



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO SOCIEDADE NATUREZA E
DESENVOLVIMENTO**

CLÉO GOMES DA MOTA

**A PRODUÇÃO FLORESTAL E AGROFLORESTAL DO
CUMARU (*Dipteryx spp.*): estudo de caso em três regiões do Estado do
Pará.**

**Santarém – Pará
2018**

CLÉO GOMES DA MOTA

**A PRODUÇÃO FLORESTAL E AGROFLORESTAL DO
CUMARU (*Dipteryx spp.*): estudo de caso em três regiões do Estado do
Pará.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Sociedade Natureza e Desenvolvimento da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais, Área de Concentração “Sociedade, Natureza e Desenvolvimento”.

Orientador: Dr. Marcos Ximenes Ponte

**Santarém, Pará
2018**

CLÉO GOMES DA MOTA

**A PRODUÇÃO FLORESTAL E AGROFLORESTAL DO
CUMARU (*Dipteryx spp.*): Estudo de caso em três regiões do Estado do
Pará.**

Tese apresentado para Programa de Pós-Graduação Sociedade Natureza e Desenvolvimento da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais, Área de Concentração “Sociedade, Natureza e Desenvolvimento”.

Conceito: Aprovado
Data de aprovação: 30/01/2018

Banca examinadora:

DRA. ANA MARGARIDA CASTRO EULER (EMBRAPA)

DRA. YNGLEA GEORGINA DE FREITAS GOCH (UFOPA)

DR. LAURO EUCLIDES SOARES BARATA (UFOPA)

DR. RODRIGO DA SILVA (UFOPA)

DR. SERGIO DE MELO (UFOPA)

Aos meus pais Severiano e Zuíla. A minha
companheira de todas as horas Letícia. Aos
meus filhos Cris e Caio. Aos meus irmãos e
irmãs nortes verdadeiros e em memória do
meu tio Raimundo Gomes.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela inspiração, saúde física e mental necessárias para a finalização esta trabalho.

Aos meus Pais por uma vida dedicada a apoiar de modo incondicional a família.

A minha companheira de todas as horas Letícia pela inspiração e dedicação cotidiana.

Aos meus oito irmãos e irmãos companheiros desta jornada.

Ao professor Dr. Marcos Ximenes pela orientação técnica e ética, exemplo de pesquisador e ser humano.

A professora Daniela Pauletto pela amizade, apoio acadêmico e contribuições na coleta de dados em campo.

Aos estagiários: Saulo Silva, Gabriela Nascimento, Juliana Santos pela dedicação na coleta de dados no município de Novo Progresso.

A estagiária Helianara Vieira pela coleta dos dados nos municípios de Mojuí dos Campos, Belterra e Santarém-PA.

Aos companheiros do curso de doutorado pelas ricas e diversificadas discussões em sala de aula, em especial ao Hélio, Miércio e Diego.

Aos técnicos do projeto Horizonte Verde Juscelino, Warly Ribeiro, Jaison Silva, José Carlos, Astor Garcia, Wesley e João Zacarias pelo apoio e colaboração nas atividades de campo.

A equipe de profissionais da área de engenharia florestal Edna Tenório, Alisson Castro e Luizinho que compartilharam dados técnicos de forma ética e transparente.

A todos os agentes de desenvolvimento ambiental do projeto Horizonte Verde que colaboraram nas entrevistas e nas ações de desenvolvidas.

Aos indígenas que compartilharam o saber Kayapó, exemplos de uso sustentável no coração da Terra do Meio.

Ao pessoal do Instituto Kabu Adriano, Dulce, Edson, Junior, Kokoro, Gustavo, Luiz, Maria Luiza, Dotô Kayapó, Edival, Robson e todos os que me receberam de portas abertas.

Ao ISAF – Instituto Socioambiental Florianativa através do projeto Horizonte Verde patrocinado pelo Programa Petrobras Ambiental que apoiou parte desta pesquisa-ação.

A Fapespa – Fundação de Amazônia Paraense de Amparo à Pesquisa pela concessão de bolsa de estudo.

“Com olhos fixos no presente e no passado, somos desafiados a prever o futuro das florestas neotropicais e dos povos que nela vivem”.

