



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA



GIZELE ODETE DE SOUSA

**ESTOQUE DE CARBONO, COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA EM DIFERENTES
PARTES DA PLANTA E ANÁLISE ECONÔMICA DE PLANTIOS DE AÇAIZEIROS
(*Euterpe oleracea* MART.) EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE
TOMÉ-AÇU, PA**

BELÉM-PARÁ

2013

Sousa, Gizele Odete de

Estoque de carbono, composição bioquímica em diferentes partes da planta e análise econômica de plantios de açazeiros (*Euterpe oleracea* Mart.) em sistemas agroflorestais no Município de Tomé-Açu, PA

Xxf.:II

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2013.

1. Crédito de carbono 2. Estoque de carbono 3. Composição bioquímica 4. Açazeiro 5. Análise econômica I.Título

CDD



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA



GIZELE ODETE DE SOUSA

**ESTOQUE DE CARBONO, COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA EM DIFERENTES
PARTES DA PLANTA E ANÁLISE ECONÔMICA DE PLANTIOS DE AÇAIZEIROS
(*Euterpe oleracea* MART.) EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE
TOMÉ-AÇU, PA**

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 Viegas

BELÉM-PARÁ

2013



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA

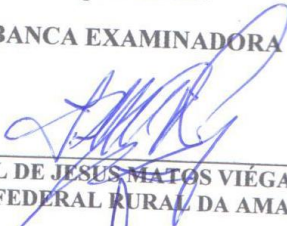


**ESTOQUE DE CARBONO, COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA EM DIFERENTES
PARTES DA PLANTA E ANÁLISE ECONÔMICA DE PLANTIOS DE AÇAIZEIROS
(*Euterpe oleracea* MART.) EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE
TOMÉ-AÇU, PA**


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.

Aprovada em:


BANCA EXAMINADORA



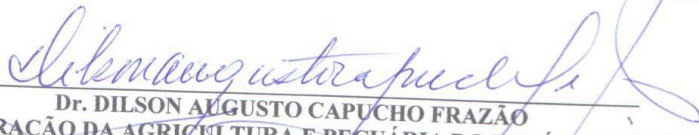
Prof. Dr. ISMAEL DE JESUS MATOS VIÉGAS – Orientador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA



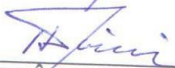
Prof. Dr. RICARDO AUGUSTO MARTINS CORDEIRO
INSTITUTO FEDERAL DO PARÁ – IFPA



Dr. DIONILSON CARDOZO DA CUNHA
EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO PARÁ – EMATER



Dr. DILSON AUGUSTO CAPUCHO FRAZÃO
FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO PARÁ – FAEPA



Prof. Dr. HERÁCLITO EUGÊNIO OLIVEIRA DA CONCEIÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

À **Deus**, pela saúde, confiança e persistência para poder conseguir trilhar nos objetivos a serem alcançados.

À minha mãe **Edilva**, pelo incentivo, força, confiança, determinação e auxílio.

À minha filha **Mariana**, presente de vida, por me trazer muita felicidade e objetividade na minha trajetória.

À minha irmã **Jacqueline**, pela força e incentivo.

As minhas tias e tios,

Antônia Iris, Maria de Nazaré, Maria da Conceição, Maria das Graças, Maria Osvaldina (in memoriam), pela estrutura familiar, carinho e apoio.

Ao Prof. Dr. Ismael de Jesus Matos Viégas, pelo incentivo, coragem e determinação nos momentos mais importantes para a conclusão deste trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Ismael de Jesus Matos Viégas pela orientação dedicada a este trabalho e ao Dr. Dilson Augusto Capucho Frazão, também responsável pela ação de pesquisa que originou a tese;

Ao pesquisador Dr. Steel Silva Vasconcelos, pela disponibilidade do Laboratório de Ecofisiologia da Embrapa Amazônia Oriental para a realização das análises e aos laboratoristas Neusa Maria da Silva Ferreira e Ivanildo Alves Trindade, pela colaboração durante as análises, ao servidor Inocêncio Bernardo Neto, pela dedicação e apoio durante a realização de coleta de dados e a pesquisadora Dra. Sônia Botelho Araújo, pelo auxílio durante a pesquisa;

Ao Dr. Jessivaldo Galvão, pelo apoio e auxílio na elaboração deste trabalho;

Aos colegas de pós-graduação: Alessandra Freitas, Alexandre Cardoso, Alisson Reis, Ana Brígida, Elielson Souza, Carlos André, Dionilson Cardozo, Edilson Torres, Eliane Almeida, Emerson Vinicius, Ermino Braga, Eryka de Nazaré, Joel Souza, Kátia Garcez, Laura dos Santos, Márcio Guedes, Marília Fernandes, Maurício Costa, Meirevalda do Socorro, Nilson Costa, Raimundo Ribeiro, Ricardo Cordeiro, Rita de Cássia, Rosemiro Galate, Rosigrêde da Silva, Rubens Meireles, Ruth Almeida, Sebatião Lopes, Talmir Neto, Tatiana Gazel e Thiago Vieira pelo companheirismo e apoio.

À Universidade Federal Rural da Amazônia pela oportunidade na realização do curso;

À Embrapa Amazônia Oriental pela oportunidade e apoio para realização das pesquisas;

A Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Pará pelo apoio financeiro na realização desta pesquisa;

A Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu que disponibilizou os plantios de açazeiros dos cooperados para realização desta pesquisa;

À Coordenadoria de Pós-Graduação de Doutorado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecossistemas Amazônicos e aos professores pelo apoio e colaboração durante todo o desenvolvimento do curso.

SABOR AÇAÍ

*E prá que tu foi plantado
E prá que tu foi plantada
Prá invadir a nossa mesa
E abastar a nossa casa...*

*Teu destino foi traçado
Pelas mãos da mãe do mato
Mãos prendadas de uma deusa
Mãos de toque abençoado...*

*És a planta que alimenta
A paixão do nosso povo....*

(NILSON CHAVES)

TUDO POSSO

*Posso, tudo posso Naquele que me fortalece
Nada e ninguém no mundo vai me fazer desistir
Quero, tudo quero, sem medo entregar meus projetos
Deixar-me guiar nos caminhos que Deus desejou pra mim e ali estar....*

(CELINA BORGES)

RESUMO

Considerando a possibilidade de projetos agrícolas e/ou florestais de gerarem certificados de emissões reduzidas – CER's e serem elegíveis perante o mecanismo de desenvolvimento limpo – MDL, o presente estudo teve como objetivo determinar a quantidade estocada de carbono e avaliar o crescimento, a composição bioquímica com base na massa seca, pelos órgãos das plantas (folíolos, flexa, pecíolo + ráquis, estipe, meristema, engaço, frutos) x idade (dos 2 aos 7 anos), e a viabilidade econômica sem os créditos de carbono, na geração dos CERS em açazeiro. As avaliações foram realizadas em propriedades rurais do Município de Tomé Açu, PA, e as avaliações químicas foram realizadas no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. A biomassa dos componentes da planta foi quantificada através do método direto por meio da coleta do material da parte aérea das plantas. Foram amostradas quatro palmeiras para cada idade, perfazendo um total de 24 plantas. A quantidade acumulada de carbono sofreu interação idade x órgãos apenas para os frutos, onde os valores obtidos variaram de 37,025 a 37,094 mg g⁻¹, de acordo com o aumento da idade. Para massa seca, os órgãos estipe, flexa e folíolos apresentaram comportamento linear com produções variando de 0,439 a 42,388 kg, 0,068 a 0,767 kg, 0,505 a 4,347 kg, respectivamente. O engaço, frutos, meristema, pecíolo + ráquis apresentaram comportamento de regressão quadrática com produções variando de 1,172 a 1,524 kg, 1,872 a 4,685 kg, 2,283 a 4,868, 0,205 a 2,355 kg, respectivamente, entre o 2º ao 7º ano de idade. Para o acúmulo de carbono, observou-se efeito significativo na interação entre os órgãos e idades das plantas, com o crescimento linear crescente para o estipe e a flexa; e polinomial quadrático para as demais partes da planta, engaço, folíolos, frutos, meristema, pecíolo + ráquis, apresentando as seguintes variações de produção: 23,85 a 1203,53 kg ha⁻¹; 2,94 a 22,94 kg ha⁻¹; 56,27 a 45,37 kg ha⁻¹; 20,214 a 145,32 kg ha⁻¹; 86,95 a 126,24 kg ha⁻¹; 437,261 a 145,62 kg ha⁻¹; 9,04 a 80,86 kg ha⁻¹. Os valores obtidos para as variáveis bioquímicas apresentaram-se estatisticamente significativos. A quantificação dos CERS e a análise econômica foram realizadas em um horizonte de planejamento de vinte e cinco anos, sendo utilizados os critérios de avaliação econômica: Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Valor Anual Equivalente. A taxa de desconto foi de 10% ao ano. O projeto se mostrou economicamente viável para qualquer simulação. O estoque de CO₂ no plantio de açazeiro aos 25 anos foi de 91,13 t CO₂ ha⁻¹, com isso, conclui-se que o açazeiro é uma cultura capaz de estocar carbono em sua biomassa por um longo período de tempo. Porém a inclusão dos CER's é importante para melhorar a viabilidade econômica e, conseqüentemente, para o desenvolvimento do Estado do Pará; a cultura apresenta características favoráveis à aprovação pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, na modalidade de MDL, prevista no Protocolo de Kyoto.

Palavra-chave: teor, bioquímica, *Euterpe oleracea* Mart., mercado de carbono e análise econômica.

ABSTRACT

Considering the possibility of agricultural projects and/or forestry generate certified emissions reduced - RECs and be eligible to the Clean Development Mechanism - CDM, the present study aimed to determine the amount stored carbon and evaluate growth based on mass drought, the plant organs (leaflets, arrow, petiole + rachis, stem, meristem, stems, fruits) x age (from 2 to 7 years), and the economic viability without carbon credits, the generation of the ESRB in açai. The evaluations were conducted on farms in the city of Tome Açu, PA, and chemical evaluations were performed at the Laboratory of Plant Ecophysiology of Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará The biomass of the plant components were quantified using the direct method by collecting material from the shoots. Four palm trees were sampled for each age, totaling 24 plants. The cumulative amount of carbon bodies suffered only interaction age x to fruits which values ranged from 37.025 to 37.094 mg g⁻¹, in accordance with increasing age. To dry, organs stipe, flexa and leaflets showed a linear behavior with outputs ranging from 0.439 to 42.388 kg 0.068 to 0.767 kg 0.505 to 4.347 kg, respectively, for the stems, fruits, meristem, petiole + rachis showed behavior quadratic regression with yields ranging from 1.172 to 1.524 kg 1.872 to 4.685 kg 2.283 to 4.868, 0.205 to 2.355 kg, respectively, from the 2nd to the 7th year of age. For carbon accumulation, observed significant interaction between age and organs of plants, with linear growth increasing to stipe and flexa, and quadratic polynomial for the other parts of the plant, stalk, leaflets, fruits, meristem, petiole + rachis, with the following variations of production: 23.85 to 1203.53 kg ha⁻¹, 2.94 to 22.94 kg ha⁻¹, 56.27 to 45.37 kg ha⁻¹; 20.214 to 145 , 32 kg ha⁻¹, 86.95 to 126.24 kg ha⁻¹, 437.261 to 145.62 kg ha⁻¹, 9.04 to 80.86 kg ha⁻¹. The values found for the biochemical variables were statistically significant. Quantification of RECs and economic analysis were performed in a planning horizon of twenty-five years and used the economic evaluation criteria: Net Present Value, Internal Rate of Return and Annual Value Equivalent. The discount rate was 10% per year. The project proved to be economically viable for any simulation. The stock of CO₂ in planting açai after 25 years was 91.13 t CO₂ ha⁻¹, therefore, concludes that the açai is a culture capable of storing carbon in their biomass for a long period of time. But the inclusion of RECs is important to improve the economic viability and, consequently, for the development of the state of Pará; culture has characteristics favorable to the approval by the United Nations Framework Convention on Climate Change, in the form of CDM provided for in Protocol Kyoto.

Keyword: content, accumulation, biochemical, *Euterpe oleracea* Mart., carbon market.

LISTA DE FIGURAS

	Pg.
Figura 1. Ciclo global do carbono (MARTINS et al, 2003).	19
Figura 2. Fluxos e quantidades de dióxido de carbono nos compartimentos (MARTINS et al, 2003).	20
Figura 3. Estimativa do aumento da temperatura do Globo Terrestre entre 1999 e 2100 (UNEP, 2007; WMO, 2001).	24
Figura 4. Padrão quantitativo hipotético de sequestro de carbono por espécies de pioneiras, secundárias iniciais e tardias, segundo Godoy (2007) e Marabesi (2007).	26
Figura 5. Principais passos do metabolismo vegetal levando ao sequestro de carbono, segundo AIDAR et al. (2002).	32
Figura 6. Desenho esquemático de SAF's.	34
Figura 7. Evolução da Produção de Açaí no Estado do Pará de 2003 a 2009 (IBGE, 2009 apud SAGRI, 2010).	37
Figura 8. Localização do município de Tomé Açu, Estado do Pará.	38
Figura 9. Plantio solteiro de açaizeiro (a); Consórcio: Açaí + Pimenta-do-reino + Cacau (b); Consórcio: Açaí + Cupuaçu (c); Consórcio: Açaí + Cacau (d); Consórcio: Açaí + Teca + Cupuaçu (e); Consórcio: Açaí + Paricá + Cupuaçu (f).	41
Figura 10. Seleção da planta de açaizeiro (a); Corte do estipe da planta (b); Visualização após o corte do estipe (c); Separação dos folíolos (d); Separação do engaço (e); Retirada da amostra do estipe (f); Pesagem de material fresco (g).	42
Figura 11. Estoque de carbono (C) da parte aérea, engaço (a), estipe (b), flexa (c), folíolos (d), e pecíolo + ráquis (e), em plantas de açaizeiro (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em Sistemas Agroflorestais no Município de Tomé Açu, PA.	57
Figura 12. Concentração de amido (A) da parte aérea, engaço (a), estipe (b), frutos (c), em plantas de açaizeiro (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé Açu, PA.	67
Figura 13. Concentração de sacarose (S) da parte aérea, engaço (a), frutos (b), pecíolo + ráquis (c), em plantas de açaizeiro (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé Açu, PA.	69
Figura 14. Concentração de proteínas solúveis totais (PST) da parte aérea, engaço (a), estipe (b), folíolos (c), e frutos (d) em plantas de açaizeiro (<i>Euterpe</i>	

- oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé Açu, PA. **71**
- Figura 15.** Concentração de açúcares solúveis totais (AST) da parte aérea, engaço (a), estipe (b), frutos (c), e pecíolo + ráquis (d) em plantas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé Açu, PA. **72**
- Figura 16.** Concentração de amônio livre (AL) da parte aérea, engaço (a), estipe (b), folíolos (c), e frutos (d) em plantas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé Açu, PA. **74**
- Figura 17.** Concentração de prolina (P) da parte aérea, engaço (a), flexa (b), frutos(c), e pecíolo+ráquis (d) em plantas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé Açu, PA. **75**
- Figura 18.** Concentração de aminoácidos solúveis totais (AAST) da parte aérea, estipe (a), flexa (b), folíolos(c), frutos (d), meristema (e), e pecíolo+ráquis (f) em plantas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé Açu, PA. **77**

LISTA DE TABELAS

	Pg.
Tabela 1. Temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), precipitação (mm) e número de dias de chuvas observados em Tomé Açu, PA em 2009.	39
Tabela 2. Culturas consorciadas com o açazeiro, em sistema de SAF's.	40
Tabela 3. Resumo das análises de variâncias dos efeitos da idade e dos órgãos, na produção do teor (TC) e estoque de carbono (EC) em açazeiro em (kg ha ⁻¹).	54
Tabela 4. Estimativa do estoque de carbono e de CO ₂ (eq) do açazeiro aos 25 anos de idade.	58
Tabela 5. Estimativa e valores percentuais do estoque de carbono nos compartimentos do açazeiro, aos 7 anos de idade.	58
Tabela 6. Custo, receita e produção do plantio de açazeiro sem os CERs.	60
Tabela 7. Custo, receita e fluxo de caixa (corrente, atualizado e acumulado) para o plantio de cupuaçuzeiro sem a inclusão dos CERs.	62
Tabela 8. Viabilidade econômica pelos critérios VPL, TIR e VAE em R\$/ha para o plantio de cupuaçuzeiro sem e com os CERs, utilizando taxa de desconto de 10% a.a. e horizonte de planejamento de 25 anos.	63
Tabela 9. Resumo das análises de variâncias dos efeitos da idade e dos órgãos, na produção amido (A), sacarose (S), proteínas solúveis totais (PST), açúcares solúveis totais (AST), amônio livre (AL), prolina (P) e aminoácidos solúveis totais (AAST) em açazeiro, na idade de 2 aos 7 anos.	66

SUMÁRIO

	Pg.
1.1 INTRODUÇÃO	14
1.2 HIPÓTESES	17
1.3 OBJETIVOS	17
1.4 REVISÃO DE LITERATURA	17
1.4.1 Ciclos globais	17
1.4.2 O ciclo do carbono	18
1.4.3 As mudanças climáticas globais	22
1.4.4 Estoque de carbono nas vegetações	25
1.4.5 Créditos de carbono	28
1.4.6 Características bioquímicas nas plantas	30
1.4.7 Sistemas Agroflorestais (SAF's)	33
1.4.8 A cultura do açaizeiro	36
1.5 MATERIAL E MÉTODOS	38
1.5.1 Área de estudo	38
1.5.2 Coleta e preparo de amostras	39
1.5.3 Determinação do teor de carbono	43
1.5.4 Quantificação da biomassa, estimativa de carbono e contabilização dos CERs	43
1.5.4.1 Cenários estudados	44
1.5.4.2 Fluxo de caixa e taxa de desconto utilizado	45
1.5.4.3 Composição dos custos	45
1.5.4.4 Composição das receitas	46
1.5.5 Análise Econômica	46
1.5.5.1 Valor Presente Líquido – VPL	47
1.5.5.2 Taxa Interna de Retorno – TIR	47
1.5.5.3 Valor Anual Equivalente – VAE	48
1.5.6 Análise de sensibilidade	49

1.5.7 Conversão de carbono em dióxido de carbono (CO₂)	49
1.5.8 Determinações bioquímicas	50
1.5.8.1 Determinação das concentrações de amido (A)	50
1.5.8.2 Determinação das concentrações de sacarose (S)	50
1.5.8.3 Determinação das concentrações proteínas solúveis totais (PST)	51
1.5.8.4 Determinação das concentrações açúcares solúveis totais (AST)	51
1.5.8.5 Determinação das concentrações de amônio livre (AL)	52
1.5.8.6 Determinação das concentrações de prolina (P)	52
1.5.8.7 Determinação das concentrações de aminoácidos solúveis totais (AAST)	53
1.5.9 Delineamento experimental	53
1.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
1.6.1 Teor de carbono nos órgãos de plantas de açaizeiro	54
1.6.2 Estoque de carbono nos órgãos de plantas de açaizeiro	55
1.6.3 Análise econômica	58
1.6.3.1 Fluxo de caixa do açaizeiro sem os CERs	59
1.6.3.2 Análise da viabilidade econômica pelos critérios VPL, TIR e VAE	63
1.6.4 Análise bioquímica	65
1.6.4.1 Amido (A)	66
1.6.4.2 Sacarose (S)	68
1.6.4.3 Proteínas solúveis totais (PST)	70
1.6.4.4 Açúcares solúveis totais (AST)	71
1.6.4.5 Amônio livre (AL)	73
1.6.4.6 Prolina (P)	74
1.6.4.7 Aminoácidos solúveis totais (AAST)	76
1.7 CONCLUSÕES	78
REFERENCIAS BIBILOGRÁFICAS	79

1.1 INTRODUÇÃO

No cenário mundial, uma das questões ambientais mais relevantes é o entendimento do efeito da queima dos combustíveis fósseis e de florestas tropicais nos processos de mudanças climáticas devido à emissão de gases de efeito estufa.

A urgente necessidade de controlar as concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa e o compromisso assumido pelos governos signatários da Convenção do Clima de elaborar e atualizar periodicamente inventários nacionais das remoções por sumidouros de carbono (MCT, 1998; IPCC, 2007) e a possibilidade de comercialização dos serviços ambientais demandam estimativas mais precisas, menos trabalhosas e não destrutivas para mensurar a biomassa das coberturas vegetais (IPCC, 2000).

Com a entrada em vigor do Protocolo de Kyoto em 2005, o mercado internacional de carbono passou a ser uma realidade jurídica e prática. Além do mercado associado ao cumprimento do Protocolo de Quioto, outros mecanismos (voluntários e paralelos) geram oportunidades para complementar receitas provenientes das atividades florestais através da renda derivada de certificados de créditos de carbono (RÜGNITZ et al., 2009).

Assim sendo, a quantificação do carbono nos ecossistemas tropicais tem recebido mais atenção, pois será de grande relevância o conhecimento de carbono fixado nos ecossistemas naturais, uma vez que as florestas contribuem para a estabilidade ambiental, por exemplo, com a mitigação das temperaturas extremas, aumentando as precipitações regionais, prevenindo a erosão e deterioração do solo e tendo papel fundamental no ciclo do carbono. Constituem-se, em muitos casos, como sumidouros, ou seja, pelo processo da fotossíntese, as florestas em crescimento absorvem CO₂ da atmosfera e armazenam carbono em sua biomassa, formando grandes reservatórios desse elemento (SILVEIRA et al., 2008).

Frizzo e Silva (1998) citados por Watzlawick et al. (2004), complementam dizendo que a quantidade desses componentes varia de uma espécie para outra, dentro de uma mesma espécie vegetal, de região para região, em uma mesma árvore e até mesmo de uma célula para outra, e que, de uma maneira geral, a composição química da madeira tanto de folhosas como coníferas apresentam cerca de 50% de C, 6% de H e 44% de O, pequenos teores de N e minerais determinados como cinzas, os quais são desprezados quando se consideram os teores desses elementos no sentido geral.

Cerca de 50% da biomassa vegetal é constituída de carbono, sendo a floresta Amazônica um grande estoque mundial de carbono (armazena cerca de 120 toneladas de carbono por hectare), pela sua área e pela densidade de biomassa (IPAM, 2008).

Segundo Larcher (2000) a luz é a fonte de energia da qual as plantas e todos os seres vivos dependem. Uma vez absorvida pela folha, ocorre à ativação dos cloroplastos que conduzem à produção de açúcares. De acordo com o autor, o mesmo relata que a energia requisitada na floração e na formação das frutas é proporcionada tanto pela atividade fotossintética, como pela incorporação de substâncias minerais, assim como pela mobilização de materiais de reserva.

Estudos com fotossíntese e condutância estomática em espécies arbóreas tropicais sob diferentes condições são consideradas de grande importância para entender o papel da floresta tropical e os ciclos de carbono, considerando que os fatores abióticos, como luz, variações sazonais de temperatura e água podem influenciar drasticamente em respostas nas plantas (SILVA et al., 2010). A análise das respostas fisiológicas na variação sazonal se faz necessário para identificar os potenciais de interação entre as florestas tropicais e as mudanças climáticas (HOGAN, 1988). Atributos ecofisiológicos de plantas dão informações valiosas sobre o funcionamento das espécies, e sobre as propriedades do ecossistema (LAVOREL; GARNIER, 2002).

As espécies selvagens evoluíram e se estabeleceram naturalmente em um determinado lugar, apresentando diversas adaptações às condições de seu ambiente. Aumentos de temperatura, umidade relativa, reduções nas taxas de precipitação, incrementos em CO₂ atmosféricos e radiação média, induziram a vulnerabilidade das espécies (LIRA-SAADE, 1996; VOZARI-HAMPE et al., 1992).

Fisiologicamente os estômatos atuam como eficiente mecanismo de entrada de CO₂, para se manter elevada a concentração desse gás dentro da célula onde será utilizada na fase bioquímica da fotossíntese, o que explica uma resposta tardia do processo fisiológico em plantas submetidas à reidratação (LAWLOR, 2002). Aspectos como esses mostram a relevância de se conhecer os fatores intrínsecos e ambientais relacionados à fisiologia das árvores amazônicas. Se as mudanças climáticas e a destruição das florestas tropicais continuarem com as taxas atuais, com aproximadamente 22.000 km². ano⁻¹ (LAURANCE et al., 2004), provavelmente os produtos madeireiros serão obtidos de florestas secundárias ou de plantios. Entretanto, não se sabe como espécies de diferentes estádios sucessionais da floresta amazônica responderão a estas variações ambientais.

Com isso as práticas agroflorestais são o conjunto de sistemas de produção que apresentam maior capacidade de comportar biodiversidade e de fixação de carbono. O SAF é um sistema de uso da terra em que espécies florestais e não florestais são cultivadas simultaneamente ou em sequência, em associações planejadas com cultivos anuais ou perenes

e/ou pastagens (SERRÃO, 1995). Segundo Osterroht (2002), entre os diversos sistemas agropecuários de uso da terra, os SAF's são aqueles que acumulam o maior ativo de biomassa.

