da área experimental está ácido, pode ser que parte do nitrogênio não tenha sido absorvido, o que acontece com solos tropicais ocorrendo perdas de nitrogênio e potássio que são muito acentuadas, devido a menor adsorção pelo complexo de troca, que são características de sua carga negativa, sendo perdido por lixiviação.

A outra parte absorvida pela planta, provavelmente pode ser devido ao aumento da eficiência da adubação nitrogenada oriunda do sistema de plantio que envolve as progênies, propiciando condições de solo e de água para que isso aconteça.

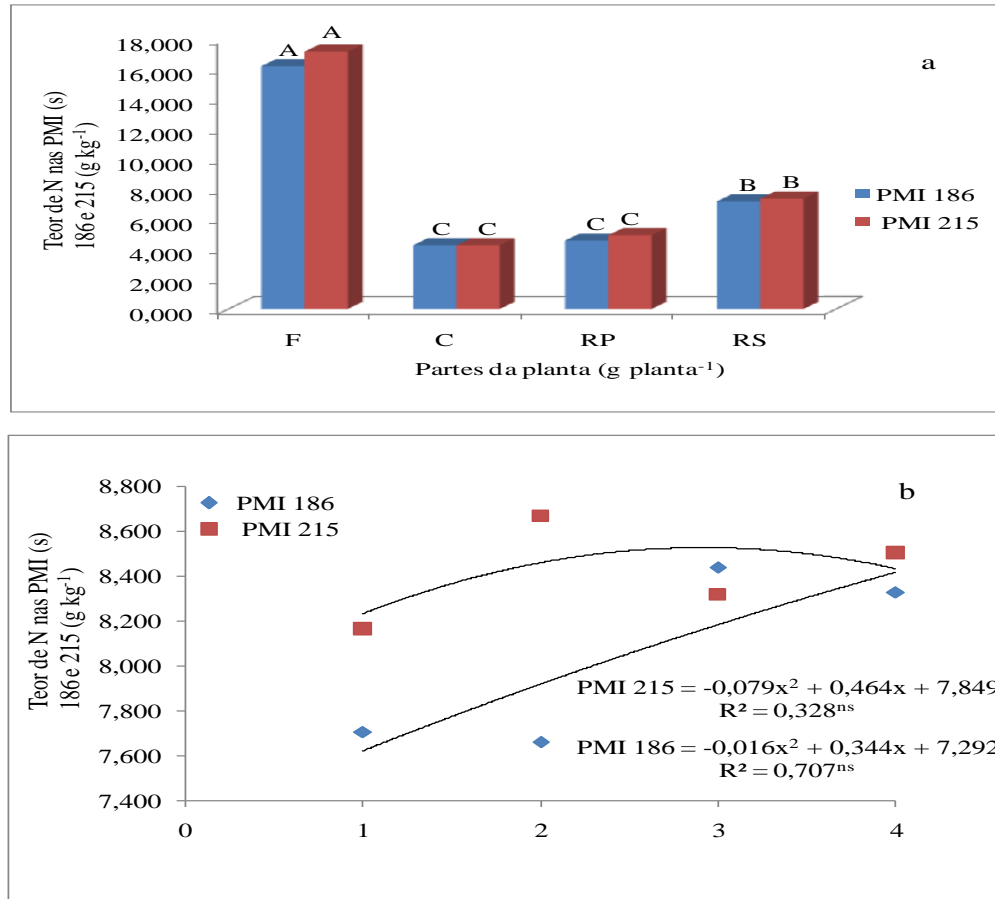


Figura 7. Média de quatro anos dos teores de nitrogênio (N) (a) e análise de regressão para teores de nitrogênio (b) para progênie de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

2.3.1.2 Teor de fósforo nas progênie 186 e 215

O teor de fósforo do para folhas da progênie 186 diminui de 1,58 g kg⁻¹ (segundo ano) a 1,11 g kg⁻¹ (terceiro e quarto ano), e na progênie 215 diminui de 1,50 g kg⁻¹ (segundo ano) a 0,97 g kg⁻¹ (terceiro ano). O teor de fósforo para caule da progênie 186 diminui de 2,56 g kg⁻¹ (segundo ano) para 1,56 g kg⁻¹ (terceiro ano), e na progênie 215 diminui de 1,71 g kg⁻¹ de P (segundo ano) para 1,17 g kg⁻¹ (terceiro ano) Apêndices 6 e 7.

O teor de fósforo na interação progênie x anos x órgãos (Apêndice 1) da progênie 186 para ramos primários diminui de 3,20 g kg⁻¹ (segundo ano) para 1,62 g kg⁻¹ (terceiro ano), e na progênie 215 diminui de 2,65 g kg⁻¹ (segundo ano) para 3,6 g kg⁻¹ (terceiro ano). O mesmo acontece com os ramos secundários que o teor de fósforo da progênie 186 diminui de 3,55 g kg⁻¹ (segundo ano) para 1,47 g kg⁻¹ (terceiro ano), e na progênie 215 diminui de 2,83 g kg⁻¹ (segundo ano) para 1,57 g kg⁻¹ (terceiro ano). A concentração de fósforo foi maior nos ramos

secundários e primários, seguido de caules e folhas do segundo ao terceiro ano na progênie 186 (Apêndices 6, 7, 8 e 9).

Cunha (2012) encontrou maior teor de fósforo no fruto da progênie 186 com $1,54 \text{ g kg}^{-1}$ para casca, $1,42 \text{ g kg}^{-1}$ para polpa e $3,79 \text{ g kg}^{-1}$ para semente e que segundo o autor, houve pouca exportação do fósforo para o fruto. Souza Júnior et al. (2011) em estudos com cacaueteiro observaram que quando o teor nas folhas era de $1,75 \text{ g kg}^{-1}$ de P, sendo considerado crítico. Ao passo, que comparado com as progênies significa que as mesmas absorveram pouco este elemento, por estar mobilizado ou em baixo nível na solução do solo, devido a adubação aquém do necessário.

O decréscimo dos teores de fósforo foi comum em todos os componentes das progênies (Apêndice 6), porém a concentração deste elemento foi maior nos ramos, significando que o fósforo é absorvido pelas raízes, sendo rapidamente redistribuído na planta devido a sua mobilidade no floema. A baixa absorção do elemento pode ter sido a porca exigência em fósforo das progênies.

Moraes e Pereira (1985) trabalhando com resposta do cacaueteiro a aplicação de fertilizantes e corretivos observou que, o maior aproveitamento de fósforo pela planta foi na incorporação da matéria orgânica na área de plantio e no fracionamento da adubação. O mesmo resultado foi encontrado por Moraes (1987) em trabalhos com produção de cacaueteiro, onde a adubação mais promissora foi quando a matéria orgânica foi incorporada na cova de plantio com doses fracionadas de fósforo, aproximadamente três doses por ano.

Para esses autores o fracionamento do fósforo juntamente com a matéria orgânica aumenta a eficiência do elemento, pois a matéria orgânica juntamente com o nutriente forma um complexado facilitando sua absorção pelas raízes, mesmo que o solo esteja ácido.

Neste trabalho de pesquisa, percebe-se que o pH do solo não atingiu uma faixa considerada adequada para a planta absorver o elemento no solo. Porém, em trabalhos com cacaueteiro na Costa do Marfim em plantações estabelecidas em solos ácidos, o pH do solo em água variou entre 4,5 a 5,0, o que não comprometeu a produção da planta (MORAES, 1987).

Não houve diferença significativa na distribuição de fósforo para folhas e ramos secundários (Figura 8a, 8b), havendo significância para caules e ramos primários (Figura 8b, 8c) para as progênies 186 e 215 da análise de regressão quadrática, na interação progênie x anos x órgãos dos Apêndices 21 e 22. A análise de variância mostrou a ocorrência da interação entre as progênies e seus efeitos depressivos nos teores de fósforo x componentes da planta aos quatro anos de idade, significando que as progênies são similares na eficiência de

absorção do elemento no solo, porém a PMI 186 parece contribuir mais rapidamente para este fator na fase inicial do seu desenvolvimento.

Tal eficiência pode ser explicada no trabalho de Cabala et al. (1975) para a cultura do cacau em estudos com regiões produtoras de cacau, desenvolvidas em solos sem limitação física e de elevada fertilidade, afirmando que o cacau é uma espécie de elevada exigência nutricional. E que as condições de fertilidade são consubstanciadas pelos valores de pH próximos da neutralidade ou ligeiramente ácidos, baixas saturações de alumínio no complexo de troca e teores elevados de bases bivalentes. Mesmo estando o solo com baixos teores de fósforo nas plantas, o que geralmente são menores que os outros elementos, a mesma consegue absorver.

Para que se entenda do porque da dificuldade de absorção do fósforo pela planta é preciso entender que valores baixos de pH em solos ácidos (Latosolo Amarelo) há dificuldade na formação de P-Ca quando a correção do solo não tem efeito. Malavolta (2006) atribui à participação do fósforo no solo, tanto como constituintes minerais, como os orgânicos e que para que haja aproveitamento pelas plantas, o pH deve ser a variável com maior influência na disponibilidade do elemento. O íon fosfatado é muito estável, quimicamente, não passando por transformações como acontece com o NO_3^- que também tem valência +5. Esta estabilidade do íon fosfatado, pouco abundante no solo, explica em parte porque, em baixa concentração no sistema.

A absorção deste elemento pelas plantas é possível através da forma em que o elemento entra em contato com a raiz, por difusão, o que depende de sua faixa de concentração externa. Em condições de pH abaixo de 7,0 ou pouco acima, o íon ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-2}$) é predominante (MALAVOLTA, 2006), o que não aconteceu neste trabalho, pois as progênies 186 e 215 podem ser pouco exigentes em fósforo. Daí a baixa absorção e não somente ao efeito da acidez do solo (pH).

Segundo o autor, o fósforo quando é absorvido e acumulado pelas células corticais da raiz é transferido rapidamente até o xilema ao longo do simplasma e eventualmente alcança a parte aérea, folha ou região de crescimento onde, entretanto, não fica parado. Assim, o fósforo que é fornecido para as folhas ou quando a mesma envelhece, é redistribuído na proporção de até 60% do total presente, via floema, para outras partes da planta, particularmente regiões de crescimento e frutos em desenvolvimento. O que explica os maiores teores de fósforo nos ramos das progênies.

A presença de teores de fósforo na planta é importante, pois este elemento possui alta energia livre negativa de hidrólise sob o controle de vários sistemas enzimáticos, onde há

gastos acentuados de energia necessitando da cadeia polipeptídica de todas as proteínas. O principal papel do fósforo na planta é o de armazenar e transferir energia (MALAVOLTA, 2006).

O fósforo pode ser classificado na célula vegetal em cinco grupos, são eles fosfato inorgânico (Pi) solúvel em água; ésteres simples, sendo parte do grupo prostético das enzimas; fosfolípídeos presentes nas membranas celulares e representam 40% do total das células fotossintéticas; ácido desoxiribonucléico (DNA) sendo responsável por carregar as informações genéticas da célula; ácido ribonucléico (RNA) tem função fornecedora de energia como carregador e ativador de aminoácidos e na síntese de proteína (BIELESKI e FERGUSON, 1983).

Este elemento, ainda tem como papel funções como componente dos lipídeos do plasmalema e do tonoplasto, constituindo uma passagem obrigatória dos nutrientes no processo de absorção da planta, também atua no armazenamento de energia da fotossíntese e da respiração; atua da energia para reações de síntese de proteína, além da transferência dos caracteres genotípicos da planta, assim como sua manifestação externa (fenótipo) que depende do ambiente. De um modo geral, este elemento tem influência no maior pegamento de florada e, por isso mais frutificação, regula a maturação, além de proporcionar na planta maior teor de carboidrato (amido) e proteínas (MALAVOLTA, 2006).

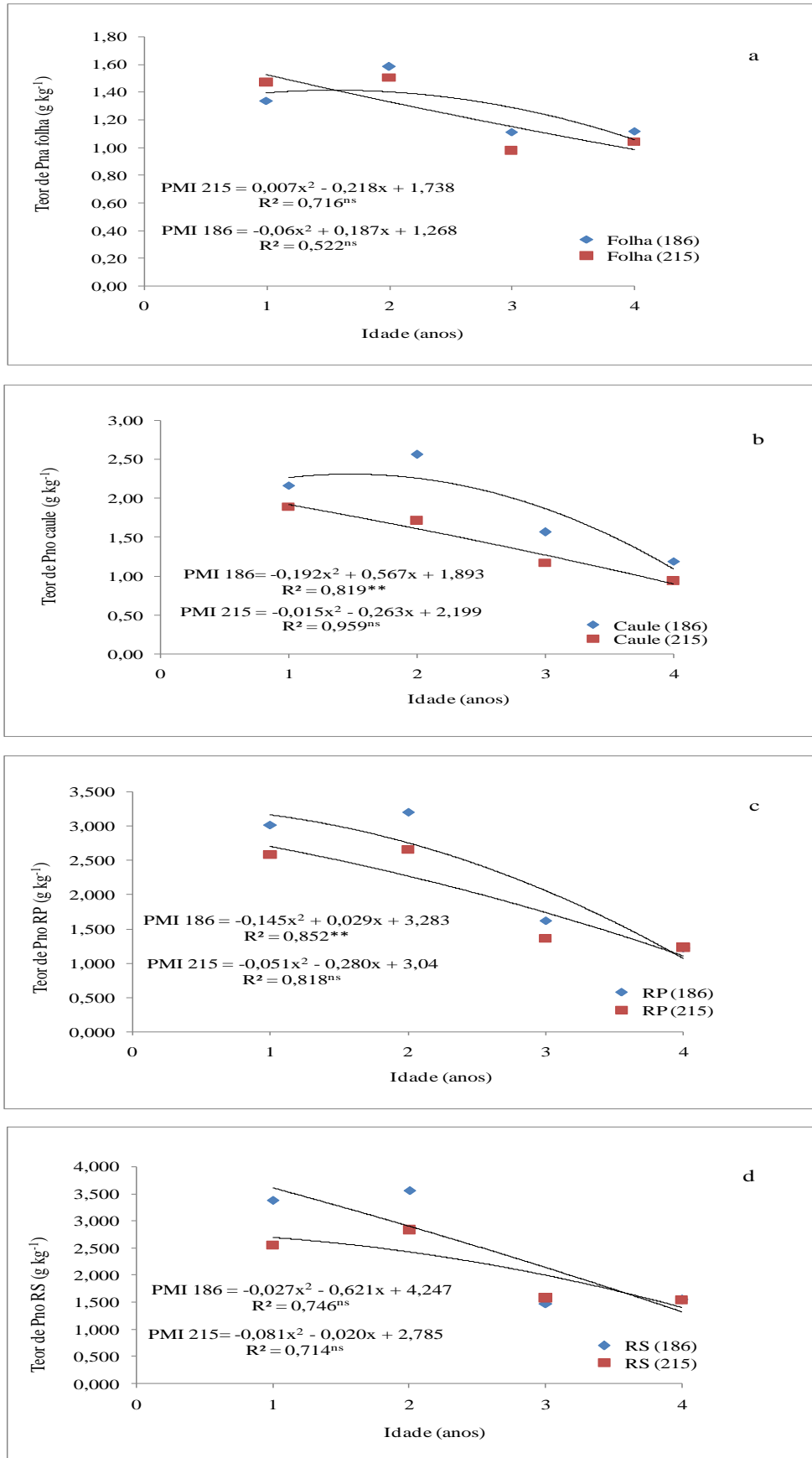


Figura 8. Teores de fósforo (P) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

2.3.1.3 Teor de potássio nas progênes 186 e 215

O teor de potássio do Apêndice 6 nas folhas da progênie 186 diminui de 7,34 g kg⁻¹ (segundo ano) a 6,55 g kg⁻¹ (terceiro), e na progênie 215 diminui de 6,56 g kg⁻¹ (primeiro ano) a 4,80 g kg⁻¹ (terceiro ano). O teor de potássio para caule da progênie 186 diminui de 7,01 g kg⁻¹ (segundo ano) para 5,06 g kg⁻¹ (quarto ano), e na progênie 215 diminui de 6,96 g kg⁻¹ (segundo ano) para 4,25 g kg⁻¹ (quarto ano) Apêndice 7.

O teor de potássio da progênie 186 para ramos primários diminui de 8,21 g kg⁻¹ (primeiro ano) para 4,96 g kg⁻¹ (quarto ano), e na progênie 215 diminui de 8,53 g kg⁻¹ (primeiro ano) para 5,13 g kg⁻¹ (quarto ano) Apêndice 8. O mesmo acontece com os ramos secundários que o teor de potássio da progênie 186 diminui de 10,95 g kg⁻¹ (segundo ano) para 5,24 g kg⁻¹ (quarto ano), e na progênie 215 apresentou a mesma tendência, sendo que o teor de potássio diferiu entre o primeiro e o segundo ano do experimento, com 9,59 g kg⁻¹ (segundo ano) para 5,39 g kg⁻¹ (quarto ano) Apêndice 9.

Os teores de potássio variaram nas progênes 186 e 215 do no primeiro ano ao quarto ano, sendo maior nos ramos secundários. Cunha (2012) encontrou maior teor de potássio na polpa da progênie 186 com 14,16 g kg⁻¹, enquanto que na progênie 215 foi na casca do fruto 8,25 g kg⁻¹. Os resultados dos teores de potássio encontrados nesta pesquisa foram inferiores aos encontrados em mudas de gravioleira com 22,5 g kg⁻¹ de potássio (SILVA et al., 2009).

De acordo com Nakayama (2013) os teores de potássio encontrados em cacauzeiros, com quatro anos e três meses de idade, variou de 13 a 23 g kg⁻¹ de K; ao passo que no trabalho de Souza Júnior (2012) o nível adequado de potássio nas folhas de cacauzeiros corresponde a 18 e 24 g kg⁻¹, com plantas de quatro anos de idade. Esses resultados foram inferiores aos encontrados nas progênes. Provavelmente, devido a adubação ter sido baixa.

A distribuição do potássio foi significativa para todos os órgãos da progênie 186 (Figura 9), e a progênie 215 foi significativa para folhas e ramos secundários (Figuras 9a, 9d), da análise de regressão quadrática (Apêndices 23 e 24), na interação (progênie x anos x órgãos) (Apêndices 1). O que condiz com a variação do elemento dentro dos órgãos de reserva, por ser o potássio é um elemento móvel na planta, se desloca para um novo órgão para formar a frutificação que vem da mobilização de reservas de outros órgãos da planta.

O potássio tem como característica a sua redistribuição de órgãos mais velhos (órgãos de reserva) para órgãos mais novos ocorrendo à frutificação, e posteriormente a formação de frutos (MALAVOLTA, 2006). O que explica os baixos teores do elemento nos órgãos vegetativos.

Ayres e Alfaia (2007) apontam para a importância do nutriente potássio, uma vez que a adubação potássica isoladamente pode proporcionar um incremento na produtividade do cupuaçu de até 23%, quando em dose de 80 kg ha⁻¹ de K₂O.

Alguns estudos têm demonstrado que o potássio é o nutriente mais absorvido pela planta de cupuaçuzeiro, e também o que se exporta em maior quantidade com os frutos (SILVA & SILVA, 1986; VENTURIERI, 1993; CRAVO & SOUZA, 1996). Para cada tonelada de frutos colhida, são exportados 3,7 kg de N; 0,24 kg de P, e 5,6 kg de potássio (SILVA & SILVA, 1986). O K também é o nutriente que se encontra em maior quantidade no tecido do cacau, sendo que a maior parte fica retida na casca do fruto (RODRIGUES, 1983).

Foi observado que o potássio foi o macronutriente que se destacou em relação aos teores de cálcio e magnésio, presente nos componentes de ambas as progêneses. Segundo Cantarutti et al. (2007) deve estar ocorrendo um processo de interação negativa, por ocasião da competição entre potássio e cálcio. Este tipo de competição pode ser devido à acidez do solo em que ambos são absorvidos pela raiz em pequenas quantidades e que se combinam, com o mesmo sítio do carregador para cruzar a membrana.

Este elemento é absorvido no solo pelo processo da difusão (contato do íon com a raiz); participa das vias e mecanismos de absorção, com a participação de canais, carregadores, ATP, ATPases; cinética de absorção por raízes de folhas; e fatores internos externos que prejudicam a absorção e padrão duplo de absorção para faixa de baixa concentração externa (MALAVOLTA, 2006).

A absorção do potássio pela planta também é possível com a ajuda de uma proteína carregadora específica localizada na membrana celular. A proteína fornece um canal aquoso que atravessa a camada lipídica do plasmalema. A operação desse mecanismo está de acordo com o modelo de cinética enzimática e explica a competição efetuada por íons semelhantes ao potássio na absorção (LEONARD, 1985).

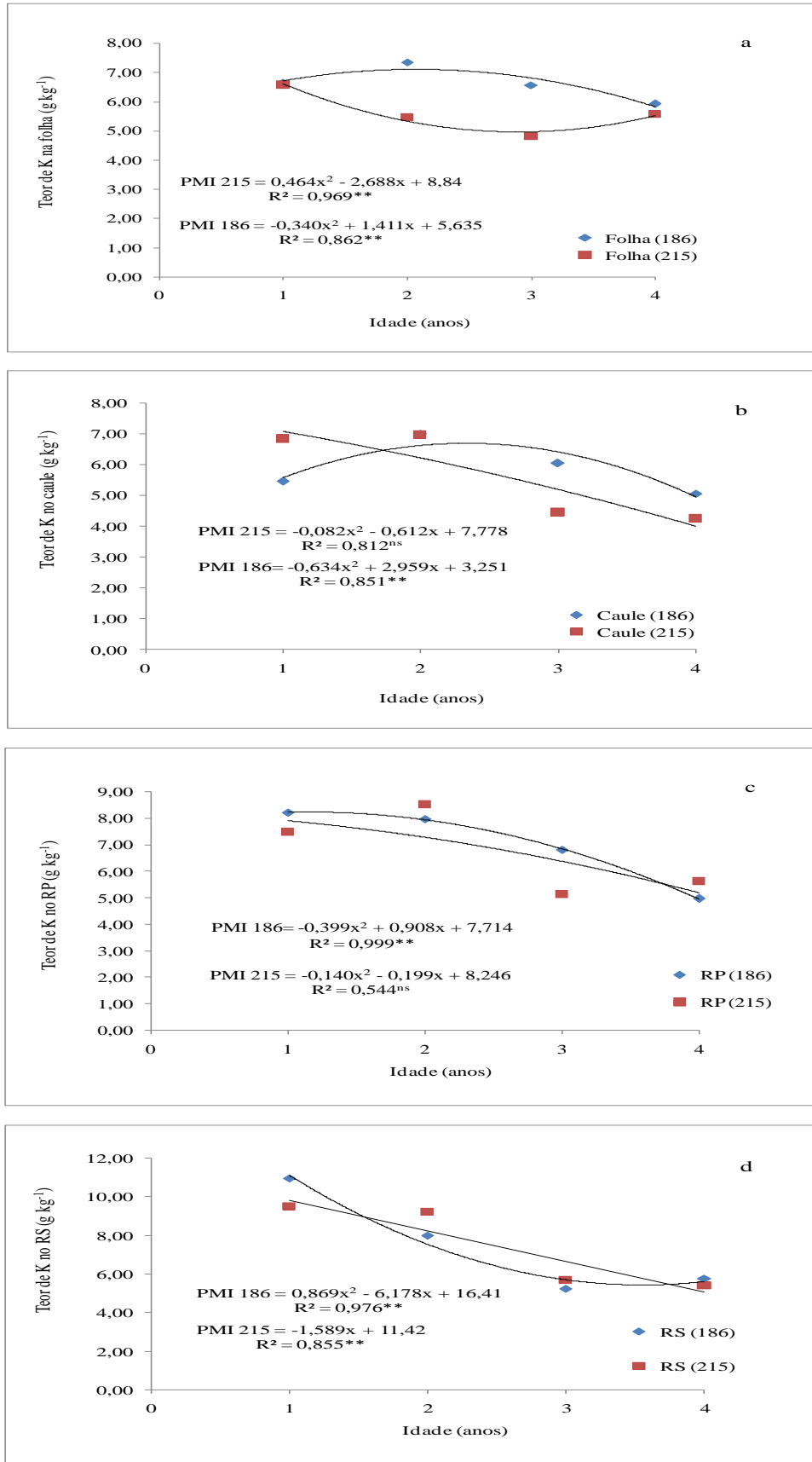


Figura 9. Teores de potássio (K) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

2.3.1.4 Teor de cálcio nas progênies 186 e 215

Os teores de cálcio apresentados na Figura 10 para a interação progênie x anos x órgãos da análise de variância (Apêndice 1) mostram que nas folhas da progênie 186 decrescem de $2,76 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca (primeiro ano) para $0,91 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca (terceiro e quarto ano), onde a concentração desse nutriente se estabiliza. Na progênie 215 os teores de cálcio variam de $3,29 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca (segundo ano) de $1,02 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca em folhas (terceiro ano) (Apêndices 6).

No caule também houve diminuição nas duas progênies dos teores de cálcio, no primeiro ano ($2,55 \text{ g kg}^{-1}$) da progênie 186 para $0,69 \text{ g kg}^{-1}$, e na progênie 215 de $2,45 \text{ g kg}^{-1}$ (primeiro ano) para $0,72 \text{ g kg}^{-1}$ (terceiro ano) (Apêndices 7).

Nos ramos primários (RP) os teores de cálcio diminuíram com o decorrer dos anos, passando de $2,67 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca no RP (primeiro ano) para $0,52 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca no RP (quarto ano) para a PMI 186; enquanto na PMI 215 a concentração passou de $2,56 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca no RP (primeiro ano) para $0,73 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca no RP (quarto ano) (Apêndices 8).

Nos ramos secundários a diminuição do cálcio da progênie 186 foi de $4,06 \text{ g kg}^{-1}$ (primeiro ano) para $0,54 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca (quarto ano) e na progênie 215 de $4,41 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca no RS (primeiro ano) para $0,60 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca no RS (quarto ano) (Apêndices 9).

A análise de regressão quadrática (Apêndices 25 e 26) foi significativa para caule (Figura 10d) na progênie 186, exceto para folhas e ramos (Figura 10a, 10c e 10d). A progênie 215 foi significativa para folhas e caules (Figura 10a, b), exceto para ramos (Figura 10c, 10d).

Cunha (2012) encontrou maior teor de cálcio na casca ($1,42 \text{ g kg}^{-1}$), polpa ($1,25 \text{ g kg}^{-1}$) e na semente ($2,25 \text{ g kg}^{-1}$) da progênie 186, na progênie 215 para casca ($1,25 \text{ g kg}^{-1}$), polpa ($0,99 \text{ g kg}^{-1}$) e semente ($1,71 \text{ g kg}^{-1}$). Os teores de cálcio encontrados nos frutos das progênies foram maiores em relação aos teores de cálcio encontrados nos componentes das progênies neste trabalho. Como o autor não relata o ano, acredita-se que se refere ao quarto ano.

O teor de cálcio de cada progênie foi inferior ao encontrado por Silva & Falcão (2002) com plantas de pupunheiras, cujo valor médio de cálcio foi de $12,7 \text{ g kg}^{-1}$. Por outro lado, Nakayama (2013) obteve teores considerados adequados para cálcio entre 9 a 12 g kg^{-1} em plantas de cacauzeiro com quatro anos e três meses de idade. Souza Júnior (2012) em estudos cacauzeiro de quatro anos em fase de campo mostra teores adequados de cálcio em folhas de 8 a 15 g kg^{-1} .

No experimento com cupuaçuzeiro observou-se que os teores de cálcio estão abaixo da média recomendada para cacauzeiro, provavelmente em função de não ter ocorrido a correção

do pH do solo, necessitando de calagem. Pois, o pH do solo não atingiu uma faixa em torno de 5,5 apropriada a maioria das culturas para absorver o nutriente na quantidade ideal para a planta, podendo a absorção ser reduzida pela presença de íons hidrogênio e alumínio no complexo coloidal do solo, sendo o motivo pelo qual a planta encontra-se com baixos teores de cálcio, quando comparada com cacaueteiro.

Os baixos teores de cálcio pode ser em virtude do processo competitivo entre o elemento cálcio e o potássio, oriundo do processo de acidificação do solo. Por outro lado, Malavolta (2006) cita que o cálcio pode ser transportado lateralmente para fora do xilema formando cristais insolúveis de oxalato e nos tubos da seiva a deposição de cálcio como oxalato ou fosfato pode restringir a redistribuição deste elemento nos órgãos da planta. Por esse motivo, a planta necessita de um suprimento constante de cálcio para alimentar o fruto.

O teor de cálcio é mais abundante nos ramos secundários por ser um elemento vegetativo, isto é, mais concentrado em qualquer parte da planta menos no fruto (MALAVOLTA, 2006).

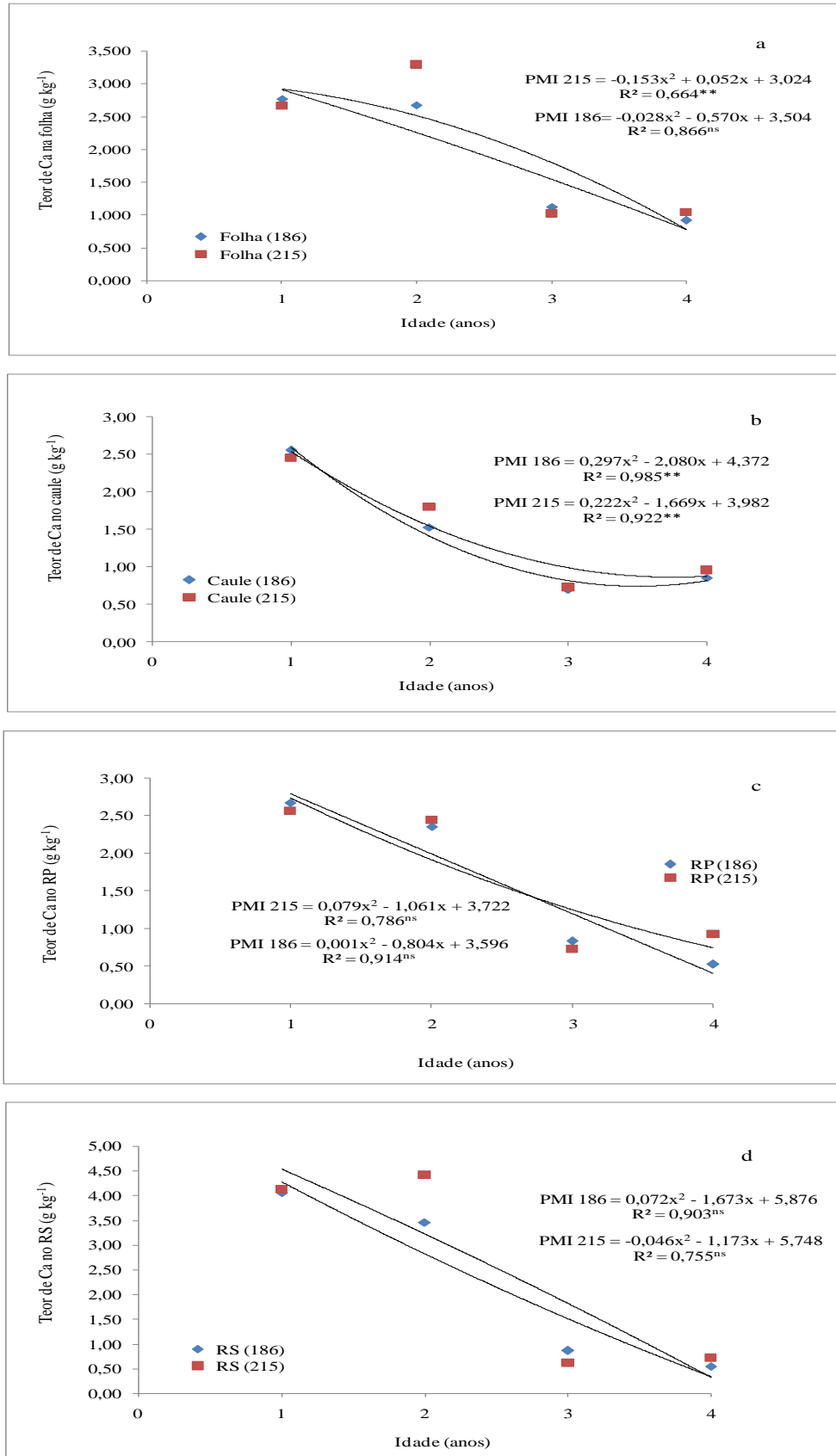


Figura 10. Teores de cálcio (Ca) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

2.3.1.5 Teor de magnésio nas progênies 186 e 215

A fonte de interação progênie x anos x órgãos (Apêndice 1) foi significativa para teores de magnésio e para o teste de média (Apêndices 6) para folhas da progênie 186 aumenta de $1,33 \text{ g kg}^{-1}$ (segundo ano) a $3,36 \text{ g kg}^{-1}$ (quarto ano), e na progênie 215 aumenta de $1,51 \text{ g kg}^{-1}$ (segundo ano) a $3,40 \text{ g kg}^{-1}$ (quarto ano). O teor de magnésio para caule da progênie 186 aumenta de $0,68 \text{ g kg}^{-1}$ (segundo ano) para $4,40 \text{ g kg}^{-1}$ (quarto ano), e na progênie 215 aumenta de $0,94 \text{ g kg}^{-1}$ de P (segundo ano) para $5,03 \text{ g kg}^{-1}$ (quarto ano) (Apêndices 7).

O teor de magnésio da progênie 186 para ramos primários aumenta de $1,55 \text{ g kg}^{-1}$ (segundo ano) para $3,53 \text{ g kg}^{-1}$ (quarto ano), e na progênie 215 aumenta de $1,34 \text{ g kg}^{-1}$ (segundo ano) para $3,75 \text{ g kg}^{-1}$ (quarto ano) (Apêndices 8). O mesmo acontece com os ramos secundários que o teor de magnésio da progênie 186 aumenta de $1,62 \text{ g kg}^{-1}$ (segundo ano) para $3,96 \text{ g kg}^{-1}$ (quarto ano), e na progênie 215 aumenta de $1,79 \text{ g kg}^{-1}$ (segundo ano) para $3,26 \text{ g kg}^{-1}$ (quarto ano) (Apêndices 9). O teor de magnésio foi maior no caule, seguido de ramos ao quarto ano na progênie 215, com exceção para folhas que foi maior na progênie 186.

Houve diferença significativa para folhas, caules e ramos primários (Figura 11a, 11b e 11d) na progênie 186 e na progênie 215 para caule (Figura 11b), ramo primário (Figura 11c) e ramo secundário (Figura 11d). Não houve diferença significativa para ramo primário (Figura 11c) da progênie 186, e para folha (Figura 11a) da progênie 215, da interação (progênie x anos x órgãos).

Cunha (2012) encontrou maior teor de magnésio nos frutos com $1,15 \text{ g kg}^{-1}$ da progênie 186, na progênie 215 com $1,30 \text{ g kg}^{-1}$. Os teores de magnésio encontrados nos frutos das progênies foram menores em relação aos teores de magnésio encontrados nos componentes das progênies deste trabalho. Como o autor não relata o ano, acredita-se que se refere ao quarto ano.

O teor de magnésio foi maior nos caules de ambas as progênies, porém está na faixa considerada adequada por Souza Júnior (2012) em estudo com plantas de cacaueteiro, com quatro anos de idade, cujos teores de magnésio em folhas, correspondem de 4 a 8 g kg^{-1} . Esse resultado foi inferior ao das progênies.

Observa-se na curva de regressão para teores de magnésio que ocorre aumento ao longo dos anos, o que pode ser explicado pelo fato deste elemento ter sido prontamente disponível para planta por ocasião da época de adubação aplicada no solo. Mesmo este elemento sendo disponível pela planta ele participa de um processo inibitório não competitivo

pelo elemento potássio, explicando os seus teores mais baixos nas tabelas de teste de média (Apêndices 6, 7, 8 e 9) para os componentes das progênes, porém, neste caso, eles não competem pelo mesmo carregador, por isso ocorre o aumento ao longo do tempo.

Contudo, pode-se dizer, que o pH do solo tem influência direta na absorção do magnésio pela planta necessitando de níveis adequados de calagem para promover o aumento desses teores de magnésio. Por outro lado, Alcarde (2007) atribui a não influência da calagem na absorção adequada de nutrientes para as plantas em função da adubação aplicada no solo, pois adubos como uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio podem afetar a reação do solo, pois tem ação acidificante, baixando o pH. Como não foi realizada a calagem no trabalho, servindo apenas o calcário dolomítico como fonte de cálcio, o pH do solo não foi neutralizado.

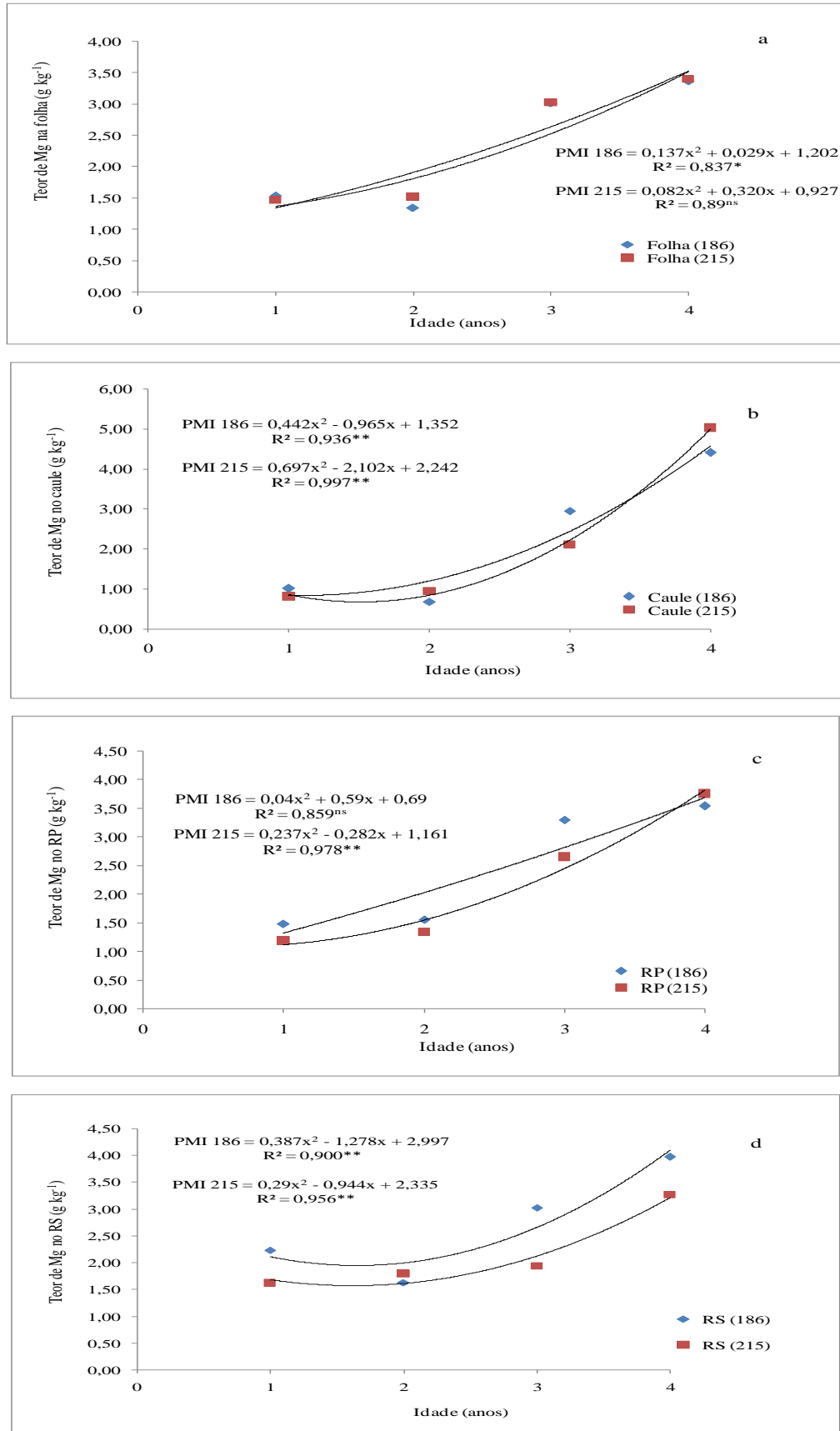


Figura 11. Teores de magnésio (Mg) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

2.3.1.6 Teor de enxofre nas progênies 186 e 215

A Figura 12 mostra o desdobramento da interação anos x órgãos das progênies 186 e 215 da análise de variância (Apêndice 1), o qual não houve diferença significativa para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários, para o teste de média SNK ao nível de 5% de probabilidade (Apêndices 6, 7, 8 e 9). Os maiores teores de enxofre foi na progênie 186 nas folhas do primeiro (1,78 g kg⁻¹ de S) ao terceiro ano (1,26 g kg⁻¹ de S), enquanto que progênie 215 teve maior teor de enxofre no quarto ano (1,35 g kg⁻¹ de S).