Daniel J. Zarin

RESUMO

O estudo teve como objetivo reduzir as incertezas na estimativa da produtividade e da viabilidade econômica do uso da espécie cumaru (*Dipteryx spp.*) em três regiões do Estado do Pará. Foi estimado o estoque florestal utilizando equação de volume e a densidade de árvores de cumaru em Portel e Novo Progresso. Além da produtividade de sementes em plantios na região de Santarém e o custo de oportunidade para adoção de SAFs por agricultores familiares (AF) na região Oeste do Estado. Foram utilizados dados de desmatamento para estimar as perdas dos estoques florestais em Portel e Novo Progresso e a produtividade em SAFs foi medida através do incremento corrente anual (ICA) e o incremento médio anual (IMA) em quatro SAFs com cumaru em Santarém. Para estimar a viabilidade econômica e o custo de oportunidade foi utilizado o valor presente líquido (VLP), a relação benefício-custo (B/C), valor anual equivalente (VAE) e taxa interna de retorno (TIR). Constatou-se que o cumaru (*Dipteryx spp.*) é rara nas florestas da região de Portel, Altamira e Novo Progresso com menos de um indivíduo por hectare. A equação de Spurr foi selecionado para estimar o volume do tronco de árvores com DAP entre 10-17 cm e árvores adultas com DAP entre 70,66-113,65 cm. A espécie *D. odorata*, aos seis anos de idade, teve comportamento superior no sistema ILPF em relação ao sistema SAFM com *D. punctata*, tanto no desenvolvimento do diâmetro (DAP), altura (Alt.) e volume (Vol.) pelo teste t de médias com $p=0,05$. O ICA e IMA do volume foram superiores para o sistema ILPF (*D. odorata*) em relação aos demais, porém a produção de frutos foi superior para a espécie *D. punctata* (SAFM) no período de 2015 e 2017. Os sistemas avaliados (tradicionais e SAFs) apresentaram-se economicamente viáveis. Dentre os sistemas tradicionais de uso da terra na região de Novo Progresso, o cultivo de banana (SMB) teve rendimento superior à produção de raiz de mandioca (SMRM). Este sistema (SMB), também obteve o melhor desempenho em relação aos sistemas de uso alternativo com cumaru aos quatro anos de cultivo. O custo de oportunidade, ou perda, foi considerado baixo em relação à segunda opção com melhor desempenho econômico (SAF2). Na análise considerando o ciclo de oito anos a melhor opção foi o sistema o sistema alternativo (SAF3) que consiste na evolução do SAF2 que adotou o cumaru associado à produção inicial de banana e cupuaçu.

Palavras-chave: Cumaru, *Dipteryx spp.*, Sistemas agroflorestais, Equação de volume, Custo de oportunidade.

ABSTRACT

The study aimed to reduce uncertainties in the estimation of productivity and economic viability of the use of cumaru (*Dipteryx spp.*) in three regions of the State of Pará. The forest stock was estimated using volume equation and cumaru tree density in Portel and Novo Progresso. In addition to seed productivity in plantations in the region of Santarém and the opportunity cost for adopting SAFs by family farmers (AF) in the western region of the State. Deforestation data were used to estimate forest stock losses in Portel and Novo Progresso and productivity in SAFs was measured by the current annual increment (ICA) and the mean annual increment (IMA) in four SAFs with cumaru in Santarém. In order to estimate the economic viability and the opportunity cost, the net present value (VLP), the benefit-cost (B / C), annual equivalent value (EVA) and the internal rate of return (IRR) were used. The species cumaru (*Dipteryx spp.*) was rare in the forests of Portel, Altamira and Novo Progresso with less than one individual per hectare. The Spurr equation was selected to estimate trunk volume of DAP trees between 10-17 cm and adult trees with DAP between 70.66-113.65 cm. The *D. odorata* species, at six years of age, had superior behavior in the ILPF system in relation to the SAFM system with *D. punctata*, both in diameter development (DAP), height (Ht) and volume (Vol.) By the test t of averages with $\rho = 0.05$. The ICA and IMA of the volume were higher for the ILPF system (*D. odorata*) than the others, but fruit yield was higher for *D. punctata* (SAFM) in the period of 2015 and 2017. The evaluated systems and SAFs) were economically viable. Among traditional land use systems in the Novo Progresso region, banana cultivation (SMB) had a higher yield than cassava root (SMRM) production. This system (SMB), also obtained the best performance in relation to the systems of alternative use with cumaru to the four years of culture. The opportunity cost, or loss, was considered low in relation to the second option with better economic performance (SAF2). In the analysis considering the cycle of eight years the best alternative was the system the alternative system (SAF3) that consists of the evolution of SAF2 that adopted cumaru associated to the initial production of banana and cupuaçu.