Estes sistemas permitem a recuperação de áreas degradadas, a produção de cultivos diversificados, alimentares e biocombustíveis, e a geração de serviços ambientais (infiltração d'água, aumento da matéria orgânica, elevação da biodiversidade), constituindo-se ainda como importantes sistemas de fixação de C (BOLFE; FERREIRA; BATISTELLA et al., 2009).

Cada SAF implantado possui uma dinâmica fotossintética diferenciada devido às condições edafoclimáticas e pelo arranjo das espécies utilizadas em sua composição, formando assim, classes distintas de estoque de carbono (WINROCK, 1997).

Com respeito à fixação de carbono, quando comparados aos sistemas de produção anual ou de pastagens, os SAF's garantem tanto um volume maior de carbono fixado em determinado período, quanto a permanência destes estoques por prazo superior à maioria das práticas florestais comerciais conduzidas na forma de monocultivos, que visam corte após atingir o crescimento máximo de biomassa, ou seja, o corte raso de povoamentos com menos de 21 anos (MAY et al., 2007).

O açaizeiro é uma espécie que apresenta multiplicidade de usos, dentre os quais se destacam as folhas para cobertura de casas, fibras, celulose, ração animal, adubo, alimento, álcool, remédio, palmito, vassouras, os estipes para construções, lenha e isolamento elétrico (JARDIM, 1995), onde é nativo da Amazônia brasileira e o Estado do Pará é o principal centro de dispersão natural dessa Arecaeae.

O cultivo do açaizeiro em áreas de floresta secundária proporciona possibilidades produtivas sem causar nenhum impacto à biodiversidade e ao ecossistema, além de, auxiliar na proteção do solo, na produção de biomassa, na ciclagem de nutrientes, e no aumento da fertilidade do solo, bem como, na diversificação agrícola da região, gerando mais uma fonte de renda para o pequeno agricultor.

O Pará é considerado como o primeiro produtor nacional de açaí (aproximadamente 700 mil toneladas/ano), no qual representa a 4ª atividade econômica mais importante do Estado, pois possibilita grande rendimento por área (8-9 toneladas/ha), sendo ótima alternativa para pequenas propriedades rurais. Em 2010, a cultura possuía 77.637 hectares de área plantada e produtividade de 706.548 toneladas, segundo a Secretaria de Estado de Agricultura do Estado do Pará (SAGRI, 2011).

1.2 HIPÓTESES

As hipóteses deste trabalho foram:

- Há diferença na produção, teores e estoque de carbono estimado no açazeiro, em sistema de SAF's, em cada órgão, em função da idade;
- O açazeiro é uma cultura fixadora de carbono e geradora de CERs e pode ser utilizada como alternativa de projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL);
- Há efeito da idade e dos órgãos, na produção de amido, sacarose, proteínas solúveis totais, açúcares solúveis totais, amônio livre, prolina e aminoácidos solúveis totais no açazeiro.

1.3 OBJETIVOS

Este trabalho teve por objetivo avaliar o teor e estoque de carbono, a viabilidade econômica dos créditos de carbono gerados pela fixação de carbono, e a composição bioquímica (amido, sacarose, proteínas solúveis totais, açúcares solúveis totais, amônio livre, prolina e aminoácidos solúveis totais) dos órgãos das plantas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), em sistema de SAF's, em função das idades, e a possibilidade de geração de Certificados de Emissões Reduzidas (CER's), pelos agricultores do município de Tomé-Açu, PA.

1.4 REVISÃO DE LITERATURA

1.4.1 Ciclos globais

Ao longo do tempo, a composição da atmosfera tem se modificado em resposta às interações biológicas e geológicas, que ocorrem nas interfaces com a litosfera e a hidrosfera. As altas concentrações de nitrogênio e oxigênio, por exemplo, devem-se à regeneração contínua dessas substâncias por organismos vivos (atividade microbiana e fotossíntese, respectivamente). Na ausência da biota, a atmosfera do planeta teria concentrações de gás

carbônico muito maiores do que as atuais, ao passo que o oxigênio seria apenas uma substância em concentração em nível de traços. A vida na Terra é mantida pela energia proveniente do Sol e pelas interações entre sistemas físicos e biológicos em contínuo reciclo, tornando o planeta um sistema autossustentado e em evolução.

Gases traço (são aqueles que correspondem a menos de 1% do total de gases da atmosfera) e compostos voláteis, por exemplo, são gerados em emissões biogênicas a partir de solos e oceanos, enquanto que compostos reduzidos de enxofre são produzidos por plantas e microorganismos em oceanos. Os processos de transporte e deposição são responsáveis pelo retorno de parte dessas substâncias aos solos, oceanos e corpos d'água, enquanto reações na atmosfera produzem as transformações químicas e físicas, convertendo-as em novas espécies. Com uma boa aproximação, pode-se assumir que o planeta é um sistema fechado em termos de fluxos de massa, sem entrada ou saída de material. A entrada de pequenos corpos celestes (meteoritos) e o escape de moléculas muito leves são frações ínfimas nesse balanço. (MARTINS et al., 2003).

1.4.2 O Ciclo do carbono

A importância do carbono e de seus compostos é indiscutível. Este é onipresente na natureza e seus compostos (proteínas, carboidratos e gorduras) são constituintes essenciais de toda a matéria viva, e fundamentais na respiração, fotossíntese e regulação do clima (Figura 1).

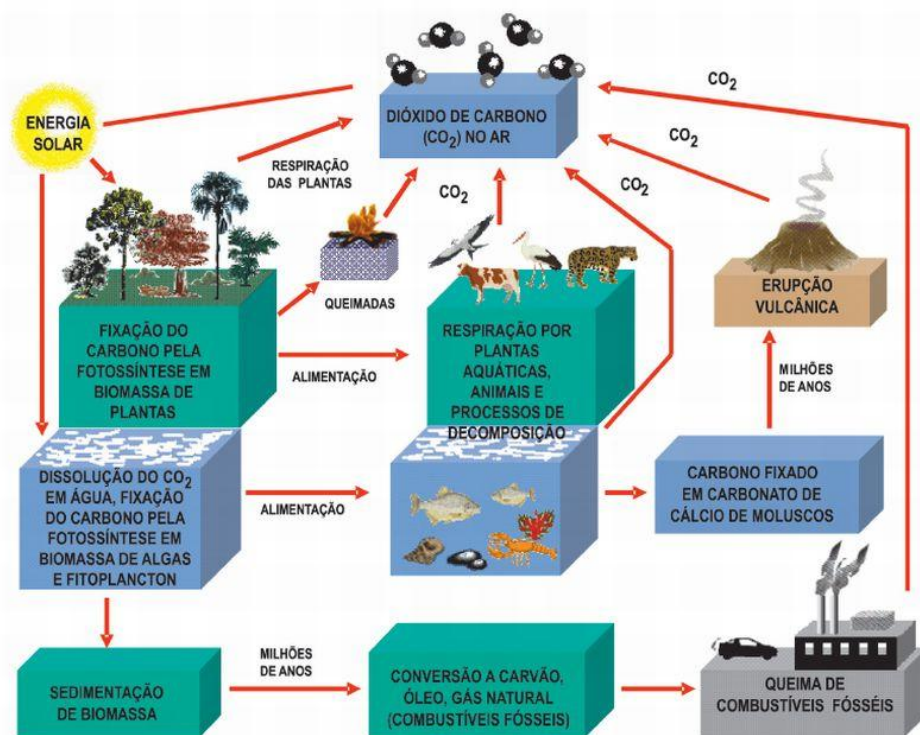


Figura 1. Ciclo global do carbono (MARTINS et al., 2003).

Os reservatórios de CO₂ na atmosfera, litosfera e oceanos são extremamente grandes. Os fluxos entre estes compartimentos são bidirecionais e quase em balanço, o que faz com que as estimativas de troca sejam difíceis. A Figura 1 ilustra as principais rotas de troca estabelecidas para o CO₂, em processos biogeoquímicos envolvendo os três compartimentos, enquanto a Figura 2 ilustra estimativas de quantidades aproximadas contidas em cada ambiente e os fluxos anuais (GtC/ ano) entre os mesmos (MARTINS et al., 2003).

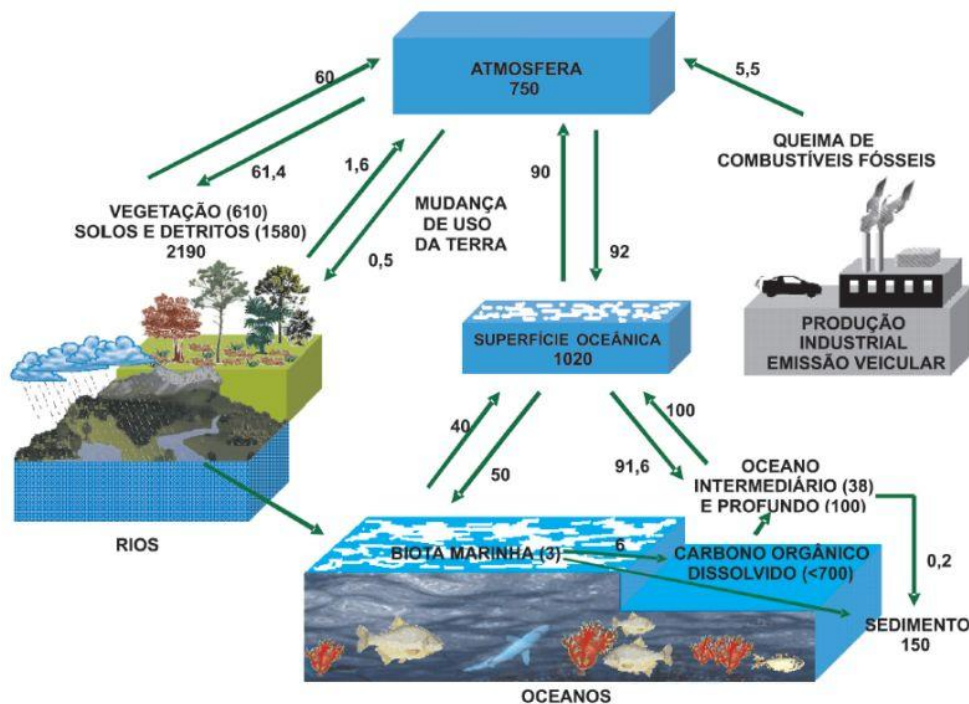
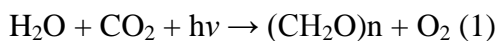


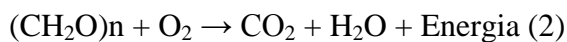
Figura 2. Fluxos e quantidades de dióxido de carbono nos compartimentos (MARTINS et al., 2003).

As trocas de CO_2 entre a atmosfera e a biosfera terrestre ocorrem principalmente através da fotossíntese e a respiração por plantas. Estes dois processos podem ser resumidos pelas seguintes equações:

✓ Fotossíntese:

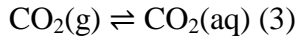


Respiração:

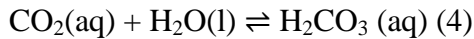


Dessa maneira, parte do CO_2 fixado segundo a equação 1, é reemitido segundo a equação 2. O restante será armazenado, na forma de biomassa, pelas folhas, caules, raízes, etc., no que é chamado de Produção Primária Líquida (PPL). Essa biomassa, ao ser consumida, como alimento, por organismos heterotróficos, é parcialmente reconvertida de forma imediata a CO_2 pela respiração e, posteriormente, por processos de decomposição da matéria orgânica, através da morte de animais e plantas e ataque por microrganismos. No decorrer de um tempo suficientemente longo, a respiração e a decomposição dos organismos.

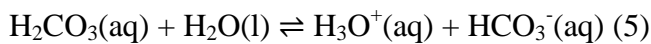
A fixação do CO₂ pelos oceanos se dá através da dissolução do gás na água e por fotossíntese. A dissolução do CO₂ pode ser expressa pelas seguintes equações:



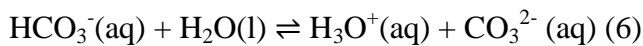
$$H = 3,4 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1}$$



$$K = 2,0 \times 10^{-3}$$



$$K = 4,3 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$$



$$K = 4,7 \times 10^{-11} \text{ mol L}^{-1}$$

A principal rota de transferência do CO₂ para o fundo dos oceanos é pela sedimentação de carbonato de cálcio insolúvel, CaCO₃, na forma de organismos formadores de exoesqueletos, como conchas, moluscos, etc. Sua decomposição ao longo de milhões de anos leva à formação de depósitos ricos em hidrocarbonetos (petróleo) e carvão. Outra parte é redissolvida por processos químicos e biológicos, permanecendo como fração solúvel (BOTKIN; LELLER, 1998).

O CO₂ é também fixado na forma de carbono orgânico, pela fotossíntese de algas na superfície ensolarada das águas e pelo crescimento resultante do fitoplâncton. Esse CO₂ retorna à atmosfera através da respiração e decomposição da biomassa assim formada.

O balanço de massa no fluxo de CO₂ entre a atmosfera e o oceano é resultado de um desequilíbrio nas concentrações desse gás entre os dois compartimentos, de acordo com a localização. Assim, em regiões próximas ao equador, as águas quentes favorecem uma transferência maior do oceano para a atmosfera, enquanto em médias e altas latitudes predomina o processo inverso, em que CO₂ da atmosfera é dissolvido nas águas frias. Alguns modelos globais sugerem que há uma transferência líquida de CO₂ da atmosfera para os oceanos na faixa de 2,0 ± 08 GtC/ano (FINLAYSON-PITTS; PITTS JR., 2000).

De acordo com medições efetuadas em camadas de gelo na Antártica, a quantidade de CO₂ no ar, nos últimos 200.000 anos, variou entre 200 e 280 g/t, denotando uma grande estabilidade nos processos de formação e remoção e, assim, mantendo-se até o século 19, no

limiar da revolução industrial. Nos últimos 130 anos, contudo, sua concentração aumentou dos originais 280 g/t a cerca de 360 g/t em meados da década de 1990, num aumento de quase 30%. Esse aumento é de cerca de 5 % anuais, o qual, caso mantido, dobrará a quantidade no tempo aproximado de um século e meio. Esse acréscimo é atribuído, principalmente, à queima de combustíveis fósseis e, em certo grau, aos processos de desflorestamento e queimadas. É interessante notar que a emissão total de carbono decorrente dessas atividades vem crescendo a taxas de 4,3% ao ano desde a revolução industrial, portanto cerca de oito vezes maiores do que as taxas de crescimento da concentração de CO₂. Caso todo o CO₂ emitido por estes processos permanecesse na atmosfera, seria esperada uma quantidade bem maior do que a atual. Existem, portanto, importantes mecanismos de remoção dessa produção excedente, sendo os oceanos um deles, através da absorção, enquanto a retirada de CO₂ através de processos de replantio seria outro. Não obstante, é importante frisar que cerca de 3,3 GtC, líquidas, como CO₂, estão sendo introduzidos na atmosfera do planeta a cada ano, com consequências globais sobre o clima, as quais vem sendo amplamente discutidas em diversos foros (FINLAYSON-PITTS; PITTS JR., 2000).

1.4.3 As mudanças climáticas globais

Mudanças climáticas são processos naturais, consideradas as eras geológicas em escala de tempo de milhares de anos. Entretanto, a velocidade e intensidade com que estão ocorrendo mudanças no sistema climático da Terra a partir da Revolução Industrial tem sido objeto de preocupação de cientistas e líderes mundiais, principalmente nas duas últimas décadas. O efeito estufa é um fenômeno físico, que acontece naturalmente, ocasionado pela presença de gases na atmosfera, a qual é composta principalmente de oxigênio (21%) e nitrogênio (78%). Os principais gases de efeito estufa (GEE) são o vapor d'água, o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). Em concentração natural, esses GEE's são benéficos ao planeta e representam menos de um milésimo da atmosfera total. Sem esses gases, que atuam como um cobertor natural ao redor da terra, a radiação infravermelha térmica solar absorvida pela Terra se dissiparia no espaço e a superfície do nosso planeta seria 33 °C mais fria do que é hoje (CHANG, 2004).

Os cientistas têm alertado que o aumento das emissões dos chamados gases de efeito estufa (GEE's) interferem no balanço radiativo da atmosfera, ou seja, a porcentagem da radiação solar que passa pela atmosfera é refletida pela superfície da terra e está levando, a

longo prazo, a um aumento da temperatura média da terra (KOHLMAIER et al., 1998, apud KOEHLER; GALVÃO; LONGHI et al., 2002). As maiores fontes de emissão dos gases de efeito estufa pelo ser humano incluem a queima de combustíveis fósseis, os desmatamentos e as queimadas, todas liberando CO₂ para a atmosfera (KOEHLER; GALVÃO; LONGHI et al., 2002). Como consequência, a concentração deste gás tem crescido sobremaneira, provocando o chamado Aquecimento Global ou Efeito Estufa Antrópico.

O cenário mais provável nas próximas décadas apresenta fortes modificações no meio ambiente global, incluindo aumento da concentração atmosférica de CO₂ e outros gases traços, mudanças climáticas e intensificação dos impactos causados pela ação do homem. É esperado que essas mudanças causem importantes modificações na composição, estrutura e distribuição dos ecossistemas pelo planeta. Desta forma, um monitoramento preciso das mudanças na biosfera terrestre tem se tornado extremamente importante, pois detectar a variabilidade interanual e as tendências de longo prazo na estrutura dos ecossistemas permitirá identificar antecipadamente mudanças na biosfera (COSTA et al., 2009).

Atualmente, identifica-se nas mudanças climáticas globais uma das maiores preocupações ao nível mundial. A queima de combustíveis fósseis e a mudança de uso ou cobertura do solo, associadas ao crescimento populacional, vêm contribuindo para a intensificação do efeito estufa de forma inesperada e indesejada, colocando em risco a biodiversidade do planeta e a própria humanidade (BUCKERIDGE et al., 2007).

Acredita-se que o aumento da concentração atmosférica de alguns gases de efeito estufa (GEE's), como dióxido de carbono, metano, óxido nitroso entre outros, devido a ações antropogênicas, está diretamente relacionado aos aumentos de médias de temperatura em diversas regiões da Terra (GITAY et al., 2002). Foi sugerido, já em 1985, que alterações climáticas estariam ocorrendo, tanto em nível regional como global, causando secas e enchentes, com prejuízo ainda imprevisível (PETERS; DARLING, 1985).

Alguns estudos preveem que a temperatura média da atmosfera terrestre aumentará de 1,8 a 4 °C neste século (IPCC, 2007), nos próximos 100 anos, enquanto o aumento observado no século XIX foi de 0,3 a 0,6 °C (Figura 3), ocasionando derretimento de parte do gelo das calotas polares, elevando o nível dos mares e trazendo sérios prejuízos para a humanidade e para os ecossistemas terrestres, principalmente nas zonas litorâneas. Além disso, aumentos na temperatura média global causarão, com alta probabilidade, alterações na umidade atmosférica e nos regimes de precipitação devido a um regime hidrológico mais ativo, mudanças na circulação atmosférica e oceânica e ao aumento na capacidade de retenção de vapor de água do ar.

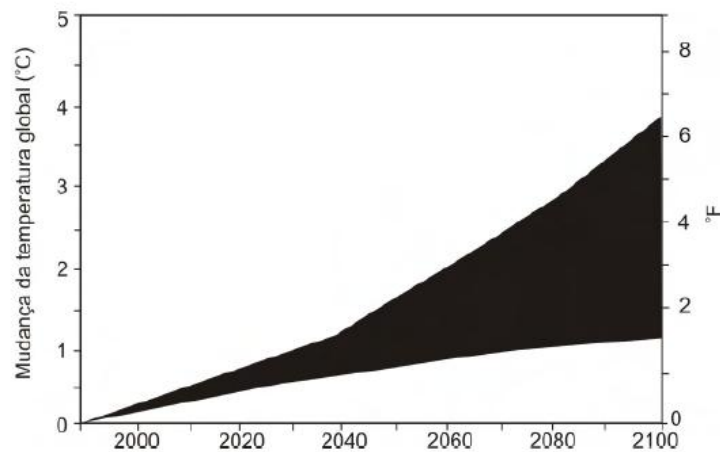


Figura 3. Estimativa do aumento da temperatura do Globo Terrestre entre 1999 e 2100 (UNEP, 2007; WMO, 2009).

Com o aquecimento médio da Terra, é provável que várias espécies de animais e vegetais tenham que migrar para maiores latitudes e/ou altitudes em busca de temperaturas mais próximas da sua condição natural. Contudo, algumas não conseguirão devido à rapidez das mudanças climáticas, sobretudo as árvores, com sua lenta marcha de migração, à escassez de espaços naturais ou à falta de conexão entre as áreas. Atualmente as áreas naturais estão, na sua maior parte, fragmentadas e isoladas umas das outras, sendo invadidas por espécies exóticas e circundadas por uma matriz composta por estradas, cidades, agropecuária e indústrias, que dificultam o fluxo gênico e de indivíduos necessários à manutenção das populações (GODOY, 2007).

Os quatro principais compartimentos de carbono na Terra são os oceanos, a atmosfera, as formações geológicas contendo carbono fóssil e mineral e os ecossistemas terrestres compostos pela biota e pelo solo (BOINA, 2008).

O desmatamento e a fragmentação em florestas também podem acelerar as mudanças climáticas, tanto localmente, modificando o microclima, quanto regionalmente, aumentando o aquecimento da superfície e até mesmo diminuindo os níveis de precipitação (MALHI; PHILLIPS, 2004). O CO₂ é o maior contribuinte para o agravamento do efeito estufa, e está presente na atmosfera em concentrações bem maiores do que outros GEE's, consequência principalmente da queima de combustíveis fósseis. Desde o início da Revolução Industrial, a concentração de CO₂ vem aumentando cerca de 280 ppm na era pré-industrial, e acima de 368 ppm em 2000 (WATSON et al., 2001).

Uma das formas de manejo da concentração atmosférica de CO₂ é a redução da utilização de combustíveis fósseis, responsáveis por aproximadamente 75% das emissões e considerados o “coração” do desenvolvimento econômico. Porém, esse é um processo que demanda mudanças radicais na economia, e políticas ambientais neste sentido têm encontrado muita resistência. Outra alternativa, é o sequestro de carbono, ou seja, a captura e estocagem do CO₂ presente na atmosfera. Os ecossistemas terrestres são essencialmente filtros biológicos naturais de CO₂, estimando-se que retirem cerca de 2 bilhões de toneladas de carbono da atmosfera por ano (BUCKERIDGE et al., 2007).

Por responder à magnitude das reduções necessárias para a estabilização da atmosfera, o sequestro de carbono tornou-se uma ferramenta essencial para o manejo do CO₂ proveniente do uso de combustíveis fósseis. Duas abordagens básicas podem ser reconhecidas neste processo: (1) a proteção, manutenção e incremento dos ecossistemas que acumulam carbono; e (2) a manipulação desses ecossistemas a fim de elevar o sequestro de carbono além das condições atuais (BUCKERIDGE et al., 2007).

Pode-se elevar o sequestro de carbono através do acúmulo em matéria viva vegetal, em carbono do solo (orgânico e inorgânico) e em materiais não vivos que contêm madeira, bem como pelo processamento de madeira em produtos de longa vida (BUCKERIDGE et al., 2007).

1.4.4 Estoque de carbono nas vegetações

A vegetação é o espelho do clima, com o qual interage de maneira bi-direcional (FOLEY et al., 2000). Assim, é esperado que mudanças no clima afetassem a distribuição e estrutura da vegetação em diversos pontos do planeta.

Pesquisas de Godoy (2007) e Marabesi (2007), com objetivo de compreender como o CO₂ influencia no estabelecimento das plântulas de espécies de árvores brasileiras, de estágios distintos na sucessão ecológica concluíram que as espécies que iniciam a formação da floresta no processo de sucessão ecológica, crescem rápido e sequestram grandes quantidades de carbono rapidamente (vivem entre 5 e 10 anos), enquanto as espécies de crescimento mais lento sequestram menos carbono no mesmo período, porém vivem mais (mais de 100 anos), assim a floresta tropical em regeneração sequestra carbono continuamente por um longo período (Figura 4).

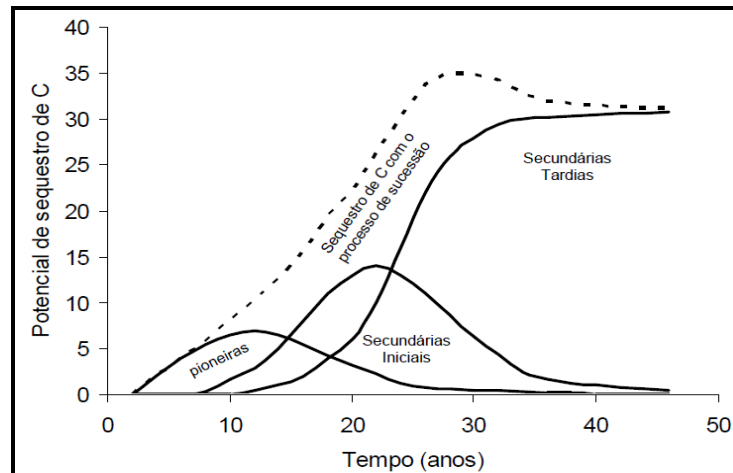


Figura 4. Padrão quantitativo hipotético de sequestro de carbono por espécies de pioneiras, secundárias iniciais e tardias, segundo Godoy (2007) e Marabesi (2007).