A progênie 186 teve redução dos teores de enxofre com o decorrer dos anos, sendo nos caules do segundo (0,59 g kg⁻¹ de S) ao terceiro ano (0,36 g kg⁻¹ de S), nos ramos primários do primeiro (1,07 g kg⁻¹ de S) ao segundo ano (0,97 g kg⁻¹ de S) e do ramo secundário do terceiro (1,45 g kg⁻¹ de S) ao quarto ano (0,74 g kg⁻¹ de S). Na PMI 215 o teor de enxofre reduziu no terceiro ano (0,46 g kg⁻¹ de S) para caule, do terceiro (0,59 g kg⁻¹ de S) ao quarto ano (0,59 g kg⁻¹ de S) para ramo primário e do primeiro (1,47 g kg⁻¹ de S) ao segundo ano (1,36 g kg⁻¹ de S) para ramo secundário (Figura 12 e Anexos 6, 7, 8 e 9) da tabela do teste de média.

Os teores de enxofre obtidos nesta pesquisa, no último ano da planta, foi de 1,26 g kg⁻¹ de S na progênie 186 e 1,35 g kg⁻¹ de S na progênie 215, quando comparado ao encontrado por Silva et al. (2009) em plantas de gravioleira, com 1,51 g kg⁻¹ (SILVA et al., 2009). O mesmo não aconteceu para cacaueiro com quatro anos de idade, cujos teores de enxofre considerados adequados estão na faixa de 1,0 a 2,5 g kg⁻¹ nas folhas Souza Júnior (2012), o que condiz com o resultado desta pesquisa.

Embora, não haja diferença significativa entre as progênies no decorrer dos anos quanto a concentração de enxofre nos componentes da planta, pode-se observar que a progênie 186 tem maiores concentração deste elemento do primeiro ano ao terceiro ano para folhas. Isso acontece porque o enxofre redistribuído para órgãos novos.

Malavolta (2006) atribui a velocidade de absorção deste elemento ao íon acompanhante, podendo ser o cálcio, o magnésio, o potássio. Neste trabalho, acredita-se que sua absorção seja influenciada pelo cálcio e magnésio que são elementos que decrescem ao longo dos anos. Esse decréscimo, provavelmente pode ser influenciado pelo pH do solo.

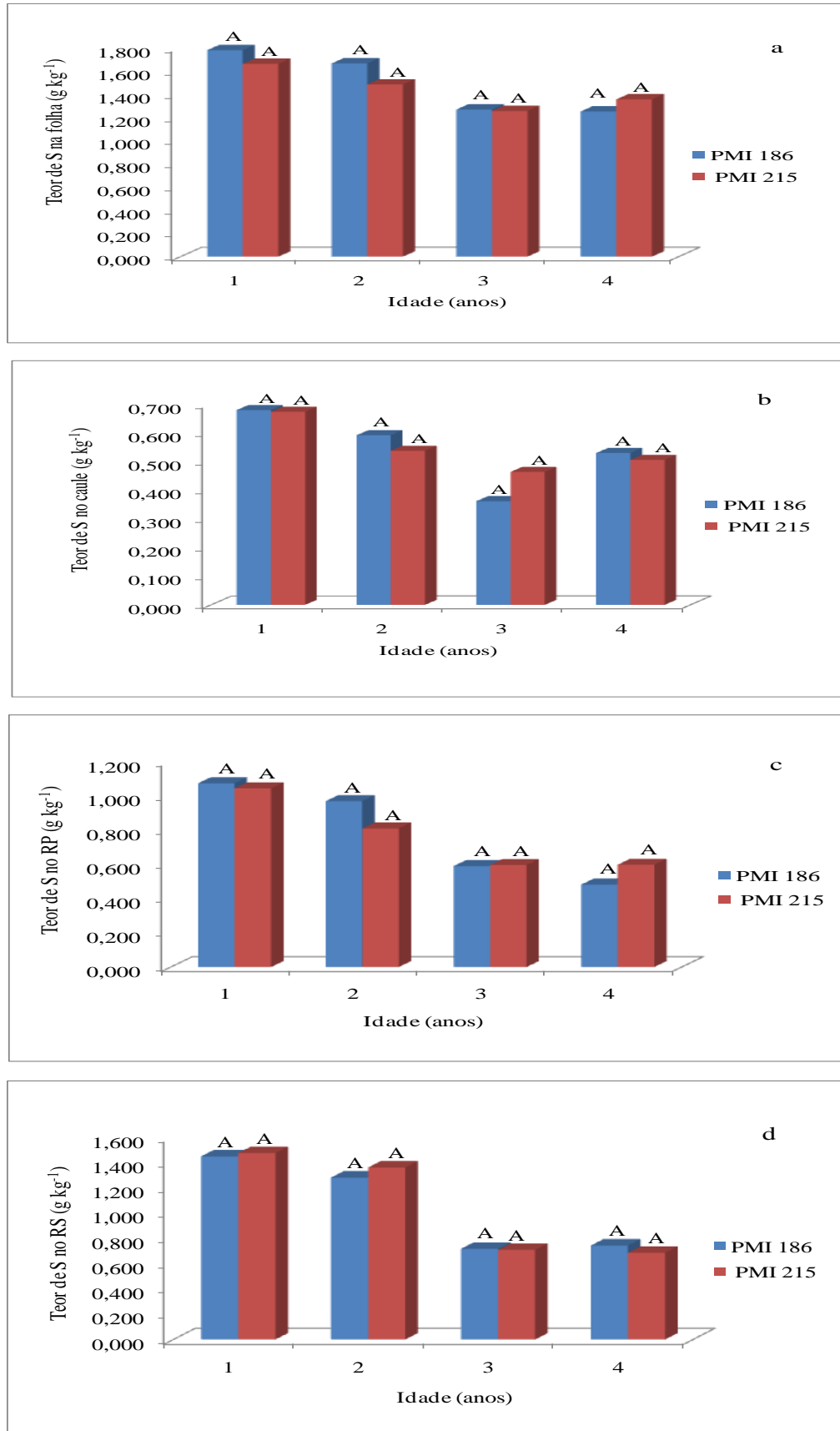


Figura 12. Teores de enxofre (S) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

2.3.2 Acúmulo de macronutriente nas progênies de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) em função da idade.

2.3.2.1 Acúmulo de nitrogênio nas progênies 186 e 215

Os resultados dos conteúdos de nitrogênio nas folhas, caules, ramos primários (RP) e secundários (RS) nas duas progênies meios irmãos de cupuaçuzeiro (PMI 186 e PMI 215), em função da idade, são expressos nas equações de regressão quadráticas (Figura 13), na análise de variância da interação progênie x anos x órgãos (Apêndice 2) e no teste de média (Apêndices 6) mostra o grau de significância nas folhas das progênies 186 e 215, cujo $R^2=99\%$ (Apêndices 19 e 20), explicando que neste ajuste das equações de regressão as duas progênies acumulam igualmente nitrogênio nas folhas, sendo a progênie 186 de 6.096,79 mg planta⁻¹ de N (segundo ano) para 34.055,41 mg planta⁻¹ de N (terceiro ano) e a progênie 215 de 11.890,30 mg planta⁻¹ de N (segundo ano) e 28.928,79 mg planta⁻¹ de N (terceiro ano).

Também, observou-se que no caule a PMI 186 possui o R^2 de 99,7% maior em relação a PMI 215, sendo que a PMI 186 não teve grau de significância e a PMI 215 sim. Uma provável explicação para este acontecimento seria o fato de que embora a PMI 215 não obtive um poder relativamente alto de explicação em relação à PMI 186 para caule, esta progênie foi significativa pelo melhor ajuste de sua equação no modelo matemático polinomial, caracterizando que as progênies 186 são mais exigente em nitrogênio do que a PMI 215 durante o decorrer dos anos, porém apresentam diferenças estatisticamente entre si quando se relaciona com a quantidade acumulada do nitrogênio na folha da PMI 215.

Esta equação mostra que nos caules das PMI 186 o acúmulo de nitrogênio foi de 1.215,39 mg planta⁻¹ de N (segundo ano) para 7.322,01 mg planta⁻¹ de N (quarto ano) e nos caules da PMI 215 foi de 2.005,44 mg planta⁻¹ de N (segundo ano) para 10.248,88 mg planta⁻¹ de N (quarto ano) (Apêndices 7).

Nos ramos primários verificamos que o R^2 de ambas as progênies são de 99,9% embora haja diferença significativa entre as progênies 186 e 215, em que a PMI 186 apresenta maior acúmulo de nitrogênio nos ramos primários do segundo (1.535,17 mg planta⁻¹ de N) ao quarto ano (14.397,20 mg planta⁻¹ de N) em relação à PMI 215 com 2.480,01 mg planta⁻¹ de N (no segundo ano) e 11.886,05 mg planta⁻¹ de N (no quarto ano) (Apêndices 8). Já nos ramos secundários as duas PMI(s) apresentam o $R^2=98,0\%$ e ambas às progênies são significativas, caracterizando que ambas apresentam armazenamento de nitrogênio (Figura 13) em seus caules, porém a PMI 215 se destaca quando comparada com a PMI 186 em termos de ano,

com valores respectivos das quantidades acumuladas de nitrogênio no segundo ano (PMI 215 de 1.600,12 mg planta⁻¹ de N e PMI 186 de 650,99 mg planta⁻¹ de N) e no terceiro ano (PMI 215 de 6.833,74 mg planta⁻¹ de N e PMI 186 de 5812,71 mg planta⁻¹ de N) (Apêndices 9).

A quantidade acumulada de nitrogênio, também foi encontrada nos trabalhos de Bellote et al. (1980) em seus estudos de extração e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* aos quatro anos e meio de idade, que constataram o maior acúmulo de nitrogênio nos caules com 62 mg planta⁻¹ de N, enquanto as folhas foram de 48,80 mg planta⁻¹ e ramos com 6,39 mg planta⁻¹ de N. Sendo que esses acúmulos foram inferiores aos encontrados nesta pesquisa, caracterizando a importância da introdução das PMI(s) em áreas de cultivo, por serem altamente produtivas, provavelmente devido a facilidade na absorção de nutrientes do solo.

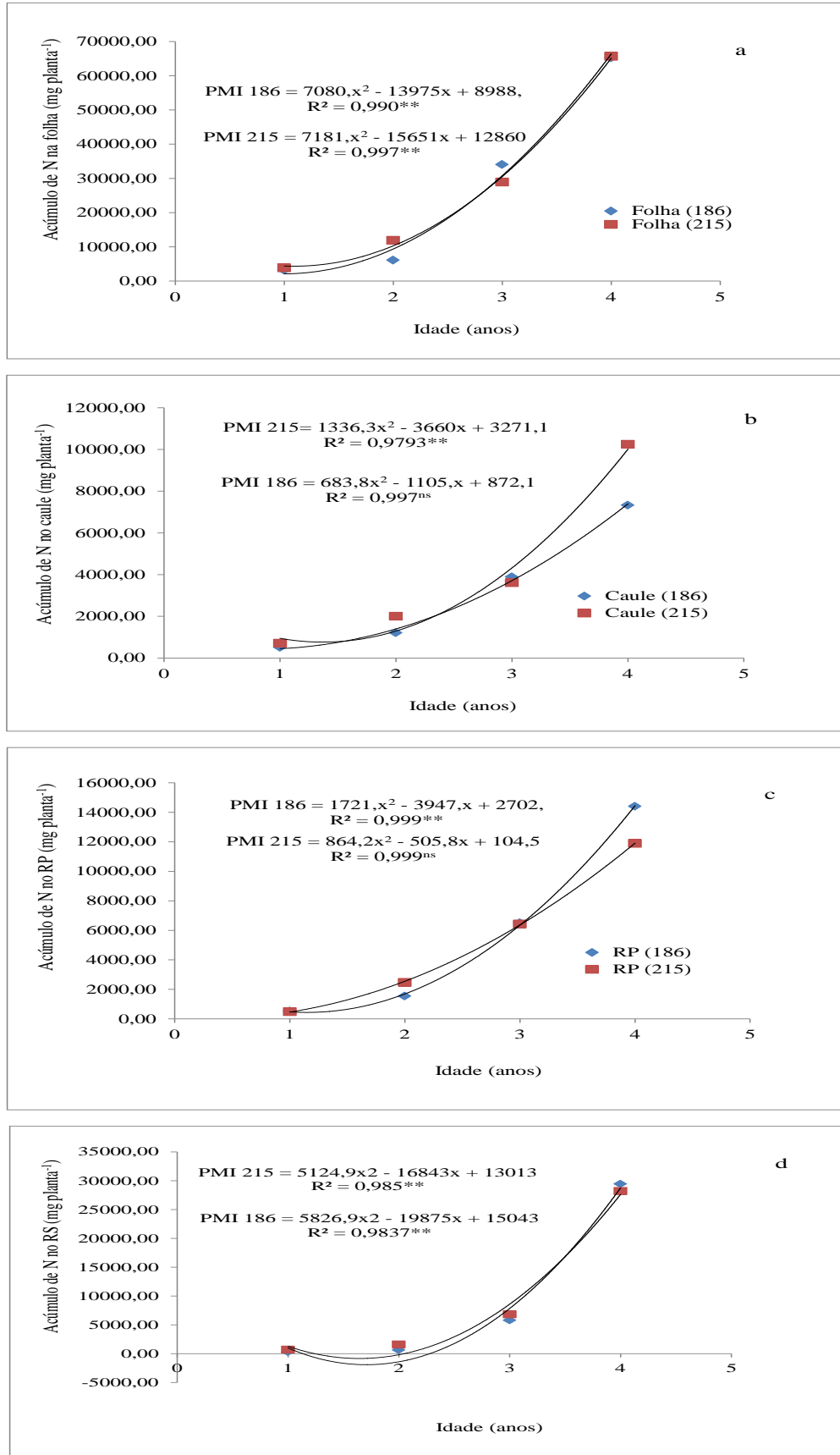


Figura 13. Acúmulos de nitrogênio (N) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] como folhas (a), caules (b), RP (c) e RS (d) das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

A Figura 14 mostra que na progênie 186, somente no quarto ano a folha apresentou menor acúmulo de nitrogênio em relação aos outros anos com 56,06% contra 25,29% do RS (ramo secundário), pois nos outros anos a folha dominou como primeira armazenadora de nitrogênio. No quarto ano a folha ficou em primeiro, os ramos secundários em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (12,36%) e por último o caule com 6,29%. Altos percentuais de nitrogênio foram encontrados nas folhas de dendezeiro por Viégas (1993) com 57% de nitrogênio na copa.

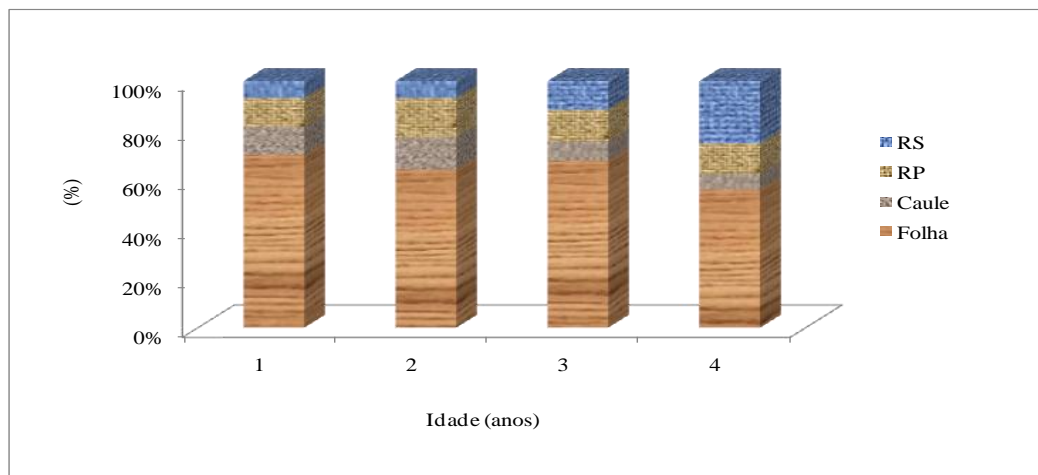


Figura 14. Distribuição em porcentagem de nitrogênio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum] da PMI 186 (Codajás).

A Figura 15 mostra que na progênie 215, somente no quarto ano a folha apresentou menor acúmulo de nitrogênio em relação aos outros anos com 56,61% contra 24,32% do RS (ramo secundário), pois em todos os anos a folha dominou como primeira armazenadora de nitrogênio. No quarto ano a folha ficou em primeiro, os ramos secundários em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (10,24%) e por último o caule com 8,83%. Bellote et al (1980) encontraram 60,90% do nitrogênio acumulado nas folhas de *Eucalyptus grandis*. Porém, sendo o eucalipto uma essência florestal, as progênes 186 e 215, apresentaram resultados superiores.

Como ocorre ausência de literatura sobre o cupuaçuzeiro pode-se inferir que a maior demanda de acúmulo de nitrogênio na folha pode está associada a novos lançamentos de folhas e a ausência de poda para ambas as progênes.

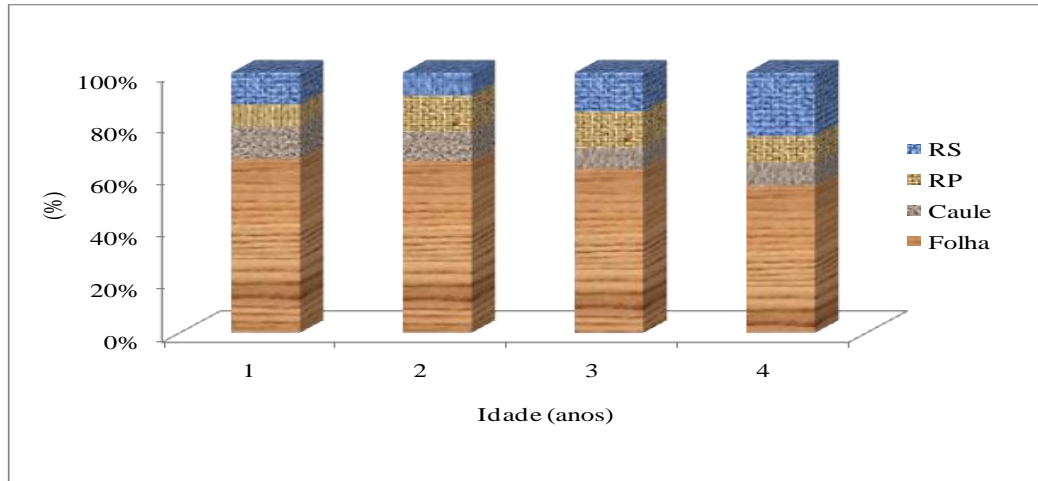


Figura 15. Distribuição em porcentagem de nitrogênio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] da PMI 215 (Manacapuru).

2.3.2.2 Acúmulo de fósforo nas progênies 186 e 215

O acúmulo de fósforo nos órgãos do cupuaçuzeiro das progênies 186 e 215 é mostrado na Figura 16, com base no teste de média SNK ao nível de 5% de probabilidade para a interação anos x órgãos (Apêndices 6, 7, 8 e 9). Nesta interação expressa pela análise de variância (Apêndice 2) mostra para folhas, caules, ramos primários (RP) e ramos secundários (RS) não houve diferenças significativas entre as progênies, sendo importante destacar que a folha da PMI 186 tem maior acúmulo do terceiro ano (2.136,21 mg planta⁻¹ de P) e quarto ano (4.206,89 mg planta⁻¹ de P) em relação à PMI 215 cujo acúmulo foi maior no primeiro ano (356,29 mg planta⁻¹ de P) e no segundo ano (1.018,24 mg planta⁻¹ de P).

O caule da PMI 186 tem maior acúmulo no terceiro ano (1.517,67 mg planta⁻¹ de P) em relação à PMI 215 cujo acúmulo foi maior no primeiro ano (324,42 mg planta⁻¹ de P) e no segundo ano (862,33 mg planta⁻¹ de P) e no terceiro ano (2.054,67 mg planta⁻¹ de P). Para ramos primários (RP) os maiores acúmulos foram na PMI 186 no segundo ano (1.375,05 mg planta⁻¹ de P), no terceiro ano (2.189,17 mg planta⁻¹ de P) e quarto ano (3.686,73 mg planta⁻¹ de P) e PMI 215 foi menor no segundo (1.222,26 mg planta⁻¹ de P), terceiro (1.671,79 mg planta⁻¹ de P) e quarto ano (3.262,06 mg planta⁻¹ de P), enquanto que no RS (ramo secundário) o maior acúmulo foi da PMI 186 no quarto ano, com 6.710,97 mg planta⁻¹ de P, e a PMI 215 obteve quantidade acumulada de fósforo nos primeiros anos, sendo o ano 1 (224,03 mg planta⁻¹ de P), o ano 2 (586,82 mg planta⁻¹ de P) e o ano 3 (1.605,13 mg planta⁻¹ de P).

As quantidades acumuladas de fósforo de ambas as progênies, nesta pesquisa, foi superior nos ramos secundários quando comparadas com *Eucallyptus grandis*, cujo acúmulo de fósforo foi de 0,60 mg planta⁻¹ nos ramos aos quatro anos e meio de idade (BELLOTE et al., 1998).

O acúmulo de fósforo para as progênies é maior no quarto ano nos ramos secundários por haver a formação de novos ramos por ocasião da ausência de poda.

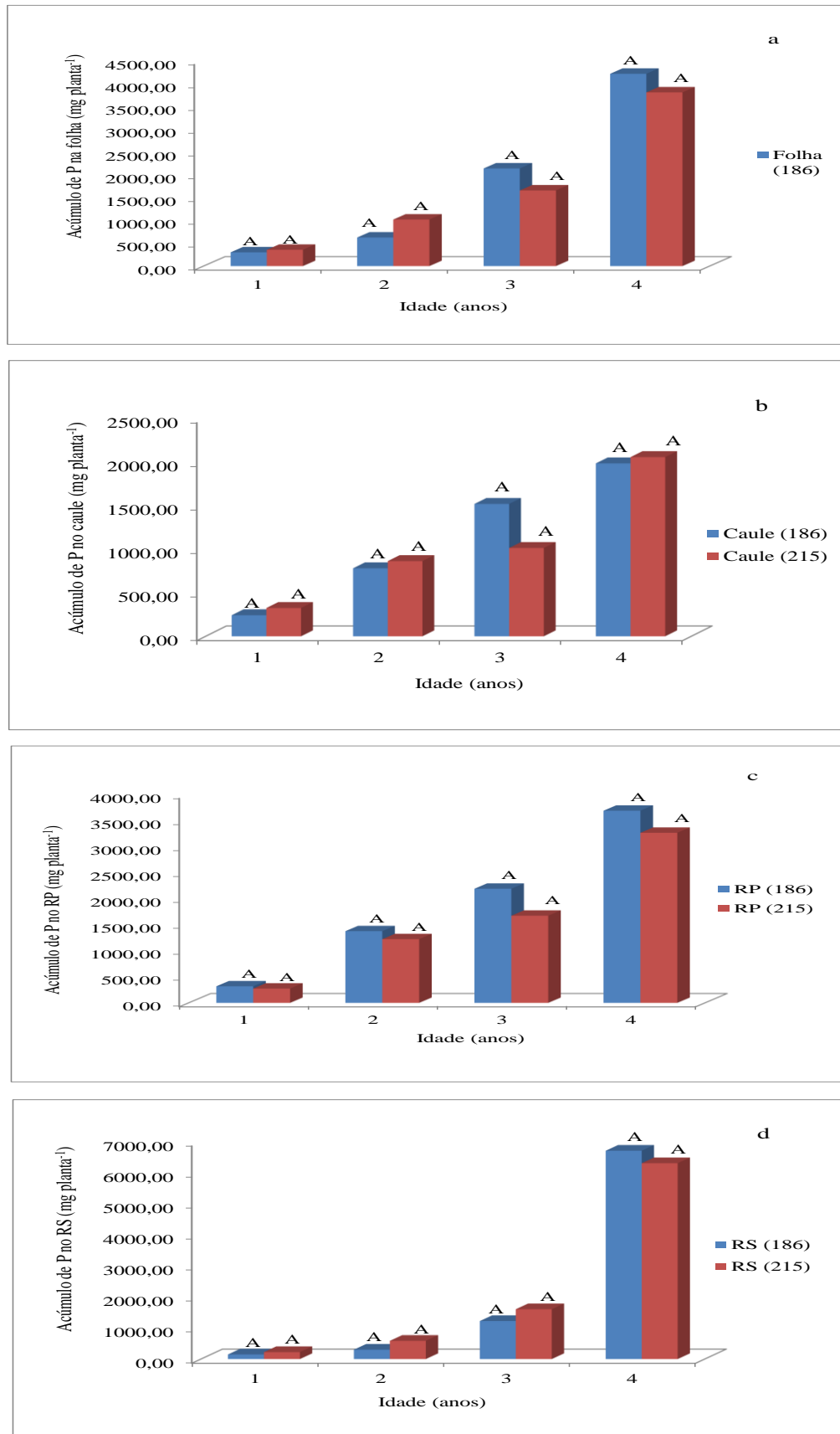


Figura 16. Acúmulo de fósforo (P) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

A Figura 17 mostra que na progênie 186, somente no quarto ano o ramo secundário apresentou maior acúmulo de fósforo em relação aos outros anos com 40,47% contra 25,36% das folhas, pois nos outros anos o ramo primário dominou como o primeiro a armazenar fósforo. No quarto ano o ramo secundário ficou em primeiro, as folhas em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (22,22%) e por último o caule com 11,95%.

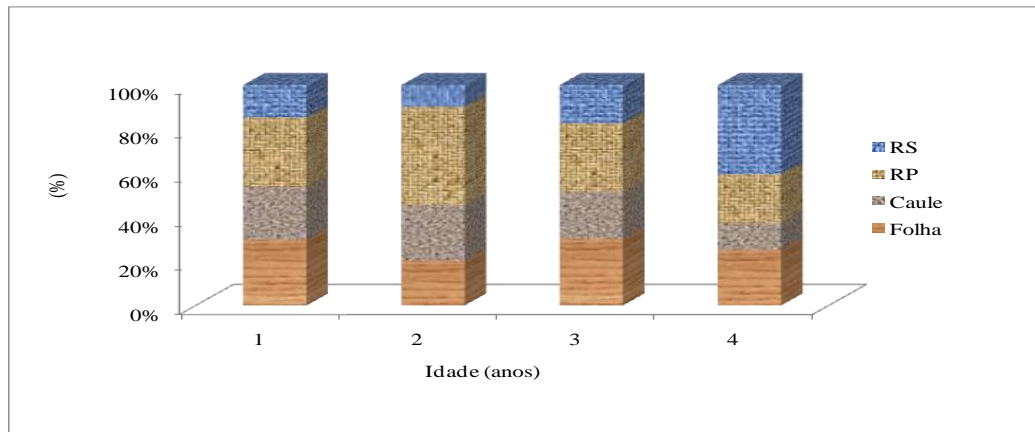


Figura 17. Distribuição em percentagem de fósforo acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás).

A Figura 18 mostra que na progênie 215, somente no quarto ano o ramo secundário apresentou maior acúmulo de fósforo com 40,90% de P contra 24,63% de P nas folhas, pois nos outros anos desta pesquisa, o ramo secundário dominou como o primeiro a armazenar fósforo. No quarto ano o ramo secundário ficou em primeiro, as folhas em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (21,15%) e por último o caule com 13,32%. Os resultados da Figura 17 e 18 foram inferiores aos encontrados por Bellote et al. (1980) em que a maior percentagem de acúmulo de fósforo foi 69,70% com eucaliptos aos quatro anos e meio de idade. O menor acúmulo de fósforo em ambas as progênies pode está associado à redistribuição deste elemento para os ramos formando novas ramificações.

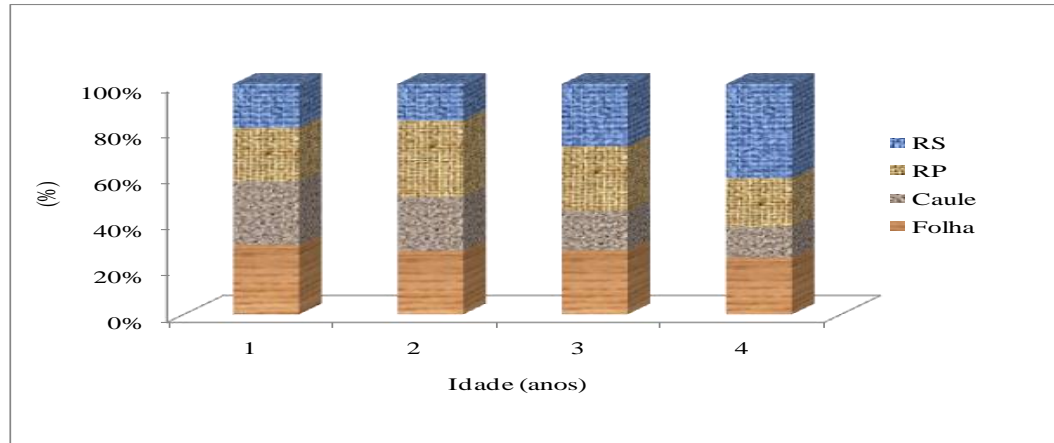


Figura 18. Distribuição em porcentagem de fósforo acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru).

2.3.2.3 Acúmulo de potássio nas progênies 186 e 215

O acúmulo de potássio é visualizado na interação anos x órgãos (Apêndice 2), sendo significativo para o teste de média SNK ao nível de 5% de probabilidade de folhas, caules, ramos primários e ramos secundários (Apêndice 6,7, 8 e 9 e Figura 19). As folhas da progênie 186 apresentam os maiores acúmulos de nutrientes no terceiro (12.507,29 mg planta⁻¹ de K) para o quarto ano (22.306,22 mg planta⁻¹ de K) em relação à progênie 215, cujos valores foram de (8.074,98 mg planta⁻¹ de K em folhas; 20.248,86 mg planta⁻¹ de K em folhas). Essas progênies obtiveram diferenças significativas apenas no terceiro ano, no qual podemos observar que a progênie 186 apresenta os maiores acúmulos de potássio do que a progênie 215 (Figura 19).

Os caules de ambas as progênies não apresentaram diferenças significativas, porém a progênie 186 com 5.865,99 mg planta⁻¹ de K superou a progênie 215 com 3.854,52 mg planta⁻¹ de K no terceiro ano (Apêndice 7). Nos ramos primários houve diferença significativa para ambas as progênies, sendo que no terceiro ano a progênie 186 com 9.156,91 mg planta⁻¹ de K no RP superou a progênie 215 com 6.305,04 mg planta⁻¹ de K no RP (Figura 19 e Apêndice 8).

Nos ramos secundários não houve diferença significativa quanto à quantidade acumulada de potássio para Codajás e Manacapuru, sendo que a progênie 215 foi maior que a progênie 186, porque acumulou mais potássio no terceiro ano com 5.794,71 mg planta⁻¹ até o quarto ano com 21.999,25 mg planta⁻¹ de K, enquanto que a progênie 186 apresentou no terceiro ano 4.351,93 mg planta⁻¹ de K no RS (Figura 19 e Apêndice 9).

A quantidade de potássio acumulada neste trabalho foi superior a obtida por Barichello et al. (2006) com *Acacia mearnsii* cujo acúmulo foi de 9,59 mg planta⁻¹ de folhas, 7,43 mg planta⁻¹, e Bellote et al. (1988) com 17,12 mg planta⁻¹ (folhas), 52,71 mg planta⁻¹ (caules) e 5,97 mg planta⁻¹ (ramos).

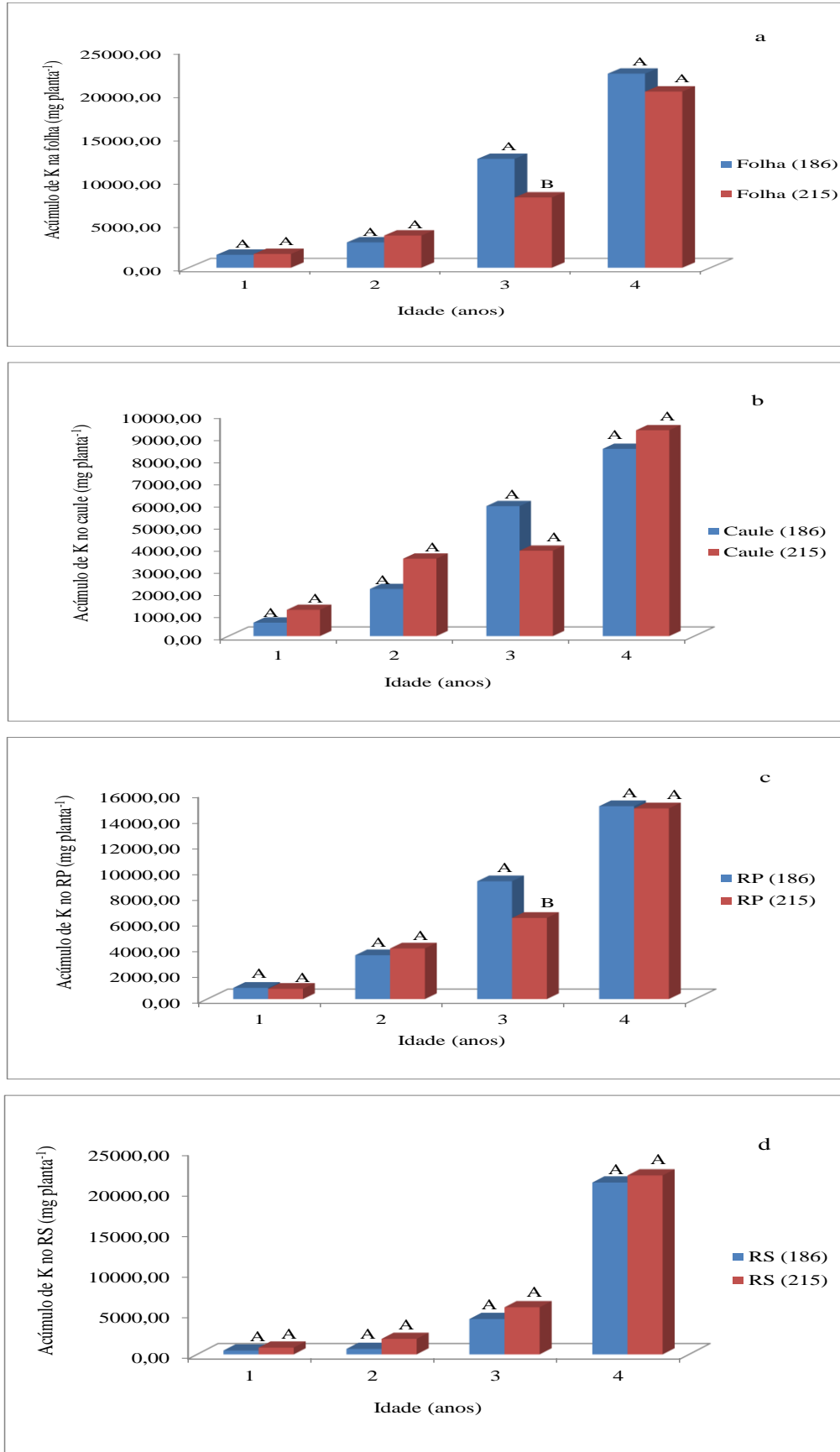


Figura 19. Conteúdos de potássio (K) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

A Figura 20 mostra que na progênie 186, somente no quarto ano a folha apresentou menor acúmulo de potássio em relação aos outros anos com 33,35% contra 31,61% do RS (ramo secundário), pois nos outros anos a folha dominou como a primeira a armazenar potássio. No quarto ano a folha ficou em primeiro, os ramos secundários em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (22,41%) e por último o caule com 12,63%.

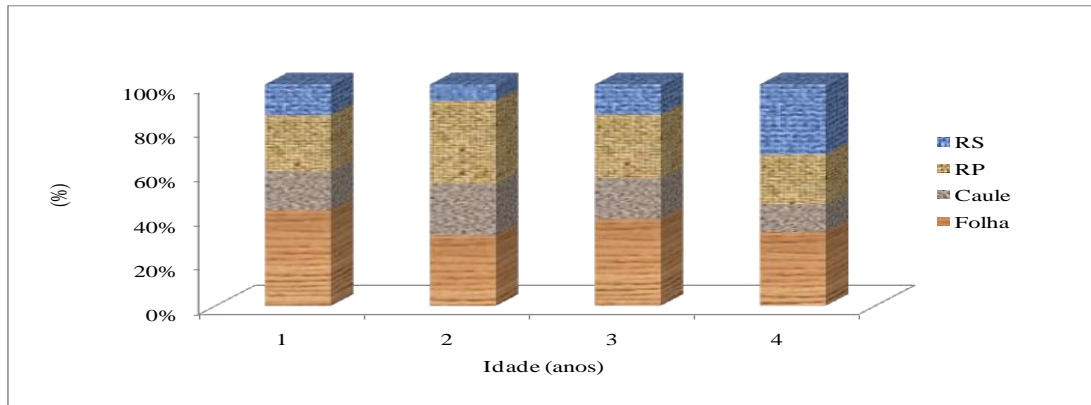


Figura 20. Distribuição em percentagem de potássio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás).

A Figura 21 mostra que na progênie 215, somente no quarto ano o ramo secundário apresentou o maior acúmulo em relação aos outros anos com 33,15% contra 30,52% nas folhas, pois nos outros anos os ramos secundários dominaram como o primeiro a armazenar potássio. No quarto ano os ramos secundários ficaram em primeiro, as folhas em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (22,33%) e por último o caule com 14,00%.

Os resultados das quantidades acumuladas de potássio em percentuais mostrados nas Figuras 20 e 21 foram inferiores, das encontradas por Bellote et al. (1980) com eucaliptos, os quais obtiveram 56,7%. Quase não houve tanta diferença na percentagem de potássio de ambas as progênies para folhas e ramos, provavelmente em função de que este elemento já havia sido exportado para o fruto, por ocasião da colheita, haja vista que a floração e a formação do fruto já começa a partir do terceiro ano de idade da planta.

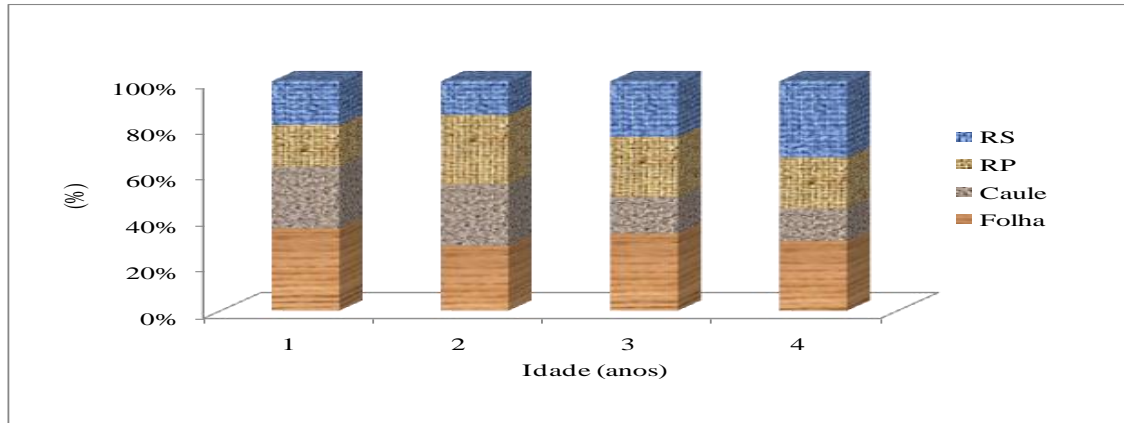


Figura 21. Distribuição em percentagem de potássio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru).