Keywords: Cumaru, *Dipteryx spp.*, Agroforestry systems, Volume equation, Opportunity cost.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Evolução da taxa PRODES para o desmatamento na Amazônia Legal (Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados PRODES, 2016).	8
Figura 2 - Arquitetura da molécula de cumarina (Fonte: Lake, 1999).	23
Figura 3 - Desenho esquemático de avaliação dos ecossistemas. As setas sólidas representam os elos mais importantes entre os elementos do quadro. As setas tracejadas indicam os quatro passos principais na avaliação dos serviços ecossistêmicos (Fonte Hein et al., 2006; De Grout, 2002; MA, 2005).	29
Figura 4 – Mapa de localização da área de estudo nos municípios de Altamira, Portel e Novo Progresso no Estado do Pará (Fonte: o autor).	30
Figura 5 – Coleta de dados pela equipe em campo na Fazenda Santa Catarina, Rio Pracupi, afluente da margem esquerda do Rio Anapú no Município de Portel – Pará – Brasil (Fonte: o autor).	34
Figura 6 – coleta de dados de modo rigoroso de circunferência para calculo de diâmetro e comprimento dos fustes e partes das árvores abatidas na área de Manejo Florestal em Unidade de Produção Anual em 2003(fonte: o autor).	35
Figura 7- Fotografia de inventário em áreas plantadas nos municípios de Santarém e Novo Progresso no estado do Pará (Fonte: o autor).	35
Figura 8 – Mapa de localização das áreas plantadas com cumaru em sistemas agroflorestais na região do planalto de Santarém no estado do Pará (fonte: elaborado pelo autor).	38
Figura 9 - Sistema agro florestal denominado de SAFA (Sistema Agroflorestal Aderlino) localizado no quilômetro 140 da Rodovia BR 163 (Santarém-Cuiabá) possui uma área de 1,5 ha, cujo componente arbóreo o cumaru (<i>D. odorata</i>) em espaçamento de 8 m x 6 m (Foto: Rebêlo, 2016).	40
Figura 10 - Sistema agro florestal denominado de CFI (sistema agroflorestal I) localizado no quilômetro 50 da Rodovia BR 163 (Santarém-Cuiabá) possui uma área de 0,5 hectares, cujo componente arbóreo o cumaru (<i>D. odorata</i>) castanha-do-pará, andiroba e ipê em espaçamento de 4 m x 4 m (Foto: Rebêlo, 2016).	40
Figura 11 - Sistema agro florestal denominado de ILPF (Integração lavoura, pecuária e floresta) com área de 1,0 ha com componente arbóreo o cumaru (<i>D. odorata</i>) e rotação de bovinos em espaçamento de 5 m x 7 m localizada no quilômetro 35 da Rodovia BR 163 (Foto: Rebêlo, 2016).	41
Figura 12 - Sistema agro florestal (SAFM: Sistema agro florestal Mojui) com área de 0,5 ha, com o cumaru (<i>D. punctata</i>), laranja, cupuaçu e culturas agrícolas como macaxeira, abacaxi e melancia em espaçamento de 4m x 8m localizado no quilômetro 30 da Rodovia PA 431 (Santarém-Cuiabá) (Foto: Capucho, 2016).	42