Nota: A linha tracejada é a soma das taxas de sequestro de cada grupo funcional.

Ultimamente tem-se reconhecido o alto valor econômico da manutenção de ecossistemas florestais, em contraste com os benefícios do uso da terra para outros fins (PRANCE, 2002). Mais importante que o benefício econômico é o fato de que a exploração de um ecossistema de forma sustentável contribui para a manutenção da biodiversidade e do modo de vida e cultura de populações locais. O Brasil, um dos países idealizadores do MDL, já vinha estimulando o desenvolvimento de projetos que envolvessem a recuperação de áreas degradadas, a criação de corredores ecológicos e a exploração sustentável de recursos, entre outros. Por ainda possuir áreas de imensa biodiversidade, como a floresta Amazônica, com potenciais recursos exploráveis ainda pouco conhecidos, o Brasil tem atraído a atenção de uma gama de países interessados em incentivar ações ambientalmente corretas, entre eles os do Anexo I, ansiosos por cumprir suas metas em relação às emissões de CO₂ na atmosfera.

Por acumular, na estrutura carbônica das árvores, elementos poluentes nocivos à qualidade de vida, cresce a cada dia que passa o interesse pelos estudos de biomassa e conteúdo de carbono em florestas. Estas estocam carbono tanto na biomassa acima como abaixo do solo e representam mais carbono do que atualmente existe em relação ao estoque na atmosfera. Isso é justificado em função de as florestas cobrirem cerca de 30% da superfície da Terra e fixarem em torno de 85% do carbono orgânico (HOUGHTON, 1994). Para esse autor, com a perda da cobertura florestal, perde-se também a maior fonte de carbono do solo, a serapilheira e as raízes, o que, com o uso agropecuário tradicional, leva à emissão de cerca de 25 a 30% do carbono estocado em aproximadamente uma década.

As florestas tropicais úmidas caracterizam-se pela sua biodiversidade e alta taxa de produtividade biológica com grande acúmulo de carbono (C). Entretanto, atividades antrópicas como desmatamento, queimadas, agricultura de corte/queima que transferem à atmosfera grande parte do carbono imobilizado na vegetação, e a industrialização e geração de energia via queima de carbono mineral tem contribuído para o aumento na concentração de gás carbônico (CO₂) na atmosfera, principal gás responsável pelo efeito estufa (SALOMÃO, 1994; MURILLO, 1997).

A Floresta Amazônica possui um dos mais ricos ecossistemas dos quais vivemos. A escala e intensidade crescentes das atividades humanas têm impactos significativos em todas as partes dentro deste ecossistema, com efeitos locais, nacionais e globais, onde as mudanças ambientais atuais a afetam negativamente. Estas mudanças incluem a perda da capacidade produtiva dos ecossistemas, redução de ciclagem d'água devido à perda de evapotranspiração com perda consequente de precipitação, tanto na Amazônia como nas partes não amazônicas do Brasil que atualmente sofrem de precipitação insuficiente e contribuição ao efeito estufa. A contribuição da perda de floresta a mudanças globais favorece a perda de biodiversidade, necessitando de adoção de uma nova estratégia para sustentar a população da região. Ao invés de destruir a floresta para poder produzir algum tipo de mercadoria, como é o padrão atual, se usaria a manutenção da floresta como gerador de fluxos monetários baseado nos serviços ambientais da floresta, ou seja, o valor de evitar os impactos que se seguem da destruição da mesma (RIBEIRO et al., 2009).

A alta produtividade primária e a ampla distribuição da vegetação secundária na paisagem agrícola da Amazônia indicam seu grande potencial para fixar carbono. Para poder calcular estes fluxos e estoques de carbono e remunerar os serviços ambientais das vegetações secundárias é necessário desenvolver modelos de estimativas mais apropriadas para as amplitudes das condições sucessionais de cada região. Entre os diversos serviços ambientais prestados pelas florestas, destacam-se o sequestro e estocagem do carbono, em função da intensificação do efeito estufa e do consequente aquecimento global. Esses fenômenos ocorrem devido ao aumento da concentração dos gases de efeito estufa, principalmente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), provenientes de emissões antrópicas (RIBEIRO et al., 2009).

1.4.5 Créditos de carbono

Visando reduzir os efeitos das elevadas concentrações de GEE's, criou-se o Protocolo de Kyoto, cujo objetivo principal foi a redução das emissões de gases de efeito estufa em 5,0% durante o período de 2008 a 2012, que corresponde ao primeiro período de compromisso. O Protocolo entrou oficialmente em vigor em Fevereiro de 2005 e trouxe como inovação três mecanismos de flexibilização: Comércio de Emissões, Implementação Conjunta e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), pelo qual é possível obter as Reduções Certificadas de Emissões (RCE's), que são um dos tipos de créditos de carbono existentes. Entre esses três mecanismos de flexibilização, apenas o MDL permite a participação de países em desenvolvimento como o Brasil, sendo, portanto, uma forma de o país inserir-se no mercado de créditos de carbono, ou seja, o país em desenvolvimento receberiam “créditos-carbono”, que contariam para o cumprimento de suas metas (RIBEIRO et al., 2009).

O crescente aumento da demanda de projetos de MDL, em virtude da ascensão do mercado de créditos de carbono, torna a quantificação do carbono estocado na biomassa florestal ferramenta importante, já que os dados gerados podem ser considerados fontes primárias de informação para a proposição de novos projetos no âmbito do MDL. Além disso, há o reconhecimento de que as florestas constituem o maior reservatório de carbono de todos os ecossistemas terrestres e funcionam em muitos casos, como sumidouros de carbono, o que corrobora a sua inclusão em projetos de MDL (CAMPOS, 2001).

Créditos de Carbono são certificados que autorizam o direito de poluir. O princípio é simples. As agências de proteção ambiental reguladoras emitem certificados autorizando emissões de toneladas de dióxido de carbono, monóxido de carbono e outros gases poluentes. As empresas recebem bônus negociáveis na proporção de suas responsabilidades. Cada bônus, cotado em US\$, equivale a uma tonelada de poluentes. Quem não cumpre as metas de redução progressiva estabelecidas por lei, tem que comprar certificados das empresas bem sucedidas. O sistema tem a vantagem de permitir que cada empresa estabeleça seu próprio ritmo de adequação às leis ambientais. Estes certificados podem ser comercializados através das Bolsas de Valores e de Mercadorias.

Os créditos de carbono já estão sendo comercializados com antecedência no mercado mesmo que ainda não haja uma regulamentação de preços. Em 2003 a tonelada de carbono valia US\$ 3,00 a US\$ 5,00 segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) no mercado internacional (IMÓVEIS VIRTUAIS, 2003).

A Bolsa do Clima de Chicago (CCX), por exemplo, vem batendo recordes de preços e de volumes. Só em 2007, foram negociados 23 milhões de toneladas. Só nos primeiros cinco meses de 2008 foram 37 milhões. E o preço da tonelada subiu de uma média de US\$ 3,50 para US\$ 7,40 (NATUREZA, 2012).

Em 2012 a cotação da tonelada de carbono esteve entre US\$ 5 e US\$ 16. Durante a realização da conferência da UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) em Durban, em dezembro na África do Sul, o preço alcançou o menor patamar: US\$ 3 – custo dez vezes menor aos US\$ 30 alcançados em março de 2006 considerando seu ápice. Valor dos créditos de carbono apoiados pela ONU (Organização das Nações Unidas), chamados de reduções certificadas de emissões (CERs), caiu cerca de 70% ao longo dos últimos 12 meses devido à grande oferta de créditos e à queda na demanda - decorrente à desaceleração da economia (NATUREZA, 2012).

Todas as CCAs (California Carbon Allowances) com liquidação em 2013 (13.865.422 unidades) foram leiloadas pelo valor de US\$ 12,22. O motivo para a queda no valor das CCAs seria a possibilidade de aumento no número de permissões gratuitas alocadas aos poluidores sujeitos à competitividade de fora do estado, que não são sujeitas à regulamentação das emissões (INSTITUTO CARBONO BRASIL, 2013).

Estas transações de CERs fazem parte de um novo mercado chamado de “mercado de carbono”. Este mercado terá como uma de suas mercadorias os Certificados de Emissões Reduzidas (CERs), provenientes de projetos de MDL, entre eles as projetos de LULUCF – *Land Use, Land Use Change and Forestry* (sequestro de carbono). Outras mercadorias serão os certificados dos projetos de Implementação Conjunta e *Emission Trade*, outros mecanismos de flexibilização previstos no Protocolo de Kyoto, nos quais o Brasil não pode participar por não fazer parte do Anexo I (países considerados ricos).

Atualmente, o mercado de carbono encontra-se no estágio de “*Grey market*”, onde não existem legislações domésticas ou internacionais definidas que possam legitimar os direitos associados aos CERs (ROCHA, 2003).

A grande maioria dos créditos de carbono em negociação através do MDL é oriunda de emissões evitadas, e foram obtidos pela substituição de combustíveis fósseis por combustíveis mais limpos (biodiesel, álcool, biomassa vegetal, etc.) ou pela conversão de metano em gás carbônico, tendo como fundamento a menor ação aquecedora atmosférica do CO₂ em relação à do metano. Até o momento, a ênfase no mercado de carbono de projetos relacionados à transformação da matriz energética, e não na fixação de carbono, estão condicionadas às elevadas incertezas que envolvem projetos de reflorestamento.

A avaliação econômica de uma alternativa de investimento consiste na determinação (identificação e quantificação) de todas as suas vantagens e desvantagens, na comparação e na posterior escolha da melhor alternativa, mediante a aplicação dos métodos e critérios de decisão, os quais permitem representar cada alternativa por um número que indica a solução mais econômica (HESS et al., 1985).

Com a valorização econômica, a fiscalização e todos os demais custos operacionais para a redução da poluição acabam sendo arcados pelo mercado de "commodities" não repassando o impacto financeiro para a relação custo/benefício ou para o custo final do produto. Esta é a maneira mais econômica e eficaz para a fiscalização e a diminuição da poluição (ROCHA, 2003).

Para Albrecht e Kandji (2003), o "sequestro" de carbono por culturas perenes apresenta vantagens comparativas, pois, além de estocar o carbono por longo período de tempo, a exploração econômica dessas culturas não necessariamente termina com o corte da madeira, o que provavelmente levaria à emissão de CO₂ para a atmosfera.

Montagnini e Nair (2004) destacam que a busca por sistemas de baixo custo está emergindo como um dos principais objetivos da política internacional no contexto das mudanças do clima. Na Amazônia, os SAF estão sendo amplamente estudados e difundidos com ênfase na agricultura familiar (KITAMURA; RODRIGUES, 2000; LUIZÃO et al., 2006; KATO et al., 2004).

1.4.6 Características bioquímica nas plantas

O comportamento vegetal anormal observado pelas alterações bioquímicas e fisiológicas resultantes do estresse hídrico pode ser revertido através da reidratação, que dependendo do período de deficiência, proporciona uma recuperação das características fotossintéticas e o *status* hídrico inicial que estão diretamente ligados ao desempenho das atividades bioquímicas.

Aspectos como esses mostram a relevância de se conhecer os fatores intrínsecos a ambientais relacionados à fisiologia das árvores amazônicas. Se as mudanças climáticas e a destruição das florestas tropicais continuarem com as taxas atuais (aproximadamente 22.000 km². ano⁻¹) (LAURANCE et al., 2004), provavelmente os produtos madeireiros serão obtidos de florestas secundárias ou de plantios. Entretanto, não se sabe como espécies de diferentes

estádios sucessionais na floresta amazônica responderão a estas variações ambientais de deficiência hídrica.

O suprimento de água para uma espécie resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera, o qual é determinado pela habilidade da planta em utilizar a água armazenada no solo, enquanto a demanda da atmosfera, por outro lado, está relacionada à combinação dos fatores meteorológicos interagindo com o dossel vegetativo da cultura (CARLESSO, 1995).

A redução das trocas gasosas promovida pela deficiência de água altera os processos bioquímicos através da diminuição da capacidade da planta em formar proteínas para seu crescimento bem como reduz a produção de amido, pois a atividade da sacarose fosfato sintase é diminuída, sob déficit de água (KRAMER; BOYER, 1995). A planta, sob essas condições desfavoráveis, passa a reduzir a produção de carboidratos através do processo fotossintético, dos quais parte é utilizada para armazenamento (SOUZA et al., 1982).

Assim, a planta passa a acumular compostos orgânicos como os açúcares solúveis e aminoácidos, responsáveis pelo ajustamento osmótico em condições de déficit hídrico. A prolina é um composto muito expressivo na osmorregulação dos tecidos vegetais submetidos ao estresse (LAWLOR; LEACH, 1985). Enquanto vários aminoácidos são conhecidos por se acumular em função da tensão osmótica, a prolina tem um papel protetor específico aparentemente dentro da adaptação das células das plantas com restrição hídrica (HANDA et al., 1986) e parece ser o osmorregulador orgânico preferido dentre muitas plantas. O acúmulo dessa substância no tecido vegetal, primariamente ligada à diminuição do conteúdo relativo de água, resulta da diminuição da síntese ou degradação das proteínas (TAIZ; ZEIGER, 2004; KERBAUER, 2008).

As plantas sintetizam polissacarídeos ($C_6 H_{10} O_5$). O amido é uma forma de reserva de carboidratos de muitas sementes e frutos. Fica no cloroplasto das folhas e é constituído de dois polissacarídeos: amilose (98% do amido vegetal) e amilopectina, e portanto formado pela condensação de moléculas de α -glicose, que são liberadas na hidrólise do amido. A sacarose é um dissacarídeo ($C_{12} H_{22} O_{11}$), formado pela junção de uma molécula de glicose e uma de frutose (glicose + frutose = liberação de H_2O). Ela não é sintetizada nas plantas pela reversão da invertase, é sintetizada pela sacarose sintetase, porém quando hidrolisado libera frutose e glicose.

O armazenamento do carbono assimilado na fotossíntese ocorre através da síntese de carboidratos, compostos produzidos em grande quantidade pelas plantas e que possuem altas proporções de carbono. As plantas apresentam reservas de carboidratos intracelulares

(sacarose, compostos da série rafínosica e frutanos nos vacúolos e amido em amiloplastos do citoplasma) e extracelulares (polissacarídeos de parede celular), sendo este último o local onde ocorre a maior proporção de armazenamento. A molécula mais eficiente para compactação do carbono é a celulose, um polímero altamente condensado e de longa duração devido à dificuldade que microorganismos têm em degradá-la. Esses fatos contribuem para tornar a parede celular vegetal uma das reservas mais abundantes de carbono orgânico na natureza (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O efeito do aumento da concentração atmosférica de CO_2 nas plantas é devido a três processos principais: a modulação da atividade da Rubisco; a sensibilidade das células guarda dos estômatos aos níveis de CO_2 ; e a modulação da respiração mitocondrial (SAGE, 2002). Uma maior proporção de CO_2 na atmosfera tem o potencial de aumentar a atividade fotossintética e diminuir a fotorrespiração pela diminuição da atividade de oxigenase da Rubisco. Outros efeitos esperados são a redução da condutância estomática, o aumento da eficiência de uso da água (relação entre as quantidades de CO_2 assimilado e de H_2O perdida) e da proporção C/N (carbono/nitrogênio), e a diminuição da respiração no escuro (Figura 5) (AIDAR et al., 2002).

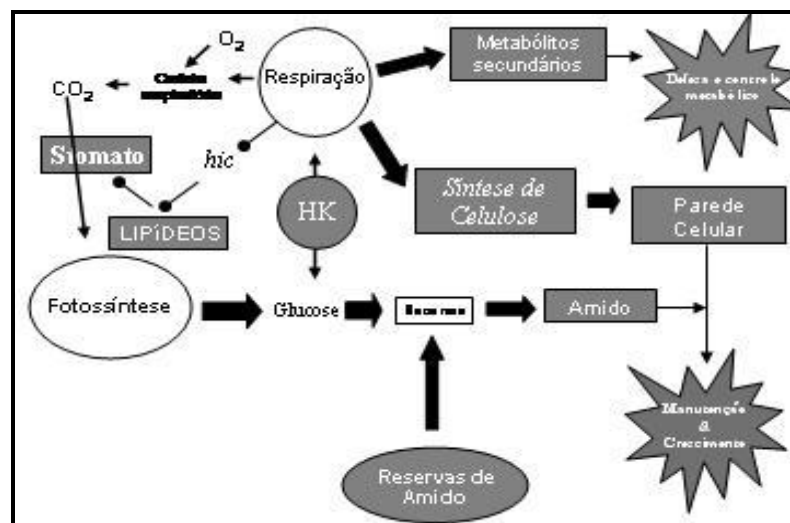


Figura 5. Principais passos do metabolismo vegetal levando ao sequestro de carbono, segundo AIDAR et al. (2002).

Nota: HK=hexoquinase, uma das principais enzimas do metabolismo de carboidratos que além de fosforilar o açúcar e produzir o substrato principal para o metabolismo energético também é capaz de sinalizar para a célula que a intensidade do fluxo de carbono. O gene *hic* parece estar associado à biossíntese de lipídeos de cadeia longa que determinam quais as células da epiderme se transformarão em estômatos durante a expansão foliar.

Ao entrar pelos estômatos, o carbono é fixado em sacarose no citoplasma celular ou amido nos cloroplastos. A sacarose pode ser transportada para tecidos dreno, os quais irão

utilizar os açúcares para diversos fins, como processos respiratórios ligados à manutenção da planta, produção de compostos secundários responsáveis pelos sistemas de defesa e sinalização internos (hormônios) na planta, além da síntese de compostos da parede celular (pectinas, hemicelulose e celulose) que irão compor os novos tecidos em desenvolvimento (BUCKERIDGE et al., 2007).

Acredita-se que o mecanismo responsável pela sinalização de fluxo de carbono nas plantas seja a hexoquinase (HK) (STITT, 1990). Hipoteticamente, entre os genes relacionados ao desenvolvimento de estômatos está um gene chamado *hic* (high input of carbon), que controla o tamanho das cadeias lipídicas depositadas na superfície foliar. Segundo Lake et al. (2001) o gene *hic* está diretamente relacionado à definição da formação de estômatos durante o desenvolvimento das folhas.

1.4.7 Sistemas agroflorestais (SAF's)

Os ecossistemas acumulam na sua biomassa o carbono retirado da atmosfera durante o processo de fotossíntese. As plantas absorvem gás carbônico e, usando água e energia da luz solar, convertem o gás carbônico em glicose ($C_6H_{12}O_6$). O oxigênio (O_2) é liberado durante a produção de biomassa (RENNER, 2004).

A quantificação do carbono nos ecossistemas é um tema de grande atenção (BOSCOLO; BUONGIORNO, 1997; FEARNSTIDE et al., 1999; KAUFFMAN; CUMMINGS; WARD, 1994; WOOPER; PALM, 1998), pois é fundamental para desenvolver estratégias de combate ao Aquecimento Global.

A partir disso observou-se que o sistema agroflorestal poderia ser uma alternativa de uso racional da terra, sendo que esse sistema vem sendo muito utilizado no Brasil, em termos de tamanho de área efetivamente implantada. Sob a ótica da fixação de C, o sistema agroflorestal pode ser mais eficiente que os tradicionais monocultivos e as pastagens a céu aberto, pelo fato de ser formado por diferentes componentes e se beneficiar das interações entre eles (TSUKAMOTO FILHO, 2003). No entanto, além das vantagens gerais comuns a todos os sistemas agroflorestais, esse sistema potencializa o lado econômico, ambiental e de aproveitamento de recursos naturais e de insumos (COUTO et al., 1998).

Sistemas Agroflorestais (SAF's) são definidos como *“formas de uso e de manejo da terra nas quais árvores ou arbustos são utilizados em associação com cultivos agrícolas e/ou com animais, numa mesma área, de maneira simultânea ou numa sequência temporal”*

(DUBOIS et al., 1996). A introdução de SAF's em agroecossistemas contempla tanto as variáveis sócio-econômicas quanto a ambiental, visando a sustentabilidade do sistema produtivo e da família rural. Os componentes arbóreos dos SAF's promovem estabilidade e diversidade às fontes de renda, assegurando, ao mesmo tempo, as funções ambientais que permitem a manutenção da fertilidade (proteção contra erosão por chuva ou vento) e o incremento nas características produtivas do solo, fornecendo matéria orgânica que reduz a compactação, aumenta a disponibilidade de nutrientes às plantas cultivadas, e conserva a umidade. Além dessas funções produtivas, a cobertura arbórea ajuda na conservação da biodiversidade, particularmente quando as árvores selecionadas são frutíferas que atraem pássaros (que ajudam na regeneração florestal ao dispersar sementes), permitindo a recuperação da paisagem em corredores ecológicos (Figura 6).

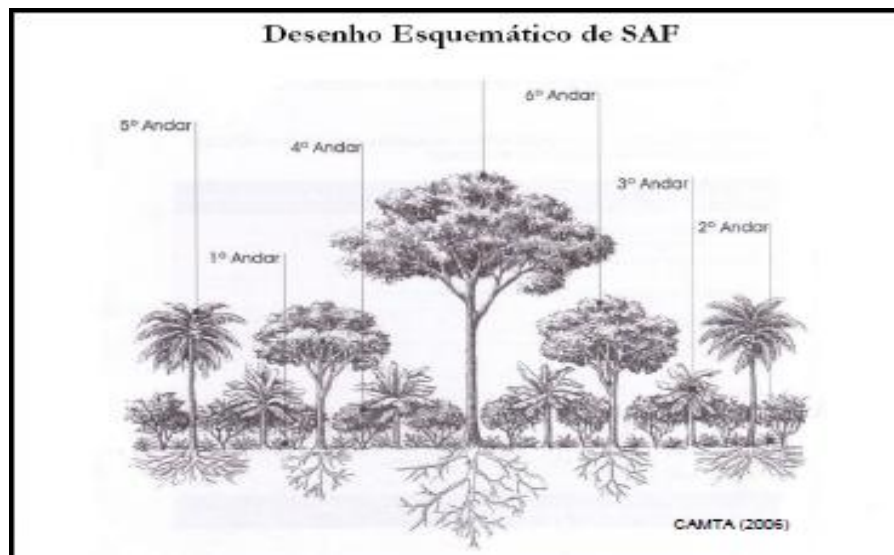


Figura 6. Desenho esquemático de SAF's.

Não obstante ser uma prática antiga de uso da terra seu estudo como ciência é relativamente recente. No Brasil os estudos iniciais datam de 1980 (MONTROYA; MAZUCHOWSKI, 1994). De acordo com Lunz e Melo (1998), a presença de um componente arbóreo, a diversidade de espécies e a grande produção de fitomassa favorecem sua sustentabilidade pela ciclagem direta de nutrientes entre a vegetação e o solo. Esses autores salientam também que, se bem planejados, os SAF podem apresentar, entre outras, as vantagens de melhor utilização dos recursos naturais disponíveis (luz, água e nutrientes), menor incidência de pragas e doenças, maior diversificação da produção, diminuição dos

riscos econômicos, melhor distribuição temporal do uso da mão de obra familiar e maior estabilidade.

Num SAF, portanto, pelo menos um dos componentes envolvidos é lenhoso e perene, podendo ser árvores, arbustos, palmeiras ou bambus (MACEDO, 2000a). Os quintais e pomares domésticos, em geral, constituem-se em um ótimo e no mais antigo exemplo de SAF, formados empiricamente, de forma casual, sem arranjo definido e, ou delineamento, visando o suprimento da família, sobretudo em frutas, durante o ano, sem nenhuma preocupação de fundo econômico ou ecológico. No entanto, claramente, observa-se uma combinação de espécies perenes, com espécies temporárias e animais domésticos (DANTAS, 1994).

A adoção de sistemas de uso da terra como os agroecossistemas, sistemas silviculturais e/ou agroflorestais bem manejados, podem estocar até 228 t/ha de C, incluindo o retido no solo (DIXON, 1995). Segundo Caldeira et al. (2001), o acúmulo de biomassa num povoamento florestal ou agroflorestal é afetado por fatores ambientais, bem como por fatores inerentes a natureza da própria planta.

Os SAF são reconhecidos como uma prática agrícola que contribui para o desenvolvimento sustentável, apresentando vantagens e desvantagens que variam de importância segundo o contexto socioeconômico e cultural (DANTAS, 1994).

Com base em vários autores Paula e Paula (2003) citam as principais vantagens e desvantagens dos SAF:

- a) Vantagens biológicas, físicas e ambientais: melhor ocupação do "site"; melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo; aumento da produtividade; controle da erosão do solo; redução de variáveis microclimáticas; redução do risco de perda de produção; tutor ou suporte para trepadeiras; uso adequado do sombreamento;
- b) Vantagens Econômicas e Sociais: aumento da renda do produtor rural; maior variedade de produtos e (ou) serviços; melhoria na alimentação do homem do campo; redução de riscos de insucesso; redução dos custos de plantio; melhoria na distribuição de mão-de-obra rural; redução das necessidades de capinas;
- c) Desvantagens: aumento na competição entre os componentes vegetais; potencial para perda de nutrientes; danos mecânicos durante a colheita ou tratamentos culturais; danos promovidos pelo componente animal; alelopatia; habitat ou hospedeiros para pragas e doenças; dificuldade de mecanização; dificuldade no planejamento;
- d) Outras vantagens/desvantagens dos SAF, bem como maiores detalhes sobre as apresentadas aqui, podem ser obtidas em Dantas (1994); Fernandes et al. (1994);

Castro et al. (1996); Daniel et al. (1999), Macedo (2000a e 2000b), dentre outros.