2.3.2.4 Acúmulo de cálcio nas progênies 186 e 215

Os resultados do acúmulo de cálcio na fonte de variação (progênie x anos x órgãos) em diversas partes de planta de ambas as progênies de cupuaçuzeiros, com as suas respectivas significâncias, em função da idade são mostrados na Figura 22 e nos Apêndices 2 e 6. O acúmulo de cálcio na PMI 186 (Codajás) aumentou com a idade, sendo que no terceiro ano este acúmulo foi de 2.143,23 mg planta⁻¹ de Ca em folhas passando a assumir o acúmulo máximo no quarto ano com 3.437,05 mg planta⁻¹ de Ca em folhas, sendo que na progênie 215 esses acúmulos de cálcio nas folhas também tiveram um acréscimo no terceiro ano com 1.722,60 mg planta⁻¹ de Ca ao quarto ano com 3.775,61 mg planta⁻¹ de Ca.

As quantidades acumuladas de cálcio também aumentaram no caule da progênie 186 no segundo ano com 464 mg planta⁻¹ de Ca para o quarto ano com 1.417,43 mg planta⁻¹ de Ca, enquanto a progênie 215 começou do terceiro ano com 627,92 mg planta⁻¹ de Ca para o quarto ano com 2.084,57 mg planta⁻¹ de Ca (Apêndice 7). Para ramos primários o acúmulo de cálcio surgiu do primeiro ano com 248,81 mg planta⁻¹ de Ca para o quarto ano com 1.580,52 mg planta⁻¹ de Ca na progênie 186, enquanto que a progênie 215 teve aumento do acúmulo de cálcio do terceiro ano com 895 mg planta⁻¹ de Ca para o quarto ano com 2.442,62 mg planta⁻¹ de Ca (Apêndice 8).

Nos ramos secundários a progênie 186, também obteve aumento nos acúmulos de cálcio do primeiro ano com 178,25 mg planta⁻¹ de Ca para o quarto ano com 2.375,65 mg planta⁻¹ de Ca, ficando a progênie 215 com o aumento a partir do terceiro ano de 619,56 mg planta⁻¹ de Ca para o quarto ano com 2.913,77 mg planta⁻¹ de Ca (Apêndice 9). Outra explicação para o fato do acúmulo de cálcio ser sido maior na progênie 215, quando

comparado com a progênie 186, deve-se possivelmente estar atribuída ao material genético empregado nesta pesquisa, progênie 215, ser mais eficiente no acúmulo de cálcio do terceiro ao quarto ano. Uma provável explicação seria ao fato da progênie 215 possuir maior facilidade na adsorção deste nutriente (o cálcio) nas condições do Latossolo Amarelo Areia Franca e do clima da nossa região, necessitando, entretanto de maiores informações.

Além da importância dos valores acumulados por ambas as progênies e a significância dentro desta fonte de variação (progênie x anos x órgãos) nas folhas, caules e ramos secundários, porém tem-se e o conhecimento de que a progênie 215 foi significativa para ramos primários. O que justifica os sucessivos graus de significância que pertence ao ajuste das equações de regressão (Apêndices 27 e 28), neste tipo de análise de variância contida no (Apêndice 2), do ajuste do modelo do teste de média (Apêndices 6, 7, 8 e 9). O fato é que o delineamento inteiramente casualizado se encaixou neste tipo de fatorial triplo, conforme já anteriormente citado na metodologia deste trabalho.

Os acúmulos de cálcio encontrados nas progênies 186 e 215 foram superiores aos encontrados por Bellote et al. (1980) com 13,90 mg planta⁻¹ nas folhas, 9,09 mg planta⁻¹ nos ramos e 80,09 mg planta⁻¹ nos caules. Enquanto, Barichello et al. (2006) encontraram esses acúmulos nas folhas de 11,29 mg planta⁻¹ e nos galhos de 6,73 mg planta⁻¹.

De posse desses resultados, foi observado que os maiores acúmulos de cálcio estão presentes nas folhas de ambas as progênies. As maiores quantidades acumuladas de cálcio nas folhas, provavelmente pode ter sido em função do elemento está na forma insolúvel da parede celular, participando das moléculas de pectatos de cálcio, principal substância que com o decorrer dos anos será responsável pela consistência mais firme do órgão (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA; ROMERO, 1975; MARSCHNER, 1986; MENGEL; KIRKBY, 2001).

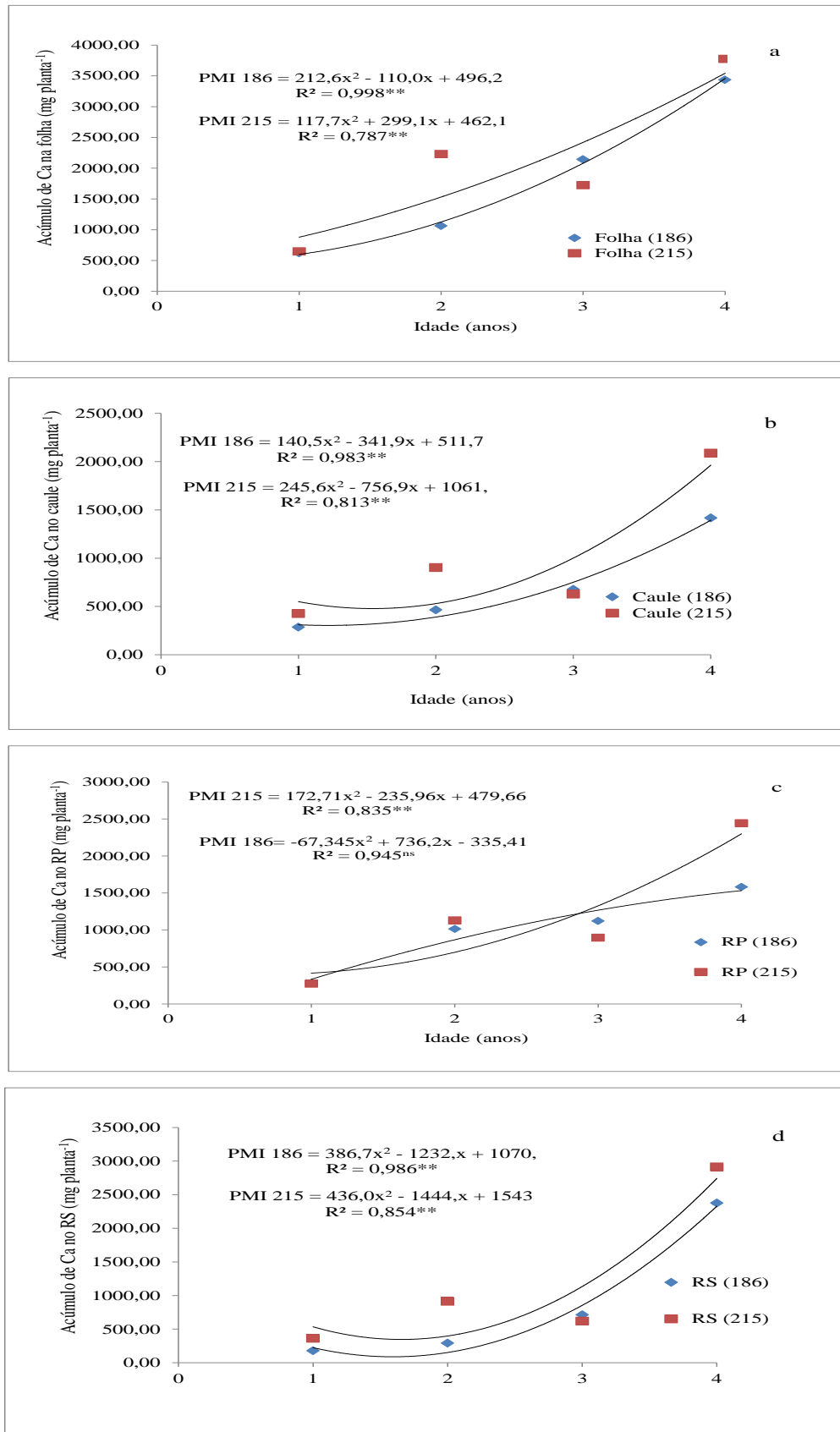


Figura 22. Acúmulos de cálcio (Ca) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

A Figura 23 mostra que na progênie 186, somente no quarto ano a folha apresentou acúmulo médio de cálcio em relação aos outros anos com 39,29% contra 27,15% do RP (ramo primário), pois em anos anteriores a folha dominou como a primeira a armazenar cálcio. No quarto ano a folha ficou em primeiro, os ramos secundários em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (17,36%) e por último o caule com 16,20%.

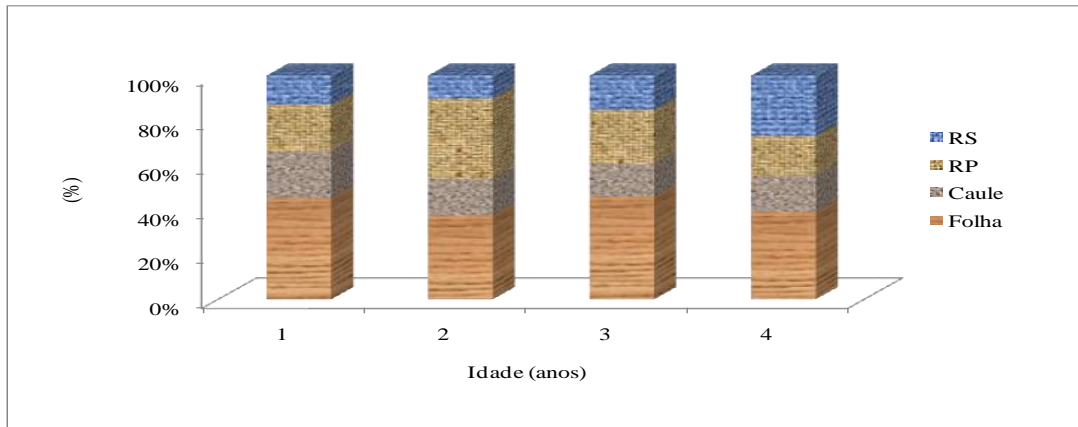


Figura 23. Distribuição em percentagem de cálcio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] da PMI 186 (Codajás).

A Figura 24 mostra que na progênie 215, somente no quarto ano a folha apresentou menor acúmulo de cálcio em relação aos outros anos com 33,65% contra 25,97% do RS (ramo secundário), pois nos anos anteriores a folha dominou como a primeira a armazenar cálcio. No quarto ano a folha ficou em primeiro, os ramos secundários em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (21,77%) e por último o caule com 18,61%.

As Figuras (23 e 24) apresentaram em termos percentuais menores quantidades acumuladas de cálcio acumuladas, quando comparada com o eucalipto aos quatro anos e meio de idade, cuja percentagem de cálcio acumulado na planta foi superior com aproximadamente 49,5%. Tais resultados, também foram obtidos por Cordeiro. (2011) com plantas de açaizeiro cuja percentagem na planta foi de 67%.

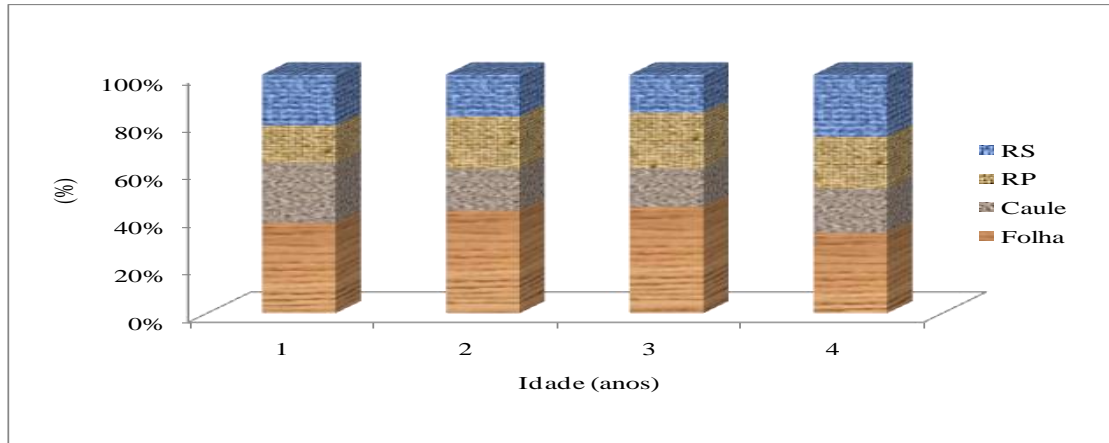


Figura 24. Distribuição em porcentagem de cálcio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] da PMI 215 (Manacapuru).

2.3.2.5 Acúmulo de magnésio nas progênies 186 e 215

Com o decorrer da idade a quantidade acumulada de magnésio aumenta nas progênies 186 e 215 nas folhas, caules, ramos primários e ramos secundários. Esta influência se reflete no ajuste do modelo quadrático de regressão polinomial (Figura 25, Apêndices 31 e 32). Este ajuste está contido fonte de variação (progênie x anos x órgãos) da análise de variância (Apêndice 2) e da análise do teste de médias (Apêndices 6, 7, 8 e 9) que mostra que o aumento do acúmulo de magnésio deu-se a partir do segundo (528,98 mg planta⁻¹ de Mg) ao quarto ano (12.665,23 mg planta⁻¹ de Mg) nas folhas, do segundo (206,76 mg planta⁻¹ de Mg) ao quarto ano (7.337,10 mg planta⁻¹ de Mg).

Nos caules, do segundo (665,70 mg planta⁻¹ de Mg) ao quarto ano (10.675,17 mg planta⁻¹ de Mg) nos ramos primários e do segundo (138,23 mg planta⁻¹ de Mg) ao quarto ano (17.195,11 mg planta⁻¹ de Mg) nos ramos secundários da progênie 186, acontecendo também no segundo (1.027,34 mg planta⁻¹ de Mg) ao quarto ano (12.406,52 mg planta⁻¹ de Mg) nas folhas, do segundo (473,56 mg planta⁻¹ de Mg) ao quarto ano (10.987,97 mg planta⁻¹ de Mg) nos caules, do segundo (622,14 mg planta⁻¹ de Mg) ao quarto ano (0,915,46 mg planta⁻¹ de Mg) nos ramos primários e do segundo (371,85 mg planta⁻¹ de Mg) ao quarto ano (13.365,31 mg planta⁻¹ de Mg) nos ramos secundários da progênie 215.

As maiores quantidades acumuladas de magnésio foi em folhas e caules da progênie 215, enquanto que os ramos primários e secundários possuem maior acúmulo de magnésio na progênie 186. Essa quantidade acumulada de magnésio também é encontrada por Barichello et al. (2006) com acácia cujo acúmulo em folha foi de 32,60 mg planta⁻¹ de Mg. Esses resultados foram inferiores aos encontrados nesta pesquisa.

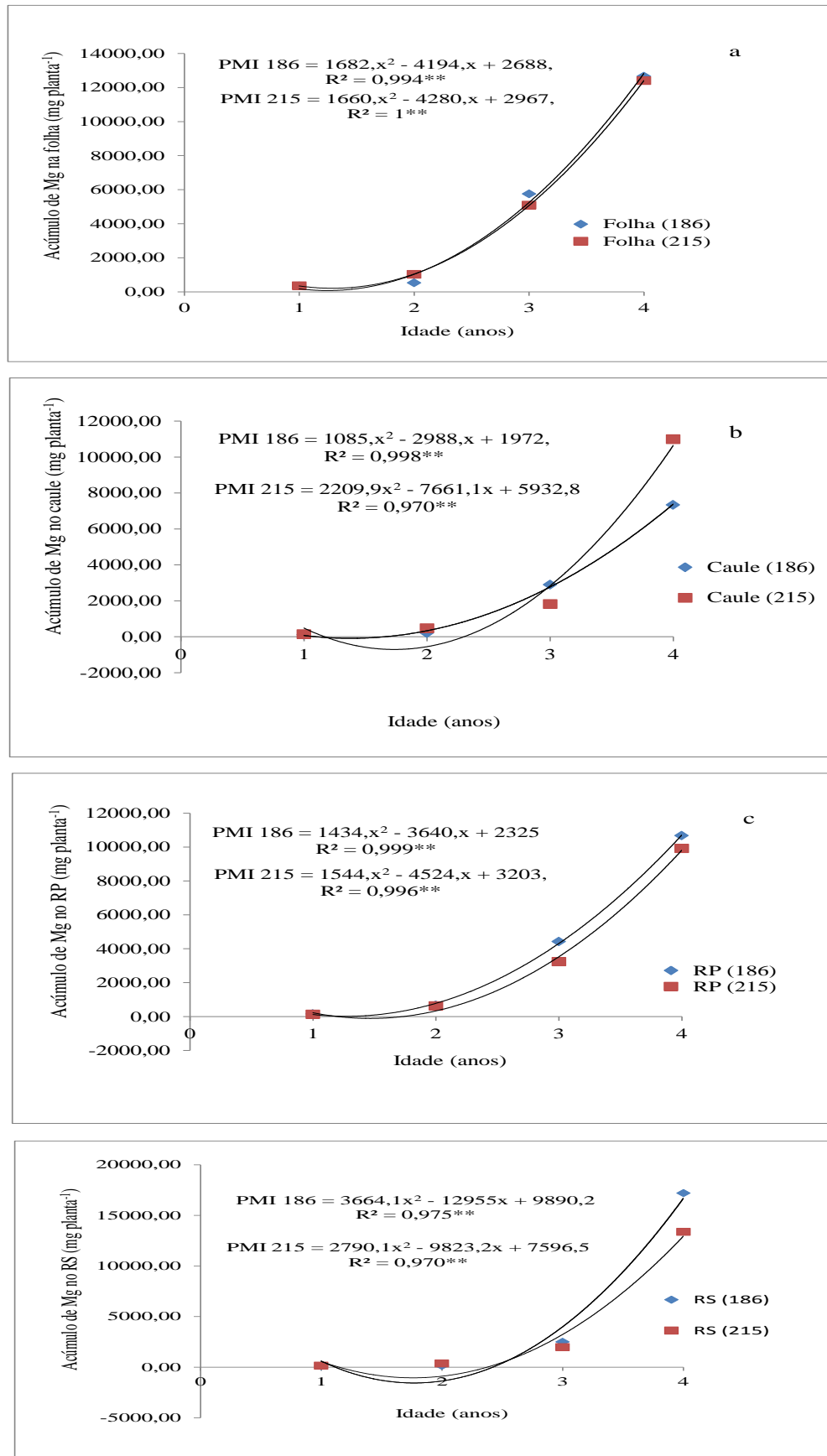


Figura 25. Acúmulos de magnésio (Mg) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

A Figura 26 mostra que na progênie 186, somente no quarto ano o ramo primário apresentou maior acúmulo de magnésio em relação aos outros anos com 35,91% contra 26,46 nas folhas, pois nos outros anos o ramo primário dominou como o primeiro a armazenar magnésio. No quarto ano o ramo primário ficou em primeiro, as folhas em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (22,30%) e por último o caule com 15,33%.

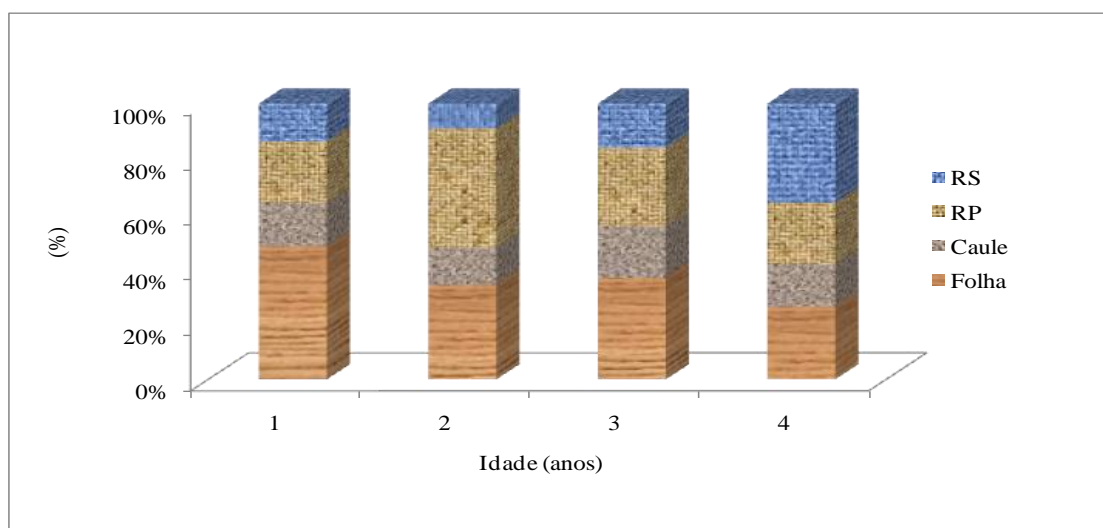


Figura 26. Distribuição em porcentagem de magnésio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum] da PMI 186 (Codajás).

A Figura 27 mostra que na progênie 215, somente no quarto ano a folha apresentou menor acúmulo de magnésio com 26,58% contra 28,64% no ramo secundário, pois nos anos anteriores, a folha dominou como a primeira a armazenar magnésio. No quarto ano os ramos secundários ficaram em primeiro, as folhas em segundo e os caules em terceiro (23,54%) e por último o ramo primário com 21,24%.

Os percentuais acumulados de magnésio nas Figuras (26 e 27) para cada órgão são inferiores aos encontrados por Bellote et al. (1980) com 53,8% nas folhas de eucalipto e aos encontrados por Cordeiro (2011). Este decréscimo em termos percentuais possa ser atribuído ao fato de que o magnésio apresenta alta mobilidade na planta translocando-se rapidamente para a copa, onde contém as folhas e outros órgãos, o qual favorecerá a ativação enzimática, principalmente aquelas associadas ao metabolismo da planta (MENGEL & KIRBY, 2001).

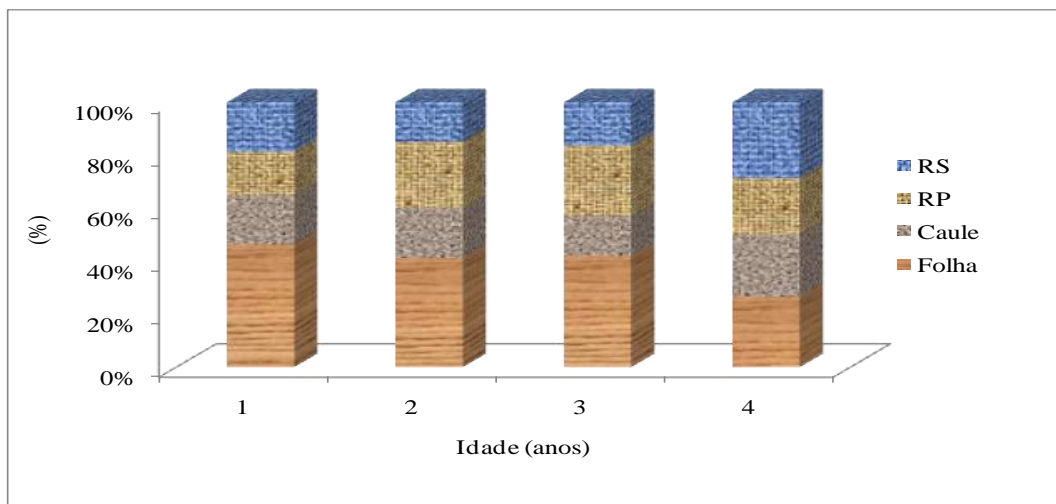


Figura 27. Distribuição em porcentagem de magnésio acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum] da PMI 215 (Manacapuru).

2.3.2.6 Acúmulo de enxofre nas progênie 186 e 215

A Figura 28 mostra que as progênie foram significativas na fonte de variação (anos x órgãos) da análise de variância (Apêndice 2) para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários, sendo visualizado na tabela do teste de média SNK. O acúmulo de enxofre só apresentou diferença significativa no quarto ano para ramo secundário (Figura 28d), também o observado essa diferença nos Apêndices 6, 7, 8 e 9.

Os menores acúmulos de enxofre foram no primeiro ano foram (386,80 mg planta⁻¹ de S) para folhas, caules (76,07 mg planta⁻¹ de S), ramos primários (114,55 mg planta⁻¹ de S) e ramos secundários (63,48 mg planta⁻¹ de S) das PMI 186 e no primeiro ano foram (402,34 mg planta⁻¹ de S) para folhas, caules (115,80 mg planta⁻¹ de S), ramos primários (110,73 mg planta⁻¹ de S) e ramos secundários (129,97 mg planta⁻¹ de S) da progênie 215 (Apêndices 6, 7, 8 e 9).

Cabe ressaltar que as maiores quantidades acumuladas de enxofre foram no quarto ano com (4.728,97 mg planta⁻¹ de S) para folhas, caules (886,21 mg planta⁻¹ de S), ramos primários (1.455,44 mg planta⁻¹ de S) e ramos secundários (3.228,49 mg planta⁻¹ de S) das PMI 186 e no primeiro ano foram (4.945,08 mg planta⁻¹ de S) para folhas, caules (1.103,67 mg planta⁻¹ de S), ramos primários (1.571 mg planta⁻¹ de S) e ramos secundários (2.796,89 mg planta⁻¹ de S) da progênie 215.

Em ambas as progênie o acúmulo de enxofre aumentou com o passar dos anos, sendo que a progênie apresenta maior capacidade em acumular enxofre nas folhas, caules, ramos

primários (RP) e ramos secundários (RS). Também, convém informar que os acúmulos de enxofre foram menores em acácia com $10,21 \text{ mg planta}^{-1}$ em folha (BARICHELLO et al., 2006) e em eucaliptos com $5,32 \text{ mg planta}^{-1}$ em folhas (BELLOTE et al., 1980) aos quatro anos de idade. Sendo esses resultados de quantidade acumulada de enxofre na planta, inferiores aos encontrados nesta pesquisa.

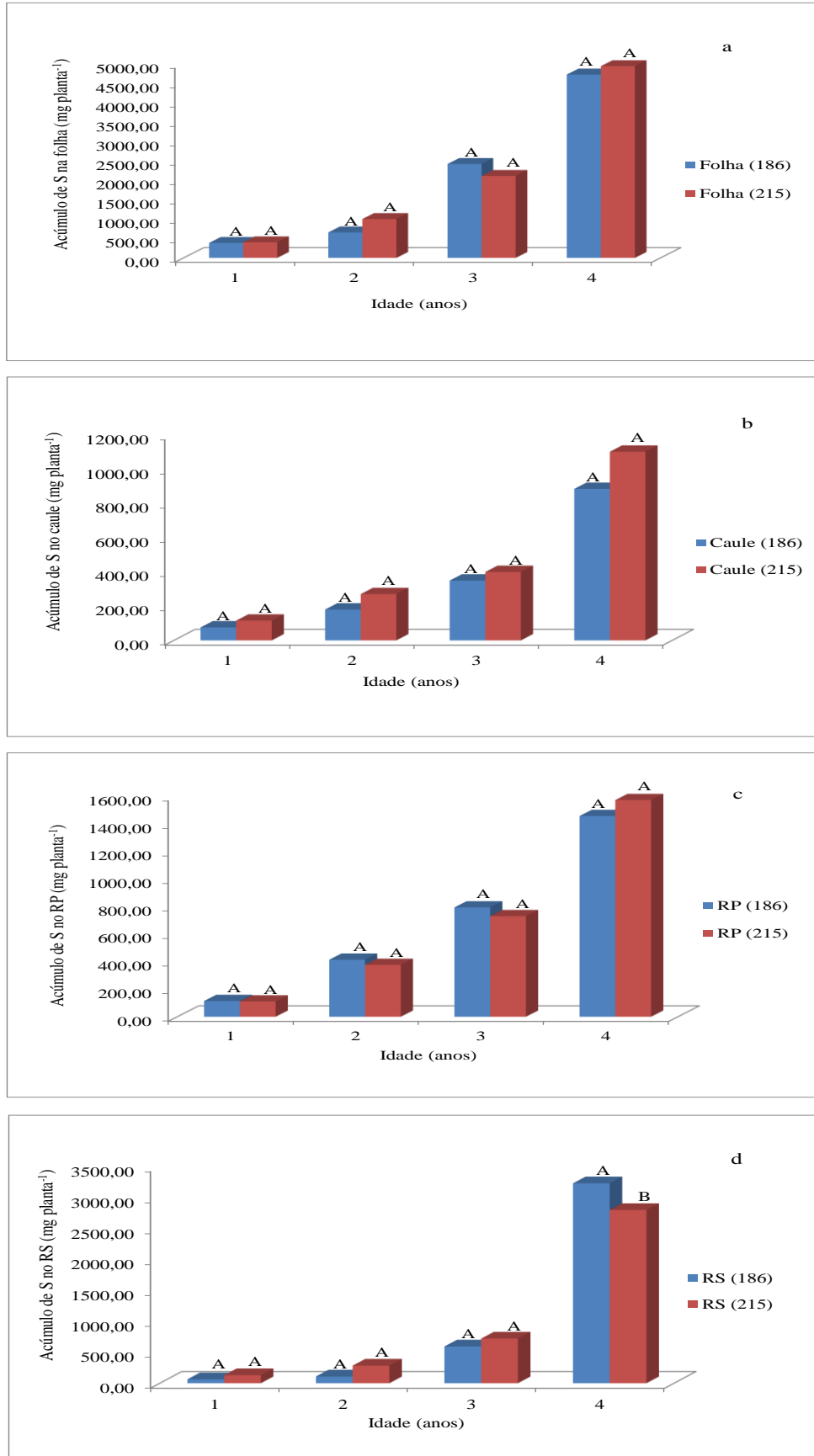


Figura 28. Acúmulos de enxofre (S) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

A Figura 29 mostra que na progênie 186, somente no quarto ano as folhas apresentaram menor acúmulo de enxofre em relação aos outros anos com 45,92 % contra 31,35% do RS (ramos secundários), pois nos outros anos as folhas foram as primeiras a armazenar enxofre. No quarto ano as folhas ficaram em primeiro, os ramos secundários em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (14,13%) e por último os caules com 8,60%.

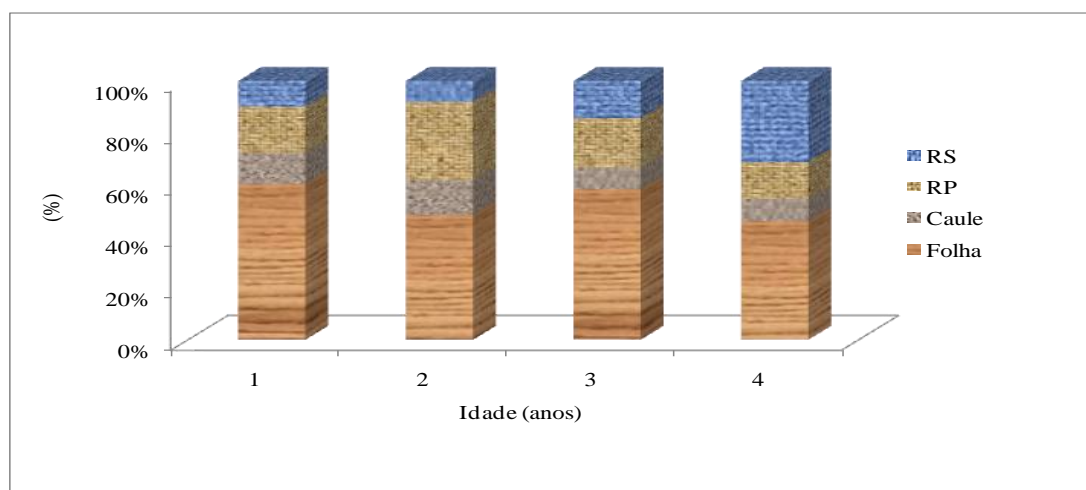


Figura 29. Distribuição em percentagem de enxofre acumulado nas diferentes partes das plantas de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] da PMI 186 (Codajás).

A Figura 30 mostra que na progênie 215, somente no quarto ano as folhas apresentaram menor acúmulo de enxofre em relação aos outros anos com 47,47% contra 26,86% do RS (ramos secundários), pois nos outros anos as folhas dominaram, sendo a primeira a armazenar enxofre. No quarto ano as folhas ficaram em primeiro, os ramos secundários em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (15,08%) e por último os caules com 10,59%. Em termos percentuais Bellote et al. (1980) em estudos com eucalipto obteve 54,9% de enxofre acumulado nas folhas, estando este resultado superior o da pesquisa.

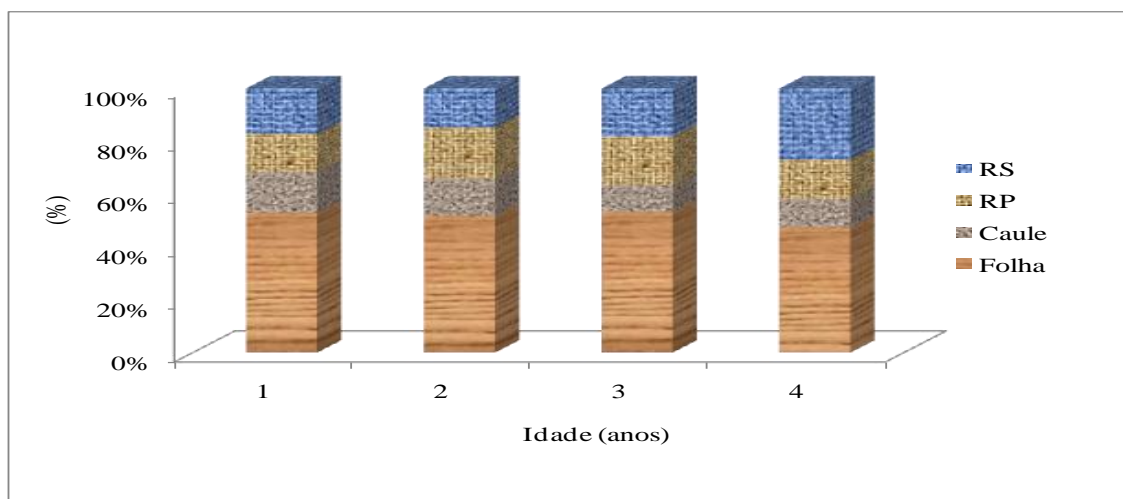


Figura 30. Distribuição em porcentagem de enxofre acumulado nas diferentes partes das plantas cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru).

2.3.3 Acúmulo total de macronutriente nas progênies de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) em função da idade.

A Figura 31 mostra que as progênies são diferentes na eficiência de absorção de macronutrientes, porém acumulam mais nitrogênio, potássio, magnésio, fósforo, cálcio e enxofre total que aumentam em função da idade da planta. Este acúmulo é refletido na produção total de macronutrientes nos componentes das progênies (Apêndices 10 e 11).

A função do estudo da quantidade total acumulada serve como parâmetro para futuros cálculos de adubação com a finalidade de repor nutrientes que são exportados pela planta, por ocasião da colheita de frutos. Por outro lado, este diagnóstico apontam características que são inerentes às progênies, como por exemplo, a de absorver os elementos minerais, trabalhá-los em seus órgãos e redistribuí-los para a formação dos frutos, ou de lançamento de novos ramos ou folhagem em solo de pH ácido o que provavelmente está ocorrendo neste estudo.

O acúmulo, proveniente da adsorção dos elementos no solo pela planta denomina-se eficiência e resposta da planta em relação ao nutriente que está disponível com complexo de troca, permitindo que estes sejam adsorvidos e redistribuídos caules folhas e ramos, teoria avaliada nesta pesquisa.

Nunca foram realizados quaisquer trabalhos para cupuaçuzeiro que comprove a eficiência das progênies e a resposta na absorção de macronutrientes para aumentar sua produção, no entanto verifica-se que não há trabalhos sobre este tema em progênies de cupuaçuzeiro. Muitos trabalhos estão direcionados a culturas mais estudadas como soja,

milho, não servindo como referência quando se trabalha com fruteira, porém o trabalho de Fidelis (2003) identificou materiais de milho eficientes quanto ao uso do nitrogênio. Trabalhos desta importância que visualizem as reais exigências nutricionais da cultura e da quantidade de adubo que deva ser aplicada no solo tem boa contribuição para a pesquisa.

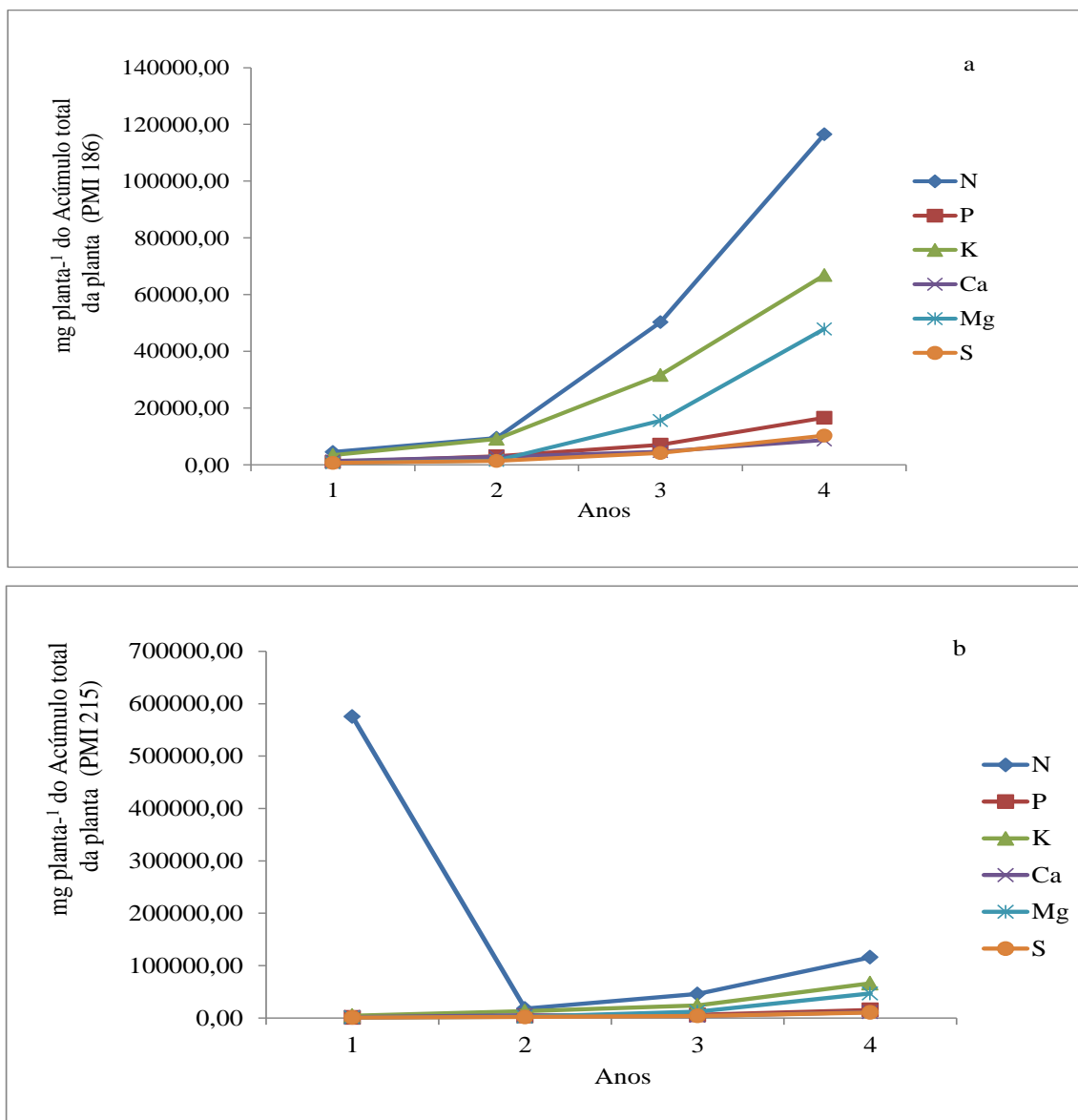


Figura 31. Acúmulo total de macronutrientes (mg planta^{-1}) da PMI 186 (a) e da PMI 215 (b) em diversas partes de planta de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], em função da idade.