Figura 13 – Ilustração do fluxo de caixa ente despesas e receitas existentes ao longo do ciclo de vida de um projeto (Fonte: o autor).....	50
Figura 14 - Gráfico com os 10 maiores municípios do Pará e suas taxas de desmatamento médio entre 2000 e 2016 (azul) e incremento do desmatamento entre 2015/2016 em vermelho (Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do PRODES/INPE).....	57
Figura 15 – Análise gráfica dos resíduos em relação ao valor previsto para o modelo de Spurr de dupla entrada de, $Vol.= 0.008079+ 0.583375*DAP2H$ para classe de DAP entre 10-17 cm (Fonte: o autor).	61
Figura 16 – Análise gráfica dos resíduos em relação ao valor previsto para o modelo de dupla entrada de Spurr $Vol= 1.258281+ 0.455304* DAP2H$ para a classe de DAP entre 70,66-113,65 cm (Fonte: o autor).	62
Figura 17- Análise gráfica das diferenças das médias de diâmetro (a), altura total (b) e volume (c) entre os sistemas CFI e SAFA e com a mesma idade aos 3 anos (Fonte: o autor).	65
Figura 18- Análise gráfica das diferenças das médias de diâmetro (a), altura total (b) e volume (c) entre os sistemas ILPF e SAFM e com a mesma idade aos 6 anos (Fonte: o autor).	66
Figura 19- Fotos do plantio da espécie <i>D. punctata</i> no Sistema SAFM plantado em Mojuí dos Campos com idade de 8 anos (Foto: o autor, em dezembro de 2017).	68
Figura 20- Fotos do plantio da espécie <i>D. odorata</i> no sistema ILPF (a esquerda) plantado em Santarém com idade de 7 anos e a plantadas em Belterra (a direita) no sistema SAFA com idade de 4-5 anos (Foto: o autor em dezembro de 2017).	69
Figura 21- Análise gráfica das diferenças das médias do diâmetro (m) das copas entre os sistemas SAFM e ILPF com a mesma idade aos 6 anos e entre o SAFA e CFI aos 3 anos de idade (Fonte: o autor).....	70
Figura 22- Análise gráfica das diferenças das médias da altura (m) das copas entre os sistemas SAFM e ILPF com a mesma idade aos 6 anos e entre o SAFA e CFI aos 3 anos de idade (Fonte: o autor).....	70
Figura 23 – Produção de frutos de cumaru <i>D. odorata</i> no sistema ILPF e SAFA em Belterra – PA (Fonte: o autor).	74
Figura 24 – Produção de frutos de cumaru do SAFA com <i>D. punctata</i> em Mojuí dos Campos – PA com idade de 6 anos (Fonte: o autor).	75
Figura 25 – Ocorrência de frutificação das espécies <i>D. odorata</i> e <i>D. punctata</i> ao longo dos meses do ano para o período de 2015 a 2016, em sistemas agroflorestais no planalto de Santarém, Pará (Fonte: o pelo autor).	76
Figura 26 - Representação gráfica da análise da evolução da quantidade comercializada de sementes de cumaru entre 1994 a 2015 (Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do IBGE, 2017).	85

Figura 27 – Ciclo do extrativismo vegetal na Amazônia conforme proposto por Homma (2008) (Fonte: Homma, 2008).....	88
Figura 28 – Frequência relativa dos principais cultivos realizados no assentamento PDS Terra Nossa nos municípios de Novo Progresso e Altamira (Fonte: o autor).....	90
Figura 29 – Frequência absoluta das espécies cultivadas nas roças das aldeias Baú, Kamau, Pukany, Kawatum, Mekragnotire Velho, Pykatoty e Krimei em destaque (vermelho) para as duas espécies mais frequentes (Fonte: o autor).	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das áreas estudadas quanto o tipo de floresta (FOAsm- floresta ombrófila aberta submontana; FOD Tb- floresta ombrófila densa de terras baixas; FOD PT-Floresta ombrófila densa do planalto do Tapajós), status de uso da floresta (Manejo; explorada, área amostrada quantidade de parcelas, classe de DAP, número de espécies identificadas (No. Sp.).	33
Tabela 2 – Resumo das equações e modelos utilizados nesta pesquisa.	37
Tabela 3 – Resumo dos sistemas agroflorestais estudados, espécies utilizadas (cdp: castanha-do-pará; and: andiroba; mga: mogno africano; bana: banana; cult_a: cultivos agrícolas; grav: graviola).	39
Tabela 4 - Teor médio dos elementos químicos do solo para cada sistema adotado no estudo. Nos Municípios de Belterra e Mojuí dos Campos, Pará – PA (Fonte: Capucho, 2017).	43
Tabela 5 – Resumo das equações utilizadas para o calculo de crescimento da biomassa utilizadas.	44
Tabela 6 - Resumo das equações utilizadas para o calculo da análise de viabilidade econômica dos sistemas avaliados.	51
Tabela 7 – Sítios estudados, tipo de Florestas (FODtb: floresta ombrófila densa de terras baixas; FODSm: floresta ombrófila densa submontana; FOAsm: floresta ombrófila aberta), número de amostras (Na), área amostrada em hectares, número de indivíduos de cumaru observados (Ni), número de indivíduos por hectares (N/ha), área basal (AB) volume (m ³ /ha) espécie de cumaru observada .	53
Tabela 8 – Dados de extensão territorial, área relativa dos municípios de Portel e Novo Progresso em relação ao Estado, área de desflorestamento absoluta e relativa e estimativa de perda potencial da espécie cumaru.	56
Tabela 9 – Resumo das estatísticas aplicadas na seleção do modelo de estimativa do volume da biomassa (m ³) para plantas com DAP entre 10-17 cm plantados em SAFs na região de Santarém e árvores abatidas com DAP entre 70-113 cm em plano de manejo no município de Portel no Pará (Fonte: autor).	60
Tabela 10 – Resumo das médias e o desvio padrão das variáveis: diâmetro a altura do peito DAP (m), Altura total (m) e volume (m ³). As letras representam a diferenças das médias pelo teste t.	64
Tabela 11 – Resumo dos incrementos periódicos em termos das médias de incremento médio anual para as variáveis diâmetro - DAP (cm/ano), altura-H (m/ano), Volume (m ³ /ano) dos sistemas monitorados (as letras iguais significam que não há diferenças nas medias).	67
Tabela 12 – Resumo das estatísticas das árvores que frutificaram no período de estudo (2015-2017) nos sistemas SAFA, ILPF e SAFM plantados na região de Santarém – Pará.	74