Os projetos agroflorestais são atividades capazes de sequestrar e armazenar carbono, podendo emitir CER's para serem negociados no mercado de créditos de carbono. Este sistema tem capacidade de capturar aproximadamente 400 Mt C por ano (WISE; CACHO, 2005).

Baral e Guha (2004) comentam que as emissões do carbono do desmatamento são ainda ao redor de 2 bilhões de toneladas por ano. Práticas de conservação e manejo, junto com orientação técnica de reflorestamento podem captar o carbono fornecido pelo ecossistema terrestre.

1.4.8 A cultura do açaizeiro

Os sistemas agroflorestais constituem-se numa opção para o uso sustentável da terra na Amazônia. Assim, como possibilidade de composição nesse sistema, tem-se o açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), que é uma palmeira nativa da Amazônia que se destaca pela abundância e por produzir importante alimento para a população local. A espécie desenvolve-se bem em vários tipos de solos, sendo encontrado nas terras firmes e áreas inundáveis, porém não suporta locais permanentemente alagados, compondo ecossistemas de floresta natural ou em forma de maciços conhecidos como açaizais, com área estimada em um milhão de hectares. A produção anual de frutos, em toneladas, apresenta aumento significativo a cada ano, e se deve ao aumento das áreas de cultivo e melhorias no manejo, apresentando níveis satisfatórios de produtividade, estimados em oito a dez toneladas por hectare (EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2005), e que podem ser observados na Figura 7. Em 2010, a cultura possuía 77.637 hectares de área plantada e produtividade de 706.548 toneladas, segundo a SAGRI (2011).

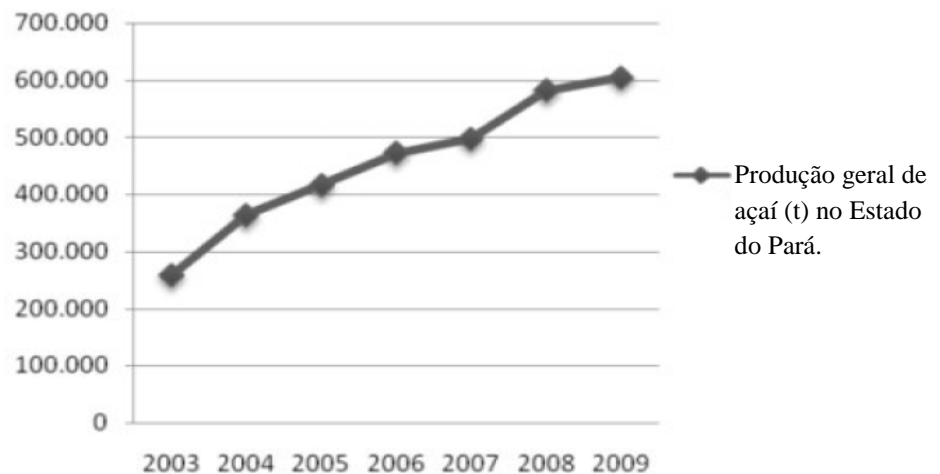


Figura 7. Evolução da produção de açaí no Estado do Pará de 2003 a 2009 (SAGRI, 2011).

Infelizmente há poucas pesquisas relacionadas com a questão do sequestro de carbono, principalmente em relação às plantas nativas e exóticas da região amazônica, como as palmeiras, por exemplo, mas particularmente o açaizeiro. Segundo Maestri (2003), a quantificação das frações raiz, tronco e folhas se revestem de grande importância, para determinação da quantidade de carbono fixada. Entretanto, as metodologias de amostragem e modelagem para sua inferência tornam-se prioritárias para embasar a tomada de decisões.

Através deste estudo, poder-se-á afirmar ou não, se o açaizeiro será uma alternativa de fixar carbono, já que é espécie florestal, que pelas características de cultura permanente pode ser recomendada para proteção do solo, pois é uma das culturas que é muito utilizada em plantio em sistemas de consórcios em terra firme, e solteiro, em sistema de produção com base ecológica (várzeas), estabelecendo assim, um equilíbrio dinâmico entre a emissão de gases como o gás carbônico e a sua conversão em biomassa, e por apresentar uma deposição constante de folhas, aliado ao sistema radicular abundante que possui, partindo do pressuposto que o palma de óleo, auxilia na fixação de carbono, no qual estima-se que 1,0 ha de palma de óleo, aos quinze anos, tenha sequestrado 35,87 t de carbono ou 90 t de matéria seca (CARVALHO, 2011), também é uma palmeira, adaptada a Amazônia, e as condições edafoclimáticas do município de Tomé-Açu.

1.5 MATERIAL E MÉTODOS

1.5.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em áreas de sistema agroflorestais (SAF's) de pequenos produtores da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA), localizado na mesorregião Nordeste Paraense, no Estado do Pará, e limita-se ao norte com os municípios de Acará e Concórdia do Pará, ao sul com Ipixuna, a leste com Aurora do Pará e a Oeste com Tailândia e Acará, localizada no município de Tomé-Açu, Estado do Pará (Figura 8), onde o clima é do tipo Ami, cujo prevalece um clima quente e úmido, de acordo com a classificação de Köppen, onde as temperaturas médias mensais variam de 25,8 °C e 27,0 °C, e média anual de umidade relativa do ar de 88 %, com precipitação anual de 2.500 mm, os meses de maio, junho e julho representam mais de 55 % do total, sendo que o mês de maio é o que apresenta maior precipitação, e com período de estiagem de agosto a dezembro (KÖPPEN, 1948).



Figura 8. Localização do município de Tomé Açu, Estado do Pará.

Os dados médios mensais referentes à temperatura, precipitação pluviométrica e brilho solar durante a condução do experimento, coletados na Estação Meteorológica da Embrapa Amazônia Oriental, em Tomé-Açu, estão na Tabela 1.

Tabela 1. Temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), precipitação (mm) e número de dias de chuvas observados em Tomé-Açu, PA em 2009.

Mês	Temperatura do ar °C			UR (%)	Precipitação (mm)		ND Pp
	Tx	T	Tn		TotMes	Max24h	
Jan	32,8	26,1	21,3	87	232,1	51,7	13
Fev	32,1	25,7	21,3	88	372,5	61,4	16
Mar	31,7	25,9	22,7	90	612,7	55,8	24
Abr	31,8	26,1	22,6	90	591,8	104,7	21
Mai	31,9	26,0	22,5	91	454,1	69,1	16
Jun	32,4	26,0	20,9	87	209,2	37,0	12
Jul	33,0	26,1	20,3	85	112,0	49,4	5
Ago	33,9	26,4	20,2	85	20,5	8,0	2
Set	33,7	26,8	20,9	80	33,7	21,0	2
Out	34,2	27,3	21,0	75	30,6	19,2	2
Nov	33,9	27,4	22,2	76	111,4	47,2	5
Dez	33,7	26,7	22,7	82	240,5	48,2	8
Ano	32,9	26,4	21,6	85	3021,1	104,7	126

Tx = Temperatura máxima; T = Temperatura média Tn = temperatura mínima; UR = umidade relativa do ar; TotMes = total mensal de chuva; Max24h = Chuva máxima em 24 horas e NDPp = número de dias de chuva contados a partir de 5 mm.

1.5.2 Coleta e preparo de amostras

As plantas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) utilizadas no trabalho foram provenientes de áreas de produtores da cooperativa já citada anteriormente, no período seco. Para seleção das palmeiras, visando coletar plantas homogêneas, considerou-se alguns critérios, os quais são: palmeiras localizadas na mesma parcela, representativas de mesma idade, uniformes, nutridas, sadias e bem desenvolvidas. Identificadas às palmeiras, procedeu-se à mensuração da circunferência do estipe e da altura das plantas cujos valores também serviram para selecionar palmeiras homogêneas.

Para a amostragem, foram coletadas quatro palmeiras para cada idade, utilizando-se o método direto (ou destrutivo) de árvores (SANQUETA et al. 2007), aos 2, 3, 4, 5, 6 e 7 anos de idade. Com exceção dos açazeiros com dois anos de idade, os demais foram coletados em sistemas agroflorestais (SAF's) (Tabela 2 e Figura 9).

Tabela 2. Culturas consorciadas com o açaizeiro, em sistema de SAF's.

Idade (anos)	Cultura consorciada
2	Plantio solteiro
3	Pimenta-do-reino + Cacau
4	Cupuaçu
5	Cacau
6	Teca + Cupuaçu
7	Paricá + Cupuaçu

No segundo ano de idade foram coletados folíolos, estipe, flecha e pecíolo mais ráquis, no terceiro ano todos os órgãos citados mais o meristema, e a partir do terceiro ano, todos os órgãos citados mais frutos e engaços.



Figura 9. Plantio solteiro de açazeiro (a); Consórcio: Açáí + Pimenta-do-reino + Cacau (b); Consórcio: Açáí + Cupuaçu (c); Consórcio: Açáí + Cacau (d); Consórcio: Açáí + Teca + Cupuaçu (e); Consórcio: Açáí + Paricá + Cupuaçu (f).

Fonte: Ismael Viégas.

Cada órgão, do açazeiro fora colhido separadamente e colocado sobre lonas, para obtenção do peso da massa fresca total de cada órgão, retirando-se posteriormente, uma amostra representativa de peso conhecido (Figura 10).

(a)

(b)

(c)



Figura 10. Seleção da planta de açazeiro (a); Corte do estipe da planta (b); Visualização após o corte do estipe (c); Separação dos folíolos (d); Separação do engaço (e); Retirada da amostra do estipe (f); Pesagem de material fresco (g).

Fonte: Ismael Viégas.

O estipe do açazeiro foi pesado inteiro obtendo-se a biomassa total e retirada uma amostra em forma de disco de aproximadamente 2,5 cm de espessura, do terço inferior, médio e superior, baseando-se em estudo de Oliveira Neto et al. (2003). Em seguida, cada parte vegetativa foi colocada em saco de papel Kraft, sendo identificada, e levada para secar em estufa de ventilação forçada de ar, regulada para operar na temperatura de 70° C, até atingir peso constante, para a retirada dos valores de massa seca. Posteriormente, essas amostras

foram moídas em moinho tipo Wiley com câmara de aço inoxidável, com peneira de malha 20 mechs.

1.5.3 Determinação do teor de carbono

A biomassa seca total do açazeiro foi determinada por meio da soma da biomassa seca dos componentes da planta em cada ano do experimento. Em seguida, esse valor foi extrapolado para 1 ha, no espaçamento de 5m x 5m, considerando-se uma densidade de 400 plantas, com três estipes cada, assim cada 1 ha possui 1.200 estipes de açazeiro.

Após as amostras dos componentes das plantas serem previamente secas e trituradas, foram determinados os teores de carbono total, no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da Embrapa Amazônia Oriental, pelo método colorimétrico (BEZERRA NETO; BARRETO, 2004).

1.5.4 Quantificação da biomassa, estimativa de carbono e contabilização dos CER's

A "Quantificação de Biomassa e Geração de Créditos de Carbono" foi realizada em áreas de sistema agrofloretais (SAF's) de pequenos produtores da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé Açu (CAMTA). Com exceção dos açazeiros com dois anos de idade, os demais foram coletados em sistemas agrofloretais (SAF's) onde o açazeiro estava consorciado com outras culturas, como pode ser visualizado na Tabela 2.

Para a amostragem, foram coletadas quatro palmeiras para cada idade, utilizando-se o método direto (ou destrutivo) de árvores (SANQUETA et al. 2007), estas aos 2, 3, 4, 5, 6 e 7 anos de idade.

A biomassa seca total do açazeiro foi determinada por meio da soma da biomassa seca dos compartimentos das árvores e em cada ano do experimento. Em seguida, esse valor foi extrapolado para 1 ha, considerando-se uma densidade de 400 touceiras no espaçamento de 5 x 5m, onde é recomendado o manejo de três estipes por touceira, assim tem-se 1.200 estipe/ha. O estoque de carbono foi extrapolado para toneladas por hectare. Pelo fato das negociações no mercado de créditos de carbono serem efetuadas em função do CO₂ equivalente, tornou-se necessária a conversão do carbono em CO₂. A conversão do carbono

em CO₂ equivalente (CO₂eq) foi realizada de acordo com a metodologia adotada por FACE (1994).

Para efeito deste estudo, considerou-se não haver restrições de demanda no mercado para o produto avaliado e que toda a quantidade de carbono estocada pudesse ser convertida em créditos de carbono, ou seja, que a linha de base do projeto fosse o solo sem carbono estocado sobre ele. A validade ou não dos créditos de carbono não foi considerada no estudo, pois o objetivo deste foi avaliar o potencial de armazenamento de carbono pelo plantio do açazeiro, para possíveis negociações com créditos de carbono. A quantificação dos CERs e a análise econômica foram realizadas para uma simulação do plantio com ciclo de produção de 25 anos. Ressalta-se que, no caso dos projetos florestais a serem submetidos à aprovação pelo Comitê Executivo do MDL, para comercialização de créditos de carbono, a contabilização dos CERs deve ser realizada levando-se em conta a diferença entre a quantidade de carbono fixada pelo projeto no final do ciclo e a quantidade de GEE (gases do efeito estufa) emitida pela queima de combustíveis fósseis, decomposição vegetal, etc.) durante sua cadeia de produção, mais o que havia no local antes da implantação do projeto. Contudo, esse balanço não foi realizado neste estudo. Deu-se ênfase apenas à contabilização dos CERs correspondentes ao carbono fixado nos compartimentos da árvore de açazeiro, considerando que o estoque de carbono inicial na área fosse igual a zero.

1.5.4.1 Cenários estudados

Para se analisar a viabilidade econômica da cultura do açazeiro, duas situações foram estudadas:

- Açazeiro sem a geração dos CERs: foi realizada a análise econômica considerando somente os custos do projeto florestal e as receitas obtidas pela venda do fruto do açazeiro.
- Açazeiro com a geração dos CERs: neste cenário, além dos custos do projeto florestal e das receitas obtidas com a venda do fruto, foi incluído também o custo do projeto de créditos de carbono e a receita proveniente da venda dos CERs.

1.5.4.2 Fluxo de caixa e taxa de desconto utilizado

O fluxo de caixa representa as estimativas de receitas e despesas de recursos monetários em um determinado projeto produtivo ao longo do tempo. O resultado líquido desse fluxo é calculado subtraindo-se as receitas das despesas do projeto, associado a cada período (SANTOS et al. 2002). Todos os custos e receitas incidentes no projeto foram ordenados anualmente em um fluxo de caixa, segundo Rezende e Oliveira (2001). Esses valores foram atualizados mediante o uso de fórmulas financeiras, para um determinado momento no horizonte de tempo. A taxa de desconto aplicada foi de 10% ao ano. Optou-se por esta taxa por ser bastante utilizada em análises de projetos florestais e também por ser recomendada pelo Centro de Estudos Integrados sobre o Meio Ambiente e Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente, no documento que trata dos critérios de elegibilidade e indicadores de sustentabilidade para a avaliação de projetos candidatos ao MDL (BRASIL, 2002).

1.5.4.3 Composição dos custos

Os custos utilizados para se proceder à análise econômica foram àqueles necessários para se implantar um hectare da cultura do açaizeiro. Esses custos estão relacionados à mão de obra e aos insumos usados para a realização das seguintes atividades:

- Implantação da cultura: esta etapa foi subdividida nas seguintes subetapas:

- Preparo do solo: foram considerados os custos referentes à roçada da vegetação, à limpeza da área e ao balizamento.
- Aquisição de mudas: foram considerados os custos de aquisição de mudas de sementes de açaizeiro. Foram acrescentados 10% sobre o número total de mudas, a fim de garantir o replantio das falhas.
- Plantio: foram considerados os custos das atividades de abertura de cova, enchimento de saquinhos, adubação na cova, transporte e distribuição das mudas dentro da área de plantio e replantio.
- Manutenção/Tratos culturais: as etapas consideradas nesta fase foram roçagem manual, adubação de cobertura, coroamento e limpeza das plantas.
- Colheita: esses custos referiram-se à coleta dos cachos com frutos e transporte.

As informações sobre os coeficientes técnicos e as atividades realizadas no plantio de açazeiro em consórcio com açazeiro foram retiradas do site da Embrapa (2011).

Na determinação dos custos de mão de obra para a realização das atividades se levou em consideração o valor do salário mínimo (R\$ 678,00), com acréscimo de 50% referente aos encargos sociais, valor médio, adaptado daquele sugerido pelo SEBRAE (SEBRAE, 2002) e 22 dias úteis trabalhados no mês. Os preços dos insumos foram obtidos através de pesquisas de mercado local.

No presente estudo, o custo para obtenção dos CERs foi estimado considerando-se um custo fixo por projeto de US\$ 260.000 (R\$ 616.200,00, considerando US\$1,00 igual a R\$ 2,37 na data de 20/08/2013), valor sugerido pelo Banco Mundial (2004) e um tamanho de projeto que resulte na absorção de 50.000 t CO₂eq./ano, o qual, segundo Haites (2004), é o tamanho mínimo de projeto economicamente viável para geração de CERs.

1.5.4.4 Composição das receitas

As receitas do plantio de açazeiro foram àquelas referentes à venda do fruto, e dos CERs. As receitas foram obtidas multiplicando-se a produção anual pelos respectivos preços praticados no mercado.

As receitas da venda dos CERs foram obtidas multiplicando-se a tonelada de CO₂ pelo preço de US\$ 16,3531, conforme sugerido por Haites (2004) e Lecocq (2004). Considerou-se que a receita obtida com os CERs ocorreu no ano 1 do projeto, de forma que as transações necessárias para emissão e comercialização (elaboração do projeto, identificação de investidores, preparo da documentação, determinação da linha de base, etc.) fossem realizadas no ano de implantação do projeto florestal.

1.5.5 Análise econômica

A análise econômica foi realizada com a finalidade de verificar a viabilidade do projeto com e sem a venda dos CERs. Para efetuar essa análise foram utilizados os seguintes critérios de avaliação econômica: Valor Presente Líquido - VPL, Taxa Interna de Retorno - TIR e Valor Anual Equivalente - VAE.

1.5.5.1 Valor Presente Líquido – VPL

O Valor Presente Líquido representa a diferença positiva entre receitas e custos, atualizado de acordo com determinada taxa de desconto. Este critério atualiza todos os fluxos de caixa líquido futuros para o presente, chegando-se mais rapidamente ao valor de um projeto. Sua interpretação, uma vez que a taxa de desconto reflete o custo de oportunidade do capital, representa o valor dos benefícios líquidos presentes gerados por fluxos futuros de um determinado investimento e, quando o seu cálculo apresenta valores maiores que zero, diz-se que o projeto é viável economicamente seu VPL for positivo para determinada taxa de juros Lima Júnior (1995).

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j}$$

Em que: VPL= valor presente líquido;

Rj = receita no ano j;

Cj = custo no ano j;

i= taxa de desconto;

O Valor Presente Líquido é definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado. A viabilidade econômica de um projeto analisado pelo método do VPL é indicada pela diferença positiva entre as receitas e os custos, atualizados, para uma determinada taxa de desconto (BUARQUE, 1991; REZENDE; OLIVEIRA 2000; SILVA et al. 2002).

1.5.5.2 Taxa Interna de Retorno – TIR

A Taxa Interna de Retorno é a taxa de desconto que iguala o valor atual das receitas ao valor atual dos custos do projeto, ou seja, é a taxa na qual o VPL é igual a zero, refletindo assim, as taxas de desconto intrínsecas do projeto para o qual o investidor iguala benefícios e custos. Se a TIR for maior que a taxa de desconto exigida pelo investimento, conclui-se pela viabilidade do projeto.

A Taxa Interna de Retorno de um projeto é a taxa anual de retorno do capital investido, tendo a propriedade de ser a taxa de desconto que iguala o valor atual das receitas futuras ao valor atual dos custos futuros do projeto, ou seja, é a taxa na qual o VPL é zero (BUARQUE, 1991; REZENDE; OLIVEIRA, 2000; SILVA et al. 2002).

$$\sum_{j=0}^n R_j (1 + TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j (1 + TIR)^{-j}$$

Em que: R_j = receita no ano ;

C_j = custo no ano j ;

i = taxa de desconto;

j = período de ocorrência do custo ou da receita; e

n = duração do projeto, em anos.

1.5.5.3 Valor Anual Equivalente – VAE

Este critério transforma o valor atual do projeto em fluxos de receitas ou custos periódicos contínuos, equivalentes ao valor atual, durante a vida útil do projeto (SILVA et al. 2002). De acordo com Resende e Oliveira (2001), um projeto será considerado economicamente viável se apresentar VAE positivo, indicando que os benefícios periódicos são maiores que os custos periódicos.

Segundo Rezende e Oliveira (1993), esses métodos consideram o valor do capital no tempo, ou seja, atribuem diferentes ponderações às receitas líquidas em função de sua distribuição ao longo do tempo, sendo os mais indicados para a análise de projetos no setor florestal. O Valor Anual Equivalente é um critério econômico que transforma o valor presente líquido em um fluxo anual e constante de receitas/custos, de duração igual ao horizonte do projeto.

$$VAE = \frac{VPL \cdot i}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

Em que: VAE = valor anual equivalente;

VPL = valor presente líquido;

i = taxa de desconto; e

n = duração do projeto, em anos.

1.5.6 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade consiste em checar os efeitos de mudanças percentuais ou absolutos nos parâmetros, nos resultados e nos indicadores econômicos (REZENDE; OLIVEIRA, 2001). Neste estudo, a análise de sensibilidade considerando o critério econômico VPL utilizou-se apenas o valor presente líquido (VPL) para verificar a viabilidade econômica dos projetos, foi aplicada ao cenário onde se incluiu a venda dos CERs. Para isso, a taxa de juros, o item de custo da mão de obra, os preços do fruto do açaizeiro e dos CERs foram submetidos a uma variação de seus valores de -20% e +20%, identificando pontos de nivelamento entre os diferentes usos, pela variação dos custos e preços na referida amplitude.

Na análise de sensibilidade, utilizou-se apenas o valor presente líquido (VPL) para verificar a viabilidade econômica dos projetos. Desta forma, realizou-se uma análise de sensibilidade do VPL às variações nas taxas de desconto e no custo do CERs, preço do fruto e custo de mão de obra para estabelecer a influência destes fatores na viabilidade econômica dos projetos.

1.5.7 Conversão de carbono em dióxido de carbono (CO₂)

Os valores de carbono (C) obtidos foram convertidos em dióxido de carbono (CO₂) por compartimento. O fator de conversão utilizado foi igual a 3,67, obtido pela razão entre a massa molecular do dióxido de carbono igual a 44 e a massa atômica do carbono (C), igual a 12 (BROWN et al. 1986; HOEN; SOLBERG, 1994; ORTIZ, 1997; RAMÍREZ; GÓMEZ; SHULTZ et al. 1997). Assim sendo, a quantidade de CO₂ capturado é estimada pela equação:

$CO_2 = 3,67 * EC$ em que:

CO_2 = Captura de dióxido de carbono, em $t\ ha^{-1}$;

EC = Estoque de carbono, em $t\ ha^{-1}$; e

3,67 = fator de conversão de carbono para dióxido de carbono.

1.5.8 Determinações bioquímicas

1.5.8.1 Determinação das concentrações de amido (A)

Foi feita uma extração etanólica de 50 mg da massa seca das folhas em 5,0 mL de etanol 80%, por 30 min a 80 °C), depois foi promovida uma nova extração com 5,0 mL de HClO₄ 30% por 30 min a 25 °C. Após serem juntados os extratos, foram levadas para centrífuga (2000 rpm por 10 min) e coletados os sobrenadantes. Estes de cada extração foram juntados e aferidos ao volume para 10 mL com água destilada para obtenção do extrato total. Nos tubos de ensaio foram colocados 100 mL do sobrenadante + 400 mL de H₂O destilada e agitando-se em vortex, adicionando-se 0,5 mL de fenol 5% e agitando no vortex, logo depois foi adicionado uniformemente e de uma única vez no centro do tubo (com pipeta graduada) 2,5 mL de H₂SO₄ concentrado e novamente agitado os tubos em vortex 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 expressos em mmol de GLU/g de resíduo. O método utilizado foi segundo (DUBOIS et al., 1956).