De posse das quantidades acumuladas de macronutrientes no cupuaçuzeiro, foi possível calcular a quantidade demandada de adubo por vinte plantas de cada progênie na área do experimento. Esta quantidade demandada pela planta foi expressa em gramas (kg) tanto de

uréia, como de superfosfato triplo e cloreto de potássio, estando de acordo com o trabalho de Cravo et al. (2010) com a fonte de cada adubo expressa em porcentagem.

A adubação (Figura 32, 33; Apêndices 53 e 59) mostra claramente que a progênie 186 é mais eficiente na quantidade demandada de potássio. Cunha (2012) atribui do ponto de vista econômico que a progênie 186 tem maior aptidão para produção de frutos. Necessitando mais de potássio.

A progênie 215 foi eficiente na quantidade demandada de uréia com o decorrer dos anos. O trabalho de Cunha (2012) atribui a importância da progênie 215 em relação ao nitrogênio devido ser responsável pela formação da polpa do fruto, característica desta progênie. Haja vista que esta progênie tem dupla aptidão tanto para a formação de polpa, como de semente (CUNHA, 2012).

Em relação às quantidades demandadas da adubação fosfatada, neste experimento, a progênie 186 demanda mais fósforo. A demanda por fósforo na adubação fosfatada foi visualizada por Cunha (2012) em estudos com estas progênies, o qual observou que este nutriente foi distribuído nos frutos da progênie 186 para a formação de casca, o que provavelmente explicaria sua quantidade demandada por este elemento.

De posse desses resultados, pode-se inferir que o nitrogênio contido na uréia não foi perdido por volatilização, lixiviação e desnitrificação, contrastado com o trabalho de Bissani et al. (2008) em estudos com grãos. A provável explicação está no efeito residual da adubação orgânica aplicada na área do experimento, como a adubação orgânica foi posta no início do projeto é provável que já tenha sofrido transformações, através do processo de mineralização, disponibilizando os nutrientes contidos na área de plantio e os oriundos da ciclagem de nutriente de outros materiais vegetais presentes na área, como folhas de bananeiras, açazeiros e as próprias folhas das progênies.

Como o pH do solo não foi neutralizado, a quantidade demandada de fosfato e potássio na planta provocou efeito depressivo na progênie 215 ao longo dos anos, sendo a progênie 186 foi mais responsiva aos adubos aplicados no solo (Figura 32). Esta resposta aponta a importância no estudo do efeito residual do adubo sobre o potencial nutricional das progênies em cultivos futuros, destacados nos teores de nutrientes e nas quantidades acumuladas na planta. Tal efeito se refletirá numa alternativa econômica para diminuição de custos de produção nas propriedades rurais.

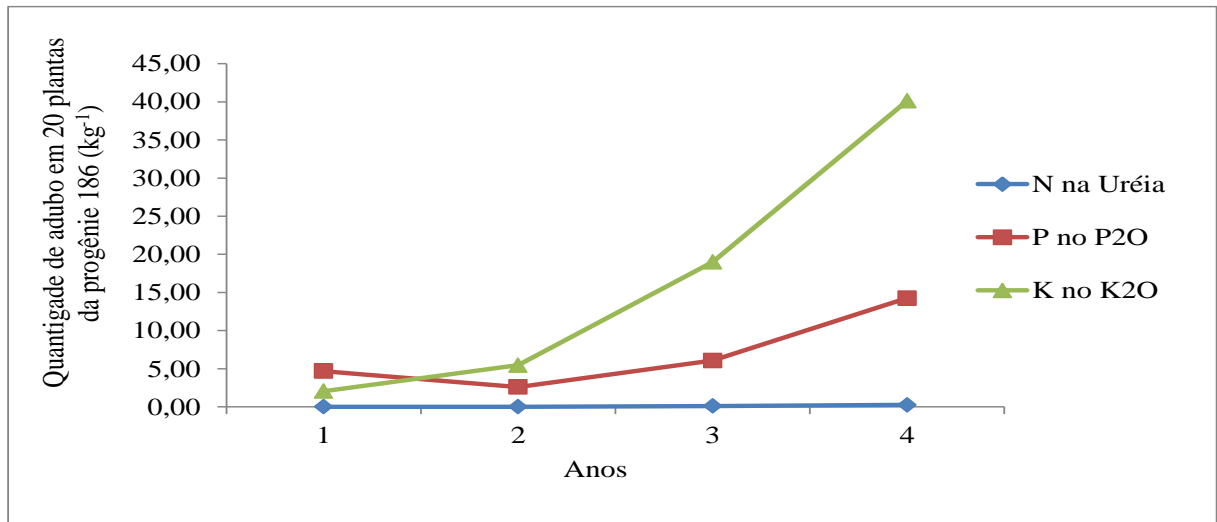


Figura 32. Quantidade demandada de adubação com uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio na progênie 186, tendo como base 20 plantas de cada progênie de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], em função da idade.

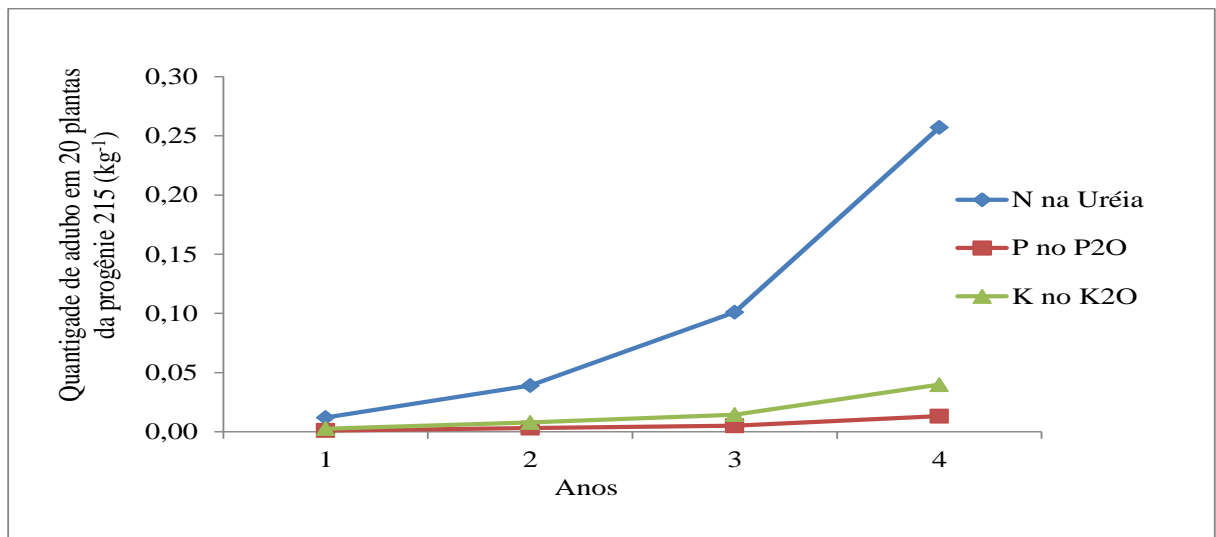


Figura 33. Quantidade demandada de adubação com uréia, fosfato triplo e cloreto de potássio na progênie 215, tendo como base 20 plantas de cada progênie de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], em função da idade.

2.4 CONCLUSÕES

A progênie 215 concentra e acumula mais macronutrientes que a progênie 186.

As progênies 215 e 186 concentram e acumulam macronutrientes na seguinte ordem N>K>Mg>P>Ca>S.

REFERÊNCIAS

- ABREU JÚNIOR, C. H. et al. Foliar nutrient concentrations and rations in height yield cocoa genotypes and relations yield and intensity of witches`broom disease. **In: Conferência Internacional de Pesquisas em cacão**. 12. Salvador. Bahia. Atas Lagos, Nigéria. Cocoa Producer`s Alliance, p. 773-780.
- AYRES, M. I. da C.; ALFAIA, S. S. Calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em Sistema Agroflorestais na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.7, Brasília, July, 2007.
- BARICHELO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Conteúdo de macronutrientes na biomassa de *Acacia mearnsii* De Wild. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v.4, n.2, p.11-20, abr./jun., 2006.
- BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A.; NECHET, D.; SÁ, T. D. de A. **Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002, 31p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 128).
- BELLOTE, A. F. J.; SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. de. Extração e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* Hill ex – Maiden em função da idade: 1 – Macronutrientes. **Revista IPEF**, n.20, p.1-33, jun., 1980.
- BELLOTTI, A. C.; VARGAS, O. H.; ARIAS, B., CASTAÑO, O.; GARCIA, C. **Cyrtomenus bergi froeschner, a new pest of cassava: biology, ecology and control**. – In: Proceedings of the 7th Symposium of the International Society of Tropical Root and Tuber Crops. p. 551-561, 1988.
- BELLOTE A. F. J.; SILVA H. D.; FERREIRA, C. A.; ANDRADE, G. C. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.37, p.99-106. 1998.
- BIELESKI, R. L.; FERGUSON, I. B. **Physiology and metabolism of phosphate and its compounds**. Em: Encyclopedia of Plant Physiology New Ser. v.15a, p.422-449. Lauchli & R. Bielecki, Eds. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, 449p. 1983.
- BISSANI, C. A. et al. **Fertilidades dos solos e manejo da adubação das culturas**. Porto Alegre, RS: Gênese, 2008. 344p.
- CABALA, R. P.; SANTANA, M. B. M.; MIRANDA, E. R. Fertilidade dos solos ocupados com cacauzeiro no Sul da Bahia. Ilhéus, BA, Brasil. CEPLAC / CEPEC. **Boletim Técnico**, n. 27, p.18, 1975.
- CARMO, C. A. F. S. et al. **Estimativa do estoque de carbono na biomassa de clones de seringueira em solos da Zona da Mata/ MG**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 14p.
- CUNHA, D. C. da. **Produção de biomassa, exportação de macronutrientes, estoque de carbono e análise econômica em cupuaçuzeiros**. 115f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2012.

CORDEIRO, R. A. M. **Crescimento e nutrição mineral de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em função da idade em sistemas agroflorestais no município de Tomé-áçú, Pará.** 137f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2011.

CRAVO, M. S.; SOUZA, A. G. C. Exportação de nutrientes por fruto de cupuaçuzeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22, 1996, Manaus. **Anais . . .** Manaus: UFAM, 1996, p.32-633.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos.** 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA / CNPS, 1997. 2012p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de plantas e fertilizantes.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999b. 307p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solo.** Centro de pesquisa do solo. 2. Ed. Rio de Janeiro, 306p. 2006.

FERREIRA, D. F. **SISVAR Versão 5.0.** Departamento de Ciências Exatas. UFLA, Lavras, MG, 2007.

FIGUEIREDO, N. N.; MACÊDO, J. L. V.; CRAVO, M. S. Avaliação do estado nutricional de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng.) Shum) em um sistema agroflorestal na Amazônia Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMA AGROFLORESTAL, 3, 2000, Manaus, **Anais ...** Manaus, EMBRAPA, 2000. P.48-50.

FIDELIS, R. R. **Metodologia de seleção para eficiência quanto ao uso e resposta à aplicação do nitrogênio em germoplasma de milho.** 2003. 37p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

YAPP, H. H J.; HADLEY, P. Simulation of the effect of solar radiation, leaf area index, and leaf nitrogen on canopy photosynthesis, radiation use efficiency and nitrogen use efficiency in cocoa (*Theobroma cacao* L.). Rural development corporation – Malaysia. **International Cocoa Research Conference.** Santo Domingo, Dominican Republic, 607-615, n. 7, 1993.

LOCATELLI, M., SOUZA, V. F.; VIEIRA, A. H.; QUISEN, E. C. **Nutrientes e biomassa em sistemas agroflorestais com ênfase ao cupuaçuzeiro, em solo de baixa fertilidade.** Porto Velho (RO), Embrapa – CPAF. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 1, 20p., nov., 2001.

MALAVOLTA, E.; ROMERO, J. P. (Coord.). **Manual de adubação.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1975. 638p.

MALAVOLTA, E. **Manual de adubação da nutrição mineral de plantas.** 2ed. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1994. 346p.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 674p.

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

MILLER, R. M.; JASTROW, J. D. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. In: *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. **Madison, America Society of Agronomy**, p.29-44, 1992.

MORAES, F. I. de O. Efeito de fertilizantes e corretivos no crescimento e produção do cacauero em solos da Amazônia Brasileira. **10 International Cocoa Research Conference**. Santo Domingo. Dominican Republic, p.17-23, may 1987.

MORAES, F. I. de O.; PEREIRA, G. C. Respostas do cacauero a aplicação de fertilizantes e corretivos nas condições da Amazônia. I Crescimento e Produção Inicial. In: **XX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Belém, 14-21 de julho. 15p. 1985.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; PEREIRA, F. M.; BOARETTO, A. F.; OIOLI, A. A. P.; SALES, L. Adubação nitrogenada na cultura da goiabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v,17, n.2, p.7-15, 1995b.

NATALE, W. Contribuição da pesquisa sobre nutrição, calagem e adubação em fruteiras para alta produção. *Toda Fruta* / 2011. Disponível: <<http://www.todafruta.com>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2013.

OLIVEIRA NETO, S. N. et al. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldilensis* Dehn em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.15-23, 2003.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RODRIGUES, A. G. Descripción y medidas de control de La escoba de bruja. **El Cacao tero Colombiano**, n.24, p.38-41, 1983.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D. Quantificação do estoque de carbono fixado em reflorestamentos de pinus na área de domínio da floresta ombrófila mista no Paraná. **Revista Cerne**. Universidade Federal de Lavras, v.13, n.1, p.32-39, jan./mar. 2007.

SILVA, A. A. Q.; SILVA, H. Teores de nutrientes em cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 1986, Brasília. **Anais...** Brasília: SBF, 1986.p.269-271.

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

SILVA, E. de B.; FARNEZI, M. M. de M. Limitações nutricionais para o crescimento de mudas de graviola em casa de vegetação em Latossolo Vermelho distrófico do Norte de Minas Gerais. **Revista de Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n.6, p.52-58, 2009.

SODRÉ, G. A. et al. Uso do desvio padrão para estimativa do tamanho da amostra de plantas de cacau (*Theobroma cacao* L.) em estudos de nutrição. **Revista Agrotrópica** (Brasil), v.13, n.3, p.145-150, 2002.

SOUZA, A. G. C.; CRAVO, M. S. Teores de nutrientes em frutos de cupuaçuzeiro. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22, Manaus, **Resumos expandidos ...** (Ed.) Universidade do Amazonas, p.634-635, 1996.

SOUZA JÚNIOR, J. O. de. Diagnose nutricional do Cacaueiro. Inovação tecnológica para o Brasil liderar a produção mundial de cacau. Universidade Estadual de Santa Cruz. **III Congresso Brasileiro de Cacau**. Centro de convenções Ilhéus, Bahia, 11 a 14 de novembro de 2012 (Palestra).

SOUZA JÚNIOR, J. O. de; CARMELLO, Q. A. de; SODRÉ, G. A. Substrato e adubação fosfatada para a produção de mudas clonais de cacau. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n.35, p.151-159, 2011.

VENTURIERI, G. A. **Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamento**. Clube do cupuaçu, Belém, 108p.1993.

VIÉGAS, I. J. M. **Crescimento do dendezeiro (*Elais 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. 217p. tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1993.

CAPÍTULO 3. AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA EM DUAS PROGÊNIES DE CUPUAÇUZEIRO [*Theobroma grandiflorum* (WILLD. EX. SPRENG.) SCHUM)].

RESUMO

O cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] é uma fruteira de grande importância para a região Amazônica. Pertence à família das *Malvaceae*, gênero *Theobroma* e tem elevada participação no mercado local na venda de frutos e de subprodutos. Sua produção é limitada e existem poucas informações sobre a contribuição da bioquímica na planta. Por isso, este trabalho teve como objetivo avaliar os teores e acúmulos de carboidratos, aminoácidos, amido, sacarose e proteínas solúveis totais em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários em duas progênies meios irmãos de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) por um período de quatro anos. O estudo foi conduzido no campo experimental da Embrapa Amazônia Oriental, no município de Belém, Estado do Pará por um período de quatro anos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial (duas progênies x 4 anos x 4 órgãos). A análise estatística foi realizada pelo Software SISVAR 5.0 com análise de teste de média SNK e regressão, através da análise de variância. A progênie 215 concentra e acumula mais aminoácidos, sacarose, carboidratos, proteínas solúveis totais e amido que a progênie 186. As progênies 215 e 186 concentram e acumulam aminoácidos, sacarose, carboidratos, proteínas solúveis totais e amido na seguinte ordem aminoácido>sacarose>carboidratos>proteínas solúveis totais>amido.

Palavras-chave: Teores, conteúdos carboidratos, aminoácidos, amido, sacarose e proteínas solúveis totais.

CHAPTER 3. BIOCHEMISTRY EVALUATION IN TWO PROGENIES OF CUPUASSU [(*Theobroma grandiflorum* (WILLD. EX. SPRENG.) SCHUM)].

ABSTRACT

The cupuassu [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] is a fruit of great importance to the Amazon region. Belongs to the *Malvaceae* family, gender *Theobroma* and has high local market share in the sale of fruits and by products. Its production is limited and there is little information on the contribution of biochemistry at the plant. There fore, this study aimed to evaluate the contents and accumulation of carbohydrates, amino acids, starch, sucrose and total soluble protein in leaves, stems, primary branches and secondary branches in two half brothers cupuassu progenies PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) for a period of four years. The study was conducted at the experimental field of Embrapa Amazônia Oriental, the city of Belém, Pará State for a period of four years. The experimental design was completely randomized with factorial triple (two progenies x 4 years x 4 organs). Statistical analysis was performed by the Software SISVAR 5.0 with SNK analysis of average and regression, by analysis of variance. The 215 progeny concentration and accumulate more amino acids, sucrose, carbohydrates, total soluble protein and starch than 186 progeny. The progenies 215 and 186 amino acids accumulate and concentrate, sucrose, carbohydrates, total soluble protein and starch in the following sequence Amino acid > Sucrose> Carbohydrates> Total soluble proteins> Starch.

Keywords: Levels, content carbohydrates, amino acids, starch, sucrose and total soluble proteins.

3.1 INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro, [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], é uma fruteira de grande importância para a região Amazônica. Pertence à família *Malvaceae*, gênero *Theobroma*. Esta espécie é encontrada espontaneamente nas áreas de mata do sul e nordeste da Amazônia oriental brasileira e nordeste do Maranhão, e também na região Amazônica de países vizinhos (SCHWAN, 2000).

Por ser esta cultura tão importante pela variabilidade de produtos e subprodutos que caracterizam sua valorosa participação nos mercados local, nacional e internacional, torna-se importante o estudo de metabólitos na planta que garantam a produção, mas que estão sujeitos a modificações nos órgãos da planta, através das alterações das condições ambientais, tais como temperatura, chuvas, luminosidade, estresse, influência dos nutrientes, adubação e outros fatores (ACOSTA et al., 1995; ITO et al., 2003).

Entre os vários processos que ocorrem nos meristemas, no final do período de indução floral, tem-se a maximização do processo de divisão celular, ativação e supressão de expressão gênica e biossíntese de macromoléculas, como carboidratos, proteínas, lipídeos, aminoácidos, amido e sacarose (BERNIER et al., 1993).

Existem consideráveis diferenças quanto à alocação de assimilados entre os diferentes tipos de órgãos e espécies vegetais, sendo essa variabilidade de interesse para o melhoramento vegetal. Muitas espécies vegetais acumulam amido em frutos imaturos e a degradação desse amido durante a maturação contribui para um aumento no teor de sólidos solúveis (Brix). É interessante notar que os frutos de uma dessas espécies, *L. hirsutum*, acumulam muito amido quando verdes, o qual está relacionado com uma maior atividade da enzima ADP-glicose pirofosforilase (SCHAFFER et al., 2000).

A produção de órgãos florais está diretamente relacionado com a produção de órgãos vegetativos, pois foi verificado que as estruturas florais competem com os brotos vegetativos em desenvolvimento por vários metabólitos, como carboidratos, aminoácidos, nutrientes como o nitrogênio, entre outros compostos (AGUSTÍ, 2000).

Existem estudos voltados para a produção de assimilados basicamente para frutos e flores constituindo a maioria dos trabalhos de pesquisa, no entanto, pouco se tem conhecimento sobre a produção desses assimilados nos demais órgãos de fruteiras, o que torna necessário darmos ênfase neste aspecto, como produção de carboidrato, aminoácidos, sacarose, amido e proteínas solúveis totais para que possamos entender de que forma será

necessário a padronização de uma adubação adequada em que a planta possa suprir as suas necessidades quanto aos carboidratos, aminoácidos, sacarose, amido e proteínas solúveis totais, para fins de bons rendimentos agronômicos.

Por isso, este trabalho tem como objetivo avaliar os teores e conteúdos de carboidratos, aminoácidos, amido, sacarose e proteínas solúveis totais em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários de duas progênies meios irmãos de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) em função da idade. Que são determinações importantes, a fim de que se entenda a influência dos variáveis bioquímicas no desenvolvimento da planta.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi implantado em uma área de consórcio cupuaçuzeiro x açaizeiro x bananeira no período de 2003 a 2007 na Embrapa Amazônia Oriental, localizada na cidade de Belém, no Estado do Pará (Figura 3). Limitada pelas coordenadas 48°26'55'' e 48°26'40'' de Latitude Norte - Sul e 01°26'30'' e 01°26'10'' de Longitude Leste - Oeste de Greenwich. A temperatura média mensal em Belém é de 27,1°C, com umidade relativa do ar a 80%. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante da região é o Afi, com alta pluviosidade, sendo a média de 2.754,4 mm anuais, ocorrendo uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma estação seca, ou menos chuvosa, de junho a novembro (BASTOS et al., 2002).

Os dados médios mensais referentes à temperatura, precipitação pluviométrica e brilho solar durante a condução do experimento foram coletados na Estação Meteorológica da Embrapa/Belém, tendo como partida o ponto da estação meteorológica (coordenadas de 01° 26' 12,3''S a 048° 26'48,2''W) até o experimento (coordenadas de 01° 26'24,6''S a 048° 26'40,8''W), perfazendo uma distância de 400 metros em linha reta (Figura 4 do Capítulo 2).

3.2.2 Arranjo experimental

A área experimental tem aproximadamente 4.300 m² com as progênes 186 e 215 de cupuaçuzeiro plantadas e dispostas em linhas de forma alternada em espaçamento de 5x5 m, em consórcio com bananeira 2,2x2,5 m, utilizadas como sombreamento provisório e açaizeiro como sombreamento definitivo (10x10 m), além do mogno nas bordaduras (20x10 m). A Figura 5 do Capítulo 2 mostra a distribuição das plantas de cupuaçuzeiro consorciadas com bananeiras, açaizeiros e mogno. A pesquisa foi realizada durante quatro anos, com avaliações anuais, de 5 plantas de cada progênie, com um total de 40 plantas.

Na Figura 6a do Capítulo 2, observa-se a distribuição de árvores de cupuaçuzeiro em consórcio com açaizeiro, mogno (sombreamento definitivo) e bananeira como sombreamento provisório e Figura 6b cupuaçuzeiro com quatro anos de idade em plena coleta de folhas,

caule e ramos para análises. Para a seleção das plantas de cupuaçuzeiro, foram considerados alguns critérios como: plantas localizadas na mesma parcela, representativas de mesma idade, uniformes, nutridas, sadias e bem desenvolvidas (Figura 6c do Capítulo 2).

3.2.3 Amostragem do solo

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo Areia Franca de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006). Foram coletadas amostras de solo em maio de 2002 antes da implantação do experimento (Tabela 4 do Capítulo 2), na profundidade de 0-20 cm. Em maio de 2005, durante a condução do experimento (Tabela 5 do Capítulo 2). As análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001).

3.2.4. Adubação da área experimental

A adubação no sistema de consórcio cupuaçuzeiro x açazeiro x bananeira foi iniciada pela bananeira, um ano antes da implantação do cupuaçuzeiro com 500g de superfosfato triplo (SFT). Dois meses depois houve a adubação com 1 kg de torta de mamona (TM) por planta e no mês seguinte 200g de cloreto de potássio (KCl). Três meses após, foi realizada a adubação em cobertura com 250g de uréia, 250g de cloreto de potássio (KCl), 100g de calcário dolomítico aplicado em cobertura somente no primeiro ano da bananeira e 10g de FTE (micronutriente). No açazeiro com um ano de idade, foi realizada a adubação em cobertura com 70g de uréia, 100 g de SFT (superfosfato triplo), 85g de KCl (cloreto de potássio), 90g de sulfato de magnésio e 5g de FTE (micronutriente) por planta. No cupuaçuzeiro no ano de implantação (2003) foi realizada a adubação em cova com 25g de SFT (superfosfato triplo), 100g de KCl (cloreto de potássio) e 500g de TM (torta de mamona). Dois meses após, houve adubação em cobertura com 100g de uréia, 200g de KCl (cloreto de potássio), 50g de SFT (superfosfato triplo) e 50g de sulfato de magnésio. No mês seguinte foi realizada a adubação orgânica com 1 kg de TM (torta de mamona) por planta e feito cobertura com capim e folha de bananeira. Em 2004 foi realizada a adubação em cobertura com 107g de uréia, 178g de SFT (superfosfato triplo), 142g de KCl (cloreto de potássio), 20g de FTE (micronutriente) e 50g de sulfato de magnésio. Em 2005, foi realizada a adubação com 180g de uréia, 200g de

SFT (superfosfato triplo), 170g de KCl (cloreto de potássio), 200g de sulfato de magnésio, 10g de FTE (micronutriente). Em 2007 foi realizada a última adubação com 200g de uréia, 100g de KCl (cloreto de potássio), 100g de SFT (superfosfato triplo), 100g de sulfato de magnésio e 20g de FTE (micronutriente).

3.2.5 Seleção do material vegetal

Foram retiradas sementes dos clones 186 e 215 e produzidas às mudas para participarem do trabalho. Estes clones foram escolhidos por apresentar características de alta produtividade de frutos e tolerância à vassoura-de-bruxa.

Essas mudas foram plantadas em 2003, já estando com um ano de plantio de 2004. Em 2006, começam a floração na estação chuvosa (no mês de abril). E iniciou a produção de frutos em setembro de 2006 (estação menos chuvosa). Caracterizando a precocidade do material selecionado para esta pesquisa (progênes 186 e 215), cujo intervalo de produção de fruto foi diferente de uma progênie para outra.

3.2.6 Obtenção e preparo das amostras

Foram escolhidas plantas de cupuaçuzeiro ao acaso, onde foi utilizando o método direto destrutivo de árvores proposto por Sanqueta et al. (2007) e Carmo et al. (2004), utilizando toda a planta de cupuaçuzeiro. Cada componente da planta foi coletado (folhas, caule e ramos) e posto sobre lona plástica.

As folhas foram coletadas segundo a metodologia descrita por Sodré et al. (2002) para plantas de cacau no que consiste a coleta de folhas a partir do ápice de um lançamento recém-maduros, com 60 a 90 dias, a meia altura da copa, no terceiro par de folhas alternadas, evitando ramos com lançamentos novos.

No conjunto dos ramos foram retirados fragmentos de todos os ramos e localizados em diferentes posições da copa da árvore, os quais foram misturados formando uma amostra composta. Dessa amostra, foi retirada uma subamostra de 500g, a qual devidamente pesada com o auxílio de uma balança analítica para a determinação do peso fresco e posteriormente condicionada e etiquetada em saco de papel Kraft e levada para secar em estufa de circulação

forçada de ar, regulada para operar na temperatura de 70°C, até atingir peso de massa constante.

O caule do cupuaçuzeiro foi pesado inteiro e retirada uma amostra em forma de disco com o auxílio de uma motosserra, de aproximadamente 2,5 cm de espessura, do terço inferior, médio e superior, conforme descrito por Oliveira Neto et al. (2003). Após a secagem na estufa foi determinada a massa seca das amostras dos diferentes componentes do cupuaçuzeiro. Sendo que o período necessário para secagem do material vegetal foi de uma semana para folhas e duas semanas para caules e ramos.

3.2.7 Coleta das plantas e variáveis bioquímicas

Foram feitas quatro coletas destrutivas nas PMI (s) 186 e 215, sempre por volta das 9:00 horas, no qual as plantas foram separadas em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários. Em seguida, as partes foram pesadas separadas para a determinação de massa fresca.

As amostras de cada parte foram reservadas para a determinação da porcentagem de umidade através da determinação da massa seca em estufa de circulação forçada de ar a 70°C a 75°C. Imediatamente após a coleta o material seco foi levado para um moinho tipo Willey para preparo de pó fino, armazenados em frascos hermeticamente fechados e colocados em um dessecador até o momento das análises.

3.2.7.1 Determinação dos teores de carboidratos solúveis totais em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários nas progênies 186 e 215

Para a determinação da análise de carboidratos solúveis totais foi utilizado à metodologia proposta por Dubois et al. (1956). Esta metodologia consiste na pesagem de 50 mg de massa seca (MS) em pó de folhas, caules, ramos primários e ramos secundários de duas progênies meio irmãs de cupuaçuzeiro (PMI 186 e PMI 215), que posteriormente, foram colocadas em tubos de ensaio de 15 mL e homogeneizadas com 5 mL de água destilada e colocados em banho-maria por 30 min a 100°C.

Os tubos de ensaio foram retirados do banho-maria e levados para extração das amostras através da centrifugação em centrífuga de bancada (1000 rpm) durante 10 minutos,

no qual os sobrenadantes coletados, retirou-se uma alíquota de 100 μ L do sobrenadante (realizando o teste de diluição) junto com 400 μ L de H₂O em tubos de ensaio e sob agitação vigorosa e homogeneização através do vórtex.

Depois foi adicionado 0,5 mL de fenol 5% e agitando novamente vórtex e adicionado uniformemente e de uma única vez no centro do tubo (com pipeta graduada) 2,5 mL de H₂SO₄ concentrado. Assim, foram agitados os tubos colocados na bancada para repouso por 20 minutos e sua leitura foi feita no espectrofotômetro a 490 nm, tendo como o branco a utilização de água destilada (em substituição ao extrato) + reagentes, que foram colocados, na seguinte proporção de 0,5 mL de água destilada + 0,5 mL de fenol 5% + 2,5 mL de H₂SO₄.

Para o cálculo das concentrações de carboidratos solúveis totais utilizou-se uma curva-padrão de glicose e os resultados foram expressos mmol de glicose/ g MS para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários de duas progênies meio irmão de cupuaçuzeiro (186 e 215).

3.2.7.2 Determinação dos teores de aminoácidos solúveis totais em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários nas progênies 186 e 215

Para a determinação de aminoácidos solúveis totais foi utilizado à metodologia proposta por Peoples et al. (1989), que consiste na obtenção de 100 mg de massa seca (MS) em pó de folhas, caules, ramos primários e ramos secundários de duas progênies meio irmãs de cupuaçuzeiro (PMI 186 e PMI 215), que foram pesadas e colocados em tubos de ensaio com rolha de borracha. Foram adicionados 5 mL de água destilada e a suspensão foi colocada para ferver em banho-maria a 100°C por 30 minutos. Em seguida, os tubos foram deixados à temperatura ambiente por alguns minutos e, posteriormente, centrifugados em centrífuga de mesa, a 3000 rpm por 10 minutos.

Após, o sobrenadante foi coletado em tubo de ensaio e o resíduo ressuspendido com outros 5 mL de água destilada, repetindo-se o procedimento da extração anterior. Em seguida, os extratos foram coletados em tubo de ensaio graduado e o volume completado com água destilada até atingir 10 mL. Em seguida, os extratos foram congelados para posterior determinação de N- α -amino.

A reação foi preparada em tubo de ensaio, com rolha, adicionando-se 0,1 mL de extrato + 0,4 mL de água destilada + 1 mL de tampão citrato 0,2 M pH 5,0 + 1 mL do reagente de ninhidrina (10 mL de KCN 0,01 M + 590 mL de metil cellosolve 100% + 5 g de

ninhidrina). A mistura foi homogeneizada através de agitação dos tubos e colocada em banho-maria a 100 °C por 15 minutos. Em seguida, os tubos de ensaio foram removidos do banho-maria e a reação foi interrompida em banho de gelo, e acrescentado 1,5 mL de etanol 50% (v/v).

Após, atingida a temperatura ambiente, as leituras foram feitas em espectrofotômetro a 570 nm, usando-se água destilada (em substituição ao extrato) + reagentes como branco. As concentrações de aminoácidos solúveis totais foi determinado a partir da curva-padrão através de uma mistura-padrão de L-asparagina + L-glutamina (Sigma) e os resultados expressos em μmol de AA/ g MS para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários de duas progênes meio irmão de cupuaçuzeiro (186 e 215).

3.2.7.3 Determinação dos teores de amido em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários nas progênes 186 e 215

Para a determinação do amido em diversas partes das plantas, como folhas, caules, ramos primários e ramos secundários das (PMI 186 e PMI 215) foi utilizado o método proposto por Dubois et al. (1956). Neste tipo de metodologia, foi feita, primeiramente, uma extração etanólica (50 mg do pó da matéria seca / 5,0 mL de etanol 80%, 30 min a 80° C) e depois foi feita uma nova extração, sendo que agora com 5,0 mL de HClO_4 30% por 30 minutos a 25°C.

A primeira e a segunda extração foram levadas para centrifugar (2000 rpm por 10 minutos) e coletados os sobrenadantes. Os sobrenadantes de cada extração foram unidos e aferidos ao volume para 10 mL com água destilada para obtenção do extrato total.

Nos tubos de ensaio foram colocados 100 μL do sobrenadante + 400 μL de H_2O destilada e agitando-se em vórtex, adicionando-se 0,5 mL de fenol 5% e agitando no vórtex, logo depois foi adicionado uniformemente e de uma única vez no centro do tubo (com pipeta graduada) 2,5 mL de H_2SO_4 concentrado e novamente agitado os tubos em vórtex e levado após 20 min. de repouso ao espectrofotômetro a 490 nm.

Para o cálculo das concentrações de amido utilizou-se uma curva-padrão de glicose e os resultados mmol de glicose/g de resíduo para cada parte de planta analisada (folhas, caules, ramos primários e ramos secundários) de duas progênes meio irmãs de cupuaçuzeiro (186 e 215).

3.2.7.4 Determinação dos teores de sacarose em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários nas progênies 186 e 215

Para a determinação das concentrações de sacarose utilizou-se a metodologia de Van Handel (1968). Neste método, foram utilizadas 30 mg de massa seca para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários de duas progênies meio irmão de cupuaçuzeiro (186 e 215), onde foram homogeneizadas em tubos de eppendorf de volume de 2,0 mL, contendo 1,5 mL de solução de MWC (metanol, clorofórmio e água; 12:5:3 v/v/v), e agitado em “shacker” durante 30 minutos a temperatura ambiente.

O homogeneizado foi centrifugado a 10000 rpm por 10 minutos e coletado o sobrenadante, e o resíduo foram novamente extraídos com igual volume de MCW, seguindo-se uma nova centrifugação e coleta do sobrenadantes, no qual os mesmo foram reunidos para obtenção do extrato total.

A cada 2,0 mL do sobrenadante adicionou-se 0,5 mL de clorofórmio e 750 µL de água deionizada, seguindo-se sob agitação e centrifugação (2000rpm, 10') para a separação da fase aquosa. Após esse processo foi retirada com uma pipeta de Pasteur a fração aquosa metanólica (superior) e transferido para tubos de ensaio, a partir daí os tubos com a fração aquosa metanólica foram levados ao banho-maria e aquecidos a 35°C por um período de 30 minutos a 45 minutos para evaporação do clorofórmio residual e então foi determinado o volume restante.

A quantificação das amostras foi realizada tomando-se alíquotas de 100 µL da fase aquosa adequadamente diluída (fazer teste de diluição) adicionando 100 µL de KOH 30%. Após a vigorosa agitação a mistura foi aquecida a 100°C por 10 minutos e, após resfriamento, foi adicionado imediatamente 3,0 mL de solução de antrona 0,2 %, em ácido sulfúrico e a mistura ficou sob agitação e aquecida a 40°C por 20 minutos respectivamente. Após resfriamento, agitou as amostras por 10 segundo e foram realizadas as leituras em espectrofotômetro a 620 nm. Para os cálculos, uma curva padrão de sacarose foi preparada e os resultados foram expressos em mg de sacarose/ g MS para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários de duas progênies meio irmãs de cupuaçuzeiro (PMI 186 e PMI 215).

3.2.7.5 Determinação dos teores de proteínas solúveis totais em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários nas progênies 186 e 215

Na determinação das concentrações de proteínas solúveis totais foram determinadas segundo o método de Bradford (1976) em diversos componentes das progênies 186 e 215, como folhas, caule, ramos primários e ramos secundários. Em tubos de ensaio de 15 mL foram adicionados 100 mg de pó da matéria seca (MS) em 5,0 mL do tampão de extração (Tris-HCl 25 mM pH 7,6). Em seguida os tubos ficaram sobre o processo de agitação durante 2 horas no “shacker” com os tubos devidamente lacrados.

Após a extração, os tubos foram centrifugados em centrífuga de bancada (2000 rpm por 10 minutos). Foram colocados nos tubos de ensaios 100 µL do sobrenadante após a centrifugação + 2,5 mL do reagente de Bradford. Após este processo os tubos manualmente foram agitados delicadamente (para não desnaturar as proteínas). Com 15 min. de repouso as leituras foram realizadas no espectrofotômetro a 595 nm, contra o branco que encerra 100 µL de água + 2,5 mL do reagente de Bradford. As concentrações de proteínas solúveis totais foram estimadas a partir da curva-padrão construída com soro albumina bovina p.a (Sigma). Os resultados foram expressos em mg proteína/ g MS para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários para as progênies Codajás e Manacapuru.

3.2.7.6 Determinação dos acúmulos de carboidratos, aminoácidos, amido, sacarose e proteínas solúveis totais nas progênies 186 e 215

O acúmulo de carboidrato, aminoácido, amido, sacarose e proteínas solúveis totais foi determinado com base na massa seca (g planta^{-1}) de cada componente (folhas, caules, ramos primários e secundários) das duas progênies multiplicando pelo teor de cada variável bioquímica (carboidrato, aminoácido, amido, sacarose e proteínas solúveis totais), dividindo estes valores por mil obtendo o acúmulo de cada parte de planta, contida em cada progênie, tendo esses resultados expressos em mg planta^{-1} de cada variável bioquímica.

Acúmulo (carboidrato, aminoácido, amido, sacarose e proteínas solúveis totais) = Massa Seca (F, C, RP, RS) x Teor (carboidrato, aminoácido, amido, sacarose e proteínas solúveis totais) /1.000 (Apêndices 12, 13, 14 e 15).

3.2.8 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em fatorial triplo 2 x 4 x 4 (duas progênies (PMI 186 e PMI 215) x quatro anos de avaliação e quatro componentes da planta (folhas, caules, ramos primários e ramos secundários) com 5 repetições, totalizando 40 unidades experimentais, no qual cada unidade experimental foi composta de uma (1) planta da progênie 186 (Codajás) e uma (1) planta da progênie 215 (Manacapuru). Foi aplicado o teste de média SNK ao nível de 5% de probabilidade e a análise de variância para teores e conteúdos bioquímicos contidos em suas fontes de variação que foram desdobradas pelo teste de Student – Newman – Keuls (Apêndices 3 e 4).