1.5.8.2 Determinação das concentrações de sacarose (S)

Foram pesados 30 mg de massa seca das folhas, e 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 min a temperatura ambiente. O homogeneizado foi centrifugado a 10.000 rpm por 10 min e coletado o sobrenadante, e os resíduos foram novamente extraídos com igual volume de MCW, seguindo-se uma nova centrifugação e coleta dos sobrenadantes, na qual os mesmos foram reunidos para obtenção do extrato total. A cada 2,0 mL do sobrenadante adicionou-se 0,5 mL de clorofórmio e 750 mL de água destilada, seguindo-se sob agitação e centrifugação (2.000 rpm, por 10 min) para a separação da fase aquosa. Após esse processo foi retirada com uma pipeta de Pasteur a fração aquosa metanólica (superior) e transferida para tubos de ensaio, os quais foram levados ao banho-maria e aquecidos a 35 °C por um período de 30 a 45 min para evaporação do clorofórmio residual e então foi determinado o volume restante. A quantificação da amostra foi realizada tomando-se alíquotas de 100 mL da fase aquosa adequadamente diluída adicionando 100 mL de KOH 30%. Após vigorosa agitação a mistura foi aquecida a 100 °C

por 10 min e, após resfriamento, foi adicionada 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 min. Após resfriamento, agitou-se as amostras por 10 segundos 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. A determinação das concentrações de sacarose foi determinada segundo o método (VAN HANDEL, 1968).

1.5.8.3 Determinação das concentrações de proteínas solúveis totais (PST)

Foram colocados em tubos de ensaio de 15 mL, 100mg de pó da matéria seca (MS) das folhas em 5,0 mL do tampão de extração (Tris-HCl 25mM pH 7,6). Em seguida os tubos, devidamente lacrados, ficaram sobre o processo de agitação durante 2 h no “shacker”. Após esse processo, os tubos foram centrifugados em centrífuga de bancada (2000 rpm por 10 min).

Em seguida, foram colocados nos tubos de ensaios 100 mL do sobrenadante após a centrifugação + 2,5 mL do reagente de Bradford. Após esse processo, os tubos manualmente foram agitados delicadamente (para não desnaturar as proteínas). Com 15 min de repouso as leituras foram realizadas no espectrofotômetro a 590 nm, contra o branco que encerra 100 mL 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. As concentrações de proteínas solúveis totais foram determinadas segundo o método de (BRADFORD, 1976).

1.5.8.4 Determinação das concentrações de açúcares solúveis totais (AST)

A quantificação de açúcares solúveis totais foi feita através de análise colorimétrica, utilizando-se o método do fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956), com leitura em espectrofotômetro a 490 nm de absorvância, sendo a determinação feita para cada uma das partes das plântulas e tempo de coleta, com três repetições para cada extração.

1.5.8.5 Determinação das concentrações de amônio livre (AL)

Foi utilizado, segundo o método de Weatherburn (1967), 50 mg de massa seca das folhas em pó, onde este fora pesado e colocado em tubos de ensaio de 15 mL, adicionando-se 5 mL de água destilada e levados ao banho maria por 30 min a 100 °C. Após a extração as amostras foram centrifugadas em centrífuga de bancada (100 rpm) e os sobrenadantes coletados para obtenção de extrato total. Nos tubos de ensaio foram acrescentados 400 µL de extrato total + 2,5 mL da solução A (5 g de fenol + 0,025 g de nitro prussiato de sódio/500 mL de água destilada) e homogenizado em vortex, acrescentando mais 2,5 mL da solução B (2,5 g de NaOH + 12,6 mL de hipoclorito de sódio/500 mL de água destilada) e foi novamente agitado em vortex, levando os mesmos tubos ao banho maria por 20 min a 37 °C. Os tubos foram removidos do banho maria e em seguida deixados em repouso por 40 min, e levados para fazer a leitura no espectrofotômetro a 625 nm e usando-se água destilada (em substituição ao extrato) + reagentes como branco. As concentrações de amônio livre foram estimadas a partir da curva padrão construída com $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ p.a (Sigma). Os resultados foram expressos em mmol de NH_4^+ /kg de MS.

1.5.8.6 Determinação das concentrações de prolina (P)

Foram pesados 50 mg de massa seca das folhas (MS) em pó e, em seguida, levados para tubos de ensaio de 15 mL e adicionados 5mL de água destilada e colocados em “banho maria” durante 30 min a 100 °C. Após a extração, as amostras foram centrifugadas durante 20 minutos em centrífuga de bancada (1.000 rpm), logo após o processo de centrifugação, foi retirado 1 mL do sobrenadante coletado de cada amostra e transferido imediatamente para os tubos de ensaios, nos quais foram adicionados + 1,0 mL de ninhidrina ácida + 1,0 mL de ácido acético glacial (99,5%) (os tubos foram fechados hermeticamente) agitados em vortex e colocados novamente em “banho-maria” a 100 °C por 1 h. Depois de então, a reação com banho de gelo e adicionado 2,0 mL de tolueno e agitado vigorosamente em vortex por 20s (o tolueno extraiu a substância cromófora formando um complexo colorido (róseo para 10 vermelho). Assim que atingiu a temperatura ambiente, realizou-se o processo de aspiração com o auxílio de uma pipeta de Pasteur de plástico a fase não-aquosa (cromóforo + tolueno = parte superior). Efetivou-se a leitura em espectrofotômetro a 520 nm usando tolueno como branco. As concentrações de prolina foram determinadas a partir da curva-padrão com L

prolina p.a (Sigma) sendo os resultados expressos em mmol prolina/g MS. Para isso, utilizou-se o método descrito por (BATES; WALDREN; TEARE, 1973).

1.5.8.7 Determinação das concentrações de aminoácidos solúveis totais (AAST)

Foram pesados 50 mg das folhas, e colocados em tubos de ensaio com 5 mL de água destilada, fechados hermeticamente e incubados em banho-maria a 100 °C, durante 30 min. Em seguida, os tubos foram centrifugados a 6.000 rpm, por 10 min. Após a extração o sobrenadante foi coletado e desenvolvido a reação para dosagem dos aminoácidos. Alíquotas de 0,1 mL do extrato foram colocadas em tubos de ensaio e acrescidas de 0,4 mL de água destilada. Em seguida 0,250 mL de uma solução tamponada, pH 5,0, contendo 0.2 mol.L⁻¹ de citrato; 0,250 mL do reagente de ninhidrina (KCN 0,1 mmol.L⁻¹ e ninhidrina 5% em methoxy etanol) foi adicionado. Após misturar bem em vortex os tubos foram hermeticamente fechados e colocados em “banho-maria”, no qual permaneceram pelo tempo de 15 min à temperatura de 100 °C. Em seguida, a reação foi interrompida em banho de gelo, momento em que foram adicionados 1,5 mL de uma solução de etanol 50% (v/v). Após os tubos permanecerem por 20 min em temperatura ambiente foram efetivadas leituras em espectrofotômetro, a 570 nm, sendo os teores de aminoácidos livres totais, determinados com base em uma curva padrão ajustada a partir de concentrações crescentes de uma mistura padronizada de L – glutamina Aminoácidos e os resultados foram expressos em µmol de mfvAA/g MS. A concentração de aminoácidos livres totais (AALT) foi determinada segundo método descrito por Peoples et al. (1989).

1.5.9 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições e seis idades. Revelada a significância do teste F, realizou-se o desdobramento das equações de regressão até o segundo grau, referentes às variáveis, quantidade de carbono acumulado em diferentes órgãos e idade das plantas e de carbono acumulado total em diferentes órgãos e idade das plantas. Para definir a equação que melhor explica os resultados, foi utilizado além do teste F, o coeficiente de determinação das regressões.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, comparadas pelo teste de SNK. Para a obtenção dos resultados utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007), obtido o nível de significância das variáveis foram determinadas as equações de regressão que melhor ajustaram os dados obtidos em função das idades.

1.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta o resumo da análise de variância dos efeitos da idade, órgãos e interação idade x órgãos, na produção do teor (TC) e estoque de carbono (EC) em açazeiro.

Tabela 3. Resumo das análises de variâncias dos efeitos da idade e dos órgãos, na produção do teor (TC) e estoque de carbono (EC) em açazeiro.

Fonte de Variação	GL	TC	EC
IDADE	5	NS	**
ÓRGÃO	6	NS	**
IDADE X ÓRGÃO	25	NS	**
CV(%)		0,30	1,1

F.V. - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; MS - Massa seca; TC - Teores de carbono; AC - Acúmulo de carbono; CV - Coeficiente de variação a 5 % de probabilidade; ** altamente significativo; * significativo; e NS - não significativo.

1.6.1 Teor de carbono nos órgãos de plantas de açazeiro

Observou-se que a variável teor de carbono apresentou resultados não significativos.

As médias de teor de carbono obtidas foram: engaço – 1,559 a 1,430 g.kg⁻¹ (4º ao 7º ano); estipe – 1,751 a 1,834 g.kg⁻¹ (2º ao 7º ano); flexa – 1,424 a 1,519 g.kg⁻¹ (2º ao 7º ano); folíolos – 1,677 a 1,660 g.kg⁻¹ (2º ao 7º ano); frutos – 1,519 a 1,590 g.kg⁻¹ (4º ao 7º ano); meristema – 1,612 a 1,756 g.kg⁻¹ (3º ao 7º ano); pecíolo+ráquis – 1,669 a 1,641 g.kg⁻¹ (2º ao 7º ano). Assim, percebe-se que as médias de teor de carbono sofreram pouca variação.

Miranda et al. (2012), estudando o teor de carbono em *Euterpe oleracea* Mart., na Ilha do Marajó – PA, observaram que houve diferença estatística significativa entre as médias dos compartimentos, e que estatisticamente todas as médias são diferentes entre si. Apesar da maior concentração de carbono ter sido encontrada nos frutos e cachos, em função da

biomassa, é no fuste que se encontra a maior quantidade de carbono para o açazeiro, confirmando ao que fora encontrado nesta pesquisa.

Na região da zona dos cocais no Estado do Maranhão, mais precisamente na Ilha de São Luis, Gehring et al. (2011) relatam que os valores para os teores de carbono no babaçu (*Attalea speciosa* C.Martius) apresentaram baixa variação, sem diferenças sistemáticas em relação ao tamanho ou ao estágio de crescimento das palmeiras, o que aponta a aplicabilidade geral dos valores de 42,5% carbono para troncos (fuste) e 39,8% de carbono para folhas.

1.6.2 Estoque de carbono nos órgãos de plantas de açazeiro

Foi observado efeito significativo na interação entre os órgãos e idades das plantas, para os órgãos da parte aérea, engajo, estipe, flexa, folíolos e pecíolo + ráquis, em plantas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos (Figura 11).

Verifica-se que o engajo apresenta-se em uma curva polinomial crescente até o 4º e 5º anos, seguido de decréscimo. Para os órgãos estipe e flexa ocorreu crescimento linear como passar dos anos. Para folíolos e pecíolo + ráquis, uma curva polinomial crescente até o 5º ano de idade, seguido de decréscimo nas quantidades obtidas.

As médias obtidas foram: engajo – 61,52 a 49,44 t.ha⁻¹ (4º ao 7º ano); estipe – 29,97 a 1242,94 t.ha⁻¹ (2º ao 7º ano); flexa – 3,39 a 28,46 t.ha⁻¹ (2º ao 7º ano); folíolos – 20,21 a 143,19 t.ha⁻¹ (2º ao 7º ano); pecíolo + ráquis – 10,58 a 81,96 t.ha⁻¹ (2º ao 7º ano).

Silva, Saquetta e Corte (2012), estudando a quantificação de carbono em plantios de dendezeiro na região de Ilhéus (BA), constataram que o compartimento que possui a maior concentração de carbono são os frutos (53,60 %), seguido das folhas (42,86 %), estipe (39,73 %), espiga (38,44 %), e raízes (38,20 %), resultando em uma média geral ponderada de 40,79 %. Os autores relacionaram outras espécies florestais com a palmeira de dendezeiro, e observaram que o mesmo possui uma grande capacidade de fixação de carbono em sua biomassa, atingindo 41,93 kg de CO₂ por indivíduo por ano, enquanto que outras espécies florestais como o Pinus e a Araucária atingem 19,34 kg e 12,68 kg de CO₂, respectivamente. Ao comparar os resultados das estimativas da capacidade de fixação de carbono do dendezeiro em relação ao Pinus, Eucalipto e Araucária em termos de unidade de área (ha), nota-se que o dendezeiro possui uma menor contribuição para a imobilização do CO₂ em sua biomassa, isso ocorre devido ao maior espaçamento (9 x 9 x 9 m triangular) utilizado no

plântio do dendezeiro que diminui o número de plantas por ha, e conseqüentemente baixando o valor do carbono imobilizado por unidade de área (ha).

Os resultados obtidos nesta pesquisa, para o órgão estipe, são semelhantes aos citados por Cunha (2012), ao estudar o estoque de carbono em cupuaçuzeiro, à medida que os anos se sucederam, ocorreu incremento no estoque de carbono das PMI no caule da planta, apresentando comportamento linear crescente com o passar do tempo, assim como nas demais partes da planta, ou seja, folhas, ramos primários e ramos secundários.

Caldeira et al. (2003) trabalhando com *Acacia mearnsii* aos quatro anos de idade chegaram a resultados de percentagem de carbono por hectare no caule de 70% e no sexto ano de 71%, já neste estudo, a porcentagem de carbono para as plantas de açazeiro foi de 60%.

O que pode justificar os decréscimos dos valores do encontrados para engaçó, pode ser pelo fato do açazeiro ser implantado em espaçamentos diferentes, pela arquitetura da planta, estar em consórcio com outras culturas, o que propicia maior competição por água, luz, nutrientes, com maior investimento de massa seca mais em ramos e folhas, quando comparados a essas culturas.

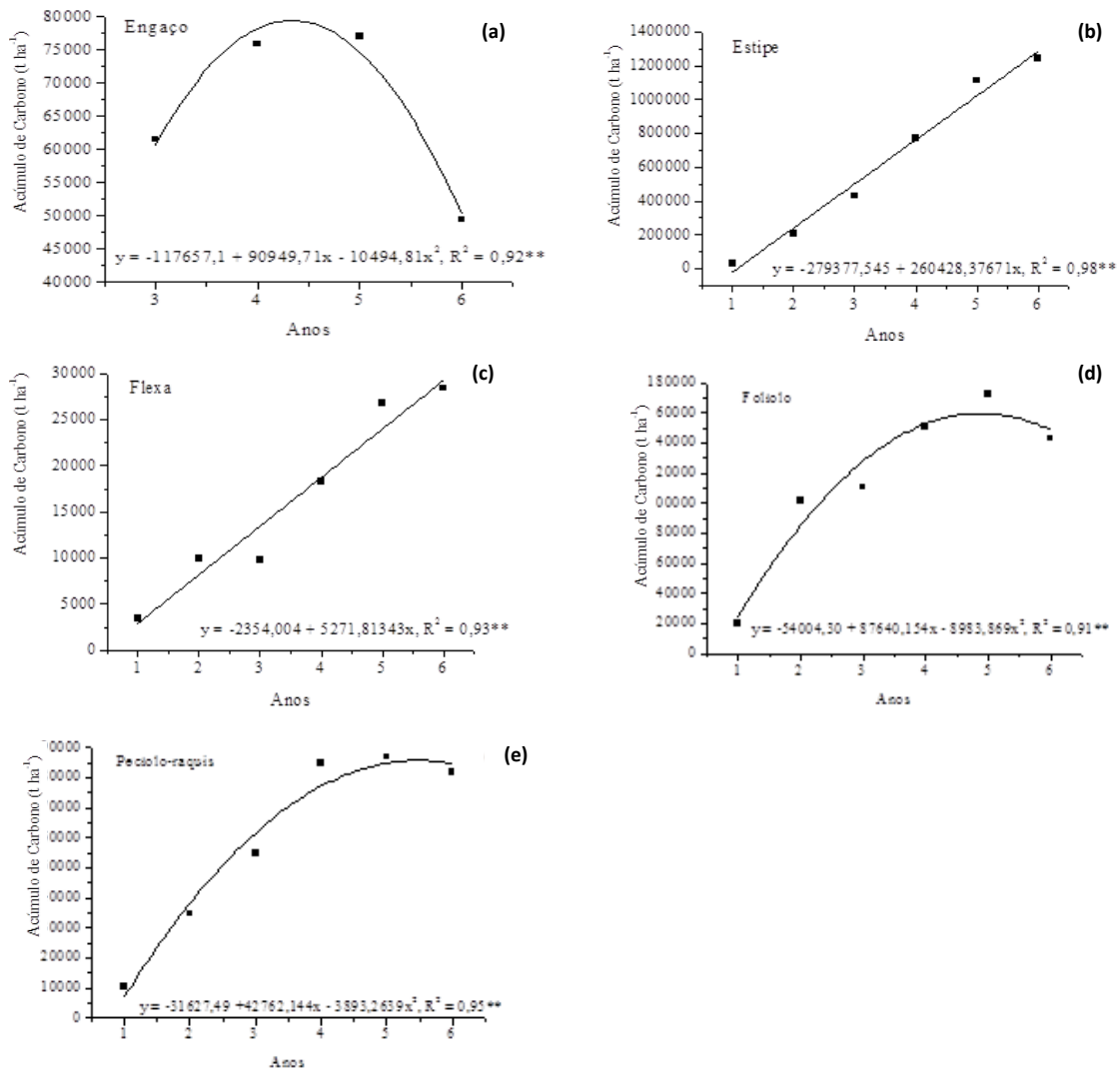


Figura 11. Estoque de carbono (C) da parte aérea, engaço (a), estipe (b), flexa (c), folíolos (d), e pecíolo + ráquis (e), em plantas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em Sistemas Agroflorestais no Município de Tomé-Açu, PA.

Alves (2008) pesquisando a quantificação da produção de biomassa e do teor de carbono fixado por clones de eucalipto, aos sete anos obteve nas folhas estoque de carbono de 2,93 t ha⁻¹. O mesmo autor justifica o decréscimo dos valores acumulados de carbono em alguns órgãos das plantas, se deve pela idade do plantio, pelo espaçamento e práticas agrícolas adotadas. Além disso, durante a queda das folhas, há redução no crescimento do tronco, uma vez que, com a emissão de novos folíolos, os fotoassimilados são direcionados para a formação da área foliar. Assim plantios mais jovens, possuem maior parte do carbono fixado, estocado na copa (galhos e folhas).

1.6.3 Análise econômica

O estoque de carbono e a quantidade de CO₂ acumulado do segundo ao sétimo ano encontram-se na (Tabela 5). Verifica-se que os resultados do primeiro ao sexto ano da pesquisa apontam para um estoque de C de 4,82 t ha⁻¹ e para a quantidade de CO₂ de 17,64 t CO₂ ha⁻¹. Para se atingir o resultado final, até o vigésimo quinto ano de produção, utilizou-se a estimativa do estoque de carbono com base no incremento médio de anos anteriores, projetando até o vigésimo quinto ano. O total de carbono obtido nos seis anos do experimento foi somado aos obtidos do oitavo ao vigésimo quinto ano, obtendo-se assim, uma estimativa para o total de carbono armazenado no açazeiro aos 25 anos de idade (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativa do estoque de carbono e de CO₂ (eq) do açazeiro aos 25 anos de idade.

Compartimento do plantio	Carbono (t/C/ha)	Estoque de CO₂ (eq) (tCO₂/ha)
Açazeiro (1-7 anos)	4,82	17,64
Açazeiro (8-25 anos)	20,08	73,49
Total	24,9	91,13

Os totais estocados de carbono nas diferentes partes da planta de açazeiro (folíolos, flexa, pecíolo + ráquis, estipe, meristema, engaço, fruto) e seus respectivos percentuais encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Estimativa e valores percentuais do estoque de carbono nos compartimentos do açazeiro, aos 7 anos de idade.

Compartimento da árvore	Carbono (kg/C/ha)	Valor percentual (%)
Folíolos	686,5	11,0
Flexa	95,1	1,52
Pecíolo + Ráquis	351,7	5,64
Estipe	3.700,2	59,29
Meristema	695,7	11,15
Engaço	247,6	3,97
Fruto	464,5	7,44
Peso Total	6.241,3	100,00

Assim, os CERs gerados pelo plantio do açazeiro correspondem a $91,13 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1}$, referentes ao carbono estocado na biomassa aérea.

1.6.3.1 Fluxo de caixa do açazeiro sem os CERs

Na análise econômica foram considerados as atividades e os custos por hectare, referentes a um plantio de açazeiro, definido como de baixa tecnologia, com reduzido uso de máquinas, equipamentos e insumos em sua implantação.

As atividades, produção, custo e a receita do plantio do açazeiro sem os CERs podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 6. Custo, receita e produção do plantio de açazeiro sem os CERs.

Ano	Atividades	Custo (R\$/ha)	Produção (rasas/ha)	Receita (R\$/ha)
0	Implantação do açazeiro	2.305,00	-	-
1	Manutenção da produção	915,00	-	-
2	Manutenção da produção	1.055,00	-	-
3	Manutenção da produção	1.070,00	72	2.304,00
4	Manutenção da produção	1.076,00	108	3.456,00
5	Manutenção da produção	1.082,00	151	4.832,00
6	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
7	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
8	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
9	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
10	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
11	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
12	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
13	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
14	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
15	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
16	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
17	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
18	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
19	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
20	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
21	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
22	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
23	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00
24	Manutenção da produção	1.091,00	202	6.464,00

Verificou-se que as variações no fluxo de caixa no decorrer do ciclo de produção foram atribuídas às alterações dos custos e das receitas do plantio. As variações dos custos foram influenciadas principalmente pelas manutenções anuais e pelos custos referentes colheita dos frutos do açazeiro. Já as alterações das receitas foram decorrentes das variações na produção de frutos no decorrer dos anos.

Observa-se, na (Tabela 7), que a produção de açazeiro se manteve constante no decorrer do ano mantendo-se o preço estável até o 25º ano. A produção economicamente viável começa a partir do 4º ano.

Tabela 7. Custo, receita e fluxo de caixa (corrente, atualizado e acumulado) para o plantio de açazeiro sem a inclusão dos CERs.

Ano	Custo Total (R\$/ha)	Receita (R\$/ha)	Fluxo de Caixa		
			Corrente	Atualizado	Acumulado
0	2.305,00	-	-2.305,00	-2.305,00	-2.305,00
1	915,00	-	-915,00	-831,82	-3.136,82
2	1.055,00	-	-1.055,00	-871,90	-4.008,72
3	1.070,00	2.304,00	1.234,00	927,12	-3.081,60
4	1.076,00	3.456,00	2.380,00	1.625,57	-1.456,02
5	1.082,00	4.832,00	3.750,00	2.328,45	872,43
6	1.091,00	6.464,00	5.373,00	3.032,92	3.905,35
7	1.091,00	6.464,00	5.373,00	2.757,20	6.662,55
8	1.091,00	6.464,00	5.373,00	2.506,54	9.169,09
9	1.091,00	6.464,00	5.373,00	2.278,68	11.447,77
10	1.091,00	6.464,00	5.373,00	2.071,52	13.519,29
11	1.091,00	6.464,00	5.373,00	1.883,20	15.402,50
12	1.091,00	6.464,00	5.373,00	1.712,00	17.114,50
13	1.091,00	6.464,00	5.373,00	1.556,37	18.670,87
14	1.091,00	6.464,00	5.373,00	1.414,88	20.085,74
15	1.091,00	6.464,00	5.373,00	1.286,25	21.372,00
16	1.091,00	6.464,00	5.373,00	1.169,32	22.541,32
17	1.091,00	6.464,00	5.373,00	1.063,02	23.604,34
18	1.091,00	6.464,00	5.373,00	966,38	24.570,72
19	1.091,00	6.464,00	5.373,00	878,53	25.449,25
20	1.091,00	6.464,00	5.373,00	798,66	26.247,91
21	1.091,00	6.464,00	5.373,00	726,06	26.973,97
22	1.091,00	6.464,00	5.373,00	660,05	27.634,02
23	1.091,00	6.464,00	5.373,00	600,05	28.234,07
24	1.091,00	6.464,00	5.373,00	545,50	28.779,56

Analisando o fluxo de caixa corrente no plantio do açazeiro sem a inclusão dos CERs, verificou-se que este se apresentou negativo até o 3º ano, quando se iniciou a comercialização dos frutos, passando a ser positivo a partir do 4º ano, com a inclusão das receitas, este saldo negativo, se deve que nos primeiros anos é justificado pelo fato do plantio ainda não apresentar receitas e pelo incremento dos custos com a implantação da cultura.

O comportamento observado neste fluxo de caixa não difere daqueles geralmente encontrados na maioria dos projetos florestais. Altos custos iniciais e receitas em longo prazo são características que muitas vezes tornam os projetos dessa natureza pouco atrativos.

Acredita-se que, com a entrada em vigor do Protocolo de Kyoto e com a regulamentação do mercado de créditos de carbono, os custos de transação de um projeto de MDL assumirão valores mais baixos, e os preços dos CERs, valores mais altos. Desse modo, projetos com capacidade de gerar menor quantidade de CERs poderão se tornar mais viáveis economicamente.

1.6.3.2 Análise da viabilidade econômica pelos critérios VPL, TIR e VAE

Utilizando taxa anual de desconto de 10% para o período de 25 anos, observou-se que o projeto apresentou-se economicamente viável com e sem os créditos de carbono, de acordo com os três critérios analisados (Tabela 8).

Tabela 8. Viabilidade econômica pelos critérios VPL, TIR e VAE em R\$/ha para o plantio de açazeiro sem e com os CERs, utilizando taxa de desconto de 10% a.a. e horizonte de planejamento de 25 anos.

Cenários (R\$/ha)	VPL (R\$/ha)	TIR (%)	VAE (R\$/ha)
Sem os CERs	28.779,56	44,65	3.170,59
Com os CERs	31.657,52	49,11	3.487,65

VPL = Valor Presente Líquido; TIR = Taxa Interna de Retorno; VAE = Valor Anual Equivalente.

Os valores encontrados para os VPLs demonstraram que o plantio do açazeiro proporcionou um lucro de R\$ 28.779,56/ha e R\$ 31.657,52/ha sem e com os créditos de carbono, respectivamente. Assim, pode-se inferir que a inclusão de receitas oriundas dos

créditos de carbono é uma alternativa capaz de aumentar a viabilidade da cultura e de atuar como um atrativo ao investimento em projetos dessa natureza.

Conforme comentado anteriormente, é esperado que após a consolidação do mercado de créditos de carbono, prevista pelo Protocolo de Kyoto, o preço dos CERs aumente e que o custo do projeto para geração destes diminua. Isso, conseqüentemente, viabilizará ainda mais os projetos de créditos de carbono.

Utilizando o critério TIR, verificou-se que para o cenário sem a inclusão dos CERs a TIR foi de 44,65%, podendo ser considerada uma rentabilidade boa. Porém, as altas taxas de juros no Brasil e a propensão aos riscos que os projetos florestais apresentam (ataque por doenças, pragas, fogo, etc.) são fatores que diminuem a sua atratividade, mesmo que tais projetos se apresentem viáveis. O aumento da TIR para 49,11% quando considerados os CERs indicou que os créditos de carbono proporcionaram uma ótima rentabilidade ao capital, podendo ser considerado um atrativo ao investimento em projetos florestais.

A TIR dos 25 anos com a venda dos CERs foi superior à TIR de 12,48% encontrada por Kreuz e Baú (2001), na análise de rentabilidade do cultivo de Pinus (*Pinus taeda*), porém bem próximo e ainda superior àquela de 23,58% do estudo de Souza, Kreuz e Motta (2004) mesmo com a valorização do carbono estocado.

Os valores encontrados para o VAE demonstraram que o projeto sem os CERs apresentou uma receita líquida anual de R\$ 3.170,59/ha; e com a inclusão dos CERs, a renda anual subiu para R\$ 3.487,65. Com base nesses valores pode-se inferir que mesmo sem a inclusão dos CERs a rentabilidade anual do plantio é boa, principalmente por se tratar de uma atividade que pode ser praticada por pequenos e grandes produtores.

Além disso, é uma atividade em que o pequeno produtor pode contar com a mão de obra familiar e, ainda, conciliar com outras atividades em sua propriedade, assim como, de utilizar a mesma área para o cultivo de culturas de subsistência.

Segundo os critérios do VPL e VAE o projeto foi considerado economicamente viável, pois o VPL e VAE foram maiores do que zero. A TIR apresentou um valor maior do que a taxa mínima de atratividade, que no caso do presente trabalho foi de 10% a.a., o que torna o projeto mais seguro e viável para o investidor. Se a situação no presente cenário fosse ao contrário, seria considerado de maior risco, o que é a mais comum nos atuais projetos de MDL no mercado. Ao invés de se receber os créditos de carbono à medida que são gerados, decide-se por fazer uma venda antecipada dos mesmos, com o risco ficando por conta do investidor ou comprador.

À medida que os anos se sucederam, ocorreu incremento no estoque de carbono dos órgãos, nos quais sofreram variações nos valores, no qual fora verificado e comentado anteriormente.

Caldeira et al. (2003) trabalhando com *Acacia mearnsii* aos quatro anos de idade chegaram a resultados de percentagem de carbono por hectare no caule de 70% e no sexto ano de 71%. Quando se relaciona os resultados obtidos com esta pesquisa, em que no quarto ano essa percentagem foi de 17,77% e 16,71% no sexto ano, portanto, com menores valores o que pode ser explicado com o fato do açazeiro investir mais na produção de ramos e folhas visando mais produção de frutos e menos investimentos no caule.

Teixeira, Bastos e Oliveira et al. (1994) em consórcio com seringueira x cacau, com 15 anos de idade, obtiveram o estoque de carbono estimado na copa (ramos e folhas) 66% na cultura do cacau. Essa diferença pode ser justificada devido a fatores como idade, metodologia utilizada e densidade dos indivíduos.

Ciesla (1995), afirma que a proporção do carbono absorvido pela floresta está relacionada ao crescimento e à idade. As florestas removem carbono da atmosfera em maiores proporções quando jovens e em fase de crescimento; à medida que a floresta vai atingido a maturidade e o crescimento se estabiliza, a absorção do carbono é reduzida.

1.6.4 Análise bioquímica

Os valores das variáveis bioquímicas (amido, sacarose, proteínas solúveis totais, açúcares solúveis totais, amônio livre, prolina e aminoácidos solúveis totais) apresentaram resultados significativos para a idade e órgãos de plantas de açazeiro (Tabela 9).

Tabela 9. Resumo das análises de variâncias dos efeitos da idade e dos órgãos, na produção amido (A), sacarose (S), proteínas solúveis totais (PST), açúcares solúveis totais (AST), amônio livre (AL), prolina (P) e aminoácidos solúveis totais (AAST) em açazeiro, na idade de 2 aos 7 anos.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	A	S	PST	AST	AL	P	AAST
Idade	5	**	**	**	**	**	**	**
Órgão	6	**	**	**	**	**	**	**
Idade x Órgão	30	**	**	**	**	**	**	**
CV(%)		21,81	7,36	11,73	20,82	11,48	21,35	11,46

F.V. - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; A – amido; S – sacarose; PST - proteínas solúveis totais; AST - açúcares solúveis totais; AL – amônio livre; P – prolina; AAST - aminoácidos solúveis totais; CV - Coeficiente de variação a 5 % de probabilidade; ** altamente significativo; * significativo; e NS - não significativo.

1.6.4.1 Amido (A)

Verificou-se valores significativos entre idade e órgãos para a variável bioquímica amido, onde o engaço apresentou crescimento polinomial crescente, para o estipe um decrescimento linear e os frutos apresentaram efeito de crescimento até o 6º ano tendenciando a uma estabilidade do 7º ano em diante, como pode ser visualizado na Figura 12.

A variação da concentração de amido entre o 2º ao 7º ano foram de 0 a 0,24 mmol GLU/g de resíduo para o engaço; 0,33 a 0,05 mmol GLU/g de resíduo para o estipe; e 0 a 0,35 mmol GLU/g de resíduo para os frutos.

A redução das concentrações de amido, do estipe ao longo dos anos, está provavelmente relacionada com a degradação do amido através das enzimas α e β -amilase, formando novos açúcares como a sacarose.

Entende-se com isso que as concentrações de amido decrescem no estipe, assim carboidratos são translocados para órgãos em formação e produção, como o engaço e frutos.

Segundo Buckeridge et al. (2004), o amido é sintetizado nas folhas durante o dia, a partir da fixação fotossintética de carbono, e mobilizado para os outros tecidos, seja de crescimento ou de reserva. O amido é hidrolisado nos tecidos que o acumulam. Portanto, a redução da quantidade de amido é uma consequência da atividade da amilase que o degrada, sendo acompanhado por aumento da quantidade de açúcares solúveis. Esses resultados concordam com aqueles verificados por Machado, Müller e Barreto et al. (1989), que

obtiveram menores teores de amido, quando comparados com os teores de açúcares solúveis totais em folhas de *Theobroma cacao*.

Chitarra e Chitarra (1990), através de pesquisas afirmam que o amido é o material de reserva energética nos vegetais.

Comparações com o jatobá do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*) mostraram que as folhas aumentam ainda mais os teores de amido em relação às de jatobá da mata. Isto, além de confirmar a hipótese de que o fluxo de carbono é maior quando a planta cresce em CO₂ elevado, também pode ter efeitos negativos sobre a planta, como o “sombreamento” dos cloroplastos causado pela grande quantidade de amido (COSTA, 2004).

Estudos realizados por Grisi (2006) também evidenciaram variações nos teores de amido o qual se mostraram responsivas ao déficit, uma vez que decréscimos na sua concentração ocorreram aos quatro e seis dias após a supressão da água para as mudas de café Siriema e Catuaí, respectivamente.

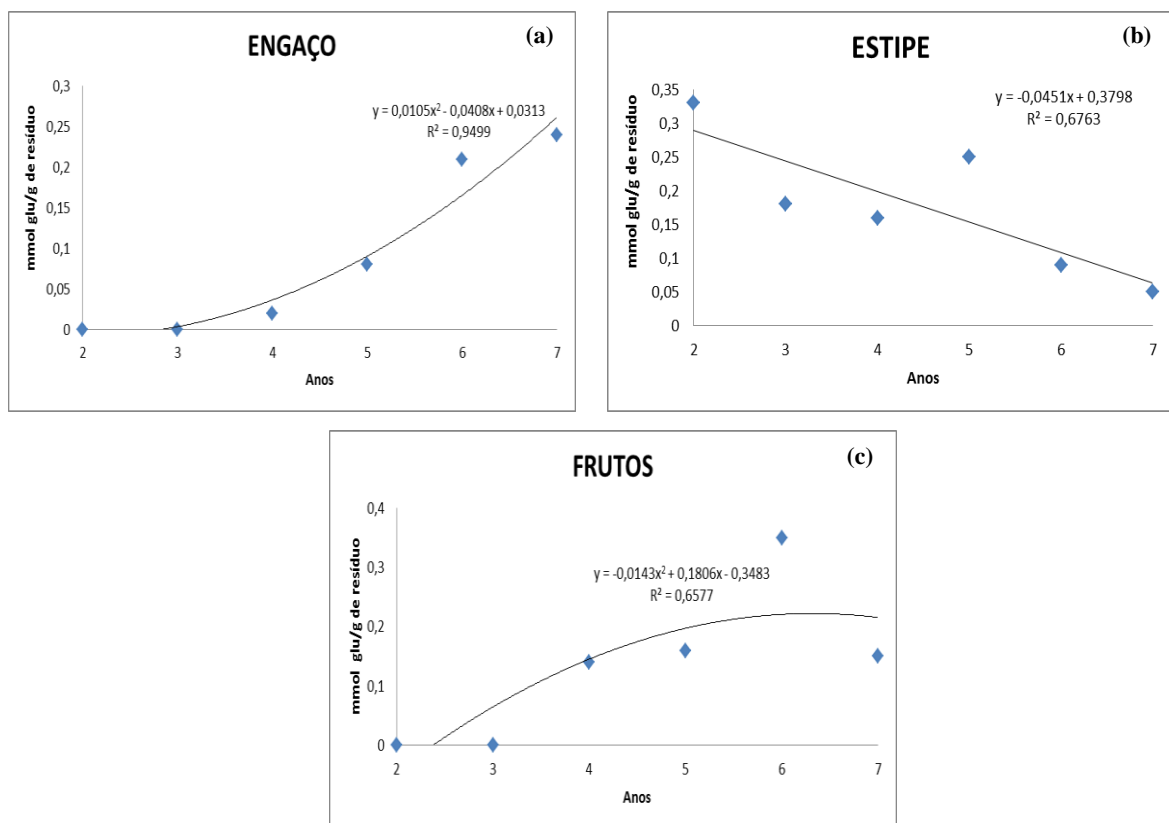


Figura 12. Concentração de amido (A) no engaço (a), estipe (b), frutos (c), em plantas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé-Açu, PA.

1.6.4.2 Sacarose (S)

A variável bioquímica sacarose apresentou valores significativos para idade e órgãos, onde os órgãos engajo, frutos e pecíolo + ráquis apresentaram crescimento polinomial, entre o 2º ao 7º de idade, como pode ser visualizado na Figura 13.

A variação da concentração de sacarose entre o 2º ao 7º ano foram de 0 a 151,67 mg/gMS para o engajo; 0 a 1890,36 mg/gMS para os frutos; e 84,26 a 249,98 mg/gMS para o pecíolo+ráquis.

O aumento das concentrações de sacarose está ligada, provavelmente, à diminuição fotossintética e da quebra de amido através da enzima α e β -amilase em açúcares. Esses açúcares podem ser quebrados e então transportados para os diversos drenos, na forma de sacarose (OLIVEIRA NETO, 2010).

Na maioria das plantas, a sacarose é o principal açúcar exportado dos locais de síntese (folhas) para as regiões de consumo (caule, gemas vegetativas, raízes e órgãos reprodutivos) onde será utilizada para o crescimento e/ou armazenamento. As hexoses liberadas a partir da hidrólise de sacarose podem ser utilizadas em processos anabólicos ou catabólicos e também ao fornecimento de açúcares redutores, sendo muito utilizado para o processo de ajustamento osmótico (KINGSTON-SMITH et al., 1999).

Weidlich, Pescador e Uhlmann et al. (2010), estudando alocação dos teores de açúcares solúveis totais e de reserva (amido) em plantas de *S. parahyba*, observaram que o a concentração de sacarose apresentou resultado semelhante ao deste estudo, ou seja, houve um aumento gradativo da concentração de sacarose a partir do desenvolvimento da cultura.

Resultado semelhante obtiveram Paula et al. (2003), que realizaram avaliações biofísicas e bioquímicas em plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) sob dois períodos, seco e chuvoso) e observaram um aumento no teor de sacarose no período seco, provavelmente estando relacionado com o ajuste osmótico que deve ser mantido durante a seca.

Segundo Kerbauy (2004) ocorre um aumento da atividade da sacarose-fosfato sintase e da síntese de sacarose nos tecidos foliares em resposta à seca.

As partes das plântulas que estão em crescimento possuem altos teores de açúcares solúveis totais, pois a planta precisa desses compostos de carbono para desenvolver suas estruturas e desenvolver as plântulas. Por *S. parahyba* ser espécie pioneira, suas plântulas precisam de rápido desenvolvimento, para tanto alocam açúcares solúveis em maiores concentrações durante essa fase (WEIDLICH; PESCADOR; UHLMANN, 2010).

Tem sido observada, em diversos estudos, uma forte correlação entre o aumento na atividade das enzimas responsáveis pela hidrólise do amido e o acúmulo de açúcares em plantas submetidas à baixa disponibilidade de água. Quando polissacarídeos de reserva são mobilizados, o produto da hidrólise, frequentemente, é a sacarose, principal açúcar de transporte em plantas. Para que órgãos em crescimento (drenos) possam metabolizar essa sacarose, se torna necessária sua degradação (MARTIM, 2003).

Ao entrar pelos estômatos, o carbono é fixado em sacarose no citoplasma celular ou amido nos cloroplastos. A sacarose pode ser transportada para tecidos drenos, os quais irão utilizar os açúcares para diversos fins, como processos respiratórios ligados à manutenção da planta, produção de compostos secundários responsáveis pelos sistemas de defesa e sinalização internos (hormônios) na planta, além da síntese de compostos da parede celular (pectinas, hemicelulose e celulose) que irão compor os novos tecidos em desenvolvimento (BUCKERIDGE et al., 2007).

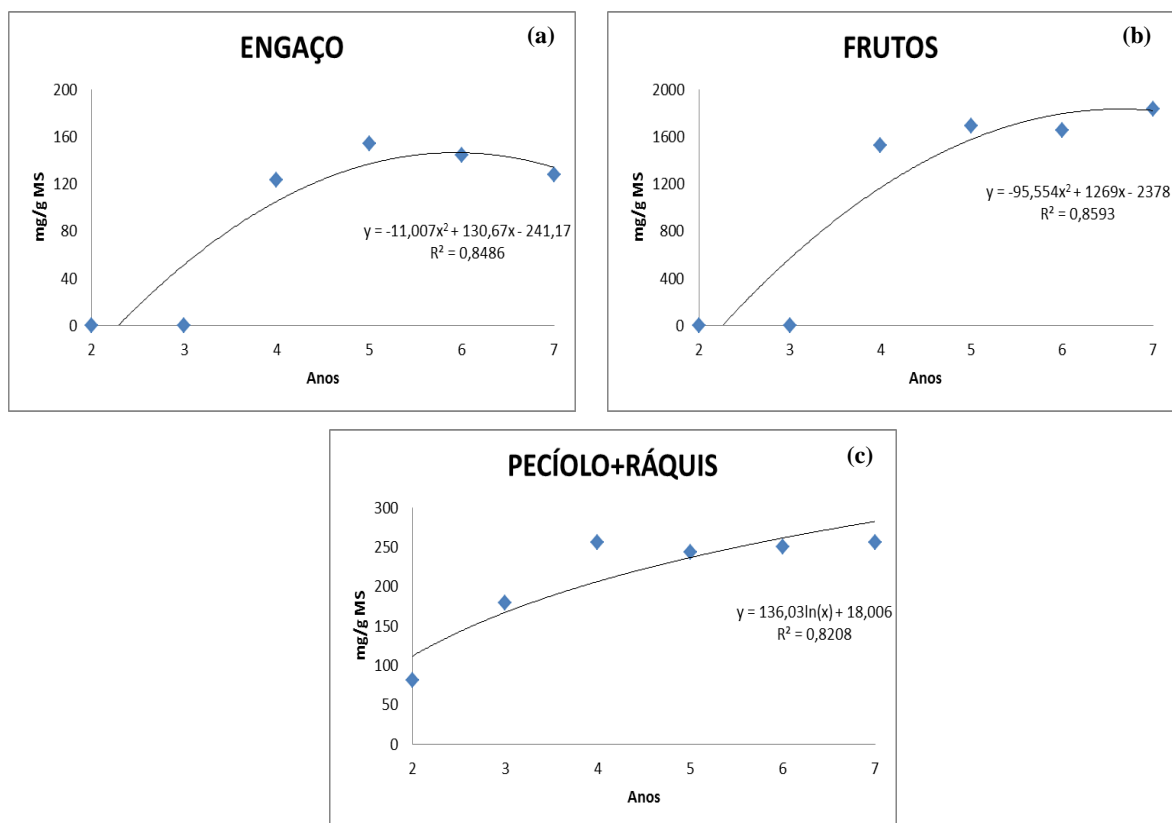


Figura 13. Concentração de sacarose (S) no engaço (a), frutos (b), pecíolo + ráquis (c), em plantas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé-Açu, PA.

1.6.4.3 Proteínas solúveis totais (PST)

Valores significativos para idade e órgãos foram observados para proteínas solúveis totais, onde os órgãos engajo e folíolos apresentaram uma curva polinomial crescente, o estipe um decrescimento em seus valores, e os frutos um crescimento linear, entre o 2º ao 7º de idade (Figura 14).

Os teores de PST apresentaram variações entre o 2º ao 7º ano de: 0 a 4,73 mg/g de MS para o engajo; 2,33 a 5,15 mg/g de MS para o estipe; 3,77 a 6,42 mg/g de MS para os folíolos; e 0 a 15,81 mg/g de MS para os frutos.

O estresse hídrico induzido com diminuição do teor de proteína solúveis totais, também tem sido encontrado em plantas de *Carthamus mareoticus* por Abdel-Nasser e Abdel (2002) em folhas de duas variedades de milho, na qual a diminuição na concentração de proteínas foi maior na cultivar 704 que na cultivar 301 (MOHAMMADKHANI; HEIDARI, 2008).

Esse resultado deve-se provavelmente ao aumento das enzimas proteolíticas que degradam proteínas em aminoácidos, envolvidos no ajustamento osmótico. A proteólise é uma atividade celular importante para manter a homeostase das proteínas. A proteólise aumentada em resposta ao estresse é observada frequentemente (RAMANJULU; SUDHAKAR, 1997; DE WALD et al., 2001) e interpretada como uma forma de eliminar proteínas danificadas provocadas pelo estresse (DAVIS; VIERSTRA, 1996).

A diminuição do teor de proteínas no estipe pode estar ligada à quebra desta proteína em aminoácidos que vão ser transportados para o seu dreno preferencial (frutos), haja vista que nesta fase (produção de frutos), os folíolos vão ter função de exportadores (fonte) de compostos nitrogenados e fotoassimilados produzidos pela fotossíntese (YORDANOV, et al. 2000).

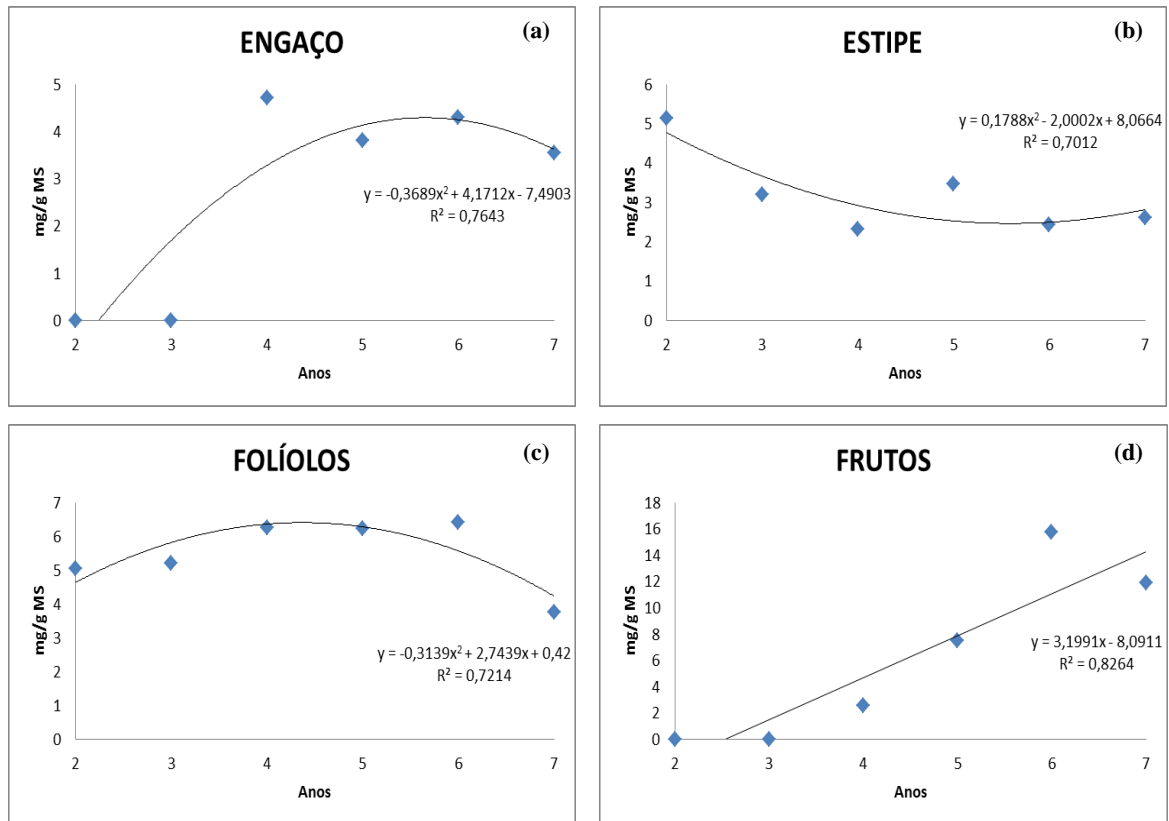


Figura 14. Concentração de proteínas solúveis totais (PST) no engaço (a), estipe (b), folíolos (c), e frutos (d) em plantas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé-Açu, PA.

1.6.4.4 Açúcares solúveis totais (AST)

Verificou-se valores significativos entre idade e órgãos. O engaço apresentou crescimento polinomial crescente até o 5º ano, decréscimo em seguida, para o estipe e pecíolo + ráquis verifica-se um decréscimo nos valores de teores, e para os frutos os valores dos teores de açúcares solúveis totais apresentaram valores crescentes, como podem ser visualizados na Figura 15.

Apesar da pesquisa ter sido realizada no período de deficiência hídrica, observamos o aumento dos açúcares totais em algumas órgãos da planta, pondendo está relacionado com o processo de ajustamento fisiológico no metabolismo das plantas, sendo assim, reduzindo seus potenciais osmóticos no sentido de manter a planta hidratada, e conseqüentemente, redartar a desidratação dos seus tecidos, estes aumentos podem estar relacionados com a ocorrência da

diminuição do conteúdo de amido na célula, reduzindo a síntese de sacarose para exportação, possibilitando aumentos nos teores de açúcares solúveis totais.

Resultados semelhantes a esta pesquisa foram encontrados por Oliveira et al. (2005), trabalhando com quatro leguminosas arbóreas submetidas à deficiência hídrica, em que houve um incremento nas concentrações de açúcares solúveis totais.

Chaves Filho e Stacciarini-Seraphin (2001) estudando os teores de açúcares solúveis totais e redutores em folhas e raízes de *S. lycocarpum*, observaram que os níveis desses compostos aumentaram significativamente em resposta ao tratamento de estresse hídrico. Resultados semelhantes foram encontrados por Marur (1998) em plantas de *Gossypium hirsutum* L. sob condições de estresse hídrico.