A fonte de variação utilizada na análise de variância (progênie x anos) compõe teores e acúmulos de sacarose com seus respectivos testes de média SNK ao nível de 5% de probabilidade e análises de regressão para as PMI(s) 186 e 215. Na fonte de variação (progênie x órgãos) estão os teores de carboidratos (Carb.) e teores e acúmulos de proteínas solúveis totais (P.S.T). Na fonte de variação (progênie x anos x órgãos) estão à maioria dos assimilados, como teores de aminoácidos (AA), amido, acúmulos de carboidratos (Carb.), acúmulos de aminoácidos (AA) e acúmulos de amido.

A fonte de variação corresponde à distribuição das variáveis bioquímicas dentro do Software SISVAR, versão 5.0, que de acordo com Ferreira (2007) deverá ser utilizada em experimentos de alta complexidade, para melhor visualização dos elementos que fazem parte da análise. Assim sendo, este trabalho foi realizado num delineamento inteiramente casualizado em que foram feitas as análises de variância (Apêndices 3 e 4), e as análise de testes de médias SNK ao nível de 5% de probabilidade (Apêndices 12 a 15) e regressão quadrática polinomial (Apêndices 33 a 52) para duas progênies meios irmãos 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru), estudando folhas, caules, ramos primários e secundários ao longo dos quatro anos de pesquisa em campo.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Teores bioquímicos nas progênes de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) em função da idade.

3.3.1.1 Teor de carboidrato nas progênes 186 e 215

A Figura 34 apresenta o teor de carboidratos dentro da fonte de variação (progênie x anos x órgãos) da análise de variância (Apêndices 3, 12, 13, 14 e 15), em função da idade, reflete o estudo do ajuste ao modelo de regressão quadrática para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários das progênes 186 e 215.

Na análise de regressão observou-se que com o decorrer dos anos, os teores de carboidratos aumentam nas folhas no primeiro ano (1,13 mmol de Glu g MS de Carb.) ao terceiro ano (1,59 mmol de Glu g MS de Carb.); no caule no primeiro ano (0,96 mmol de Glu g MS de Carb.) ao terceiro ano (1,35 mmol de Glu g MS de Carb.); nos ramos primários no primeiro ano (0,74 mmol de Glu g MS de Carb.) ao terceiro ano (1,27 mmol de Glu g MS de Carb.); e nos ramos secundários no primeiro ano (0,55 mmol de Glu g MS de Carb.) ao segundo ano (0,98 mmol de Glu g MS de Carb.) na progênie 186 dos apêndices (33 e 34).

A progênie 215, com o passar dos anos, os teores de carboidratos aumentam nas folhas no primeiro ano (1,58 mmol de Glu g MS de Carb.) ao terceiro ano (1,96 mmol de Glu g MS de Carb.); nos caules no primeiro ano (1,21 mmol de Glu g MS de Carb.) ao terceiro ano (1,59 mmol de Glu g MS de Carb.); nos ramos primários no primeiro ano (0,89 mmol de Glu g MS de Carb.) ao terceiro ano (1,33 mmol de Glu g MS de Carb.) e nos ramos secundários no primeiro ano (0,70 mmol de Glu g MS de Carb.) ao segundo ano (1,17 mmol de Glu g MS de Carb.). Observa-se que os teores de carboidratos começam a crescer do primeiro ao terceiro ano na sua maioria, e decrescem no quarto ano (Apêndices 33 e 34).

Assim, os maiores teores de carboidratos foram obtidos nas folhas da PMI 215 (1,96 mmol de Glu g MS de Carb., no terceiro ano) e da PMI 186 nas folhas (1,59 mmol de Glu g MS de Carb., no terceiro ano). Todavia, os menores teores de carboidratos estão nos ramos secundários na PMI 186. Também, foi determinado um ponto máximo na curva do gráfico de regressão polinomial quadrática da Figura 36, que a progênie 186 com aproximadamente em 2,7 anos atinge 4,83 mmol de Glu g MS de Carb. do teor de carboidrato nas folhas, enquanto

a progênie 215 com menos de um ano, ou seja, em meio ano obtém 0,48 mmol de Glu g MS de Carboidrato nas folhas.

Tal fato, também pode ser realizado num processo de derivação em ambas as curvas de regressão polinomial quadrática de ambas as progênies 186 e 215, quando correlacionadas com outras partes da planta, tais como os caules atingiriam 8,63 mmol de Glu g MS de Carb. em aproximadamente 5,5 anos, ramos primários atingiriam 1,32 mmol de Glu g MS de Carb. em 2,6 anos e ramos secundários atingiriam 0,99 mmol de Glu g MS de Carb. em aproximadamente 2,5 anos da progênie 186.

A progênie 215 os caules atingiriam 1,98 mmol de Glu g MS de Carb. em aproximadamente 1,4 anos, ramos primários atingiriam 1,39 mmol de Glu g MS de Carb. em 2,5 anos e ramos secundários atingiriam 1,66 mmol de Glu g MS de Carb. em aproximadamente 3,5 anos).

O cálculo do ponto máximo da curva em que as progênies atingem o seu máximo na produção de carboidratos é bem diferente nos caules da progênie 186, que necessitaria de mais anos para que os teores de carboidratos atingissem o seu limite máximo de produção na planta.

Os resultados desta pesquisa inferem que os teores de carboidratos são maiores em folhas do que em caules, ramos primários e secundários. Estes resultados podem estar relacionados com o trabalho de Scarpore Filho et al. (2010) com plantas de videiras onde observaram que folhas maduras produzem mais carboidratos do que necessitam para manterem suas atividades metabólicas e crescimento, e exportam os fotoassimilados excedentes, na forma de sacarose, para tecidos fotossinteticamente menos ativos ou inativos, como folhas jovens, raízes, cachos ou ramos.

Embora haja ausência de informações sobre os teores de carboidratos em cupuaçuzeiro, seria importante a observação de que a formação de carboidratos na planta não foi prejudicada quando comparamos com os teores de nitrogênio do capítulo anterior, cuja produção foi maior nas folhas da progênie 215, o mesmo acontecendo com carboidrato. Caracterizando, que a planta está assimilando o nitrogênio por influência da adubação nitrogenada com uréia, com isso aumenta a capacidade das fontes dos drenos metabólicos, aumentando a formação dos componentes fotossintéticos, como carboidrato.

A formação dos componentes fotossintéticos (carboidratos) é maior na progênie 215 nas folhas devido haver muita energia provida da fotossíntese, essa energia vem dos carboidratos para prover o metabolismo do nitrogênio na planta. O metabolismo do carboidrato foi provido da fotossíntese (CRUZ et al., 2005; GRECHI et al., 2007). Isso

acontece porque do segundo ao terceiro ano, na curva de regressão, a planta começa a lançar nova formação de folhas (fase vegetativa).

A provável explicação para que o teor e conteúdo de carboidrato fosse maior na progênie 215, quando relacionamos estes resultados com o trabalho de Cunha (2012) em cupuaçuzeiro, foi devido à progênie 186 ter mais aptidão para fruto, o que explica que o teor e conteúdo de carboidrato ter sido menor, por redistribuir o nitrogênio para outro órgão, a fim de começar o processo de floração.

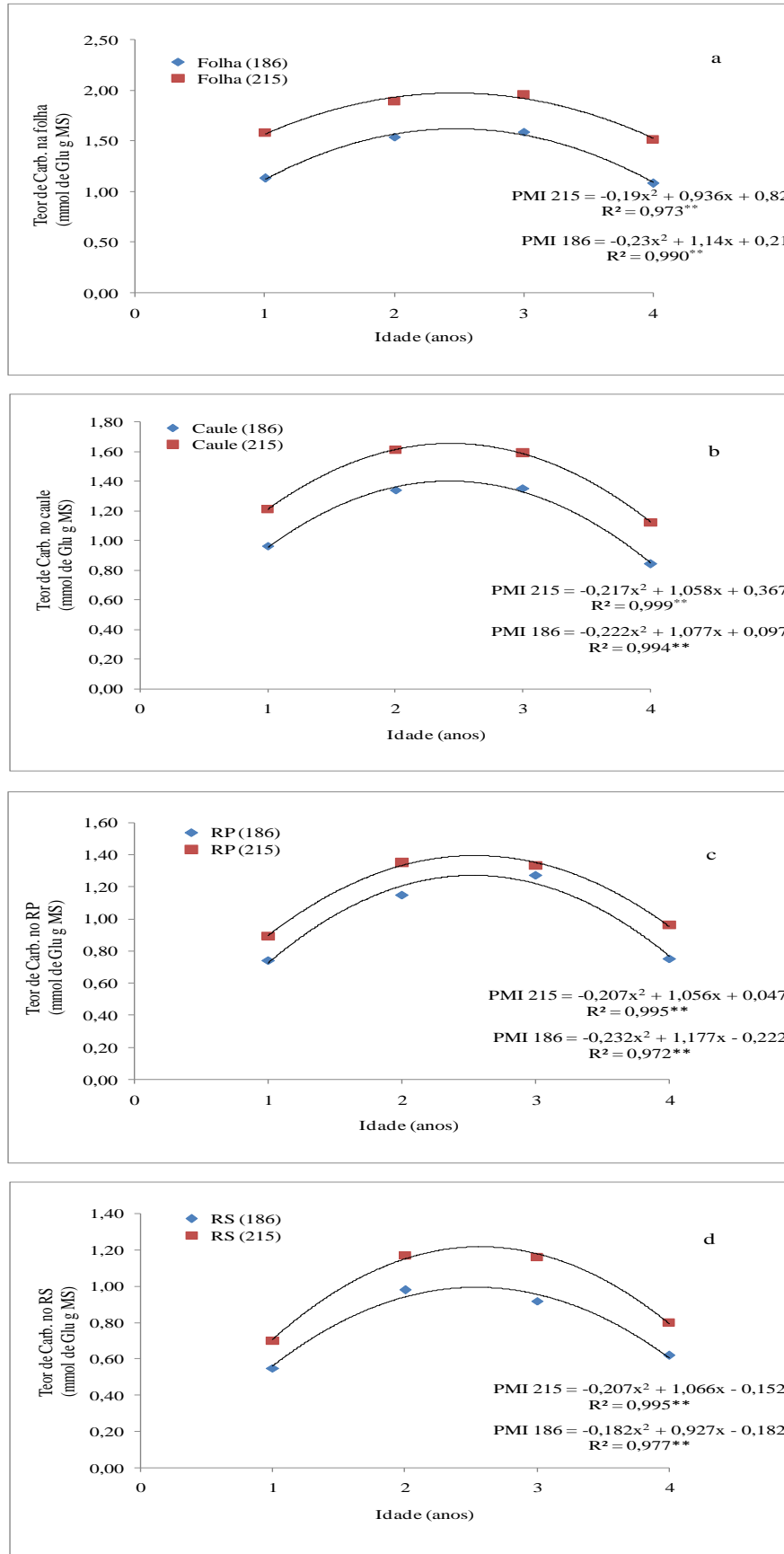


Figura 34. Teores de carboidratos (Carb.) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

3.3.1.2 Teor de aminoácidos nas progênies 186 e 215

A Figura 35 apresenta o teor de aminoácidos dentro da fonte de variação (progênie x anos x órgãos) da análise de variância (Apêndices 3, 12, 13, 14, 15) em função da idade, na qual reflete o estudo do ajuste ao modelo de regressão quadrática para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários das progênies 186 e 215 (Apêndices 37 e 38).

Na análise de regressão geralmente, a partir do terceiro ano, os teores de aminoácidos aumentam nas folhas no segundo ano (28,25 μmol de AA g MS) ao terceiro ano (31,43 μmol de AA g MS); nos caules no primeiro ano (22,28 μmol de AA g MS) ao terceiro ano (29,67 μmol de AA g MS); nos ramos primários no primeiro ano (20 μmol de AA g MS) ao terceiro ano (27,06 μmol de AA g MS); e nos ramos secundários no primeiro ano (12,87 μmol de AA g MS) ao terceiro ano (23,74 μmol de AA g MS) na progênie 186.

Isso também acontece com a progênie 215 que com o passar dos anos, os teores de aminoácidos aumentam nas folhas no segundo ano (36,30 μmol de AA g MS) para o terceiro ano (43,55 μmol de AA g MS); nos caules no segundo ano (27,65 μmol de AA g MS) ao terceiro ano (40,23 μmol de AA g MS); nos ramos primários no primeiro ano (23,15 μmol de AA g MS) ao terceiro ano (29,92 μmol de AA g MS) e nos ramos secundários no primeiro ano (17,57 μmol de AA g MS) ao terceiro ano (26,91 μmol de AA g MS).

Assim, os maiores teores de aminoácidos foram obtidos na progênie 215, cuja ordem decrescente da concentração de aminoácidos foi de F>C>RP>RS, enquanto que na progênie 186 os menores teores de aminoácidos obedeceram à seguinte ordem de classificação, como F>C>RP>RS.

Na Figura 35, ocorreu a derivação da curva de regressão para ambas as progênies, no sentido de localizar o ponto máximo em que as plantas de cupuaçuzeiros apresentam concentrações ótimas de aminoácidos para atingir uma boa produção. No entanto, é possível a observação de que a progênie 186 necessitaria de apenas 0,2 anos para conter 0,68 μmol de AA g MS, enquanto a progênie 215 necessitaria de 0,1 anos para conter 0,12 μmol de AA g MS.

O acréscimo nos valores de aminoácidos pode ser explicado através do sombreamento e o aumento do suprimento de nitrogênio (adubação com uréia), assim como o decréscimo do nitrogênio ao longo dos anos nas progênies em caules e ramos, no Capítulo 2. A baixa disponibilidade de nitrogênio para a planta vai ocasionar a diminuição do número e do tamanho dos componentes fotossintéticos (aminoácidos), ao passo que um suprimento maior de nitrogênio poderia promover uma redução na abertura dos estômatos, devido ao efeito

negativo da uréia sobre a condutância do mesófilo (CRUZ et al., 2005). O mesmo fato foi observado também em plantas jovens de *Theobroma cacao*, onde os efeitos do sombreamento e doses de nitrogênio proporcionaram acréscimo de aminoácidos até uma determinada dose de nitrogênio, e decréscimo em doses de nitrogênio mais elevada (COSTA et al., 2001).

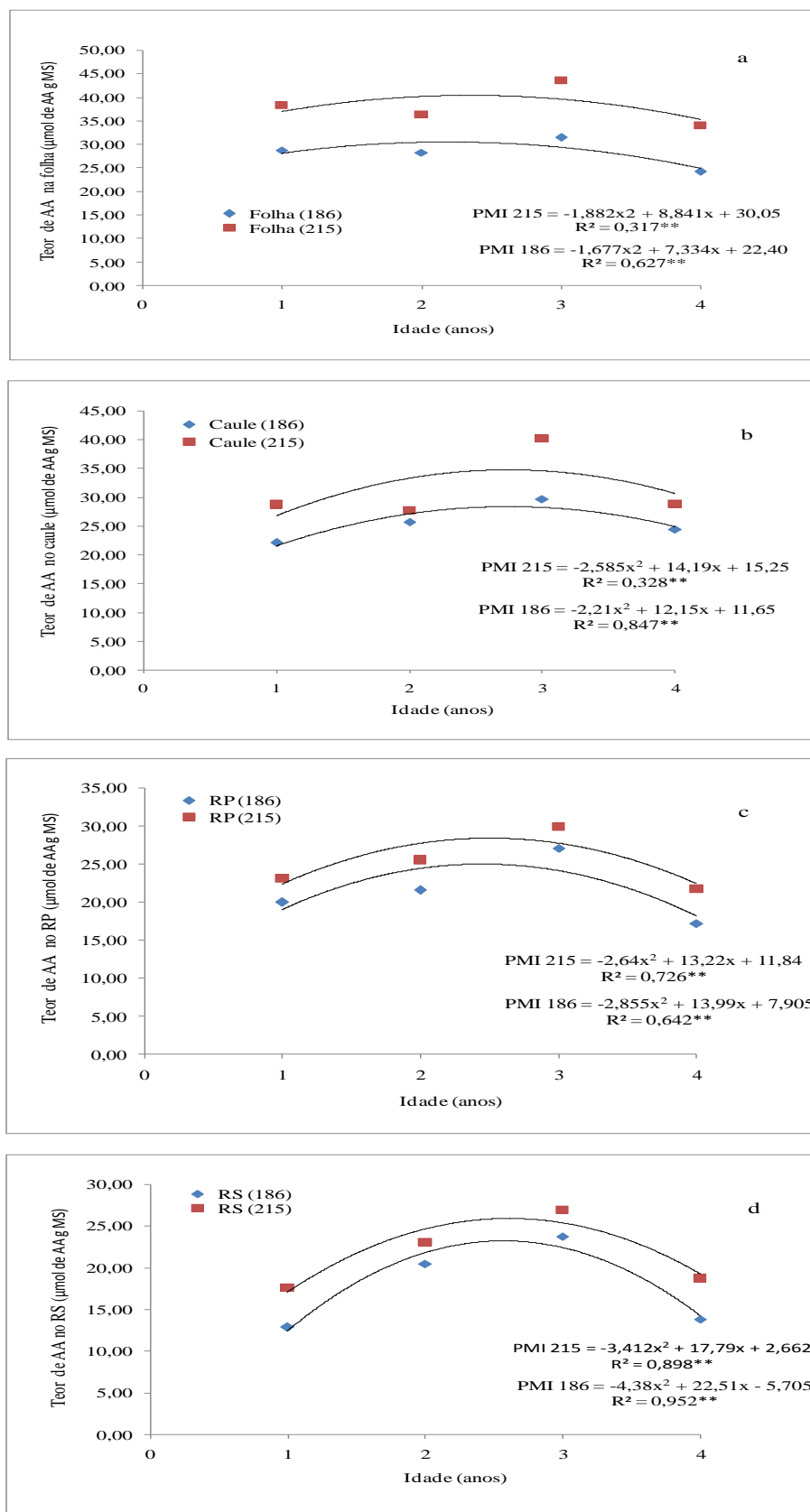


Figura 35. Teores de aminoácidos (AA) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) cupuacuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

3.3.1.3 Teor de amido nas progênies 186 e 215

A Figura 36 apresenta os teores de amido dentro da fonte de variação (progênie x anos x órgãos) da análise de variância (Apêndices 3, 12, 13, 14, 15) em função da idade, na qual reflete o estudo do ajuste ao modelo de regressão quadrática para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários das progênies 186 e 215 (Apêndices 41 e 42).

Na análise de regressão, se observa que com o decorrer dos anos, os teores de amido aumentam nas folhas a partir do segundo ano com 0,64 mmol de Glu g de resíduo e a partir do terceiro ano essa produção reduziu ficando a 0,23 mmol de Glu g de resíduo, no quarto ano.

Nos caules no primeiro ano (0,14 mmol de Glu g de resíduo) ao segundo ano, no qual o teor de amido diminui (0,25 mmol de Glu g de resíduo); nos ramos primários no segundo ano (0,14 mmol de Glu g de resíduo) ao quarto ano, ocorre um decréscimo do teor de amido (0,05 mmol de Glu g de resíduo); e nos ramos secundários no segundo ano (0,07 mmol de Glu g de resíduo) ao terceiro ano (0,06 mmol de Glu g de resíduo) na progênie 186.

Isso também acontece com a progênie 215 que com o aumento da idade, os teores de amido aumentam nas folhas no segundo ano (0,72 mmol de Glu g de resíduo) ao terceiro ano (0,76 mmol de Glu g de resíduo); nos caules no primeiro ano (0,20 mmol de Glu g de resíduo) ao segundo ano (0,28 mmol de Glu g de resíduo); nos ramos primários no segundo ano (0,17 mmol de Glu g de resíduo) ao quarto ano (0,10 mmol de Glu g de resíduo) e nos ramos secundários no segundo ano (0,10 mmol de Glu g de resíduo) ao terceiro ano (0,08 mmol de Glu g de resíduo). Os teores de amido foram maiores na progênie 215 quando comparada com a progênie 186.

Na Figura 36 foi calculada a estimativa do ponto máximo da concentração de amido em ambas as progênies em função da idade nas folhas, caules, ramos primários e ramos secundários. Portanto, somente a partir de 0,7 anos, a progênie 186 atingiria 0,32 mmol de Glu g de resíduo de amido em folhas; nos caules necessitaria de 1,1 anos para atingir 0,18 mmol de Glu g de resíduo de amido; nos ramos primários a planta necessitaria de 0,8 anos para concentrar 0,07 mmol de Glu g de resíduo de amido, assim como nos ramos secundários 0,2 anos seriam necessários para concentrar 0,0028 mmol de Glu g de resíduo.

O ponto máximo estimado, também foi obtido em partes de planta da progênie 215, o qual atingiria -0,02 mmol de Glu g de resíduo de amido em folhas em 0,1 ano. Para caules necessitaria de 0,1 ano para atingir 0,00039 mmol de Glu g de resíduo de amido; nos ramos primários a planta necessitaria de 0,6 anos para concentrar 0,052 mmol de Glu g de resíduo de

amido, assim como nos ramos secundários 0,3 anos seriam necessários para concentrar 0,008 mmol de Glu g de resíduo.

De posse dos resultados, do cálculo do ponto ótimo estimado, os teores de amido foram maiores na progênie 186 em folhas e menores na progênie 215, provavelmente isso aconteceu devido o teor de amido inicial da progênie 215 ter sido insuficiente para fornecer o carbono necessário à síntese de sacarose, o que explica o resultado negativo na equação de regressão.

Os resultados acima estão de acordo com o trabalho de Silva et al. (2003) em que de maneira geral, confirma que a quantidade de amido degradado não era suficiente para justificar a quantidade de sacarose acumulada após a colheita em estudos com diferentes cultivares de manga.

Observa-se que as curvas de regressão quadrática apresentam comportamento diferente para o teor de amido e sacarose (Figuras 36 e 37), sendo que o amido para ambas as progênies 186 e 215 decresce a partir do segundo ano, enquanto a sacarose aumenta. O teor de amido é maior nas folhas, enquanto que a sacarose está mais presente nas folhas e caules. Isso acontece porque está ocorrendo o aumento do crescimento vegetativo da planta, fazendo com que os teores de amido diminuam e o de sacarose aumente. O aumento do amido nas folhas também pode está associado aos teores de cálcio que podem está em pequena quantidade na planta, por ocasião do pH do solo, haja vista, que o pH manteve-se ácido.

Segundo Bonhomme et al. (2005) durante o inverno, o conteúdo de açúcares solúveis totais aumenta e o amido diminui gradativamente nos ramos. Após a superação da dormência, ocorre uma nova formação e o armazenamento de amido nos tecidos adjacentes à gema (base), associados com a diminuição nos níveis de açúcares solúveis nos ramos.

O amido e a sacarose são os principais produtos da fotossíntese nas plantas superiores. A sacarose é redistribuída na planta para sustentar o crescimento, enquanto o amido é acumulado nos cloroplastos para servir como reserva de carboidratos durante o período em que a fotossíntese não está ocorrendo (HAMOND e BURTON, 1983; HEWITT et al., 1985). A maioria das espécies vegetais acumula uma quantidade suficiente de amido durante o período de luz, para suprir a demanda de energia no período de escuro, e manter um crescimento eficaz (HEWITT et al., 1985).

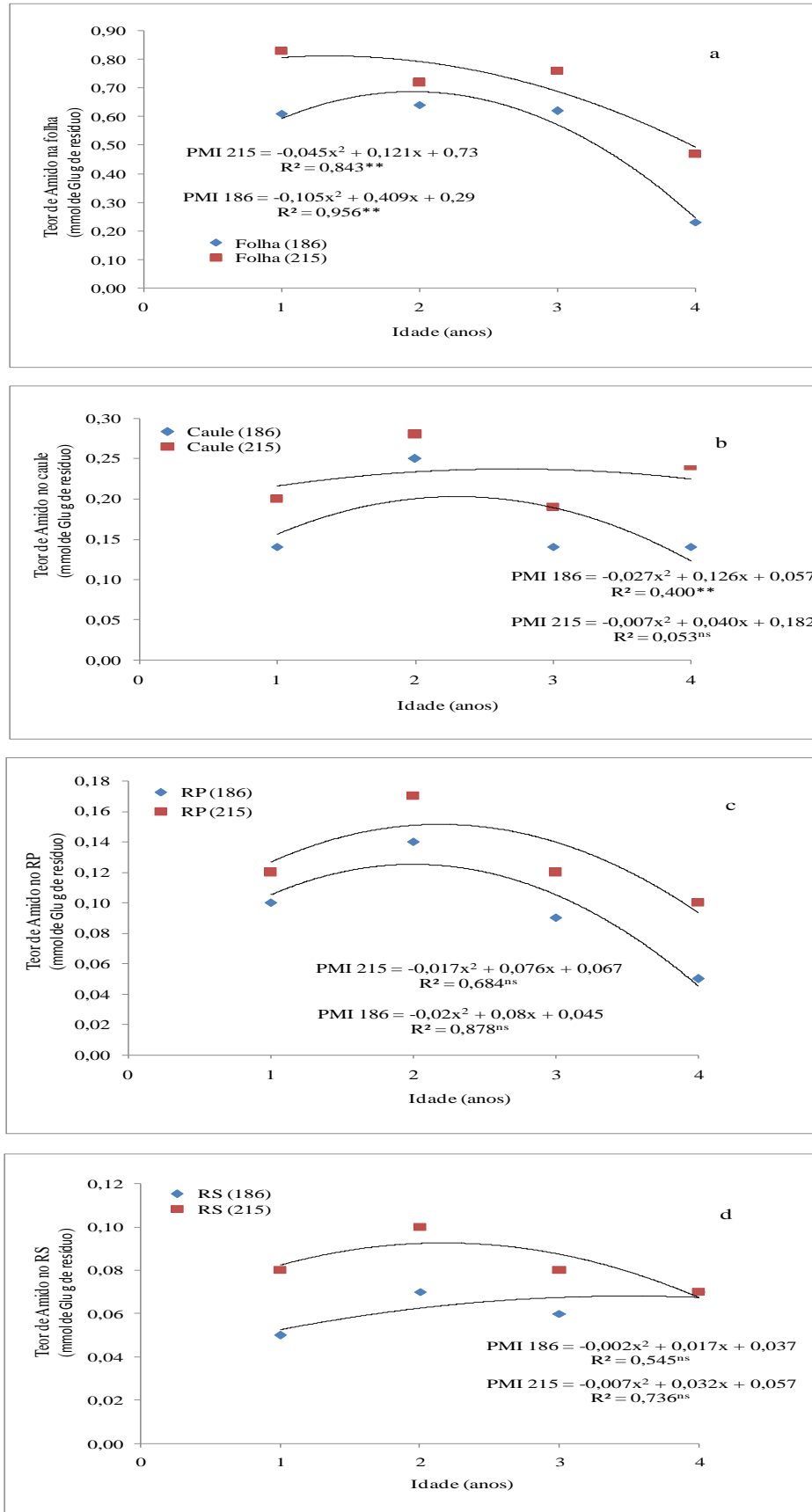


Figura 36. Teores de amido em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

3.3.1.4 Teor de sacarose nas progênies 186 e 215

A Figura 37 contém os teores de sacarose dentro da fonte de variação (progênie x anos) da análise de variância (Apêndices 3, 12, 13, 14, 15) em função da idade, na qual reflete o estudo do ajuste ao modelo de regressão quadrática para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários das progênies 186 e 215 (Apêndices 45 e 46).

A análise de regressão mostra que com o decorrer dos anos, os teores de sacarose aumentam nas folhas no primeiro ano (10,90 mg sacarose g MS) ao quarto ano (20,64 mg sacarose g MS); nos caules no primeiro ano (8,51 mg sacarose g MS) ao quarto ano (18,88 mg sacarose g MS). Nos ramos primários no primeiro o ano (7,48 mg sacarose g MS) ao quarto ano (17,84 mg sacarose g MS); e nos ramos secundários no primeiro ano (5,58 mg sacarose g MS) ao quarto ano (15,60 mg sacarose g MS) na progênie 186.

Resultados semelhantes foram observados com a progênie 215 que com o passar dos anos, os teores de sacarose aumentam nas folhas no primeiro ano (15,07 mg sacarose g MS) ao quarto ano (25,07 mg sacarose g MS); nos caules no primeiro ano (12,70 mg sacarose g MS) ao quarto ano (24,05 mg sacarose g MS); nos ramos primários no primeiro ano (9,65 mg sacarose g MS) ao quarto ano (21,36 mg sacarose g MS) e nos ramos secundários no primeiro ano (7,67 mg sacarose g MS) ao quarto ano (19,91 mg sacarose g MS).

A Figura 37 serviu de parâmetro para o cálculo do ponto de máxima concentração de sacarose, onde necessitaria de 3,2 anos para as folhas armazenarem 23,46 mg sacarose g MS, enquanto o caule necessitaria de 1,5 anos para armazenar 9,7 mg sacarose g MS, o ramo primário necessitaria de 1,3 anos para armazenar 7,68 mg sacarose g MS e o ramo secundário necessitaria de 0,9 anos para armazenar 5,07 mg sacarose g MS na progênie 186.

A progênie 215 necessitaria de 2,5 anos para as folhas armazenarem 51,95 mg sacarose g MS, enquanto o caule necessitaria de 5,5 anos para armazenar 43,28 mg sacarose g MS, os ramos primários necessitariam de 1,6 anos para armazenar 11,18 mg sacarose g MS e os ramos secundários necessitariam de 1,1 anos para armazenarem 7,23 mg sacarose g MS.

De posse dos resultados desta pesquisa, constata-se que a progênie 215 armazena mais sacarose que a PMI 186 nas folhas. Uma provável explicação, para este fato, poderá resultar da pesquisa realizada com pessegueiros que ao entrar em crescimento ativa o metabolismo dos carboidratos, se torna mais intenso e o incremento da sacarose se dá à custa da produção de carboidratos através da fotossíntese (BORBA, 2005).

Segundo Quick e Schaffer (1996) a sacarose é o principal açúcar produzido pela fotossíntese e transportado para os tecidos drenos para a formação de reservas e o crescimento

dos frutos. A sacarose pode ser sintetizada e utilizada em folhas de todas as idades (YAMAKI e ISHIKAWA, 1986). Explicando o porquê do aumento da sacarose para as folhas das progênies, ao longo dos anos.

A sacarose é o principal substrato respiratório da maioria das plantas superiores, e por ser móvel, mantém o vegetal vivo e ativo, além disso, tem um papel fundamental nas plantas, não só como substrato para sustentar o crescimento heterotrófico dos “tecidos drenos” e regulador osmótico celular na tolerância ao frio, mas também atua como importante molécula sinalizadora, que regula o metabolismo tanto na fonte quanto no dreno em condições de estresse (ROITSCH, 1999).

Durante a pesquisa observou-se que ambas as progênies concentram mais sacarose que amido, o mesmo acontece com plantas de cacauzeiro onde a sacarose é o principal açúcar transportado pelas plantas (ADOMAKO e HUTCHEON (1974). A concentração de sacarose está diretamente relacionada com o teor de potássio na folha, porque um dos principais papéis do potássio é a translocação de açúcar, ou seja, de fotoassimilado da fotossíntese que irá também atua no bom funcionamento de abertura e fechamento dos estômatos, que poderia ser melhor, provavelmente se o pH do solo fosse corrigido.

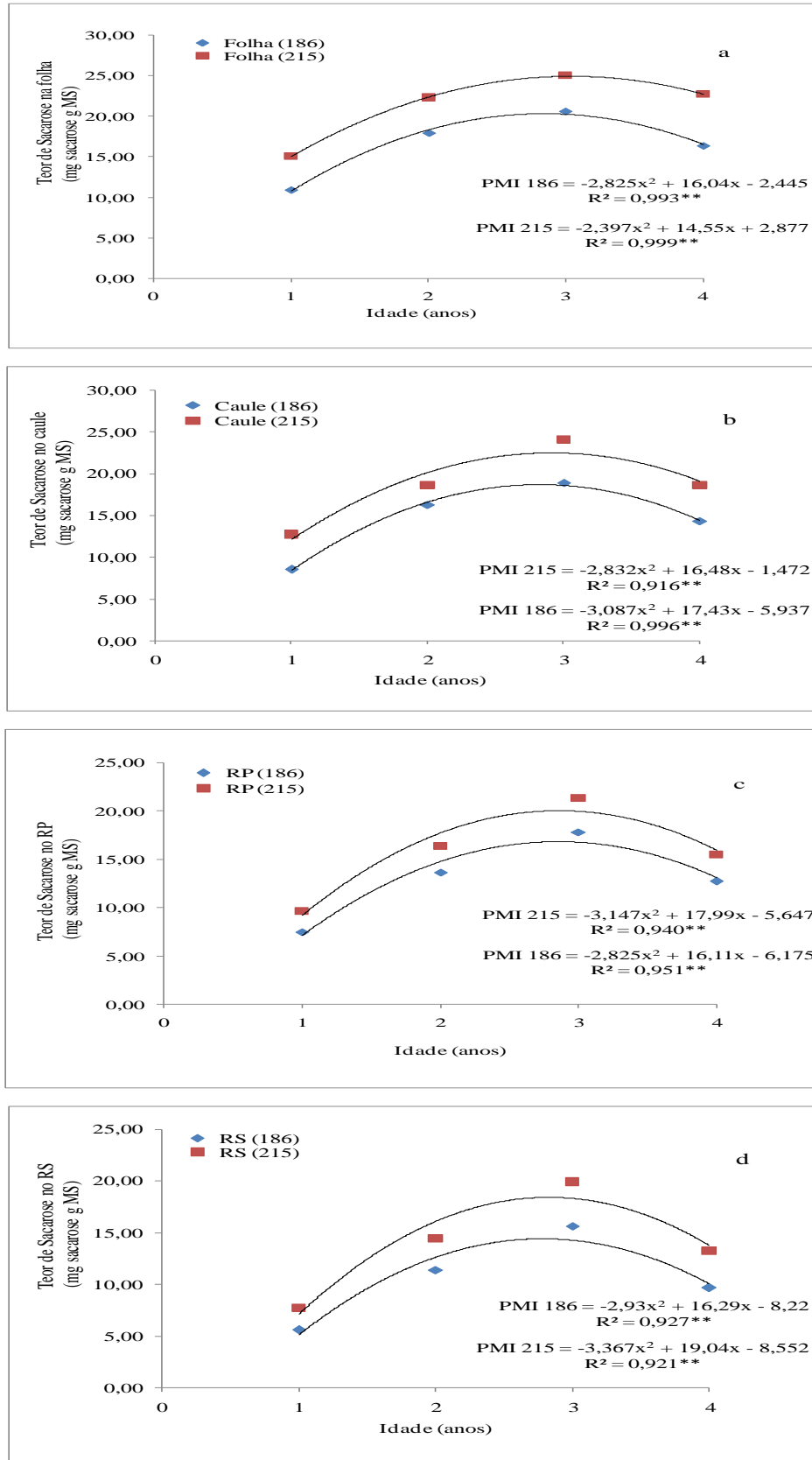


Figura 37. Teores de sacarose em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

3.3.1.5 Teor de proteínas solúveis totais nas progênes 186 e 215

A Figura 38 contém os teores de proteínas solúveis totais dentro da fonte de variação (progênie x órgãos) da análise de variância (Apêndices 3, 12, 13, 14, 15), em função da idade, na qual reflete o estudo do ajuste ao modelo de regressão quadrática para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários das progênes 186 e 215 (Apêndices 49 e 50).

Na análise de regressão observa-se que com o decorrer dos anos, os teores de proteínas solúveis totais aumentam nas folhas no segundo ano (1,72 mg proteína g MS) ao quarto ano (0,80 mg proteína g MS); nos caules no primeiro ano (0,65 mg proteína g MS) ao terceiro ano (1,31 mg proteína g MS); nos ramos primários no primeiro ano (0,61 mg proteína g MS) ao terceiro ano (1,16 mg proteína g MS) nos ramos secundários no primeiro ano (0,45 mg proteína g MS) ao terceiro ano (0,80 mg proteína g MS) na PMI 186. Isso também ocorreu com a PMI 215 que com o passar dos anos, os teores de proteínas solúveis totais aumentam nas folhas no segundo ano (1,98 mg proteína g MS) ao quarto ano (1,06 mg proteína g MS).

Nos caules no primeiro ano (0,78 mg proteína g MS) ao terceiro ano (1,66 mg proteína g MS); nos ramos primários no segundo ano (0,82 mg proteína g MS) ao terceiro ano (0,24 mg proteína g MS) e nos ramos secundários no primeiro ano (0,58 mg proteína g MS) ao terceiro ano (1,04 mg proteína g MS). Os teores de proteínas solúveis totais foram maiores na PMI 215, e a concentração de amido é maior em C>F>RS>RP, enquanto que na PMI 186 a concentração de amido seguiu a ordem decrescente de C>RP=C.

A estimativa do ponto de máxima concentração de proteínas solúveis totais de cupuaçuzeiros deu-se aproximadamente de 0,5 anos para conter 0,43 mg proteína g MS nas folhas; 1,9 anos para conter 0,80 mg proteína g MS nos caules; 1,9 anos para conter 0,75 mg proteína g MS em ramos primários e 2,6 anos para conter 0,75 mg proteína g MS nos ramos secundários da progênie 186.

A progênie 215 teve aproximadamente 0,5 anos para conter 0,51 mg proteína g MS nas folhas; 1,6 anos para conter 0,85 mg proteína g MS nos caules; 0,2 anos para conter 0,18 mg proteína g MS em ramos primários e 4 anos para conter 1,44 mg proteína g MS nos ramos secundários.

Foi observado na Figura 38, que o teor de proteína solúvel total foi maior nas folhas de ambas as progênes. Conceição et al. (1997) em estudos com cupuaçuzeiro verificaram que o aumento do teor de proteína está correlacionado com a assimilação do carbono. Malavolta (2006) diz que o enxofre se incorpora em proteína, atuando na frutificação, também forma açúcar e atua na síntese de gordura e proteína.

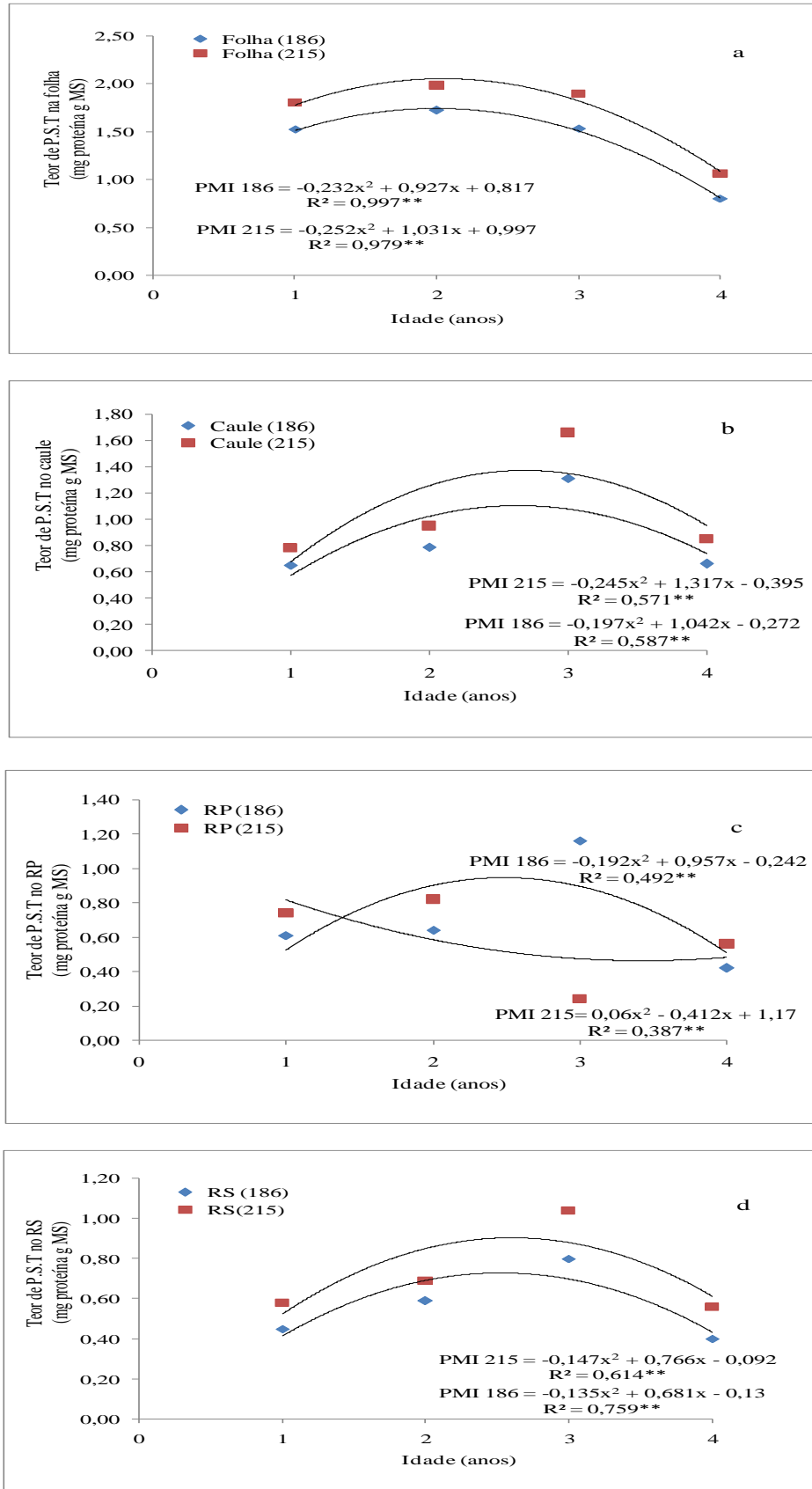


Figura 38. Teores de proteínas solúveis totais (P.S.T.) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

3.3.2 Acúmulos bioquímicos nas progênes de cupuaçuzeiro PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru) em função da idade.

3.3.2.1 Acúmulo de carboidrato nas progênes 186 e 215

A Figura 39 apresenta mostra o conteúdo de carboidratos dentro da fonte de variação (progênie x anos x órgãos) da análise de variância (Apêndices 4, 12, 13, 14 e 15) em função da idade, na qual reflete o estudo do ajuste ao modelo de regressão quadrática para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários das progênes 186 e 215.

Na análise de regressão com o decorrer dos anos, houve aumento nos acúmulos de carboidratos em folhas no primeiro ano (256,32 mmol de Glu g MS de Carb.) ao quarto ano (4.074,66 mmol de Glu g MS de Carb.); nos caules no primeiro ano (108,20 mmol de Glu g MS de Carb.) ao quarto ano (1.412, 58 mmol de Glu g MS de Carb.); nos ramos primários no primeiro ano (79,58 mmol de Glu g MS de Carb.) ao quarto ano (2.281,05 mmol de Glu g MS de Carb.); e nos ramos secundários no primeiro ano (24,23 mmol de Glu g MS de Carb.) ao quarto ano (2.696,99 mmol de Glu g MS de Carb.) na progênie 186.

Isso também ocorreu com a progênie 215 que com o passar dos anos, os acúmulos de carboidratos aumentam nas folhas no primeiro ano (384,45 mmol de Glu g MS de Carb.) ao quarto ano (5.515,22 mmol de Glu g MS de Carb.); nos caules no primeiro ano (210,39 mmol de Glu g MS de Carb.) ao quarto ano (2.456,26 mmol de Glu g MS de Carb.), nos ramos primários no primeiro ano (94,80 mmol de Glu g MS de Carb.) ao quarto ano (2.541,53 mmol de Glu g MS de Carb.) e nos ramos secundários no primeiro ano (61,61 mmol de Glu g MS de Carb.) ao quarto ano (3.298.83 mmol de Glu g MS de Carb.) (Apêndices 35 e 36).

Assim, os maiores acúmulos de carboidratos foram obtidos na progênie 215 cuja ordem decrescente foi de F>RS>RP>C no quarto ano, e os menores acúmulos de carboidratos foram na progênie 186 na seguinte ordem decrescente F>RS>RP>C.

Para explicar o que acontece com o acúmulo de carboidratos nos ramos de cupuaçuzeiros é necessário citar o trabalho de Assis & Lima Filho (2000), em que o armazenamento e a utilização de carboidratos em videiras dependem tanto do estado de crescimento do ramo.

Segundo os autores o período normal para a utilização de carboidratos dos ramos ocorre a partir da brotação até o próximo florescimento, quando a taxa de alongamento dos ramos geralmente começa a diminuir consideravelmente. Logo após a diminuição do ritmo de alongamento dos ramos, os carboidratos começam a se acumular nos novos, a começar da

seção mediana, progredindo para baixo e para cima durante o resto da estação, lento no início acelera-se à medida que os frutos se aproximam da maturação, acumulando-se o amido, principalmente nos tecidos lenhosos dos ramos (ASSIS & LIMA FILHO, 2000).

Como o trabalho com carboidratos contidos nesta pesquisa é inédito, não se sabe se estas acumulações estão nas quantidades adequadas para que a planta possa completar seu ciclo normal, mas seria importante relatar o trabalho de Kliewer (1990) que enfatiza a seguinte questão em *Vitis spp.* de que estas plantas são extremamente exigentes quanto aos níveis de carboidratos para o seu desenvolvimento.

Sendo que níveis inadequados de carboidratos podem provocar a necrose de gemas, que é uma desordem fisiológica, a qual se caracteriza por normalmente abortar as gemas primárias e, ocasionalmente, as secundárias, reduzindo, portanto, a percentagem de gemas férteis da videira (VIEIRA et al., 2006).

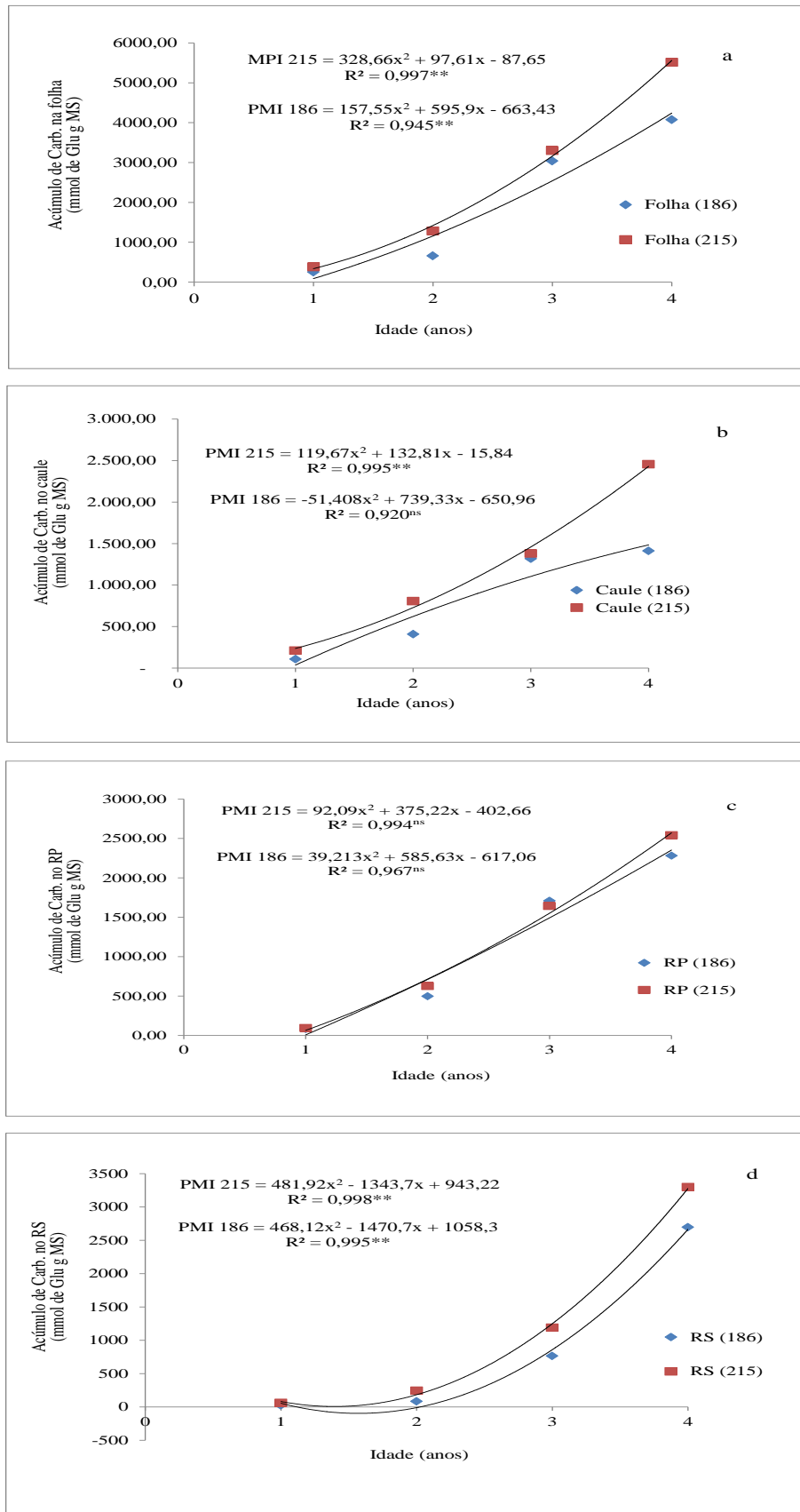


Figura 39. Acúmulos de carboidratos (Carb.) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapurú) em função da idade.

Na progênie 186 (Codajás) no quarto ano as folhas apresentaram maior acúmulo de carboidrato com 38,93% contra 25,77% dos RS (ramos secundários), pois nos outros anos desta pesquisa, as folhas dominaram como a primeira a armazenar carboidrato. No quarto ano as folhas ficaram em primeiro, os ramos secundários em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (21,80%) e por último os caules com 13,50% (Figura 40).

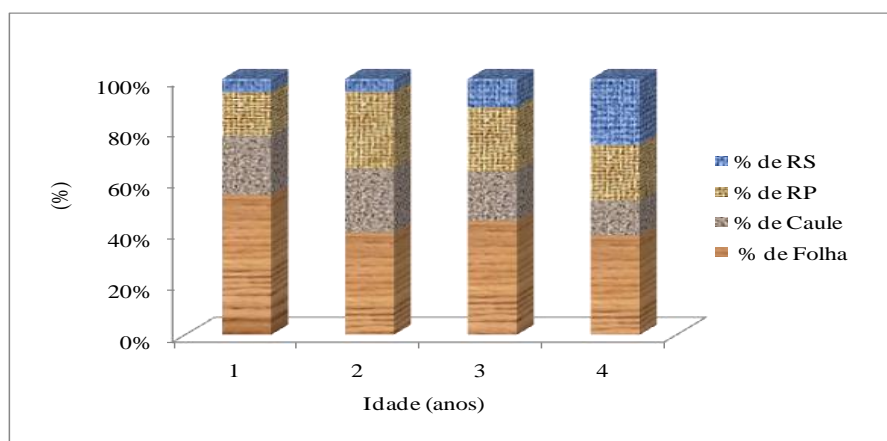


Figura 40 Distribuição em porcentagem dos carboidratos acumulados nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum], PMI 186 (Codajás).

A Figura 41 mostra que na progênie 215 (Manacapuru) no quarto ano as folhas apresentaram maior acúmulo de carboidrato com 39,93% contra 23,89% dos RS (ramo secundário), pois nos outros anos desta pesquisa, as folhas dominaram como a primeira a armazenar carboidrato. No quarto ano as folhas ficaram em primeiro, os ramos secundários em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (18,40%) e por último os caules com 17,78%.

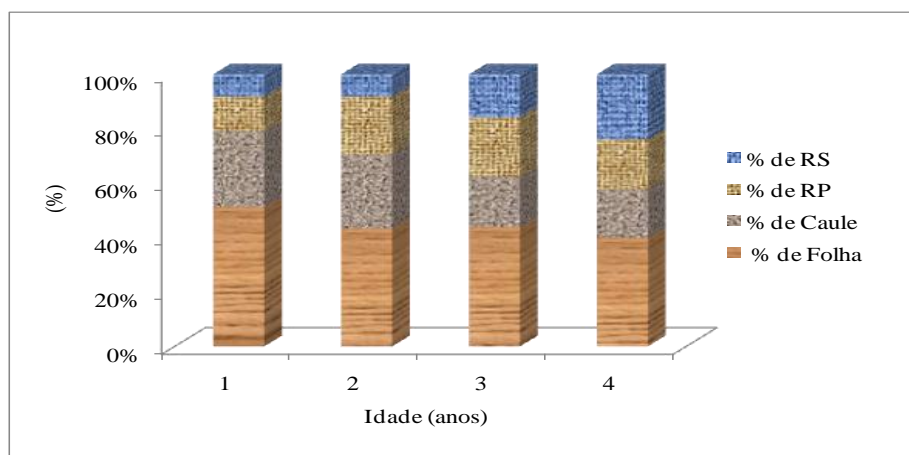


Figura 41. Distribuição em porcentagem dos carboidratos acumulados nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum], PMI 215 (Manacapuru).

3.3.2.2 Acúmulo de aminoácidos nas progênies 186 e 215

A Figura 42 apresenta os conteúdos de aminoácidos dentro da fonte de variação (progênie x anos x órgãos) da análise de variância (Apêndices 4, 12, 13, 14 e 15) em função da idade, na qual reflete o estudo do ajuste ao modelo de regressão quadrática para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários das progênies 186 e 215 (Apêndices 39 e 40).

Na análise de regressão com o decorrer dos anos, os acúmulos de aminoácidos aumentam nas folhas no primeiro ano (6.459,82 μmol de AA g MS) ao quarto ano (91.101,07 μmol de AA g MS); nos caules no primeiro ano (2.456,10 μmol de AA g MS) ao quarto ano (40.723,70 μmol de AA g MS); nos ramos primários no primeiro ano (2.129,45 μmol de AA g MS) ao quarto ano (51.999,54 μmol de AA g MS); e nos ramos secundários no primeiro ano (561,45 μmol de AA g MS) ao quarto ano (59.936,32 μmol de AA g MS) na progênie 186.

Isso também acontece com a progênie 215 que com o passar dos anos, os acúmulos de aminoácidos aumentam nas folhas no segundo ano (24.596,35 μmol de AA g MS) ao quarto ano (124.078,74 μmol de AA g MS); nos caules no primeiro ano (4.978,58 μmol de AA g MS) ao quarto ano (62.906,18 μmol de AA g MS); nos ramos primários no primeiro ano (2.459,57 μmol de AA g MS) ao quarto ano (57.235,49 μmol de AA g MS) e nos ramos secundários no primeiro ano (1.547,30 μmol de AA g MS) ao quarto ano (76.610,18 μmol de AA g MS).

Os maiores acúmulos de aminoácidos foram encontrados na progênie 215 na seguinte ordem decrescente F>RS>RP>C, sendo os menores conteúdo obtidos na PMI 186 que apresentam a seguinte ordem decrescente da acumulação de aminoácidos em partes de plantas de cupuaçuzeiros, tais como F>RS>C>RP. Uma provável explicação para estes resultados em que os maiores acúmulos de aminoácidos estão presentes nas folhas pode ser devido à redução na síntese de proteínas e da associação de mRNA com polissomas (KAWAGUCHI et al., 2004).

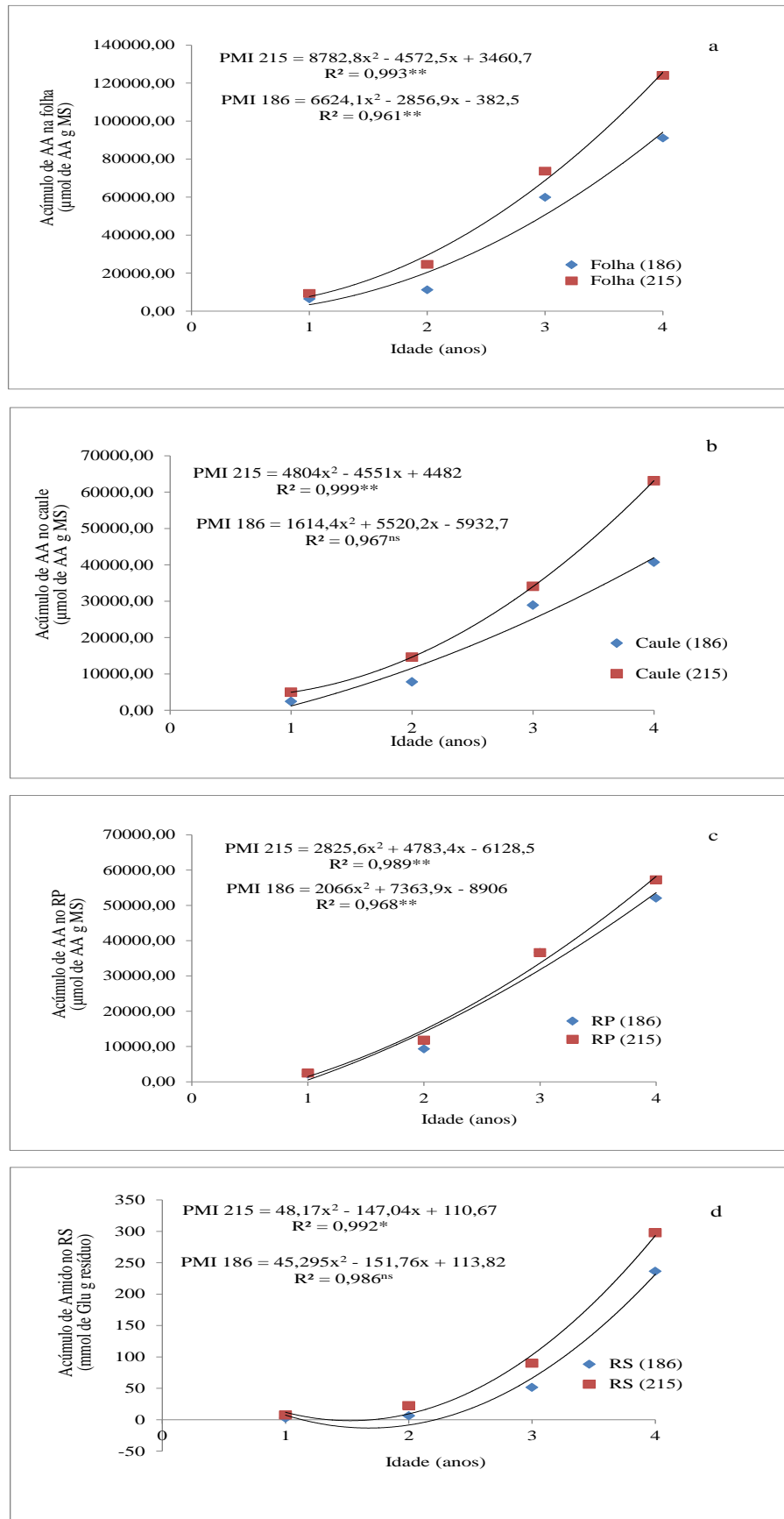


Figura 42. Acúmulos de aminoácidos (AA) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

A progênie 186 (Codajás) no quarto ano as folhas apresentaram maior acúmulo de aminoácidos com 37,37% contra 24,59% dos RS (ramo secundário), pois nos outros anos desta pesquisa, as folhas dominaram como a primeira a armazenar aminoácidos (Figura 43). No quarto ano as folhas ficaram em primeiro, os ramos secundários em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (21,33%) e por último os caules com 16,71%.

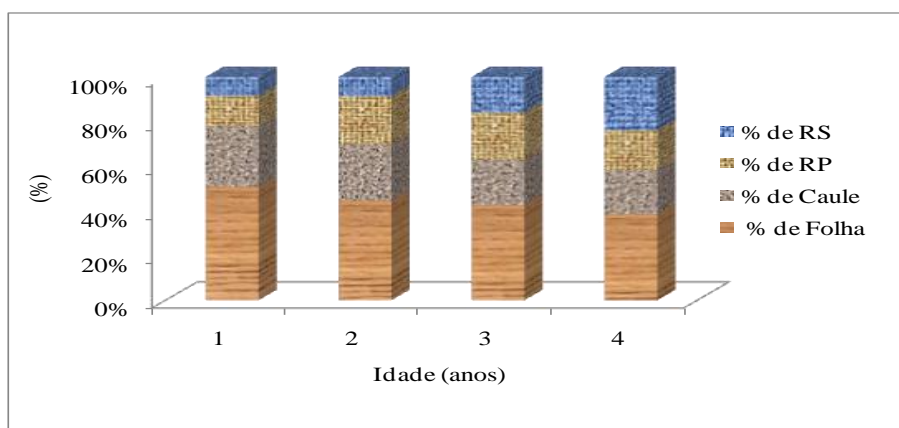


Figura 43. Distribuição em porcentagem dos aminoácidos acumulados nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum], PMI 186 (Codajás).

A Figura 44 mostra que a progênie 215 (Manacapuru) no quarto ano as folhas apresentaram maior acúmulo de aminoácidos com 38,67% contra 23,88% dos RS (ramo secundário), pois nos demais anos as folhas dominaram como a primeira a armazenar aminoácidos. No quarto ano as folhas ficaram em primeiro, os ramos secundários em segundo e os caules em terceiro (19,61%) e por último os ramos primários (RP) com 17,84%.

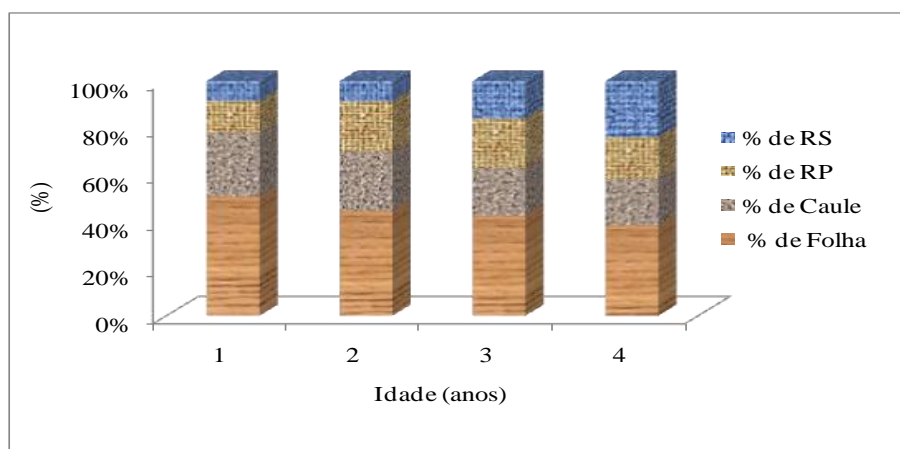


Figura 44. Distribuição em porcentagem dos aminoácidos acumulados nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum], PMI 215 (Manacapuru).

3.3.3. Acúmulo de amido nas progênies 186 e 215

A Figura 45 contém os valores dos acúmulos de amido dentro da fonte de variação (progênie x anos x órgãos) da análise de variância (Apêndices 4, 12, 13, 14, 15), em função da idade, na qual reflete o estudo do ajuste ao modelo de regressão quadrática para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários das progênies 186 e 215 (Apêndices 43 e 44).

Os acúmulos de amido com o decorrer dos anos aumentam nas folhas no primeiro ano (138,05 mmol de Glu g de resíduo) ao quarto ano (1.189,98 mmol de Glu g de resíduo); nos caules no primeiro ano (15,93 mmol de Glu g de resíduo) ao quarto ano (236,81 mmol de Glu g de resíduo); nos ramos primários no primeiro ano (11 mmol de Glu g de resíduo) ao quarto ano (229,27 mmol de Glu g de resíduo); e nos ramos secundários no primeiro o ano (2,42 mmol de Glu g de resíduo) ao quarto ano (236,47 mmol de Glu g de resíduo) na progênie 186.

Os acúmulos de amido na PMI 215 também aumentaram com a idade. Nas folhas no primeiro o ano (215,16 mmol de Glu g de resíduo) ao quarto ano (1.728,63 mmol de Glu g de resíduo); nos caules no primeiro ano (35,40 mmol de Glu g de resíduo) ao quarto ano (525,45 mmol de Glu g de resíduo); nos ramos primários no primeiro ano (13,69 mmol de Glu g de resíduo) ao quarto ano (276,44 mmol de Glu g de resíduo) e nos ramos secundários no primeiro ano (7,39 mmol de Glu g de resíduo) ao quarto ano (297,66 mmol de Glu g de resíduo).

Assim, os acúmulos de amido foram maiores na progênie 215 quando comparada com a progênie 186, cuja ordem de acumulação de amido é de F>C>RS>RP. Gardin (2002) em estudos com pereiras verificaram que a redução no acúmulo de amido pode ser causada pela mobilização de fotoassimilados das fontes para os drenos.

Essa explicação do autor reforça o fato de que a progênie 186, presente nesta pesquisa, tenha menor acúmulo de amido, justamente pelo fato do amido ser mobilizado para outros drenos, como por exemplo, poderia ser a formação de um novo fruto, que segundo Alves e Cruz (2003) a progênie 186 é mais produtiva para fruto (Tabela 1, do capítulo1).

Como o acúmulo de amido foi maior na progênie 215 do primeiro ao quarto ano, caracterizando que este provável aumento possa estar atribuído a queda de folhas, que também foram encontrados na cultivar *Powder blue* (mirtileiro) (OLIVEIRA et al., 2012).

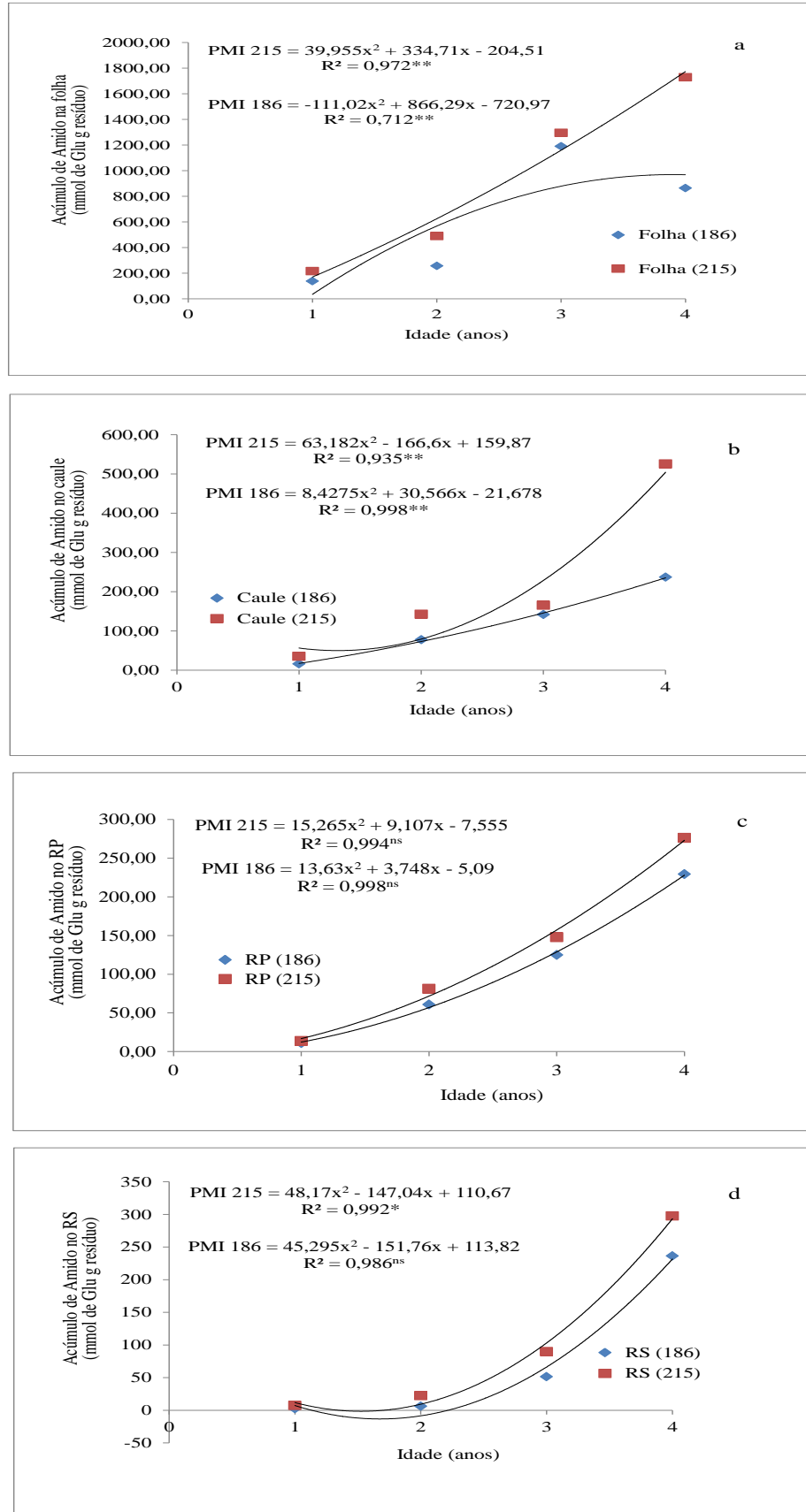


Figura 45. Acúmulos de amidos em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuacuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

Na progênie 186 (Codajás), somente no quarto ano as folhas apresentaram menores acúmulos de amido quando comparada aos outros anos com 55,16% de amido contra 15,11% de amido nos caules, pois nos outros anos as folhas dominaram como a primeira a armazenar amido(Figura 46). No quarto ano as folhas ficaram em primeiro, os caules em segundo e os ramos secundários (RS) em terceiro (15,10%) e por último os ramos primários (RP) com 14,63%. Os valores em percentuais (Figuras 46 e 47) apontam que as quantidades acumuladas de amido são encontradas em maior percentagem nas folhas, enquanto que nas plantas de caqui (*Diospyrus kaki* L.) representa 15,5% do amido nos ramos (CORSATO et al., 2008).

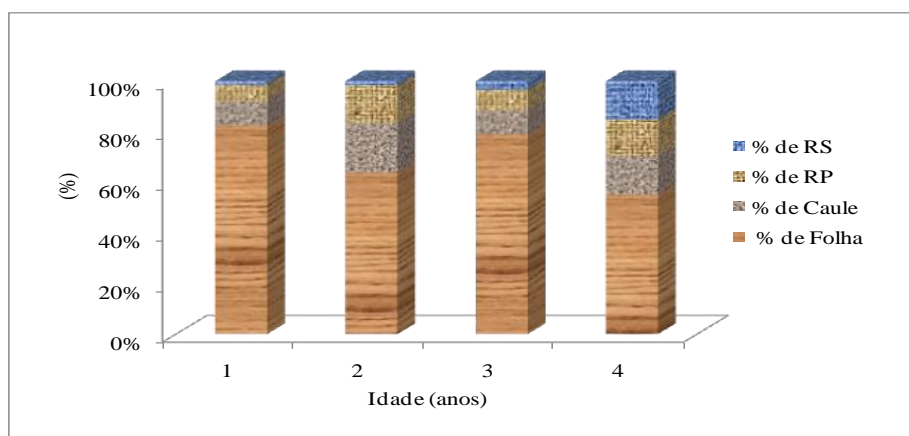


Figura 46. Distribuição em percentagem dos amidos acumulados nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 186 (Codajás).

Na progênie 215 (Manacapuru), somente no quarto ano as folhas apresentaram menor acúmulo de amido quando comparada aos outros anos com 61,12% contra 18,58% nos caules, pois nos demais anos as folhas dominaram como a primeira a armazenar amido (Figura 47). No quarto ano as folhas ficaram em primeiro, os caules em segundo e os ramos secundários (RS) em terceiro (10,52%) e por último os ramos primários com 9,78%.

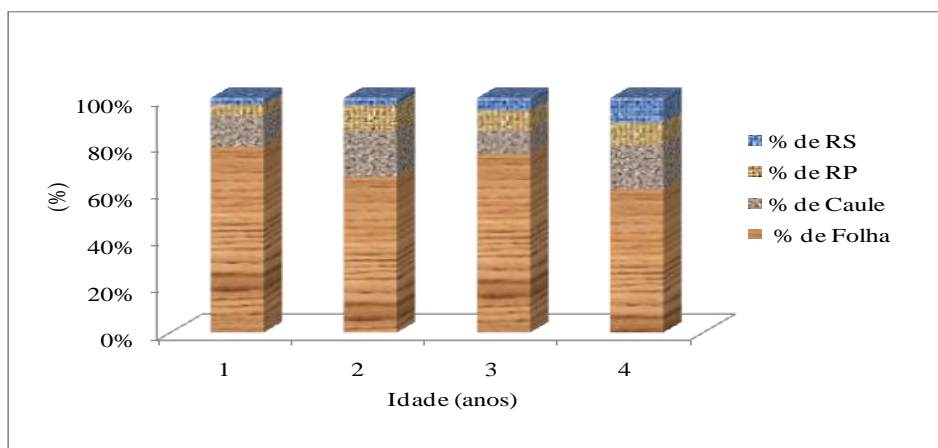


Figura 47. Distribuição em porcentagem dos amidos acumulados nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 215 (Manacapuru).

3.3.2.4 Acúmulo de sacarose nas progênies 186 e 215

A Figura 48 mostra os acúmulos de sacarose dentro da fonte de variação (progênie x anos) da análise de variância (Apêndices 4, 12, 13, 14, 15), em função da idade, na qual reflete o estudo do ajuste ao modelo de regressão quadrática para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários das progênies 186 e 215 (Apêndices 47 e 48).

Os acúmulos de sacarose com o decorrer dos anos aumentaram nas folhas no primeiro ano (2.450,88 mg sacarose g MS) ao quarto ano (61.693,48 mg sacarose g MS); nos caules no primeiro ano (940,38 mg sacarose g MS) ao quarto ano (23.793,80 mg sacarose g MS); nos ramos primários no primeiro ano (801,64 mg sacarose g MS) ao quarto ano (38.416,34 mg sacarose g MS); e nos ramos secundários no primeiro ano (245,92 mg sacarose g MS) ao quarto ano (41.806,79 mg sacarose g MS) na PMI 186.

Os acúmulos de sacarose na PMI 215 também aumentaram com a idade. Nas folhas no primeiro ano (3.686,33 mg sacarose g MS) ao quarto ano (82.948,07 mg sacarose g MS); nos caules no primeiro ano (2.193,80 mg sacarose g MS) ao quarto ano (40.706,70 mg sacarose g MS); nos ramos primários no primeiro ano (1.023,50 mg sacarose g MS) ao quarto ano (40.923,94 mg sacarose g MS) e nos ramos secundários no primeiro ano (675,22 mg sacarose g MS) ao quarto ano (53.804,71 mg sacarose g MS).

As quantidades acumuladas de sacarose são maiores na progênie 215, quando comparada com a progênie 186. De posse deste conhecimento, os maiores acúmulos de sacarose foram encontrados em $F > RS > RP > C$ de ambas as progênies.

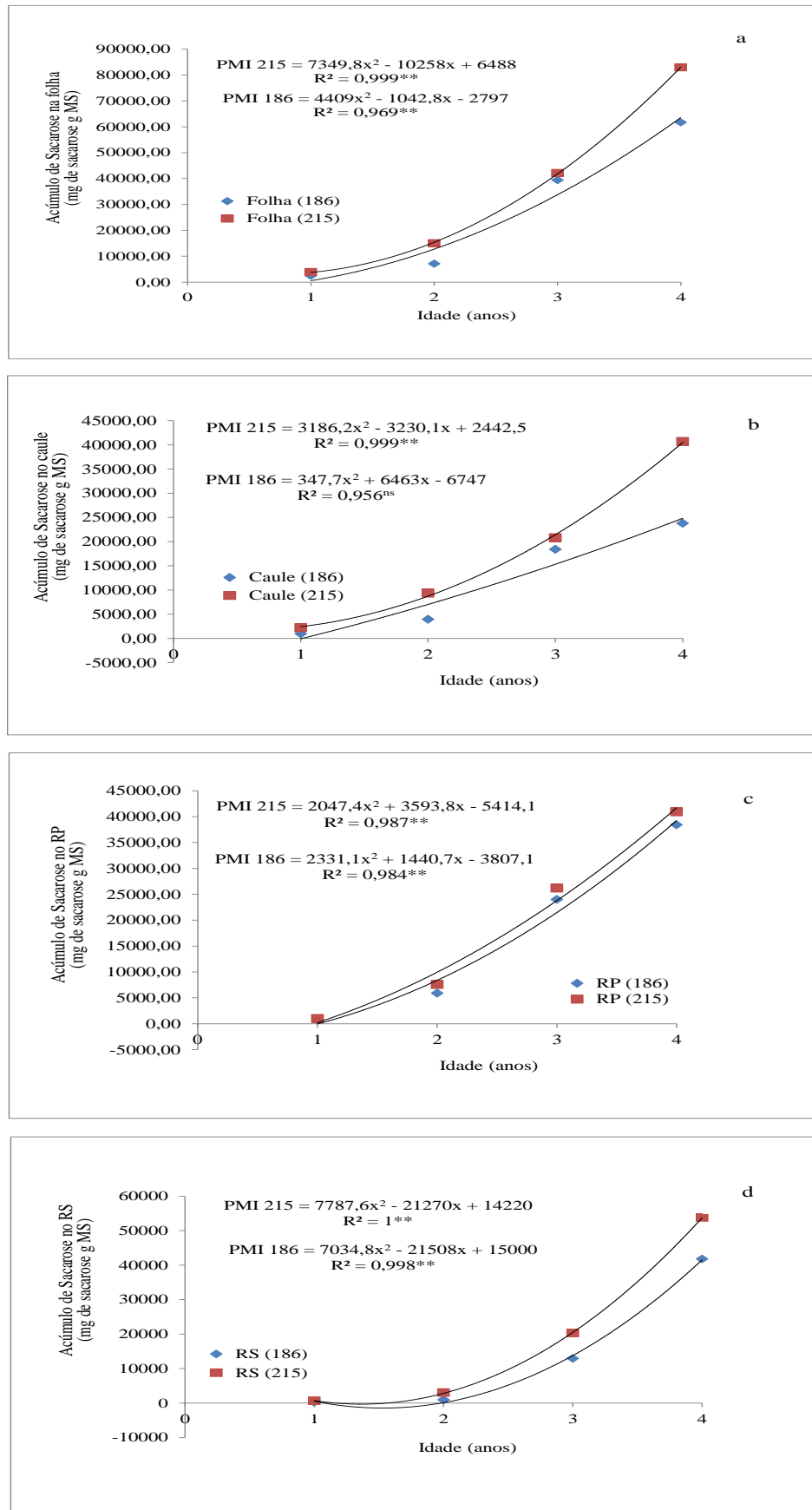


Figura 48. Acúmulos de sacarose em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuacuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

A Figura 49 mostra que na progênie 186 (Codajás), somente no quarto ano as folhas apresentaram menor acúmulo de sacarose em relação aos outros anos com 37,23% contra 25,23% dos RS (ramos secundários), pois nos demais anos, as folhas dominaram como a primeira a armazenar sacarose. No quarto ano as folhas ficaram em primeiro, os ramos secundários em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (23,18%) e por último os caules com 14,36%.

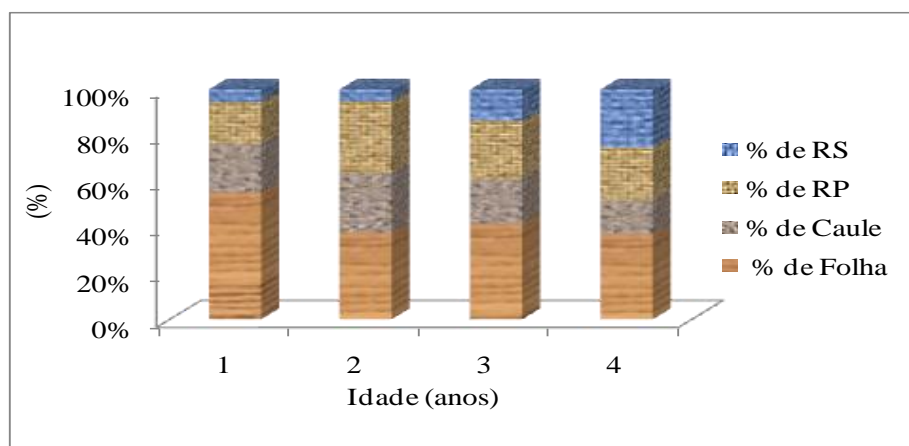


Figura 49. Distribuição em percentagem de sacaroses acumuladas nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum], PMI 186 (codajás).