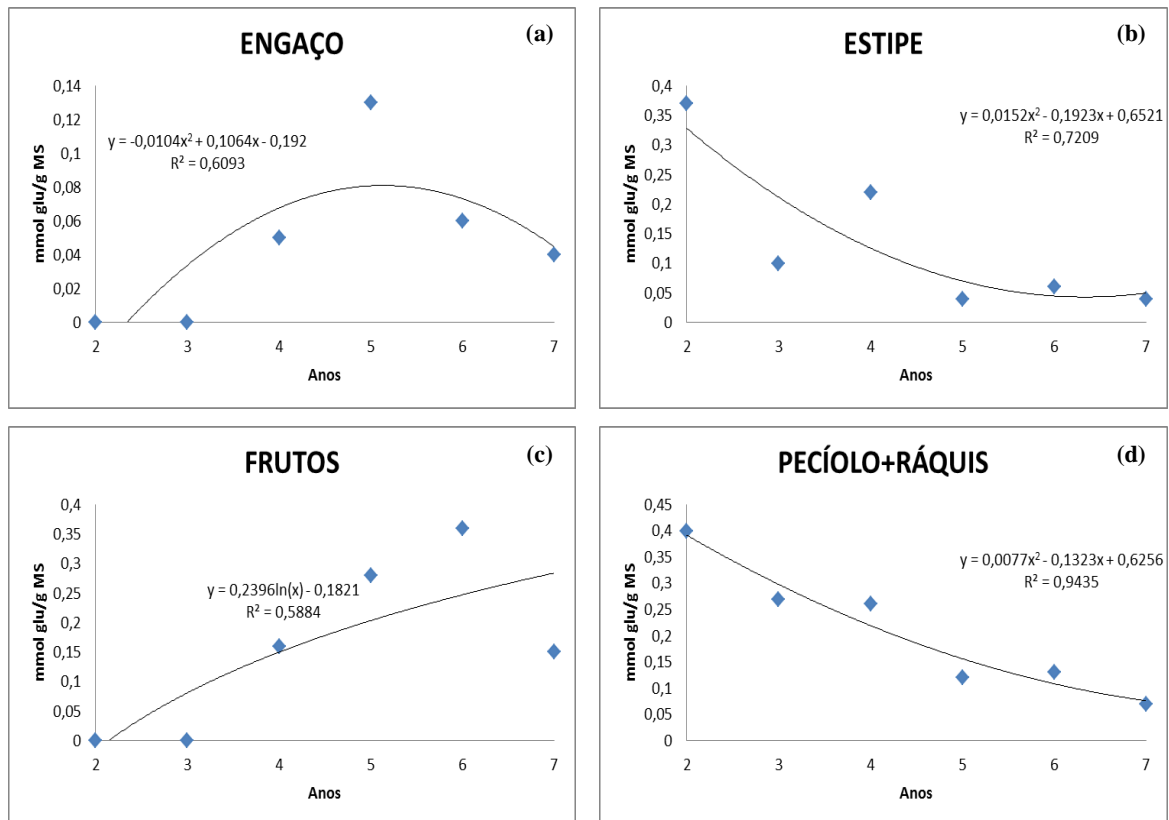


Figura 15. Concentração de açúcares solúveis totais (AST) no engaço (a), estipe (b), frutos (c), e pecíolo + ráquis (d) em plantas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé-Açu, PA.

1.6.4.5 Amônio livre (AL)

Verificou-se valores significativos entre idade e órgãos, no qual os órgãos engajo, estipe e frutos apresentaram valores de teores crescentes a partir do 2º ano de idade, já os folíolos apresentaram crescimento até o 5º ano, e decréscimo em seguida (Figura 16).

Os teores de AL apresentaram variações entre o 2º ao 7º ano de: 0 a 40,96 mmol/kg MS para o engajo; 5,00 a 20,37 mmol/kg MS para o estipe; 10,17 a 15,09 mmol/kg MS para os folíolos; e 0 a 7,93 mmol/kg MS para os frutos.

Oliveira Neto (2010), estudando as alterações bioquímicas em plantas de jatobá, sob o efeito de déficit hídrico, obtiveram valores de AL para folhas de 21 mmol/kg MS, valores estes acima ao verificado nesta pesquisa, e plantas sob o efeito do alagamento, de 16 mmol/kg MS. Assim concluí-se que a deficiência hídrica sob estas plantas, induz outras rotas para formação do amônio livre no meio celular, promovendo um acúmulo de amônio através de um descompasso entre sua produção (desaminação, fotorrespiração, catabolismo de aminoácidos) e redução da atividade da enzima glutamina sintetase, responsável pela redução de amônio em glutamina. Ademais a falta de água promove uma diminuição da fonte de nitrogênio pelas raízes como o nitrato e amônio, e a redução da atividade da RN na raízes e folhas.

Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira Neto (2008), em plantas de sorgo, os quais observaram altas concentrações de amônio livre.

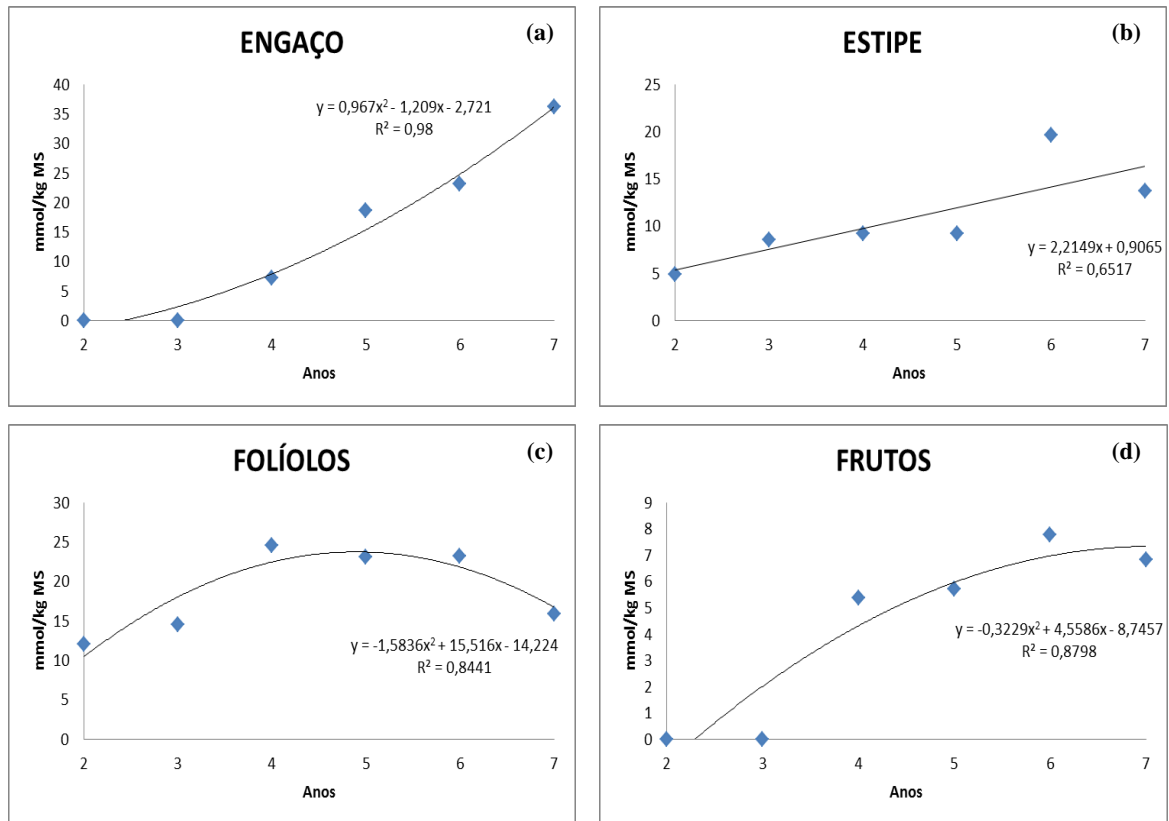


Figura 16. Concentração de amônio livre (AL) no engaço (a), estipe (b), folíolos (c), e frutos (d) em plantas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé-Açu, PA.

1.6.4.6 Prolina (P)

Valores significativos para idade e órgãos foram observados na Figura 17, para a variável bioquímica prolina, onde os órgãos engaço, frutos e pecíolo+ráquis apresentaram um crescimento linear em seus teores, a flexa apresentou um decréscimo em seus valores, entre o 2º ao 7º de idade.

Resultados semelhantes foram observados por Cordeiro et al. (2009), Oliveira Neto (2008) e Carvalho (2005) em plantas de mogno, paricá e sorgo, respectivamente, submetidas ao déficit hídrico, os quais observaram um aumento nos teores de prolina com a diminuição de água no tecido foliar das plantas.

Percebe-se que os teores de prolina reduzem na flexa, com a passar dos anos, no qual pode ser pela mobilização dos fotoassimilados e compostos nitrogenados, aumentando com isso, o teor nos demais órgãos (engaço, frutos e pecíolo+ráquis), como afirma Carceller,

Prystupa e Lemcoff (1999). A rota metabólica pela síntese de prolina mais expressiva tem o início no aminoácido glutamato, o qual pode ser produzido por hidrólise de proteínas, por reações de transaminações ou reações catalisadas pelo ciclo GS/GOGAT (VALPUESTA; BERTELI; PÉREZ-PRAT, 1992).

Além disso, as plantas sob deficiência hídrica, como no caso desta pesquisa, o aumento dos teores de prolina pode está relacionado ao aumento da atividade das enzimas proteolíticas promovendo uma disponibilidade maior de aminoácidos livres como a prolina, no sentido de proteger os tecidos vegetais contra esse estresse por servirem como reserva de nitrogênio, osmo-soluto e protetor hidrofóbico de enzimas e estruturas celulares (MADAN et al., 1995).

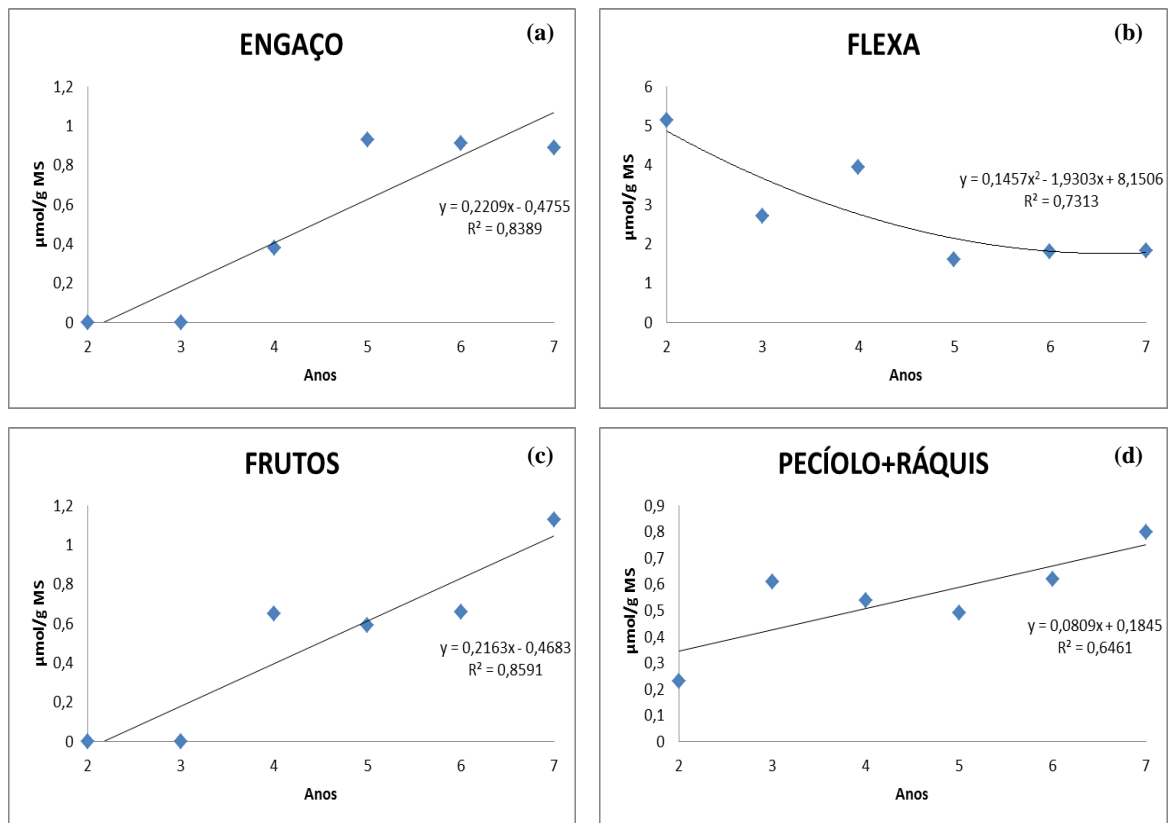


Figura 17. Concentração de prolina (P) no engaçó (a), flexa (b), frutos(c), e pecíolo+ráquis (d) em plantas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé-Açu, PA.

1.6.4.7 Aminoácidos solúveis totais (AAST)

Os aminoácidos solúveis totais apresentaram valores significativos para idade e órgãos, onde os órgãos flexa, folíolos, frutos mostram crescimento em seus teores, já o estipe, meristema e pecíolo+ráquis, houve aumento em seus teores até o 4^a ano de idade, seguido de decrescimento, entre o 2^o ao 7^o de idade, como pode ser visualizado na Figura 18.

Nath, Kumari e Sharma (2005) e Carvalho (2005) observaram aumentos significativos nos teores de aminoácidos em plantas de sorgo, pimenta e paricá, respectivamente, sob déficit de água. Segundo Correa, Ranzini e Ferreira (1987), a prolina parece ser o aminoácido com maior contribuição para o aumento de aminoácidos em plantas de seringueira sob déficit hídrico.

Os órgãos que apresentaram aumento dos teores de aminoácidos podem se explicado provavelmente a alta atividade do metabolismo do nitrogênio (COSTA, 1999). Este fato se deve, provavelmente, ao aumento da atividade de enzimas proteases, que quebram as proteínas de reservas em plantas expostas a períodos longos de déficit hídrico, aumentando com isso o teor de aminoácidos solúveis totais das mesmas, no intuito de se ajustar osmoticamente ao meio estressante (KERBAUY, 2004), ou seja, essa degradação favorece o acúmulo de aminoácidos, devido à restrição da síntese de proteínas, bem como aos distúrbios provocados pela deficiência hídrica nos tecidos do floema, reduzindo a translocação para outros órgãos (OLIVEIRA et al., 2005).

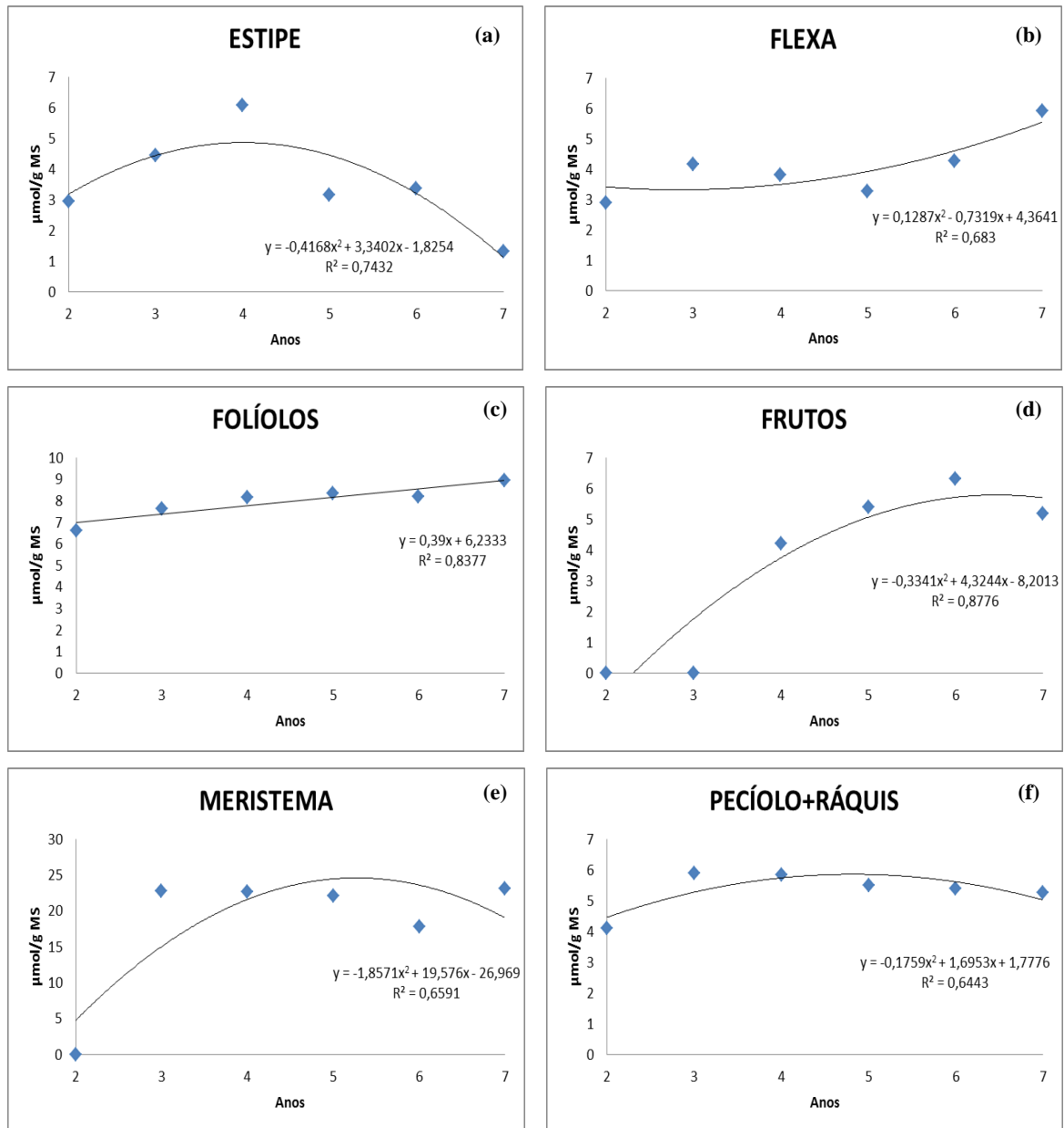


Figura 18. Concentração de aminoácidos solúveis totais (AAST) no estipe (a), flexa (b), folíolos(c), frutos (d), meristema (e), e pecíolo+ráquis (f) em plantas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na idade de 2 aos 7 anos, estabelecidos em SAF's no Município de Tomé-Açu, PA.

1.7 CONCLUSÕES

- ✓ O teor e o estoque de carbono na biomassa aérea credencia o plantio de açazeiro como uma atividade promissora na geração de CERs;
- ✓ As concentrações de amido, sacarose, proteínas solúveis totais, açúcares solúveis totais, amônio livre, prolina e aminoácidos solúveis totais aumentaram, na maioria dos órgãos do açazeiro em função da idade e da composição dos SAF's;
- ✓ O plantio de açazeiro é uma opção de projeto de MDL, ou seja, é uma atividade promissora no estoque de carbono, com potencial de aprovação pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, na modalidade de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, proposta no Protocolo de Kyoto, já que o mesmo está presente em quase toda a região Amazônica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-NASSER L.E, ABDEL-A.A.L. Effect of elevated CO₂ and drought on proline metabolism and growth of safflower (*Carthamus mareoticus* L.) seedlings without improving water status. *Pakist J Biol Sci* 5:523–528, 2002.

AIDAR, M. P. M.; MARTINEZ, C. A.; COSTA, A. C.; COSTA, P. M. F.; DIETRICH, S. M. C.; BUCKERIDGE, M. S. Effect of atmospheric CO₂ enrichment on the establishment of seedlings of jatobá (*Hymenaea courbaril* L. – Leguminosae - Caesalpinioideae). *Biota Neotropica*, 2002.2(1): Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v2n1/en/abstract?article+BN01602012002>.

ALBRECHT, A.; KANDJI, S.T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 99: 15–27. 2003.

ALVES, R. M.; RESENDE M. D. V. Avaliação genética de indivíduos e progênes de cupuaçuzeiro no estado do Pará e estimativas de parâmetros genéticos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, n. 3, p. 696-701, 2008.

BARAL, A.; GUHA, G. S. Trees for carbon sequestration or fossil fuel substitution: the issue of cost vs. carbon benefit. *Biomass & bioenergy*, p. 41-45, 2004.

BARRETO, A. G. T; COSTA, R. C. L; CRUZ, F. J.R; CAMARGO, P. M. P; LUZ, L. M. *Respostas bioquímicas e fisiológicas em plantas de sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench] submetidas ao alagamento*. VI Seminário de Iniciação Científica da UFRA e XII Seminário de Iniciação Científica da EMBRAPA Amazônia Oriental/2008.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water- stress studies, *Plant and Soil*, v, 39. P. 205-207. 1973.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. *Métodos de avaliação química em plantas*. Recife: UFRPE, 2004. 149p.

BOINA, A. *Quantificação de estoques de biomassa e de carbono em floresta estacional decidual, Vale do Rio Doce, Minas Gerais*. 2008. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BOLFE, É. L.; FERREIRA, M. C.; BATISTELLA, M. Biomassa epígea e estoque de carbono de agroflorestas em Tomé-Açu, PA. *Revista Brasileira de Agroecologia*. v. 4, n. 2, 2009.

BOSCOLO, M.; BUONGIORNO, J. Managing a tropical rainforest for timber, carbon storage and tree diversity. *Commonwealth Forestry Review*, Oxford, v. 76, n. 4, p. 246-254. 1997.

BOTKIN, D. B.; LELLER, E. A. *Earth as Living Planet*. New York. Environmental Science. 1998.

BRADFORD, M. M. A. Rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Anal, Biochem*, V, 72: 248-254. 1976.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Critérios de elegibilidade e indicadores de sustentabilidade para avaliação de projetos que contribuam para a mitigação das mudanças climáticas e para a promoção do desenvolvimento sustentável*. Brasília, 42 p. 2002.

BROWN, S.; LUGO, A. E.; CHAPMAN, J. Biomass of tropical tree plantations and its implication for the global carbon budget. *Canadian Journal of Forest Research*, v.13, p.390-394, 1986.

BUARQUE. C. *Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática*. Rio de Janeiro: Campus, 266 p. 1991.

BUCKERIDGE, M. S. et al. *Mobilização de reservas*. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, 2004. 324 p.

BUCKERIDGE, M. S.; MORTARI, L. C.; MACHADO, M. R. Respostas fisiológicas de plantas às mudanças climáticas: alterações no balanço de carbono nas plantas podem afetar o ecossistema?. IN: REGO, G. M.; NEGRELLE. R. R. B; MORELLATO, L. P. C. *Fenologia -*

Ferramenta para conservação e manejo de recursos vegetais arbóreos (Editores Técnicos). - Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2007 (prelo).

CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Determinação de carbono orgânico em povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild. plantados no Rio Grande do Sul. *Revista Ciências Agrárias e Ambientais*, v.1, n.2, p.47-54, 2003.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMAKER, M. V.; NETO, R. M. R.; WATZLAWICK, L. F.; SANTOS, E. M.. Quantificação da biomassa acima do solo de *Acácia mearnsii* De Wild., procedência Batemans Bay - Austrália. *Ciência Florestal*, 11 (2): 79-91. 2001.

CAMPOS, C. P. *A conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o mecanismo de desenvolvimento limpo do Protocolo de Quioto*. 2001. 169f. Dissertação (Mestrado Planejamento Energético) – COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CARCELLER, M.; PRYSTUPA, P.; LEMCOFF, J. H. Remobilization of proline and other nitrogen compounds from senescing leaves of maize under water stress. *J. Agron. & Crop Sci.*, 183:61-66. 1999.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v.25, n.1, p.183-188, 1995.

CARVALHO, W.R. *Estoque de carbono e fracionamento físico da matéria orgânica do solo de cultivo de palma de óleo em sistemas agroflorestais na Amazônia Oriental*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará. 75 p. 2011.

CARVALHO, C. J. R. Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* (*S. parahyba* var. *amazonicum*) e *Schizolobium parahyba* (*Schizolobium parahybum*) à deficiência hídrica, *Revista Árvore* v, 29, p, 907-914, 2005.

CASTRO, C. R. T.; LEITE, H. G.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris: potencialidades e entraves. *Revista Árvore*, Viçosa, v.20, n.4, p.575-582, 1996.

CHANG, M. Y. *Sequestro florestal do carbono no Brasil: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas*. Curitiba, 2004. 276 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiental e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

CHAVES FILHO, J. T.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, V.24, n.2, p.199-204, jun. 2001.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: ESAL/FAEPE, 293 p. 1990.

CIESLA, W.M. *Climate change and forest management: an overview*. Rome: FAO, 1995. 128p. (Forestry Paper 126).

CORDEIRO, Y. E. M.; PINHEIRO, H.A.; SANTOS FILHO, B.G.; CORRÊA, S.S.; DIAS-FILHO, M. B. Physiological and morphological responses of young mahogany (*Swietenia macrophylla* King) plants to drought. *Forest Ecology and Management* 258 (2009) 1449–1455.

CORREA, A. F. F.; RANZINI, G.; FERREIRA, L. G. R. Relações entre o déficit hídrico e alguns processos fisiológicos e bioquímicos em quatro clones de seringueira, *Acta Amazônica*, Manaus, 16/17 (único): 3-12,1986/87.

COSTA, M. H.; NUNES, E. L.; SENNA, M. C. A.; IMBUZEIRO, H. M. A. Estado-da-arte da simulação da taxa de fixação de carbono de ecossistemas tropicais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, n.2, 179-187, 2009.