Na progênie 215 (Manacapuru), somente no quarto ano as folhas apresentaram menor acúmulo de sacarose em relação aos outros anos com 37,98% contra 24,64% dos RS (ramos secundários), pois nos outros anos, as folhas dominaram como a primeira a armazenar sacarose. No quarto ano as folhas ficaram em primeiro, os ramos secundários em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (18,74%) e por último os caules com 18,64% (Figura 50).

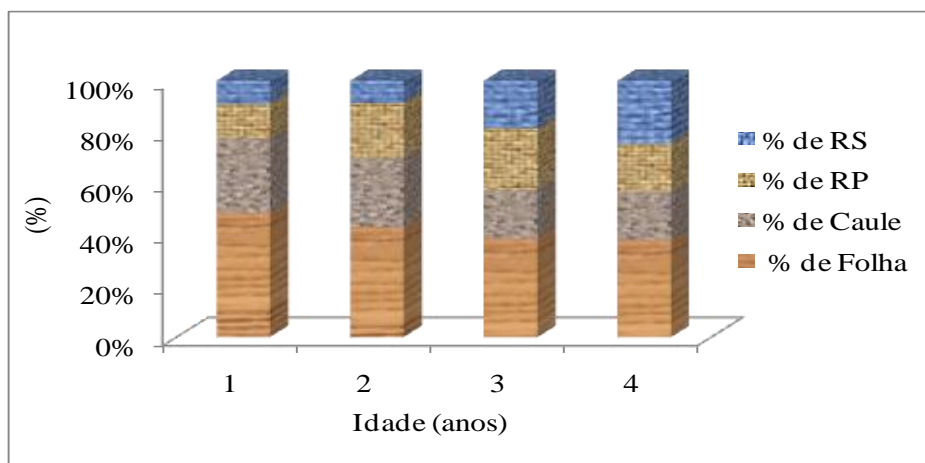


Figura 50. Distribuição em percentagem de sacaroses acumuladas nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum], PMI 215 (Manacapuru).

3.3.2.5 Acúmulo de proteínas solúveis totais nas progênies 186 e 215

A Figura 51 apresenta os acúmulos de proteínas solúveis totais dentro da codificação (progênie x órgãos) da análise de variância (Apêndices 4, 12, 13, 14, 15), em função da idade, na qual reflete o estudo do ajuste ao modelo de regressão quadrática para folhas, caules, ramos primários e ramos secundários das progênies 186 e 215 (Apêndices 51 e 52).

Na análise de regressão observamos que com o decorrer dos anos, os acúmulos de proteínas solúveis totais na PMI 186 aumentaram nas folhas no primeiro ano (341,26 mg proteína g MS) ao quarto ano (3.036,57 mg proteína g MS); nos caules no primeiro ano (72,14 mg proteína g MS) ao quarto ano (1.113,88 mg proteína g MS).

Nos ramos primários no primeiro ano (65,76 mg proteína g MS) ao quarto ano (1.583,16 mg proteína g MS); e nos ramos secundários no primeiro ano (19,74 mg proteína g MS) ao quarto ano (1.741,75 mg proteína g MS).

Resultados semelhantes foram observados com a progênie 215 que com o passar dos anos, os acúmulos de proteínas solúveis totais aumentam nas folhas no primeiro ano (433,85 mg proteína g MS) ao quarto ano (3.866,83 mg proteína g MS); nos caules no primeiro ano (136,27 mg proteína g MS) ao quarto ano (1.869,47 mg proteína g MS). Nos ramos primários no primeiro ano (79,66 mg proteína g MS) ao quarto ano (1.533,42 mg proteína g MS) e nos ramos secundários no primeiro ano (51,04 mg proteína g MS) ao quarto ano (2.299,58 mg proteína g MS).

Os maiores acúmulos de proteínas solúveis totais ocorreram na progênie 215, assim como as quantidades acumuladas de proteínas solúveis totais $F > RS > C > RP$, enquanto a progênie 186 apresentou os menores acúmulos de proteínas solúveis totais em $F > RS > RP$ e C .

A progênie 215 apresenta uma acumulação total de folhas, caules, ramos primários e ramos secundários, superior a progênie 186 (Apêndices 10 e 11).

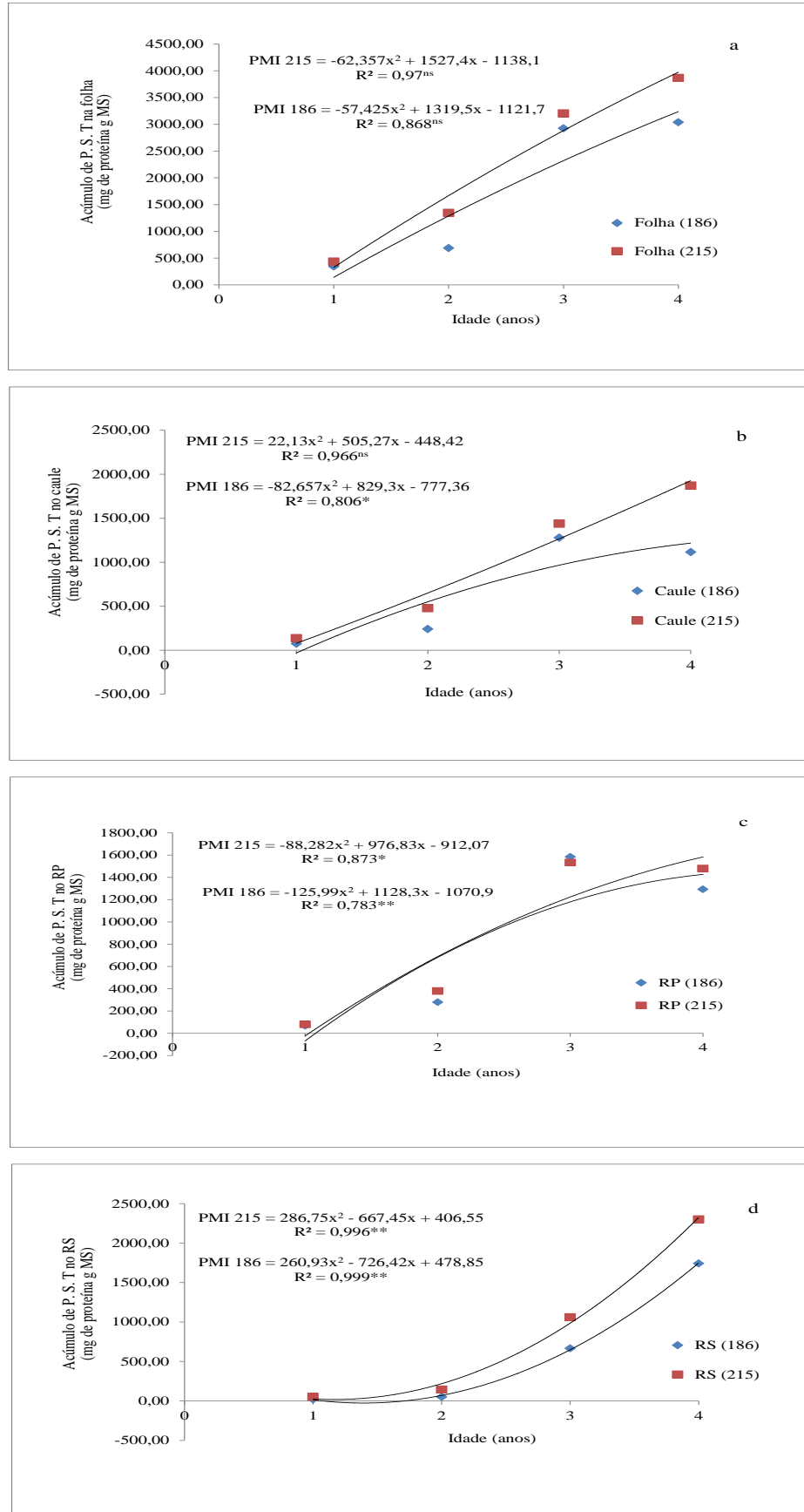


Figura 51. Acúmulos de proteínas solúveis totais (P.S.T) em folhas (a), caules (b), ramos primários (c) e ramos secundários (d) de cupuçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.] das PMI (s) 186 (Codajás) e 215 (Manacapuru) em função da idade.

A Figura 52 mostra que na progênie 186 (Codajás), somente o quarto ano as folhas apresentaram menor acúmulo de proteínas solúveis totais em relação aos outros anos com 42,27% contra 24,25% de dos RS (ramos secundários), pois nos demais anos, as folhas dominaram como a primeira a armazenar proteínas solúveis totais. No quarto ano as folhas ficaram em primeiro, os ramos secundários em segundo e os ramos primários (RP) em terceiro (17,98%) e por último os caules com 15,50%.

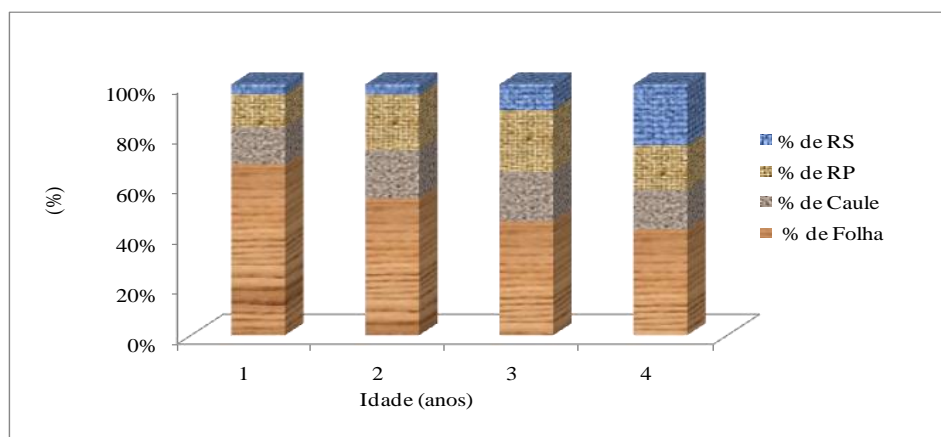


Figura 52. Distribuição em percentagem de proteínas solúveis totais acumuladas nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 186 (Codajás).

A Figura 53 mostra que na progênie 215 (Manacapuru), somente no quarto ano as folhas apresentaram menor acúmulo de proteínas solúveis totais em relação aos outros anos com 40,65% contra 24,16% dos RS (ramos secundários), pois nos outros anos, as folhas dominaram como a primeira a armazenar proteínas solúveis totais. No quarto ano as folhas ficaram em primeiro, os ramos secundários em segundo e os caules em terceiro (19,65%) e por último os ramos primários com 15,55%.

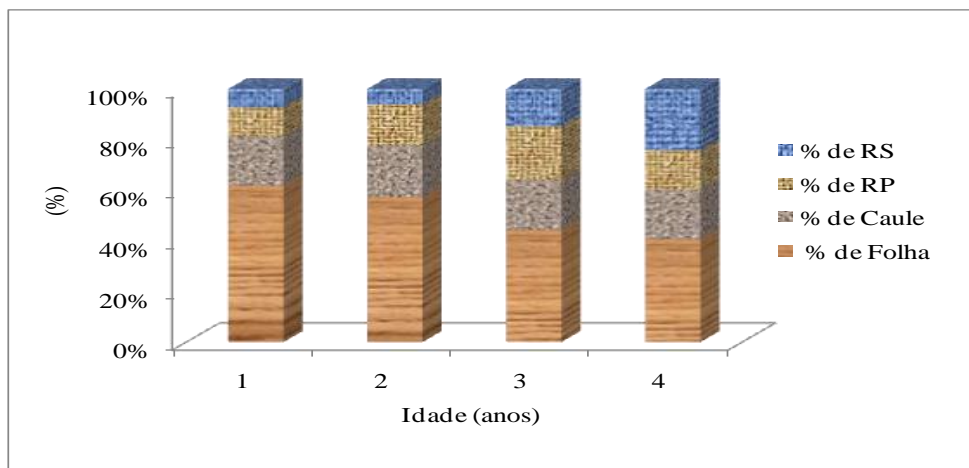


Figura 53. Distribuição em porcentagem de proteínas solúveis totais acumuladas nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 215 (Manacapuru).

3.4 CONCLUSÕES

A progênie 215 concentra e acumula mais aminoácidos, sacarose, carboidratos, proteínas solúveis totais e amido que a progênie 186.

As progênies 215 e 186 concentram e acumulam aminoácidos, sacarose, carboidratos, proteínas solúveis totais e amido na seguinte ordem aminoácido > sacarose > carboidratos > proteínas solúveis totais > amido.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. F.; RODRIGUEZ, J. L.; NIEVES, N.; BLANCO, M., ESCALONA, M., BORROTO, C. G.; GOZALES, A.; GARCIA, A. Efecto del estresse hídrico y las aplicaciones de urea sobre La induction floral de los cítricos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.17, p.59-70, 1995.
- ADOMAKO, D.; HUTCHEON, W. V. Carbohydrate metabolism and translocation in healthy and cocoa swollen shoot virus – infected cocoa plants. **Physiology Plant.**, n.30, p.90-96, 1974.
- AGUSTI, M. **Citricultura**. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 415p. 2000.
- ALVES, R. M.; CRUZ, E. D. **Cultivares de cupuaçuzeiro tolerantes à vassoura-de-bruxa**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 4p. Recomendações Técnicas.
- ASSIS, J. S.; LIMA FILHO, J. M. P. **Aspectos fisiológicos da videira irrigada**. In: LEÃO, P. C. S.; SOARES, J. M., (Ed.) A viticultura no semi-árido brasileiro. 1º ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000. P.129-142.
- BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A.; NECHET, D.; SÁ, T. D. de A. **Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002, 31p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 128).
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem**, v.72, p. 248-254, 1976.
- BERNIER, G.; HAVELANGE, A.; HOUSSA, C.; PETITJEAN, A.; LEJEUNE, P. Physiological signals that induce flowering. **The Plant Cell**, n.5, p.1147-1155, 1993.
- BORBA, M. R. C.; SCARPARE FILHO, J. A.; KLUGE, A. Teores de carboidratos em pessegueiros submetidos a diferentes intensidades de poda verde em clima tropical. **Revista de Fruticultura**, v.27, n.1, p.68-72, 2005.
- BONHOMME, M.; RAGEAU, R.; GENDRAUD, M.; LACOINTE, A. Influences of cold deprivation during dormancy on carbohydrate contents of vegetative and floral primordial and nearby structures of peach buds (*Prunus persica* L. Batch). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, n.105, p.223-240, 2005.
- CARMO, C. A. F. S. et al. **Estimativa do estoque de carbono na biomassa de clones de seringueira em solos da Zona da Mata/ MG**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 14p.
- CRAVO, M. S.; SOUZA, A. G. C. Exportação de nutrientes por fruto de cupuaçuzeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22, Manaus, 1996. **Resumos**. Manaus, SBPC, 1996. p.632-633.
- CONCEIÇÃO, H. E. O. da; MAZZAFERA, P.; ROCHA NETO, O. G. da; STEIN, R. L. B. Biochemical composition of *Theobroma grandiflorum* leaves infected by *Crinipellis*

perniciosa. Communication, **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.9, n.2, p.135-138, 1997.

CORSATO, C. E., SCARPARE FILHO, J. A., SALES, E. C. J. Teores de carboidratos em órgãos lenhosos de caqui em clima tropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.2, p.414-418, 2008.

COSTA, L. C. B.; ALMEIDA, A. A. F.; VALLE, R. R. Gas Exchange nitrate assimilation and dry-matter accumulation of *Theobroma cacao* seedlings submitted to different irradiances and nitrogen levels. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v.76, n.2, p.224-230, 2001.

CRUZ, A. C. R.; LIBARDI, P. L.; CARVALHO, L. A.; ROCHA, G. C. Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citrus. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.29, p.1-10, 2005.

DUBOIS, M., GILLES, K. A., HAMILTON, J. K., REBERS, P. A., SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, n.3, p.350-356, 1956.

DEBOUBA, M. et al. NaCl stress effects on enzymes involved in nitrogen assimilation pathway in tomato *Lycopersicon esculentum* seedlings. **Journal of Plant Physiology**, v.163, n.12, p.1247-1258, 2006.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solo**. Centro de pesquisa do solo. 2. Ed. Rio de Janeiro, 306p. 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2ªed. Rev. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR Versão 5.0**. Departamento de Ciências Exatas. UFLA, Lavras, MG, 2007.

GARDIN, J. P. P. **Abortamento de gemas florais e níveis de carboidratos em gemas e ramos de pereira, cultivar Nijisseiki, no outono e inverno**. 2002. 32f. Dissertação (Mestrado Fisiologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.

GRECHI, I.; VIVIN, PH.; HILBERT, G.; MILIN, S.; ROBERT, T.; GAUDILLÉRE, J. P. Effect of light and nitrogen supply on internal C:N balance and control of root-to-shoot biomass allocation in grapevine. **Environment Experimental Botany**, v.59, p.139-149, 2007.

HAMMOND, J. Z.; BURTON, K. S. Leaf starch metabolism during the growth of pepper (*Capsium annuum*) plants. **Plant Physiology**, n.73, p.61-65, 1983.

HEWITT, J. D.; CASEY, L. L.; ZOBEL, R. W.; Effect of day length and night temperature on starch accumulation and degradation in soybean. **Annals of Botany**, n.56, p.513-522, 1985.

ITO, A.; HAYAMA, H.; KASHIMURA, Y. Sugar metabolism in bud during flower bud formation: a comparison of the Japanese pear [*Pyrus pyrifolia* (Burm.) Nak.] cultivars possessing different flowering habitats. **Scientia Horticulturae**, n.96, p.163-175, 2003.

KAWAGUCHI, R.; GIRKE, T.; BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J. Differential mRNA translation contributes to gene regulation under non-stress and dehydration stress conditions in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Journal**, v.38, p.823-839, 2004.

KLIEWER, W. M. **Fisiologia da videira: como produz açúcar uma videira**. Trad. POMMER, C. V.; PASSOS, L. R. S. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1990. 20p. (Documentos IAC, 20).

MALAVOLTA, E. **Manual da nutrição mineral de plantas**. 2ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MELONI, D. A. et al. The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.16, n.1, p.39-46, 2004.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, n.2, p.651-681, 2008.

OLIVEIRA, R. J. P. de; BIANCHI, V. J.; AIRES, R. F.; CAMPOS, A. D. Teores de carboidratos em estacas lenhosas de mirtileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.4, Jaboticabal, 2012.

OLIVEIRA NETO, S. N. et al. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.15-23, 2003.

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

PEOPLES, M. B., FAIZAH, A. W., REAKASEM, B. E., HERRIDGE, D. E. **Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field**. Canberra. 76p. 1989.

QUICK, W. P.; SHAFFER, A. A. Sucrose metabolism in sources and sinks. In: ZAMSKI, E.; SCHAFFER, A. A. Photoassimilate distribution in plants and crops: Source – Sink Relationships. New York: Marcel Dekker, p. 115-156, 1996.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

ROITSCH, T. Source – sink regulation by sugar and stress. **Current Opinion in Plant Biology**, Amsterdam, v.2, n.3, p.198-206, 1999.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D. Quantificação do estoque de carbono fixado em reflorestamentos de pinus na área de domínio da floresta ombrófila mista no Paraná. **Revista Cerne**. Universidade Federal de Lavras, v.13, n.1, p.32-39, jan./mar. 2007.

SILVA, A. P. F. B.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. **Revista Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, n.23, p.116-120, 2003.

SCARPARE FILHO, J. A., MORAES, A. L., RODRIGUES, A., SCARPARE, F. V. Rendimento de uva “Niagara rosada” submetida à redução de área foliar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.3, p.778-785, 2010.

SCHAFFER, A. A.; LEVIN, I.; OGUZ, I.; PETREIKOV, M.; CINCAREVSKY, F.; YESELSON, Y.; SHEN, S.; GILBOA, N. & BAR, M. ADP glucose pyrophosphorylase activity and starch accumulation in immature tomato fruit: the effect of a *Lycopersicon hirsutum*-derived introgression encoding for the large subunit. **Plant Science**, 152:135-144, 2000.

SCHWAN, R. F. et al. **cupuaçu** [*theobroma grandiflorum* (willd ex spreng.)]. in: ALVES, R. E., FILGUEIRAS, H. A. C., MOURA, C. F. H. (coords.). caracterização de frutas nativas da américa latina. jaboticabal: funep, 2000. p.31-34 (série frutas nativas, 9).

SODRÉ, G. A. et al. Uso do desvio padrão para estimativa do tamanho da amostra de plantas de cacau (*Theobroma cacao* L.) em estudos de nutrição. **Revista Agrotrópica** (Brasil), v.13, n.3, p.145-150, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Sunderland: Sinauer Associates, 2008. 819p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.

VAN HANDEL, E. Direct microdetermination of sucrose. **Analytical Biochemistry**, v.22, n.2, p.280-283.

VENTURIERE, G. A. **Cupuaçu**: a espécie, sua cultura, usos e processamento. Belém: Clube do cupuaçu, 1993. 108p.

VIEIRA, C. R. Y. I.; PIRES, E. J. P. P.; TECCHIO, M. A.; OTSUBO, I. M. N.; VIEIRA, M. do C.; YAMASAKI, A. K.; BORTOLANZA, O. Fertilidade de gemas de videiras `Niagara rosada` de acordo com o sistema de condução. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p.136-138, 2006.

YAMAKI, S.; ISHIKAWA, K. Roles of four sorbitol related enzymes and invertase in the seasonal alteration of sugar metabolism in Apple tissue. **Journal America Society Horticulture Science**, n.111, p.127-137, 1986.

APÊNDICES

Apêndice 1. Resumo das análises de variância para teores de macronutrientes entre as progênie de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru), Belém (PA), 2013.

FV	G.L	Teores de macronutrientes (g kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Progênie (186 x 215)	1	4,318 ^{**}	61,138 ^{**}	18,735 ^{**}	11,136 ^{**}	16,055 ^{**}	0,128 ^{ns}
Anos (1, 2, 3 e 4)	3	1,477 ^{ns}	288,692 ^{**}	185,339 ^{**}	945,612 ^{**}	585,242 ^{**}	75,229 ^{**}
Órgãos (F, C, RP, RS)	3	1.001,437 ^{**}	158,538 ^{**}	67,690 ^{**}	104,957 ^{**}	2,597 ^{**}	209,310 ^{**}
Progênie x anos	3	1,728 ^{ns}	7,825 ^{**}	7,298 ^{**}	12,370 ^{**}	12,206 ^{**}	0,877 ^{ns}
Progênie x órgãos	3	1,353 ^{ns}	5,614 ^{**}	5,140 ^{**}	0,968 ^{ns}	7,292 ^{**}	0,153 ^{ns}
Anos x órgãos	9	4,032 ^{**}	19,085 ^{**}	23,337 ^{**}	50,922 ^{**}	25,264 ^{**}	5,516 ^{**}
Progênie x anos x órgãos	9	1,358 ^{ns}	3,161 ^{**}	9,693 ^{**}	2,318 ^{**}	2,993 ^{**}	0,687 ^{ns}
Média		8,22	1,83	8,99	1,83	2,33	0,95
C.V (%)		14,04	12,89	6,54	13,26	13,31	18,02

FV (Fonte de variação); G.L (Grau de liberdade); N (Nitrogênio); P (Fósforo); K (Potássio); Ca (Cálcio); Mg (Magnésio); S (Enxofre); Média; CV (%) (Coeficiente de variação) a 5% de probabilidade, ^{**} altamente significativo; ^{*} significativo; ^{ns} não significativo pelo teste de SNK.

Apêndice 2. Resumo das análises de variância para acúmulos de macronutrientes entre as progênes de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru), Belém (PA), 2013.

FV	G.L	Acúmulos de macronutrientes (g kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Progênie (186 x 215)	1	0,607 ^{ns}	1,646 ^{ns}	0,519 ^{ns}	65,842 ^{**}	6,083 ^{**}	0,687 ^{ns}
Anos (1, 2, 3 e 4)	3	1070,755 ^{**}	499,666 ^{**}	531,071 ^{**}	734,760 ^{**}	3443,452 ^{**}	552,149 ^{**}
Órgãos (F, C, RP, RS)	3	792,304 ^{**}	34,813 ^{**}	41,013 ^{**}	216,983 ^{**}	74,096 ^{**}	247,580 ^{**}
Progênie x anos	3	3,066 ^{**}	2,364 ^{ns}	4,235 ^{**}	35,134 ^{**}	6,694 ^{**}	0,728 ^{ns}
Progênie x órgãos	3	0,505 ^{ns}	1,070 ^{ns}	2,861 ^{**}	0,755 ^{ns}	15,681 ^{**}	0,341 ^{ns}
Anos x órgãos	9	211,799 ^{**}	46,323 ^{**}	26,161 ^{**}	26,351 ^{**}	68,962 ^{**}	65,827 ^{**}
Progênie x anos x órgãos	9	2,498 ^{**}	0,862 ^{ns}	0,914 ^{ns}	5,037 ^{**}	18,156 ^{**}	1,438 ^{ns}
Média		11449,16	1686,92	6848,83	1238,61	3992,61	1048,02
C.V (%)		21,31	27,50	28,07	16,91	14,64	27,91

FV (Fonte de variação); G.L (Grau de liberdade); N (Nitrogênio); P (Fósforo); K (Potássio); Ca (Cálcio); Mg (Magnésio); S (Enxofre); Média; CV (%) (Coeficiente de variação) a 5% de probabilidade, ** altamente significativo; * significativo; ^{ns} não significativo pelo teste de SNK.

Apêndice 3. Resumo das análises de variância para teores bioquímicos entre as progênie de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru), Belém (PA), 2013.

FV	G.L	Teores bioquímicos				
		Carb.	AA	Amido	Sacarose	P.S.T
Progênie (186 x 215)	1	230,607**	523,275**	149,195**	349,902**	153,271**
Anos (1, 2, 3 e 4)	3	217,455**	232,728**	86,361**	493,381**	305,192**
Órgãos (F, C, RP, RS)	3	303,093**	538,685**	1778,630**	208,805**	622,125**
Progênie x anos	3	0,326 ^{ns}	6,137**	4,256**	2,879**	1,718 ^{ns}
Progênie x órgãos	3	10,719**	32,727**	34,017**	4,960**	4,941**
Anos x órgãos	9	1,681 ^{ns}	11,388**	53,585**	1,938*	40,513**
Progênie x anos x órgãos	9	0,559 ^{ns}	3,817**	2,782**	0,943 ^{ns}	0,846 ^{ns}
Média		1,18	26,11	0,25	15,47	0,98
C.V (%)		8,86	6,15	14,70	8,14	10,23

FV (Fonte de variação); G.L (Grau de liberdade); Carb. (Carboidrato); AA (Aminoácidos); Amido; Sacarose; P.S.T (Proteínas solúveis totais); Média; CV (%) (Coeficiente de variação) a 5% de probabilidade, ** altamente significativo; * significativo; ^{ns} não significativo pelo teste de SNK.

Apêndice 4. Resumo das análises de variância para acúmulos bioquímicos entre as progênie de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru), Belém (PA), 2013.

FV	G.L	Acúmulos bioquímicos				
		Carb.	AA	Amido	Sacarose	P.S.T
Progênie						
(186 x 215)	1	105,136**	191,914**	104,343**	149,832**	104,044**
Anos						
(1, 2, 3 e 4)	3	1435,716**	2473,899**	390,357**	2270,397**	1219,140**
Órgãos						
(F, C, RP, RS)	3	238,635**	421,299**	790,428**	301,140**	472,762**
Progênie						
x anos	3	24,637**	37,638**	33,367**	36,846**	17,265**
Progênie						
x órgãos	3	10,228**	21,383**	36,000**	9,889**	9,403**
Anos						
x órgãos	9	75,939**	93,634**	109,866**	84,442*	68,674**
Progênie						
x anos x órgãos	9	3,114**	3,481**	12,837**	5,169**	2,319**
Média		1389,08	31158,87	286,74	20445,08	1099,60
C.V (%)		15,61	12,47	25,51	13,68	15,55

FV (Fonte de variação); G.L (Grau de liberdade); Carb. (Carboidrato); AA (Aminoácidos); Amido; Sacarose; P.S.T (Proteínas solúveis totais); Média; CV (%) (Coeficiente de variação) a 5% de probabilidade, ** altamente significativo; * significativo; ns não significativo pelo teste de SNK.

Apêndice 5. Massa seca e massa seca total (MST) em g planta⁻¹ das PMI (S) 186 – Codajás e 215 – Manacapuru, em função da idade (Belém, PA – 2013).

Anos	Partes de planta (PMI 186)				MST (total de órgãos)	Partes de planta (PMI 215)				MST (total de órgãos)
	F	C	RP	RS		F	C	RP	RS	
1	224,78	116,00	106,56	43,84	491,18	242,82	172,9	106,46	88,00	610,18
2	396,14	304,02	429,54	84,98	1.214,68	677,12	501,52	461,08	207,32	1.847,04
3	1.907,48	973,02	1.349,60	830,26	5.060,36	1.688,04	864,82	1.227,04	1.019,46	4.799,36
4	3.768,62	1.666,44	3.017,02	4.332,92	12.785,00	3.646,64	2.183,82	2.634,28	4.086,26	12.551,00
Total de cada órgão	6.297,02	3.058,48	4.902,72	5.292,00	19.551,22	6.254,62	3.723,06	4.428,86	5.401,04	19.807,58

Apêndice 6. Testes de médias para teores (T) em (g) e acúmulos (A) (mg planta^{-1}) de macronutrientes em folhas de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fontes de variação: progênie (N (T)); progênie x anos x órgãos (N (A), P (T), K (T), Ca (T) e Ca (A), Mg (T), Mg (A)); anos x órgãos (P (A), K (A), S (T) e S (A)), Belém (PA), 2013.

Folhas da PMI 186 (Codajás)												
Anos	N (T)	N (A)	P (T)	P (A)	K (T)	K (A)	Ca (T)	Ca (A)	Mg (T)	Mg (A)	S (T)	S (A)
1	14,14 Ba	3182,56 Aa	1,33 d	300,73 a	6,62 c	1488,12 a	2,76 b	619,98 a	2,23 c	344,43 a	1,71 a	386,80 a
2	15,35 Ba	6096,79 Aa	1,58 d	625,21 a	7,34 ab	2911,89 a	2,67 b	1063,24 a	1,33 b	528,98 a	1,66 a	658,40 a
3	17,87 Ba	34055,41 Aa	1,11 a	2136,21 a	6,55 b	12507,29 a	1,12 a	2143,23 a	3,01 a	5750,61 a	1,26 a	2422,56 a
4	17,33 Ba	65293,26 Aa	1,11 b	4206,89 a	4,91 a	22306,22 a	0,91 a	3437,05 a	3,36 c	12665,23 b	1,25 a	4728,97 a
Média	16,17	27.157,00	1,28	1.817,26	6,35	9.803,38	1,86	1.815,87	2,48	4.822,31	1,47	2.049,18
D.M.S	0,72	1,68	0,25	580,52	0,86	2405,88	0,35	230,18	0,45	642,34	0,25	366,08
C.V (%)	14,04	21,31	12,79	27,50	6,54	28,07	13,26	16,91	13,31	14,64	18,02	27,91
Folhas da PMI 215 (Manacapuru)												
Anos	N (T)	N (A)	P (T)	P (A)	K (T)	K (A)	Ca (T)	Ca (A)	Mg (T)	Mg (A)	S (T)	S (A)
1	15,89 Aa	3854,17 Aa	1,47 b	356,29 a	6,56 c	1583,52 a	2,66 b	646,76 a	1,46 b	354,20 a	1,66 c	402,34 a
2	17,59 Aa	11890,30 Aa	1,50 b	1018,24 a	5,46 b	3702,12 a	3,29 b	2228,66 a	1,51 b	1027,34 a	1,48 c	1003,26 a
3	17,15 Aa	28928,79 Aa	0,97 c	1654,76 a	4,40 ab	8074,98 b	1,02 a	1722,60 a	3,02 a	5091,17 a	1,25 a	2114,76 a
4	17,95 Aa	65689,28 Aa	1,04 b	3799,72 a	5,55 b	20248,86 a	1,03 a	3775,61 a	3,40 ab	12406,52 b	1,35 a	4945,08 a
Média	17,14	27.590,63	1,24	1.707,25	5,49	8.402,37	2,00	2.093,40	2,34	4.719,80	1,43	2.116,36
D.M.S	0,72	1,68	0,25	580,52	0,86	2405,88	0,35	230,18	0,45	632,34	0,25	366,08
C.V (%)	14,04	21,31	12,79	27,50	6,54	28,07	13,26	16,91	13,31	14,64	18,02	27,91

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste SNK (SISVAR 5.0, FERREIRA, 2007).

Apêndice 7. Testes de médias para teores (T) em (g) e acúmulos (A) (mg planta^{-1}) de macronutrientes em caules de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum] em função das respectivas fontes de variação: progênie (N (T)); progênie x anos x órgãos (N (A), P (T), K (T), Ca (T) e Ca (A), Mg (T), Mg (A)); anos x órgãos (P (A), K (A), S (T) e S (A)), Belém (PA), 2013.

Caules da PMI 186 (Codajás)												
Anos	N (T)	N (A)	P (T)	P (A)	K (T)	K (A)	Ca (T)	Ca (A)	Mg (T)	Mg (A)	S (T)	S (A)
1	4,56 Bc	511,44 Aa	2,16 Cc	241,47 Aa	5,45 Dd	608,58 Aa	2,55 Bb	285,72 Bb	1,00 Bb	112,22 Aa	0,68 Dd	76,07 Aa
2	3,99 Bc	1215,39 Ab	2,56 Cc	729,54 Aa	7,01 Bb	2125,91 Aa	1,52 Dd	464,00 Bb	0,68 Aa	206,76 Aa	0,59 Dd	180,71 Aa
3	3,99 Bc	3892,84 Ab	1,56 Cc	1517,67 Aa	6,04 Bb	5665,99 Aa	0,69 Bb	676,94 Cc	2,95 Aa	2902,06 Cc	0,36 Bb	350,06 Aa
4	4,41Bc	7332,01 Ad	1,19 Bb	1982,59 Aa	5,06 Aa	8451,60 Aa	0,85 Aa	1417,43 Cc	4,90 Aa	7337,10 Dd	0,53 BCbc	886,21 Aa
Média	4,23	3.237,92	1,86	1.117,81	5,89	4.213,02	1,40	711,02	2,38	2.639,53	0,54	373,26
D.M.S	0,72	1,68	0,25	580,52	0,86	2405,88	0,35	230,18	0,45	642,34	0,25	366,08
C.V (%)	14,04	21,31	12,79	27,50	6,54	28,07	13,26	16,91	13,31	14,64	18,02	27,91
Caules da PMI 215 (Manacapuru)												
Anos	N (T)	N (A)	P (T)	P (A)	K (T)	K (A)	Ca (T)	Ca (A)	Mg (T)	Mg (A)	S (T)	S (A)
1	4,11 Ac	711,17 Aa	1,88 Aa	324,42 Aa	6,83 BCbc	1184,57 Aa	2,45 Bb	425,52 ABab	0,80 Aa	140,46 Aa	0,67 Bb	115,80 Aa
2	3,99 Ac	2005,44 Ab	1,71 Bb	862,33 Aa	6,96 Aa	3496,68 Aa	1,79 Dd	902,73 Bb	0,94 Aa	473,56 Aa	0,53 Bb	270,79 Aa
3	4,16 Ac	3609,28 Ab	1,17 BCbc	1012,51 Aa	4,45 Bb	3854,52 Aa	0,72 ABab	627,92 Bb	2,10 Bb	1815,23 Cc	0,46 Bb	400,25 Aa
4	4,68 Ac	10248,88 Ac	0,94 Bb	2054,67 Aa	4,25 Aa	9291,00 Aa	0,95 Aa	2087,57 Dd	5,03 Aa	10987,97 Cc	0,50 Bb	1103,67 Aa
Média	4,23	4.143,69	1,42	1.063,48	5,62	4.456,69	1,47	1.010,93	2,21	3.354,30	0,54	472,62
D.M.S	0,72	1,68	0,25	580,52	0,86	2405,88	0,35	230,18	0,45	632,34	0,25	366,08
C.V (%)	14,04	21,31	12,79	27,50	6,54	28,07	13,26	16,91	13,31	14,64	18,02	27,91

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste SNK (SISVAR 5.0, FERREIRA, 2007).

Apêndice 8. Testes de médias para teores (T) em (g) e acúmulos (A) (mg planta^{-1}) de macronutrientes em ramos primários de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fontes de variação: progênie (N (T)); progênie x anos x órgãos (N (A), P (T), K (T), Ca (T) e Ca (A), Mg (T), Mg (A)); anos x órgãos (P (A), K (A), S (T) e S (A)), Belém (PA), 2013.

Ramos primários da PMI 186 (Codajás)												
Anos	N (T)	N (A)	P (T)	P (A)	K (T)	K (A)	Ca (T)	Ca (A)	Mg (T)	Mg (A)	S (T)	S (A)
1	4,97 Bc	528,05 Aa	3,02 Bb	317,80 Aa	8,21 Bb	873,65 Aa	2,67 Bb	284,81 Bb	1,48 Cc	157,58 Aa	1,07 Cc	144,55 Aa
2	3,59 Bc	1535,17 Ab	3,20 Bb	1375,05 Aa	7,96 Bb	3406,82 Aa	2,35 Cc	1013,54 Aa	1,55 Bb	665,70 Aa	0,97 Cc	413,68 Aa
3	4,87 Bc	6505,52 Ab	1,61 Bb	2189,17 Aa	6,81 Bb	9156,91 Aa	0,83 ABab	1121,17 Bb	3,30 Aa	4429,29 Bb	0,59 Cc	792,70 Aa
4	4,77 Bc	14397,20 Ac	1,22 Bb	3685,73 Aa	4,96 Aa	14989,48 Aa	0,52 Aa	1518,52 Cc	3,53 Cc	10675,17 Cc	0,48 Cc	1455,44 Aa
Média	4,55	5.741,48	2,26	1.891,93	6,98	7.106,71	1,59	984,51	2,46	3.981,93	0,77	701,59
D.M.S	0,72	1,68	0,25	580,52	0,86	2405,88	0,35	230,18	0,45	642,34	0,25	366,08
C.V (%)	14,04	21,31	12,79	27,50	6,54	28,07	13,26	16,91	13,31	14,64	18,02	27,91
Ramos primários da PMI 215 (Manacapuru)												
Anos	N (T)	N (A)	P (T)	P (A)	K (T)	K (A)	Ca (T)	Ca (A)	Mg (T)	Mg (A)	S (T)	S (A)
1	4,57 Ac	486,32 Aa	2,58 Cc	274,78 Aa	7,49 Bb	798,63 Aa	2,56 Bb	273,01 Bb	1,18 ABab	126,75 Aa	1,04 Aa	110,73 Aa
2	5,37 Ac	2480,01 Ab	2,65 Aa	1222,26 Aa	8,53 Cc	3933,61 Aa	2,44 Cc	1128,79 Bb	1,34 Bb	622,14 Aa	0,81 Aa	375,96 Aa
3	5,22 Ac	6435,33 Ab	1,36 ABab	1671,79 Aa	5,13 ABab	6305,04 Bb	0,73 ABab	895,99 Bb	2,65 Aa	3241,46 Bb	0,59 Bb	729,23 Aa
4	4,49 Ac	11886,05 Ac	1,22 Bb	3262,06 Aa	5,61 Bb	14816,71 Aa	0,92 Aa	2442,62 Cc	3,75 Bb	9915,46 Dd	0,59 Bb	1571,00 Aa
Média	4,91	5.321,92	1,95	1.607,72	6,69	6.463,49	1,66	1.185,10	2,23	3.476,45	0,75	696,73
D.M.S	0,72	1,68	0,25	580,52	0,86	2405,88	0,35	230,18	0,45	632,34	0,25	366,08
C.V (%)	14,04	21,31	12,79	27,50	6,54	28,07	13,26	16,91	13,31	14,64	18,02	27,91

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste SNK (SISVAR 5.0, FERREIRA, 2007).

Apêndice 9. Testes de médias para teores (T) em (g) e acúmulos (A) (mg planta⁻¹) de macronutrientes em ramos secundários de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fontes de variação: progênie (N (T)); progênie x anos x órgãos (N (A), P (T), K (T), Ca (T) e Ca (A), Mg (T), Mg (A)); anos x órgãos (P (A), K (A), S (T) e S (A)), Belém (PA), 2013.

Ramos secundários da PMI 186 (Codajás)												
Anos	N (T)	N (A)	P (T)	P (A)	K (T)	K (A)	Ca (T)	Ca (A)	Mg (T)	Mg (A)	S (T)	S (A)
1	7,14 Bb	312,61 Aa	3,37 Aa	148,17 Aa	10,95 Aa	481,26 Aa	4,06 Aa	178,25 Bb	2,23 Aa	98,14 Aa	1,45 Bb	63,48 Aa
2	7,70 Bb	650,99 Ab	3,55 Aa	302,45 Aa	7,99 Bb	677,71 Aa	3,46 Aa	292,80 Bb	1,62 Bb	138,23 Aa	1,28 Bb	109,25 Aa
3	7,01 Bb	5812,71 Ab	1,47 Bb	1223,92	5,24 Aa	4351,93	0,86	714,14 Cc	3,02 Aa	2498,61	0,71 Cc	594,24 Aa
4	6,80 Bb	29458,78 Ab	1,54 Aa	6710,97	5,76 Aa	21129,27	0,54 Aa	2375,65	3,96 Bb	17195,11	0,74 Bb	3228,49
				Aa		Aa	Abab			Cc		
Média	7,16	9.058,77	2,48	2.096,37	7,48	6.660,04	2,23	890,21	2,70	4.982,52	1,04	998,86
D.M.S	0,72	1,68	0,25	580,52	0,86	2405,88	0,35	230,18	0,45	642,34	0,25	366,08
C.V (%)	14,04	21,31	12,79	27,50	6,54	28,07	13,26	16,91	13,31	14,64	18,02	27,91
Ramos secundários da PMI 215 (Manacapurú)												
Anos	N (T)	N (A)	P (T)	P (A)	K (T)	K (A)	Ca (T)	Ca (A)	Mg (T)	Mg (A)	S (T)	S (A)
1	8,07 Ab	703,50 Aa	2,54 Cc	224,03 Aa	9,50 Aa	836,09 Aa	4,12 Aa	363,04	1,62 Bb	142,82 Aa	1,47 Cc	129,97 Aa
2	7,72 Ab	1600,12 Ab	2,83 Aa	586,82 Aa	9,22 Cc	1909,83	4,41 Aa	912,98 Bb	1,79 Bb	371,85 Aa	1,36 Cc	284,37 Aa
3	6,72 Ab	6833,74 Ab	1,57 Aa	1605,13	5,67 Aa	5794,71	0,60 Bb	619,56 Bb	1,93 Bb	1975,97	0,71 Bb	721,06 Aa
4	6,88 Ab	28229,92 Ab	1,53 Aa	6308,09	5,39 Bb	21999,25	0,71 Aa	2913,77	3,26 Bb	13365,31	0,68 Bb	2796,89
				Aa		Aa		Bb		Aa		Bb
Média	7,34	9.341,82	2,11	2.181,01	7,44	7.634,97	2,46	1.202,33	2,15	3.963,98	1,05	983,07
D.M.S	0,72	1,68	0,25	580,52	0,86	2405,88	0,35	230,18	0,45	632,34	0,25	366,08
C.V (%)	14,04	21,31	12,79	27,50	6,54	28,07	13,26	16,91	13,31	14,64	18,02	27,91

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste SNK (SISVAR 5.0, FERREIRA, 2007).

Apêndice 10. Acúmulo total macronutrientes em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários em mg planta⁻¹ da PMI 186 – Codajás, em função da idade (Belém, PA – 2013).

Anos	Acúmulo (A) de Macronutrientes (mg planta ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
1	4.534,66	1.008,17	3.451,61	1.368,76	712,37	670,85
2	9.498,34	3.032,25	9.122,33	2.833,58	1.539,67	1.362,04
3	50.266,48	7.066,97	31.682,12	4.655,48	15.580,57	4.159,56
4	116.481,25	16.586,18	66.876,57	8.748,65	47.872,61	10.299,11

Apêndice 11. Acúmulo total de macronutrientes em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários em mg planta⁻¹ da PMI 215 – Manacapuru, em função da idade (Belém, PA – 2013).

Anos	Acúmulo (A) de Macronutrientes (mg planta ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
1	5.755,16	1.179,52	4.402,81	1.708,33	764,23	758,84
2	17.975,87	3.689,65	13.042,24	5.173,16	2494,89	1.934,38
3	45.807,14	5.944,19	24.029,25	3.866,07	12.123,83	3.965,30
4	116.054,13	15.424,54	66.355,82	11.219,57	46.675,26	10.416,64

Apêndice 12. Testes de médias para teores (T) (g) e acúmulos (A) (mg planta⁻¹) bioquímicos em folhas de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fontes de variação: progênie x órgãos (Carb. (T), P.S.T (T), P.S.T (A)); progênie x anos x órgãos (Carb. (A), AA (T), AA (A), Amido (T), Amido (A)); progênie x anos (Sacarose (T), Sacarose (A)), Belém (PA), 2013.

Folhas da PMI 186 (Codajás)										
Anos	Carb. (T)	Carb. (A)	AA (T)	AA (A)	Amido (T)	Amido (A)	Sacarose (T)	Sacarose (A)	P.S.T (T)	P.S.T (A)
1	1,13 A	256,32 A	28,77 A	6459,82 A	0,61 A	138,05 A	10,90 A	2450,88 A	1,52 A	341,26 A
2	1,54 A	659,67 B	28,25 A	11175,08 B	0,64 A	256,29 A	17,95 A	7107,97 B	1,72 A	684,82 A
3	1,59 A	3.041,11 A	31,43 C	59889,27 A	0,62 A	1189,98 A	20,64 A	39400,52 A	1,53 A	2922,71 A
4	1,08 A	4.074,66 A	24,20 C	91101,07 A	0,23 A	864,15 A	16,39 A	61693,48 A	0,80 A	3036,57 A
Média	1,33	2.700,94	28,16	42.156,31	0,52	612,11	16,47	27.663,21	1,39	1.746,34
D.M.S	0,11	317,76	1,76	4.270,11	0,04	107,19	1,84	3.074,95	0,01	187,93
C.V (%)	8,86	15,61	6,15	12,47	14,70	25,51	8,14	13,68	10,23	15,55
Folhas da PMI 215 (Manacapurú)										
Anos	Carb. (T)	Carb. (A)	AA (T)	AA (A)	Amido (T)	Amido (A)	Sacarose (T)	Sacarose (A)	P.S.T (T)	P.S.T (A)
1	1,58 A	384,75 A	38,32 A	9287,88 A	0,83 A	215,16 A	15,07 A	3683,33 A	1,80 A	433,85 A
2	1,89 A	1283,82 A	36,30 A	24596,35 A	0,72 A	489,75 A	22,31 A	15059,42 A	1,98 A	1346,45 A
3	1,96 A	3301,51 A	43,55 A	73639,05 A	0,76 A	1294,22 A	25,07 A	42172,76 A	1,89 A	3203,66 A
4	1,51 A	5515,22 A	34,00 A	124078,74 A	0,47 A	1728,63 A	22,72 A	82948,07 A	1,06 A	3866,83 A
Média	1,73	2.621,32	38,04	57.900,50	0,69	931,94	21,29	35.965,89	1,68	2.212,69
D.M.S	0,11	317,76	1,76	4.270,11	0,04	107,19	1,84	3.074,95	0,01	187,93
C.V (%)	8,86	15,61	6,15	12,47	14,70	25,51	8,14	13,68	10,23	15,55

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste SNK (SISVAR 5.0, FERREIRA, 2007).

Apêndice 13. Testes de médias para teores (T) (g) e acúmulos (A) (mg planta⁻¹) bioquímicos em caules de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fontes de variação: progênie x órgãos (Carb. (T), P.S.T (T), P.S.T (A)); progênie x anos x órgãos (Carb. (A), AA (T), AA (A), Amido (T), Amido (A)); progênie x anos (Sacarose (T), Sacarose (A)), Belém (PA), 2013.

Caules da PMI 186 (Codajás)										
Anos	Carb. (T)	Carb. (A)	AA (T)	AA (A)	Amido (T)	Amido (A)	Sacarose (T)	Sacarose (A)	P.S.T (T)	P.S.T (A)
1	0,96 B	108,20 A	22,08 B	2456,10 A	0,14 C	15,93 B	8,51 C	940,38 A	0,65 C	72,74 B
2	1,34 B	408,33 B	25,68 B	7802,47 B	0,25 B	77,32 B	16,26 B	4941,71 B	0,79 B	240,26 B
3	1,35 C	1318,08 C	29,67 C	28919,86 C	0,14 B	141,71 B	18,88 C	18401,67 C	1,31 B	1276,99 C
4	0,84 C	1412,58 D	24,43 C	40723,70 D	0,14 B	236,81 B	14,28 C	23793,80 B	0,66 B	1113,88 C
Média	1,12	811,79	25,46	19.975,53	0,16	117,94	14,48	12.019,39	0,85	675,96
D.M.S	0,11	317,76	1,76	4.270,11	0,04	107,19	1,84	3.074,95	0,01	187,93
C.V (%)	8,86	15,61	6,15	12,47	14,70	25,51	8,14	13,68	10,23	15,55
Caules da PMI 215 (Manacapuru)										
Anos	Carb. (T)	Carb. (A)	AA (T)	AA (A)	Amido (T)	Amido (A)	Sacarose (T)	Sacarose (A)	P.S.T (T)	P.S.T (A)
1	1,21 B	210,39 A	28,75 B	4978,58 AB	0,20 B	35,40 B	12,70 B	2193,80 A	0,78 C	136,27 B
2	1,61 B	807,15 C	27,65 B	13867,19 C	0,28 B	142,56 B	18,61 B	9341,71 C	0,95 B	478,80 C
3	1,59 B	1380,84 BC	40,23 B	34799,07 C	0,19 B	165,56 B	24,05 A	20813,81 C	1,66 B	1438,42 C
4	1,12 B	2456,26 C	28,79 B	62906,18 C	0,24 B	525,45 B	18,63 B	40706,70 C	0,85 B	1869,47 C
Média	1,38	1.213,66	31,35	29.137,75	0,22	217,24	18,49	18.264,00	1,06	980,74
D.M.S	0,11	317,76	1,76	4.270,11	0,04	107,19	1,84	3.074,95	0,01	187,93
C.V (%)	8,86	15,61	6,15	12,47	14,70	25,51	8,14	13,68	10,23	15,55

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste SNK (SISVAR 5.0, FERREIRA, 2007).

Apêndice 14. Testes de médias para teores (T) (g) e acúmulos (A) (mg planta⁻¹) bioquímicos em ramos primários de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fontes de variação: progênie x órgãos (Carb. (T), P.S.T (T), P.S.T (A)); progênie x anos x órgãos (Carb. (A), AA (T), AA (A), Amido (T), Amido (A)); progênie x anos (Sacarose (T), Sacarose (A)), Belém (PA), 2013.

Ramos primários da PMI 186 (Codajás)										
Anos	Carb. (T)	Carb. (A)	AA (T)	AA (A)	Amido (T)	Amido (A)	Sacarose (T)	Sacarose (A)	P.S.T (T)	P.S.T (A)
1	0,74 C	79,58 A	20,00 C	2129,45 A	0,10 C	11,00 B	7,48 C	801,64 A	0,61 C	65,76 B
2	1,15 C	495,64 B	21,59 C	9269,21 B	0,14 C	60,79 B	13,67 C	5887,95 B	0,64 C	278,44 B
3	1,27 C	1708,14 B	27,06 A	36595,97 B	0,09 C	124,96 B	17,84 C	24005,67 B	1,16 C	1583,16 B
4	0,75 C	2281,05 C	17,23 A	51999,54 C	0,07 C	229,27 B	12,73 C	38416,34 C	0,42 C	1291,88 C
Média	0,97	1.316,10	21,47	24.998,54	0,10	106,50	12,93	17.277,90	0,70	804,81
D.M.S	0,11	317,76	1,76	4.270,11	0,04	107,19	1,84	3.074,95	0,01	187,93
C.V (%)	8,86	15,61	6,15	12,47	14,70	25,51	8,14	13,68	10,23	15,55
Ramos primários da PMI 215 (Manacapurú)										
Anos	Carb. (T)	Carb. (A)	AA (T)	AA (A)	Amido (T)	Amido (A)	Sacarose (T)	Sacarose (A)	P.S.T (T)	P.S.T (A)
1	0,89 C	94,80 A	23,15 C	2459,57 B	0,12 C	13,69 B	9,65 C	1023,50 A	0,74 C	79,66 B
2	1,35 C	625,70 C	25,55 C	11803,41 C	0,17 C	81,10 BC	16,39 C	7574,38 C	0,82 C	378,91 C
3	1,33 C	1642,26 B	29,92 C	36589,26 C	0,12 C	147,77 B	21,36 B	26183,28 B	1,24 C	1533,42 C
4	0,96 C	2541,53 C	21,76 C	57235,49 D	0,10 C	276,24 C	15,51 C	40923,94 C	0,56 C	1479,54 D
Média	1,13	1.226,07	25,09	27.021,93	0,12	129,70	15,72	18.926,27	0,84	867,88
D.M.S	0,11	317,76	1,76	4.270,11	0,04	107,19	1,84	3.074,95	0,01	187,93
C.V (%)	8,86	15,61	6,15	12,47	14,70	25,51	8,14	13,68	10,23	15,55

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste SNK (SISVAR 5.0, FERREIRA, 2007).

Apêndice 15. Testes de médias para teores (T) (g) e acúmulos (A) (mg planta^{-1}) bioquímicos em ramos secundários de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] em função das respectivas fontes de variação: progênie x órgãos (Carb. (T), P.S.T (T), P.S.T (A)); progênie x anos x órgãos (Carb. (A), AA (T), AA (A), Amido (T), Amido (A)); progênie x anos (Sacarose (T), Sacarose (A)), Belém (PA), 2013.

Ramos secundários da PMI 186 (Codajás)										
Anos	Carb. (T)	Carb. (A)	AA (T)	AA (A)	Amido (T)	Amido (A)	Sacarose (T)	Sacarose (A)	P.S.T (T)	P.S.T (A)
1	0,55 D	24,23 A	12,87 D	561,45 A	0,05 B	2,42 B	5,58 B	245,95 A	0,45 B	19,74 B
2	0,98 D	83,86 A	20,47 C	1741,77 A	0,07 D	6,33 B	11,35 D	967,35 A	0,59 C	50,62 B
3	0,92 B	764,88 D	23,74 B	19708,56 D	0,06 C	51,38 B	15,60 B	12946,14 D	0,80 D	667,13 D
4	0,62 B	2696,99 B	13,82 B	59936,32 B	0,05 C	236,47 B	9,65 B	41806,79 C	0,40 C	1741,75 B
Média	0,76	892,49	17,72	20.487,02	0,05	74,15	10,54	13.991,55	0,56	619,81
D.M.S	0,11	317,76	1,76	4.270,11	0,04	107,19	1,84	3.074,95	0,01	187,93
C.V (%)	8,86	15,61	6,15	12,47	14,70	25,51	8,14	13,68	10,23	15,55
Ramos secundários da PMI 215 (Manacapurú)										
Anos	Carb. (T)	Carb. (A)	AA (T)	AA (A)	Amido (T)	Amido (A)	Sacarose (T)	Sacarose (A)	P.S.T (T)	P.S.T (A)
1	0,70 D	61,61 A	17,57 D	1547,30 B	0,08 C	7,39 B	7,67 D	675,22 A	0,58 B	51,04 B
2	0,17 D	242,82 B	23,01 D	4776,66 B	0,10 D	22,53 C	14,43 D	3018,15 B	0,69 D	143,10 B
3	0,16 D	1189,93 C	26,91 D	27439,29 B	0,08 C	89,84 B	19,91 B	20311,44 C	1,04 D	1060,52 B
4	0,80 D	3298,83 B	18,70 D	76610,18 B	0,07 C	297,66 C	13,20 D	53804,71 B	0,56 C	2299,58 B
Média	0,45	1.198,29	21,54	27.593,35	0,08	104,35	13,80	19.452,38	0,71	888,56
D.M.S	0,11	317,76	1,76	4.270,11	0,04	107,19	1,84	3.074,95	0,01	187,93
C.V (%)	8,86	15,61	6,15	12,47	14,70	25,51	8,14	13,68	10,23	15,55

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste SNK (SISVAR 5.0, FERREIRA, 2007).

Apêndice 16. Acúmulo total da bioquímica em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários em mg planta⁻¹ da PMI 186 – Codajás, em função da idade (Belém, PA – 2013).

Anos	Acúmulo (A) bioquímico (mg planta ⁻¹)				
	Carboidratos	Aminoácidos	Amido	Sacarose	P.S.T
1	468,33	11.606,82	167,40	4.438,85	499,50
2	1.647,50	29.988,53	400,73	18.904,98	1.254,14
3	6.832,21	145.113,66	1.508,03	94.754,00	6.449,99
4	10.465,28	243.760,63	1.566,70	165.710,41	7.184,08

P.S.T – Proteínas solúveis totais.

Apêndice 17. Acúmulo total da bioquímica em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários em mg planta⁻¹ da PMI 215 – Manacapuru, em função da idade (Belém, PA – 2013).

Anos	Acúmulo (A) bioquímico (mg planta ⁻¹)				
	Carboidratos	Aminoácidos	Amido	Sacarose	P.S.T
1	751,55	18.273,33	271,64	7.575,85	700,82
2	2.959,49	55.043,61	803,25	34.993,66	2.347,26
3	7.514,54	172.466,67	1.697,39	109.481,29	7.236,02
4	13.811,84	320.830,59	2.827,98	218.383,42	9.515,42

P.S.T – Proteínas solúveis totais.

Apêndice 18. Resumo das análises de regressão e de variância (progênes) para teores de nitrogênio, nas PMI (s) de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)], PMI 186 (Codajás) e PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

PMI(s)	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Codajás (186)	Y= -0,016x ² + 0,344x + 7,292	0,707	14,04	0,016 ^{ns}	Quadrática polinomial
Manacapuru (215)	Y=-0,079x ² + 0,464x + 7,949	0,328	14,04	0,380 ^{ns}	Quadrática polinomial

Apêndice 19. Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para acúmulos de nitrogênio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 7080,0x^2 - 13975x + 8988,0$	0,990	21,31	165,395**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 683,8x^2 - 1105,0x + 872,1$	0,997	21,31	1,570 ^{ns}	Quadrática polinomial
RP	$Y = 1721x^2 - 3947,0x + 2702,0$	0,999	21,31	9,949**	Quadrática polinomial
RS	$Y = 5826,0x^2 - 19875x + 15043$	0,983	21,31	114,033**	Quadrática polinomial

Apêndice 20. Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para acúmulos de nitrogênio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 7181,0x^2 - 15651x + 12860$	0,997	21,31	173,194**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 1336x^2 - 3660x + 3271,0$	0,979	21,31	5,998**	Quadrática polinomial
RP	$Y = 864,2x^2 - 505,8x + 104,5$	0,999	21,31	2,509 ^{ns}	Quadrática polinomial
RS	$Y = 5826,0x^2 - 19875x + 13013$	0,985	21,31	88,211**	Quadrática polinomial

Apêndice 21. Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de fósforo, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = -0,062x^2 - 0,187x + 1,268$	0,522	12,89	5,740 ^{ns}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = -0,192x^2 - 0,567x + 1,893$	0,819	12,89	13,400**	Quadrática polinomial
RP	$Y = -0,145x^2 + 0,029x + 3,283$	0,852	12,89	7,695**	Quadrática polinomial
RS	$Y = -0,027x^2 - 0,621x + 4,247$	0,746	12,89	261,471 ^{ns}	Quadrática polinomial

Apêndice 22. Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de fósforo, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 0,007x^2 - 0,218x + 1,738$	0,716	12,89	0,020 ^{ns}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = -0,015x^2 - 0,263x + 2,199$	0,959	12,89	52,030 ^{ns}	Quadrática polinomial
RP	$Y = -0,051x^2 - 0,280 + 3,04$	0,818	12,89	0,945 ^{ns}	Quadrática polinomial
RS	$Y = -0,081x^2 - 0,020x + 2,785$	0,714	12,89	2,414 ^{ns}	Quadrática polinomial

Apêndice 23. Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de potássio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = -0,340x^2 + 1,411x + 5,635$	0,862	6,54	6,704 ^{**}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = -0,634x^2 + 2,959x + 3,251$	0,851	6,54	23,278 ^{**}	Quadrática polinomial
RP	$Y = -0,399x^2 + 0,908x + 7,714$	0,999	6,54	9,228 ^{**}	Quadrática polinomial
RS	$Y = 0,869x^2 - 6,178x + 16,41$	0,976	6,54	43,665 ^{**}	Quadrática polinomial

Apêndice 24. Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de potássio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 0,464x^2 - 2,688x + 8,84$	0,969	6,54	12,449 ^{**}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = -0,082x^2 - 0,612x + 7,778$	0,812	6,54	0,394 ^{ns}	Quadrática exponencial
RP	$Y = -0,140x^2 - 0,199x + 8,246$	0,544	6,54	1,141 ^{ns}	Quadrática polinomial
RS	$Y = -1,589x^2 + 11,42x$	0,855	6,54	182,586 ^{**}	Linear

Apêndice 25. Resumo das análises de regressão e de variância para teores de cálcio (progênie x anos x órgãos), nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = -0,028x^2 - 0,570x + 3,504$	0,866	13,26	0,263 ^{ns}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 0,297x^2 - 2,080x + 4,372$	0,985	13,26	29,629 ^{**}	Quadrática polinomial
RP	$Y = 0,001x^2 - 0,804 + 3,596$	0,914	13,26	0,001 ^{ns}	Quadrática polinomial
RS	$Y = 0,072x^2 - 1,673x + 5,876$	0,903	13,26	1,741 ^{ns}	Quadrática polinomial

Apêndice 26. Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de cálcio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 0,153x^2 + 0,052x + 3,024$	0,664	13,26	7,915 ^{**}	Quadrática exponencial
Caule	$Y = 0,222x^2 - 1,669x + 3,982$	0,922	13,26	16,406 ^{**}	Quadrática polinomial
RP	$Y = 0,079x^2 - 1,061x + 3,722$	0,786	13,26	2,123 ^{ns}	Quadrática polinomial
RS	$Y = -0,046x^2 - 1,173x + 5,748$	0,755	13,26	0,726 ^{ns}	Quadrática polinomial

Apêndice 27. Resumo das análises de regressão e de variância para acúmulos de cálcio (progênie x anos x órgãos), nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 212,6x^2 - 110,0x + 496,2$	0,998	16,91	20,622 ^{**}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 140,5x^2 - 341,9x + 511,7$	0,983	16,91	9,010 ^{**}	Quadrática polinomial
RP	$Y = -67,34x^2 + 736,2 - 335,4$	0,945	16,91	2,068 ^{ns}	Quadrática polinomial
RS	$Y = 386,7x^2 - 1232,0x + 1070,0$	0,986	16,91	68,215 ^{**}	Quadrática polinomial

Apêndice 28. Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para acúmulos de cálcio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 117,7x^2 + 299,1x + 462,1$	0,787	16,91	6,326**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 245,6x^2 - 756,9x + 1061,0$	0,813	16,91	27,515**	Quadrática polinomial
RP	$Y = 172,7x^2 - 235,9x + 479,6$	0,835	16,91	13,605**	Quadrática polinomial
RS	$Y = 436,0x^2 - 1444x + 1543$	0,854	16,91	82,726**	Quadrática polinomial

Apêndice 29. Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de magnésio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 0,137x^2 + 0,029x + 1,202$	0,837	13,31	3,872*	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 0,442x^2 - 0,965x + 1,352$	0,936	13,31	40,674**	Quadrática polinomial
RP	$Y = 0,04x^2 - 0,59x + 0,69$	0,859	13,31	0,364 ^{ns}	Quadrática polinomial
RS	$Y = 0,387x^2 - 1,278x + 2,997$	0,900	13,31	31,061**	Quadrática polinomial

Apêndice 30. Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para teores de magnésio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 0,082x^2 + 0,320x + 0,927$	0,890	13,31	1,370 ^{ns}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 0,697x^2 - 2,102x + 2,242$	0,997	13,31	100,522**	Quadrática polinomial
RP	$Y = 0,237x^2 - 0,282x + 1,161$	0,978	13,31	11,589**	Quadrática polinomial
RS	$Y = 0,29x^2 - 0,944x + 2,335$	0,956	13,31	17,173**	Quadrática polinomial

Apêndice 31. Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para acúmulos de magnésio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 1682,0x^2 - 4194,0x + 2688,0$	0,994	14,64	165,792**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 1085,0x^2 - 2988,0x + 1972,0$	0,998	14,64	68,965**	Quadrática polinomial
RP	$Y = 1434,0x^2 - 3640,0x + 2325,0$	0,999	14,64	120,507**	Quadrática polinomial
RS	$Y = 3664,0x^2 - 12955x + 9890,0$	0,975	14,64	786,289**	Quadrática polinomial

Apêndice 32. Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x anos x órgãos) para acúmulos de magnésio, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 1660,0x^2 - 4280,0x + 2967,0$	1	14,64	161,492**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 2209,0x^2 - 7661,0x + 5932,0$	0,970	14,64	286,020**	Quadrática polinomial
RP	$Y = 1544,0x^2 - 4524x + 3203,0$	0,996	14,64	139,736**	Quadrática polinomial
RS	$Y = 2790,0x^2 - 9823,0x + 7596,0$	0,970	14,64	455,910**	Quadrática polinomial

Apêndice 33. Resumo das análises de regressão e de variância (progênie x órgãos) para teores de carboidratos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = -0,23x^2 + 1,14x + 0,21$	0,990	8,86	96,720**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = -0,222x^2 + 1,077x + 0,097$	0,994	8,86	88,493**	Quadrática polinomial
RP	$Y = -0,232x^2 + 1,177x - 0,222$	0,972	8,86	97,986**	Quadrática polinomial
RS	$Y = -0,182x^2 + 0,927x - 0,182$	0,977	8,86	61,565**	Quadrática polinomial

Apêndice 34. Resumo das análises de regressão e de variância (progênes x órgãos) para teores de carboidratos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 0,19x^2 + 0,936x + 0,82$	0,973	8,86	64,622 ^{**}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = - 0,217x^2 + 1,058x + 0,367$	0,999	8,86	86,096 ^{**}	Quadrática polinomial
RP	$Y = - 0,207x^2 + 1,056x + 0,047$	0,995	8,86	81,401 ^{**}	Quadrática polinomial
RS	$Y = - 0,207x^2 + 1,066x - 0,152$	0,995	8,86	78,722 ^{**}	Quadrática polinomial

Apêndice 35. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos x órgãos) para acúmulos de carboidratos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 157,5x^2 + 595,9x - 663,4$	0,945	15,61	10,561 ^{**}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = - 51,40x^2 + 739,3x - 650,9$	0,920	15,61	1,124 ^{ns}	Quadrática polinomial
RP	$Y = 39,21x^2 + 585,6x - 617,0$	0,967	15,61	0,654 ^{ns}	Quadrática polinomial
RS	$Y = 468,1x^2 - 1470,0x + 1058,0$	0,995	15,61	93,232 ^{**}	Quadrática polinomial

Apêndice 36. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x anos x órgãos) para acúmulos de carboidratos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 328,6x^2 + 97,61x - 87,65$	0,997	15,61	1611,833 ^{**}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 119,6x^2 + 132,8x - 15,84$	0,995	15,61	6,092 ^{**}	Quadrática polinomial
RP	$Y = 92,09x^2 + 375,2x - 402,6$	0,994	15,61	3,608 ^{ns}	Quadrática polinomial
RS	$Y = 481,9x^2 - 1343x + 943,2$	0,998	15,61	98,813 ^{**}	Quadrática polinomial

Apêndice 37. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x anos x órgãos) para teores de aminoácidos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = -1,677x^2 + 7,334x + 22,40$	0,627	6,15	21,824**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = -2,21x^2 + 12,15x + 11,65$	0,847	6,15	37,907**	Quadrática polinomial
RP	$Y = -2,855x^2 + 13,99x + 7,905$	0,642	6,15	63,291**	Quadrática polinomial
RS	$Y = -4,38x^2 + 22,51x - 5,705$	0,952	6,15	148,794**	Quadrática polinomial

Apêndice 38. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x anos x órgãos) para teores de aminoácidos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = -1,882x^2 + 8,841x + 30,05$	0,317	6,15	27,444**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = -2,585x^2 + 14,19x + 15,25$	0,328	6,15	51,947**	Quadrática polinomial
RP	$Y = -2,64x^2 + 13,22x + 11,84$	0,726	6,15	54,118**	Quadrática polinomial
RS	$Y = -3,412x^2 + 17,79x + 2,662$	0,898	6,15	90,449**	Quadrática polinomial

Apêndice 39. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x anos x órgãos) para acúmulos de aminoácidos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 6624,0x^2 - 2856,0x - 382,5$	0,961	12,47	58,153**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 1614,0x^2 + 5520,0x - 5932,0$	0,967	12,47	3,454 ^{ns}	Quadrática polinomial
RP	$Y = 2066,0x^2 + 7363,0x - 8906$	0,968	12,47	5,657**	Quadrática polinomial
RS	$Y = 9761,0x^2 - 29200,0x + 20273$	0,999	12,47	126,293**	Quadrática polinomial

Apêndice 40. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x anos x órgãos) para acúmulos de aminoácidos, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 8782x^2 - 4572x + 3460,0$	0,993	12,47	102,231 ^{**}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 4804,0x^2 - 4551,0x + 4482,0$	0,999	12,47	30,594 ^{**}	Quadrática polinomial
RP	$Y = 2825,0x^2 + 4783,0x - 6128,0$	0,989	12,47	10,581 ^{**}	Quadrática polinomial
RS	$Y = 11485,0x^2 - 32642,0x + 23057,0$	0,999	12,47	174,826 ^{**}	Quadrática polinomial

Apêndice 41. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x anos x órgãos) para teores de amido, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = -0,105x^2 + 0,409x + 0,29$	0,956	14,70	167,062 ^{**}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = -0,027x^2 + 0,126x + 0,057$	0,400	14,70	11,852 ^{**}	Quadrática polinomial
RP	$Y = -0,02x^2 + 0,08x + 0,045$	0,878	14,70	2,659 ^{ns}	Quadrática polinomial
RS	$Y = -0,002x^2 + 0,017x + 0,037$	0,545	14,70	0,617 ^{ns}	Quadrática polinomial

Apêndice 42. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x anos x órgãos) para teores de amido, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = -0,045x^2 + 0,121x + 0,73$	0,843	14,70	28,896 ^{**}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = -0,007x^2 + 0,040x + 0,182$	0,053	14,70	0,821 ^{ns}	Quadrática polinomial
RP	$Y = -0,017x^2 + 0,076x + 0,067$	0,684	14,70	3,506 ^{ns}	Quadrática polinomial
RS	$Y = -0,007x^2 + 0,032x + 0,057$	0,736	14,70	1,459 ^{ns}	Quadrática polinomial

Apêndice 43. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x anos x órgãos) para acúmulos de amido, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 75,18 e^{0,703x}$	0,803	25,51	46,077**	Quadrática exponencial
Caule	$Y = 8,427x^2 + 30,56x - 21,67$	0,998	25,51	0,266 ^{ns}	Quadrática polinomial
RP	$Y = 13,63x^2 + 3,748x - 5,09$	0,998	25,51	0,694 ^{ns}	Quadrática polinomial
RS	$Y = 45,29x^2 - 151,7x + 113,8$	0,986	25,51	7,670 ^{ns}	Quadrática polinomial

Apêndice 44. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x anos x órgãos) para acúmulos de amido, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 39,95x^2 + 334,7x - 204,5$	0,972	25,51	5,968**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 63,18x^2 - 166,6x + 159,8$	0,935	25,51	14,925**	Quadrática polinomial
RP	$Y = 15,26x^2 + 9,107x - 7,555$	0,994	25,51	0,871 ^{ns}	Quadrática polinomial
RS	$Y = 48,17x^2 - 147,0x + 110,6$	0,992	25,51	8,675*	Quadrática polinomial

Apêndice 45. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x anos) para teores de sacarose, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = - 2,825x^2 + 16,04x - 2,445$	0,993	8,14	100,622**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = - 3,083x^2 + 17,43x - 5,937$	0,996	8,14	120,272**	Quadrática polinomial
RP	$Y = - 2,825x^2 + 16,11x - 6,175$	0,951	8,14	100,800**	Quadrática polinomial
RS	$Y = - 2,93x^2 + 16,29x - 8,22$	0,927	8,14	108,242**	Quadrática polinomial

Apêndice 46. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x anos) para teores de sacarose, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = - 2,397x^2 + 14,55x + 2,877$	0,999	8,14	72,468**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = - 2,832x^2 + 16,48x - 1,492$	0,916	8,14	101,264**	Quadrática polinomial
RP	$Y = - 3,147x^2 + 17,99x - 5,647$	0,940	8,14	124,991**	Quadrática polinomial
RS	$Y = - 3,367x^2 + 19,04x - 8,552$	0,921	8,14	143,072**	Quadrática polinomial

Apêndice 47. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x anos) para acúmulos de sacarose, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 4409,0x^2 - 1042,0x - 2797$	0,969	13,68	49,681**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 347,7x^2 + 6463,0x - 6747,0$	0,956	13,68	0,309 ^{ns}	Quadrática polinomial
RP	$Y = 2331,0x^2 + 1440x - 3807,0$	0,984	13,68	13,888**	Quadrática polinomial
RS	$Y = 7034,0x^2 - 21508x + 1500$	0,998	13,68	126,481**	Quadrática polinomial

Apêndice 48. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x anos) para acúmulos de sacarose, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [(*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = 7349,0x^2 - 10258x + 6488,0$	0,999	13,68	138,061**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 3186,0x^2 - 3230,0x + 2442,0$	0,999	13,68	25,946**	Quadrática polinomial
RP	$Y = 2047,0x^2 + 3593,0x - 5414,0$	0,987	13,68	10,714**	Quadrática polinomial
RS	$Y = 7787,0x^2 - 21270,0x + 14220,0$	1	13,68	154,998**	Quadrática polinomial

Apêndice 49. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x órgãos) para teores de proteínas solúveis totais, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = -0,232x^2 + 0,927x + 0,817$	0,997	10,23	108,213**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = -0,197x^2 + 1,042x - 0,272$	0,587	10,23	75,857**	Quadrática polinomial
RP	$Y = -0,191x^2 + 0,957x - 0,242$	0,492	10,23	73,166**	Quadrática polinomial
RS	$Y = -0,135x^2 + 0,681x - 0,13$	0,759	10,23	36,980**	Quadrática polinomial

Apêndice 50. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x órgãos) para teores de proteínas solúveis totais, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = -0,252x^2 + 1,031x + 0,997$	0,979	10,23	130,072**	Quadrática polinomial
Caule	$Y = -0,245x^2 + 1,317x - 0,395$	0,571	10,23	117,680**	Quadrática polinomial
RP	$Y = 0,06x^2 - 0,412x + 1,17$	0,387	10,23	71,273**	Quadrática polinomial
RS	$Y = -0,147x^2 + 0,766x - 0,092$	0,614	10,23	42,597**	Quadrática polinomial

Apêndice 51. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênies x órgãos) para acúmulos de proteínas solúveis totais, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 186 (Codajás), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = -57,42x^2 + 1319,0x - 1121,0$	0,868	15,55	2,256 ^{ns}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = -82,65x^2 + 829,3x - 777,3$	0,806	15,55	4,675*	Quadrática polinomial
RP	$Y = -125,9x^2 + 1128,0x - 1070,0$	0,783	15,55	10,861**	Quadrática polinomial
RS	$Y = 260,9x^2 - 726,4x + 478,8$	0,999	15,55	46,586**	Quadrática polinomial

Apêndice 52. Resumo das análises de regressão e de variância de (progênes x órgãos) para acúmulos de proteínas solúveis totais, nos diferentes órgãos de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum)] da PMI 215 (Manacapuru), no período de quatro anos de idade, Belém (PA), 2013.

ÓRGÃOS	EQUAÇÃO	R ²	C.V (%)	F	MODELAGEM DA EQUAÇÃO
Folha	$Y = -62,35x^2 + 1527,0x - 1138,0$	0,970	15,55	2,662 ^{ns}	Quadrática polinomial
Caule	$Y = 22,13x^2 + 505,2x - 448,4$	0,966	15,55	0,335 ^{ns}	Quadrática polinomial
RP	$Y = -88,28x^2 + 976,8x - 912,0$	0,873	15,55	5,333 [*]	Quadrática polinomial
RS	$Y = 286,7x^2 - 667,4x + 406,5$	0,996	15,55	56,259 ^{**}	Quadrática polinomial

Apêndice 53. Cálculo de adubação tendo como base os acúmulos totais de nitrogênio, fósforo e potássio em folhas, caules, ramos primários e ramos secundários de 20 plantas da PMI 186 – Codajás e 20 plantas da PMI 215 – Manacapuru, em função da idade (Belém, PA – 2013).

Ano	Eficiência da progênie na quantidade demandada de adubo da PMI 186 em 20 plantas						Eficiência da progênie na quantidade demandada de adubo da PMI 186 por planta					
	Uréia	Uréia	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	K ₂ O	K ₂ O (kg)	Uréia	Uréia	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ (kg)	K ₂ O	K ₂ O (kg)
	(g)	(kg)	(g)	(kg)	(g)		(g)	(kg)	(g)		(g)	
1	10,07	0,01	4,68	4,68	0,0046	2,07	0,50	0,0005	0,23	0,0002	0,10	0,00002
2	21,10	0,02	2,60	2,60	0,0026	5,47	1,05	0,0105	0,13	0,0001	0,27	0,0027
3	111,70	0,11	6,07	6,07	0,0142	19,00	5,58	0,0550	0,30	0,0003	0,95	0,00095
4	258,84	0,25	14.264,11	14,26	40.125,94	40,12	12,94	0,0129	0,71	0,0007	2,00	0,00200

Ano	Eficiência da progênie na quantidade demandada de adubo da PMI 215 em 20 plantas						Eficiência da progênie na quantidade demandada de adubo da PMI 215 por planta					
	Uréia	Uréia	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	K ₂ O	K ₂ O (kg)	Uréia	Uréia	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ (kg)	K ₂ O	K ₂ O (kg)
	(g)	(kg)	(g)	(kg)	(g)		(g)	(kg)	(g)		(g)	
1	12,79	0,012	1,01	0,0010	2,64	0,0026	0,63	0,00063	0,050	0,00005	0,13	0,00013
2	39,94	0,039	3,17	0,0031	7,82	0,0078	1,99	0,00195	0,158	0,00015	0,39	0,00039
3	101,79	0,101	5,11	0,0051	14,41	0,0144	5,08	0,0050	0,0055	0,00025	0,72	0,00072
4	257,89	0,257	13,26	0,0132	39,81	0,0398	12,89	0,012	0,663	0,00066	1,99	0,00199

Uréia – Fonte de nitrogênio; P₂O₅ – Superfosfato triplo; K₂O - Cloreto de potássio. *Base de cálculo: 100 kg de uréia (45 kg de N); 100 kg de Superfosfato triplo (43 kg de P₂O₅); 100 kg de Cloreto de potássio (60 kg de K₂O) do Capítulo 9 de Mistura de Fertilizantes Minerais: Cálculo e Formulação de Veloso, C. A. C.; Botelho, S. M.;

Rodrigues, J. E. L. do livro: Recomendação de Adubação e Calagem no Estado do Pará / editores técnicos, Manoel da Silva Cravo, Ismael de Jesus Matos Viégas e Edilson Carvalho Brasil - 1ª Ed. Ver. atual. – Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 262p.