COSTA, P. M. F. *Efeitos da alta concentração de CO₂ sobre o crescimento e o estabelecimento de plântulas do jatobá de mata *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Heyne) Lee & Langenheim (Leguminosae, Caesalpinioideae, Detarieae)*. Tese apresentada ao Instituto de Biologia para obtenção do Título de Mestre em Biologia Celular e Estrutural na área de Biologia Celular. 77p. 2004.

COSTA, R. C. L. *Assimilação de nitrogênio e ajustamento osmótico em plantas noduladas de feijão de corda (Vigna unguiculata L., Walp.) submetidas ao estresse hídrico*. 1999. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceara. 225p.

COUTO, L.; DANIEL, O.; GARCIA, R.; BOWERS, W.; DUBÉ, F. *Sistemas agroflorestais com eucaliptos no Brasil: uma visão geral*. Viçosa: SIF, 49 p. 1998 (Documento SIF, 17).

CUNHA, D. C. da. *Produção de biomassa, exportação de macronutrientes, estoque de carbono e análise econômica em cupuaçuzeiro*. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2012. 115f.

DANIEL, O.; COUTO, L.; GARCIA, R.; PASSOS, C. A. M. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa, v.23, n.3, p.367-370, 1999.

DANTAS, M. Aspectos ambientais dos sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ECOSSISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. *Anais...* Colombo: Embrapa-CNPf, 1994. p.433-453. (Documentos, 27)

DAVIS, S.J.; VIERSTRA, R.D. *Soluble derivatives of green fluorescent protein (GFP) for use in Arabidopsis thaliana*. *Weeds World* 3: 43-48, 1996.

DE WALD, D.B.; TORABINEJAD, J.; JONES, C.A.; SHOPE, J.C.; CANGELOSI, A.R.; THOMPSON, J.E.; PRESTWICH, G.D.; HAMA, H. *Rapid accumulation of phosphatidylinositol 4,5-bisphosphate and inositol 1,4,5-trisphosphate correlates with calcium mobilization in salt-stressed Arabidopsis*. *Plant Physiology*, v.126, p.759-769, 2001.

DIXON, R.K. Sistemas agroflorestales y gases invernadores. *Agroforesteria en las Américas*, 2 (7): 22-27. 1995.

DUBOIS, J.C.L.; VIANA, V.M.; ANDERSON, A.B. *Manual agroflorestal para a Amazônia*. Rio de Janeiro: REBRAf / Fundação Ford. V. 1. 228p. 1996.

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, p. 305-356, 1956.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. *Sistemas de Produção*. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Acai/SistemaProducaoAcai/paginas/intro.htm>. Versão Eletrônica. Dez./2005.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema de produção em cupuaçuzeiro*. Disponível em http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Acai/SistemaProducaoAcai_2ed/paginas/cultivo.htm. Acesso em 31 ago 2011.

FACE. *Forest absorbing carbon dioxide emission: Annual Report 1993*. Arnheim: Netherlands, 1994.

FEARNSIDE, P. M. *et al.* Tropical forest burning in Brazilian Amazonia: measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Pará. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 123, n. 1-3, p. 65-79, 1999.

FERNANDES, E. C. M.; MATOS, J. C. S.; ARCO-VERDE, M. F.; LUDEWIGS, T. Estratégias agroflorestais para redução das limitações químicas do solo para produção de fibra e alimento na Amazônia Ocidental. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ECOSISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. *Anais...*, Colombo: Embrapa-CNPq, 1994. p.207-224. (Documentos, 27).

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

FINLAYSON-PITTS, B.; PITTS JR., J.N. *Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere*. San Diego: Academic Press, 2000.

FOLEY, J.A.; LEVIS, S.; COSTA, M. H.; CRAMER, W.; POLLARD, D. Incorporating dynamic vegetation cover within global climate models. *Ecological Applications*, v.10, p. 1620-1632, 2000.

FRIZZO, S. M. B.; SILVA, M. G. Composição química da madeira. In: *Apontamentos de química da madeira*. Santa Maria: UFSM, p. 3-17. 1998.

GEHRING, C.; ZELARAYÁN, M. L. C.; ALMEIDA, R. B.; MORAES, F. H. R. Allometry of the babassu palm growing on a slash-and-burn agroecosystem of the eastern periphery of Amazonia. *Acta Amazonica* 2011; 41(1): 127-134.

GITAY, H.; SUÁREZ, A.; WATSON, R. T.; DOKKEN, D. J. Climate change and biodiversity. *Intergovernmental Panel on Climatic Change technical paper V*. United Nations Environment Programme/World Meteorological Organization, Genebra. 2002.

GODOY, J. F. L. *Ecofisiologia do estabelecimento de leguminosas arbóreas da Mata Atlântica, pertencentes a diferentes grupos funcionais, sob atmosfera enriquecida com CO₂: uma abordagem sucessional*. Tese de doutorado apresentada ao Curso de Pós-graduação em Biodiversidade e Meio Ambiente do Instituto de Botânica de São Paulo, 109p. 2007.

GRISI, F. A. *Relações hídricas, bioquímicas e anatômicas de mudas de café (Coffea arábica L) Catua e Siriema submetidas à deficit hídrico*. Dissertação-UFLA. 59p., 2006.

HAITES, E. *Estimating the market potential for the clean development mechanism: review of models and lessons learned*. Washington DC, 2004. 102 p. Disponível em: <<http://carbonfinance.org/docs/EstimatingMarketPotential.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2004.

HANDA, S.; HANDA, A.K.; HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.A. *Proline accumulation and the adaptation of cultured plant cells to salinity stress*. *Plant Physiol* 80: 938–945, 1986.

HESS, G.; MARQUES, J. L. M.; PAES, L. C. M. R.; PUCCINI, A. L. *Engenharia econômica*. São Paulo: DIFEL. 265 p. 1985.

HOEN, H.; SOLBERG, B. Potencial and economic efficiency of carbon sequestration in Forest biomass through silvicultural management. *Forest Science*, v. 40, n. 3, p. 429- 451. 1994.

HOGAN, K. P. *Photosynthesis in Two Neotropical Palm Species*. *Funct Ecol*, 2(3): 371-377. 1988.

HOUGHTON, R. A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. In: SEMINÁRIO EMISSÃO x SEQUESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGOCIOS PARA O BRASIL, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: CURD, 1994. p. 38-76.

IMÓVEIS VIRTUAIS. *Sequestro de Carbono*. Disponível em <<http://www.imeisvirtuais.com.br/sequestrodecarbono.htm>> Acesso em 06 nov. 2003.

INSTITUTO CARBONO BRASIL. *Mercado de carbono*. Disponível em: http://www.institutocarbonobrasil.org.br/mercado_de_carbono1/noticia=734937. Data de acesso: 20/08/2013.

IPCC. *Climate change 2007: the physical science basis (Summary for Policy Makers)*, IPCC. 2007.

IPCC. *Special Report on Land Use, Land-Use Change, and Forestry*. Watson, R.T.; Noble, I.R.; Bolin, B.; Ravindranath, N.H.; Verardo, D.J.; Dokken, D.J. (Eds.) Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 2000. 377pp.

IPAM - INSTITUTO DE PESQUISAS DA AMAZONIA. *Compilação dos grupos do Workshop Latino-Americano sobre Mudança Climática e Povos da Floresta, realizado em Manaus, entre 1 e 4 de abril de 2008*. Belém, 2008. Disponível em: <http://www.climaedesmatamento.org.br/files/general/Sintese_-_Grupos_-_port.pdf>.

JARDIM, M.A.G. *Cartilha informativa sobre a palmeira açai (Euterpe oleracea Mart.)*. Belém: MPEG, 50p. 1995.

KATO, O. R. *et al.* *Plantio direto na capoeira*. *Ciência e Ambiente*, 29: 99-111. 2004.

KAUFFMAN, J. B.; CUMMINGS, D. L.; WARD, D. E. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along vegetation gradient in the Brazilian cerrado. *Journal of Ecology*, London, v. 82, p. 519-531, 1994.

KERBAUER, G. B. *Fisiologia Vegetal*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

KERBAUY, G. B. *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2004.

KINGSTON-SMITH, A. H.; WALKER, R. P.; POLLOCK, C. J. *Invertase in leaves: conundrum or control point?*. *Journal of Experimental Botany* 50:735-743, 1999.

KITAMURA, P. C.; RODRIGUES, G. S. *Valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais*. In: III CBSAF, Manaus, 2000. Anais. Manaus: Embrapa, p.115-121. 2000.

KOEHLER, A.; GALVÃO, F.; LONGHI, S. J. Floresta Ombrófila Densa Altomontana: aspectos florísticos e estruturais de diferentes trechos da serra do mar. *Ciência Florestal*, 12(2):27-39. 2002.

KOHLMAIER, G. H.; HÄGER, F.; WÜRTH, F.; JOOS, M. *Future development of the carbon cycle: the role of the biota/forests within the IPCC stabilization scenarios in Carbon dioxide mitigation in forestry and wood industry*, edited by G. Kohlmaier, M. Weber and R. A. Houghton, 269-291. 1998.

KÖPPEN, W. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica. México, 479p. 1948.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. *Water relations of plant and soils*. Academic Press, New York. 495p, 1995.

KREUZ, C. L.; BAÚ, N. Análise da Rentabilidade do Cultivo de Pínus (*Pínus taeda*) na Região de Caçador – SC. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 15, n.2. p. 8-10, 2001.

LAKE, J. A.; QUICK, W. P.; BEERLING, D. J.; WOODWARD, F. I. Plant development. Signals from mature to new leaves. *Nature*, 411:154. 2001.

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos, SP. Ed. Rima. 2000. 531 p.

LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K. M.; FEARNESIDE, P. M.; VASCONCELOS, H. L.; FERREIRA, L.V. Deforestation in Amazonia. *Science*, 304: 1109. 2004.

LAVOREL, S.; GARNIER, E. Predicting the effects of environmental changes on plant community composition and ecosystem functioning: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16: 545–556. 2002.

LAWLOR, D. W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment* 25: 275–294. 2002.

LAWLOR, D.W.; LEACH, J.E. Leaf growth and water deficits: Biochemistry in relation to biophysics. *In* Society for Experimental Biology (R.N. Baker, W.J. Davies & C.K. Ong, eds.). Seminar Series, 27. Cambridge University Press, Cambridge, p.267-294. 1985.

LECOCQ, F. *State and trends of carbon market*. Washington DC, 2004.42p. Disponível em: <<http://carbonfinance.org/docs/CarbonMarketStudy2004.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2004.

LIMA JÚNIOR, V. B. *Determinação da taxa de desconto para uso na avaliação de projetos de investimento florestal*. 1995. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LIRA-SAADE, R. *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 1996. 57 p.

LUIZÃO, F. J.; TAPIA-CORAL, S., GALLARDO-ORDINOLA, J., SILVA, G. C., LUIZÃO, R. C., TRUJILLO-CABRERA, L., WANDELLI, E., & FERNANDES, E. C. M. *Ciclos biogeoquímicos em agroflorestas da Amazônia*. Pp. 87-100. IN: GAMA-RODRIGUES, A. C.

D., BARROS, N. F. D., GAMARODRIGUES, E. F. D., FREITAS, M. S. M., VIANA, A. P., JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. D. A. *Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. 2006.

LUNZ, A. M. P., MELO, A. W. F. *Monitoramento e avaliação dos principais desenhos de sistemas agroflorestais multiestratos do Projeto Reca*. Rio Branco: Embrapa-CPAF/ AC, 1998. p.1-4. (Pesquisa em Andamento, n.134).

MACEDO, R. L. G. *Fundamentos básicos para implantação e manejo de sistemas agroflorestais*. In: MACEDO, R. L. G. *Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais*. Lavras: UFLA/Faepe, 2000a. p.5-35.

MACEDO, R. L. G. *Sustentabilidade dos sistemas agroflorestais recuperadores de áreas degradadas e conservadores da biodiversidade tropical*. In: MACEDO, R.L.G. *Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais*. Lavras: UFLA/Faepe, 2000b. p.143-157.

MACHADO, R. C. R.; MÜLLER, M. W.; BARRETO, E. W. S. Variações diurnas no teor de amido e de açúcares solúveis em folhas de cacau (*Theobroma cacao* L.). *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.1, n.2, p.163-167, 1989.

MADAN, S.; NAINAWATEE, H. S.; JAIN, R. K.; CHOWDHURY, J. B. *Proline and proline metabolizing enzymes in in-vitro selected NaCl-tolerant Brassica juncea L. under salt stress*. *Annals of Botany*, v. 76, p. 51-57, 1995.

MAESTRI, R. *Análise Econômica da Atividade Florestal visando sequestro de carbono: efeito do clima na produtividade e rentabilidade do empreendimento*. 2003. [S.l.].

MALHI, Y.; PHILLIPS, O. L. *Tropical forests and global atmospheric change: a synthesis*. *Philosophical Transactions of the Royal society of London. Mathematical, physical and engineering sciences*, 359:549-555. 2004.

MARABESI, M. A. *Efeito do alto CO₂ no crescimento inicial e na fisiologia da fotossíntese em plântulas Senna alata (L.) Roxb.* Tese de mestrado apresentada ao Curso de Pós-graduação em Biodiversidade e Meio Ambiente do Instituto de Botânica de São Paulo. 70p. 2007.

MARTIM, S. A. *Pulverização do cafeeiro com Açúcar: potencial de uso em mudas submetidas à deficiência hídrica e na recuperação de plantas atingidas por Glyphosate.* Dissertação – Universidade Federal de Lavras, MG. 67p., 2003.

MARTINS, C. R.; PEREIRA, P. A. de P., LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. de. Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: a Importância na Química da Atmosfera. *Química Nova*, 5(3), 2003.

MARUR, C.J. Fotossíntese e translocação de carboidratos em algodoeiros submetidos a déficit hídrico após a aplicação de cloreto de mepiquat. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 10:59-64. 1998.

MAY, P.H.; BOHRER, C.B.; TANIZAKI, K.; DUBOIS, J.C.L.; LANDI, M.P.M.; CAMPAGNANI, S.; OLIVEIRA NETO, S.N.; VINHA, V.G. *Sistemas Agroflorestais e Reflorestamento para Captura de Carbono e Geração de Renda.* Disponível em: <http://www.rebaf.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=140&sid=18>. Acesso em: 2007.

MCT. Ministério de Ciência e Tecnologia (www.mct.gov.br), 1998. Acesso: 20/05/2005.

MIRANDA, D. L. C. de; SANQUETTA, C. R.; COSTA, L. G. da S.; CORTE, A. P. D. Biomassa e Carbono em *Euterpe oleracea* Mart., na Ilha do Marajó – PA. *Floresta e Ambiente*, 2012. 19(3):336-343.

MOHAMMADKHANI, N.; HEIDARI, R. *Effects of Drought Stress on Soluble Proteins in two Maize Varieties.* Turk J Biol, 32, p.23-30, 2008.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P. K. R. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, v.61, p. 281-295, 2004.

MONTOYA, L. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Estado da arte dos sistemas agroflorestais na região sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ECOSSISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. *Anais...* Colombo: Embrapa-CNPQ, 1994. p.77-96. (Documentos, 27).

MURILLO, M.A. Almacenamiento y fijación de Carbono en ecosistemas forestales. *Revista Forestal Centroamericana*, 6 (19): 9-12, 1997.

NATH, A. K.; KUMARI, S.; SHARMA, D.R. In vitro selection and characterization of water stress tolerant cultures of bell pepper. *Indian Journal Plant Physiology*. v,10,p,14-19, 2005.

NATUREZA. Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2012/07/onu-ainda-acredita-no-mercado-de-carbono-mesmo-com-queda-no-preco.html>. Data: 19/07/2012.

OLIVEIRA, M. A. J. DE; BOVI, M. L. A.; MACHADO, E. C.; RODRIGUES, J. D. Atividade da redutase de nitrato em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes*). *Ciência Rural*, v. 35, n. 3, p. 515-522, 2005.

OLIVEIRA NETO, C. F. de. *Crescimento, alterações ecofisiológicas e bioquímicas em plantas jovens de jatobá (Hymenaea courbaril L.) submetidas à deficiência hídrica e ao alagamento*. Belém. Universidade Federal Rural da Amazônia. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). 2010. 93p.

OLIVEIRA NETO, C.F. *Crescimento, produção e comportamento fisiológico e bioquímico em plantas de sorgo (Sorghum bicolor [L.] moench) submetidas à deficiência hídrica* /Belém, 2008. 114p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2008.

OLIVEIRA NETO, O. B.; BATISTA, J. A.; RIGDEN, D. J.; FRANCO, O. L.; FALCAO, R.; FRAGOSO, R. R.; MELLO, L. V.; DOS SANTOS, R. C.; GROSSI-DE-AS, M. F. Molecular cloning of alpha-amylases from cotton boll weevil, *Anthonomus grandis* and structural relations to plant inhibitors: an approach to insect resistance. *Journal Protein Chem.*, v. 22, n. 1, p. 77-87, 2003.

ORTIZ, R. *Costa Rican secondary Forest: an economic option for joint implementation initiatives to reduce atmospheric CO₂*. Draft paper presented for inclusion in the Beijer Seminar in Punta Leona. Costa Rica, 19 p. 1997.

OSTERROOHT, von M. Manejo de SAF's. *Agroecologia Hoje*, 15: 12-13pp. 2002.

PAULA, R. C. de; PAULA, N. F. de. *Manejo e recuperação Florestal*. Jaboticabal, Funep. 2003, 180p.

PEOPLES, M. B.; FAIZAH, A. W.; REAKASEM, B.; HENRIDGE, D. F. *Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field*, Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 76 p. 1989.

PETERS, R. L.; DARLING, J. D. The greenhouse effect and nature reserves. *Bioscience*, 35: 707-715. 1985.

PRANCE, G. T. Species survival and carbon retention in commercially exploited tropical rainforest. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Mathematical, physical and engineering sciences*, 360(1797): 1777-1785. 2002.

RAMANJULU, S.; SUDHAKAR, C. Drought tolerance is partly related to amino acid accumulation and ammonia assimilation: A comparative study in two mulberry genotypes differing in drought sensitivity. *Journal Plant Physiology*, v.150, p.345-350,1997.

RAMÍREZ, O.; GÓMEZ, M.; SHULTZ, S. *Valuing the contribution of plantation forestry to the national accounts of Costa Rica from the ecological economics perspective*. Costa Rica: Beijer Research Seminar, 28 p. 1997.

RENNER, R. M. *Sequestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil*. 2004. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. *Análise econômica e social de projetos florestais*. Viçosa: Editora UFV, 389 p. 2001.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. *Avaliação de projetos florestais*. Viçosa: UFV, 47p. 1993.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Problemas com o horizonte de planejamento na avaliação de projetos florestais. *Revista Árvore*, v.24, n.2, p. 127-134, 2000.

RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; SOUZA, A. L. DE; NARDELLI, A. M. B. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.33, n.5, p.917-926, 2009.

ROCHA, M.T. *Aquecimento Global e o Mercado de Carbono: uma aplicação do Modelo CERT*. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba. Tese de Doutorado. 196 p, 2003.

RÜGNITZ, M. T.; CHACÓN, M. L.; PORRO R. *Guia para Determinação de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais* - 1. ed. -- Belém, Brasil.: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF)/Consórcio Iniciativa Amazônica (IA). 81 p. 2009.

SAGE, R. How terrestrial organisms sense, signal and respond to carbon dioxide. *Integrative and Comparative Biology*, 42:469-480. 2002.

SAGRI. Secretaria de Estado de Agricultura do Estado do Pará. *A importância do açaí no contexto econômico, social e ambiental do Estado do Pará*. 27ª Reunião Ordinária da Câmara Setorial – MAPA e 6ª Reunião Ordinária da Comissão Nacional de Fruticultura – CNA. Brasília – DF. 2011.

SALOMÃO, R. P. *Estimativas de biomassa e avaliação do estoque de carbono da vegetação de florestas primárias e secundárias de diversas idades (capoeiras) na Amazônia Oriental, município de Peixe-boi, Pará*. Dissertação de Mestrado, UFPA/MPEG, Belém. 53p. 1994.

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. *Cerne*. Universidade Federal de Lavras, v. 13, n. 1, p. 32-39, jan./mar. 2007.

SANTOS, M. J.; RODRIGUEZ L. C. E.; WANDELLI, E. V. Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental. *Scientia Forestalis*, n.62, p. 48-61, 2002.

SEBRAE. *Plano de negócios: manual do aprendiz*. Minas Gerais, 146p. 2002.

SERRÃO, E. A. Desenvolvimento agropecuário e florestal na Amazônia: proposta para o desenvolvimento científico e tecnológico. In: Costa, J.M.M. (org.). *Amazônia. Desenvolvimento econômico, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade de recursos naturais - Pará*. NUMA/UFPA, Belém, 57-104p. 1995.

SILVA, P. H. B. M. da; SAQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D. Quantificação de biomassa e carbono em plantios de dendê na região de Ilhéus – Bahia. Disponível em: http://www.jornadasaugm.ufpr.br/augm_cd/orais/72.html. Data de acesso: 15/08/2012.

SILVA, A.S.; OLIVEIRA, J.G.; CUNHA, M. da; VITÓRIA, A.P. Photosynthetic performance and anatomical adaptations in *Byrsonima sericea* DC under contrasting light conditions in a remnant of the Atlantic forest. *Braz. J. Plant Physiol*, 22:245-254. 2010.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. *Economia florestal*. Viçosa: Editora UFV, 2002.178 p.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. Curitiba, PR, *Floresta*, v. 38, n. 1, 2008.

SOUZA, A. KREUZ, C. L.; MOTTA, C. S. Análise de empreendimentos florestais (pinus) como alternativa de renda para o produtor rural na região dos Campos de Palmas. *Revista de Administração da UFLA*, Lavras, v. 6, n. 1, p. 8-21, 2004.

SOUZA, J. G.; BARREIRO NETO, M; SILVA, J. B. V.; GILES, J. A. *Estudos de parâmetros fisiológicos para a resistência ao algodoeiro (Gossypium hirsutum L.) à seca*. Embrapa – Algodão, 20p. (Embrapa – Algodão. Documentos, 16), 1982.

STITT, M. Fructose 2,6-bisphosphate as a regulatory molecule in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 41: 153-185. 1990.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Artmed, Porto Alegre. 2004.

TEIXEIRA, L. B.; BASTOS, J. B.; OLIVEIRA, R. F. *Biomassa vegetal em agroecossistemas de seringueira consorciada com cacauzeiro no Nordeste Paraense*. Belém: Embrapa CPATU, 1994. 15p. (Boletim de Pesquisa, 153).

TSUKAMOTO FILHO, A. de A. *Fixação de carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais*. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Tese em Doctor Scientiae. 99p. 2003.

UNEP. *Buildings and Climate Change: Status, Challenges and Opportunities*, lead authors P. Huovila, M. Ala-Juusela, L. Melchert, and S. Pouffary, UNEP (United Nations Environment Programme) Sustainable Buildings and Climate Initiative, Paris. 2007.

VALPUESTA, V.; BERTELI, F.; PÉREZ-PRAT, E.; *et al.* Cambios metabólicos y de expresión génica en plantas superiores en respuesta al estrés salino. *Agriscientia*, v.9, p.55-63, 1992.

VAN HANDEL, E. Direct microdetermination of sucrose, *Anal Biochemical*, V, 22:280-283, 1968.

VOZARI-HAMPE, M.M.; VIEGAS, C.; SAUCEDO, C.; ROSSETO, S.; MANICA, G.G.; HAMPE, O.G. A lectin from *Sechium edule* fruit exudate. *Phytochemistry*, 31:1447-1480. 1992.

WATSON, A. J. *Iron limitation in the oceans*. The biogeochemistry of iron in seawater. Chichester, UK: John Wiley and Sons. Pp. 9–39. 2001.

WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C.R.; CALDEIRA, M.V.W. Teores de carbono em espécies da Floresta Ombrófila Mista. In: Sanquetta CR, Balbinot R, Zilioto MAB, editor. *Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas*. Curitiba: AM Impressos; 2004. p. 95-109.

WEATHERBURN, M. W. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Anal. Chem.*, v.39, p.971-974, 1967.

WEIDLICH, E. W. A.; PESCADOR, R.; UHLMANN, A. Alocação de recursos (carboidratos) no desenvolvimento inicial de plântulas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (Fabaceae - Caesalpinioideae). *Rev. Árvore*. 2010, vol.34, n.4.

WINROCK. *A guide to monitoring carbono storage in forestry and agroforestry projects*. International Institute for Agricultural Development. International Institute for Agricultural Development. California: California University, 1997. 87p.

WISE, R.; CACHO, O. Tree-crop interactions and their environmental and economic implications in the presence of carbon-sequestration payments. *Environmental Modelling & Software*, v.20, n.9, p.1139-1148, 2005.

WMO. *Guide to Climatological Practices, Third Edition (draft)*. WMO (World Meteorological Organization). 100, Geneva: WMO, 2009.

WOOMER, P. L.; PALM, C. A. An approach to estimating carbon stocks in tropical forests and associated land uses. *Commonwealth Forestry Review*, Oxford, v. 77, n. 3, p. 181-190, 1998.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant response to drought, acclimatation and stress tolerance, *Photosynthetica*, 38:171. 2000.