Tabela 13 – Resumo das estatísticas básicas para a produção de frutos nos sistemas SAF1, ILPF e SAF2 plantados na região de Santarém – Pará.	76
Tabela 14 – Estatísticas básicas do peso de 100 sementes secas a sombra para <i>D. odorata</i> e <i>D. punctata</i> coletadas em Santarém – Pará.	77
Tabela 15 - Resumo estatístico da quantidade em toneladas (t), valor total comercializado (R\$) valor por tonelada comercializada (R\$.t-1) e valor corrigido pelo IPA (R\$. kg-1).....	84
Tabela 16 – Produção comercializada de sementes secas de cumaru no período de 2013 a 2017 com base na declaração espontânea dos indígenas acompanhados pelo Instituto Kabu em Novo Progresso para a espécie <i>D. odorata</i> e a produção de <i>D. punctata</i> coletado em Santarém – Pará no sistema SAFM em Mojuí dos Campos.	86
Tabela 17 – Resumo dos custos, receitas e taxas de atratividade do desenvolvimento do cultivo da banana em sistema tradicional (SMB) na região Oeste do Pará com valores em reais (R\$).	93
Tabela 18 - Resumo dos custos, receitas e taxas de atratividade do desenvolvimento do cultivo da mandioca (SMRM) em sistema usual na região Oeste do Pará com valores em reais (R\$).	96
Tabela 19 – indicadores financeiros para sistema de plantio de reflorestamento com cumaru (SMC) na região Oeste do Pará com valores em reais (R\$).	99
Tabela 20 – Indicadores financeiros para sistema de plantio de SAF2 com cumaru e banana na região Oeste do Pará com valores em reais (R\$).	102
Tabela 21 – Indicadores financeiros para sistema (SAF3) onde é associado o cumaru com a produção de banana e cupuaçu na região Oeste do Pará com valores em reais (R\$).	104
Tabela 22 - Custo de oportunidade dos sistemas tradicionais de cultivo para o segundo e quarto ano de avaliação dos sistemas (SMB: Sistema de monocultivo de banana; SMRM: Sistema de monocultivo de raiz de mandioca; VLP: Valor presente líquido).	108
Tabela 23 - Custo de oportunidade entre o sistema tradicional de cultivo com melhor desempenho econômico e os sistemas alternativos de uso do solo no quarto ano de avaliação dos sistemas (SMB: Sistema de monocultivo de banana; SMC: Sistema de monocultivo de cumaru; SAF2: SAF com banana e cumaru; SAF3: SAF com banana, cumaru e cupuaçu; VLP: Valor presente líquido).	109
Tabela 24 - Custo de oportunidade entre os sistemas alternativos de uso do solo no oitavo ano de avaliação dos sistemas (SMB: Sistema de monocultivo de banana; SMC: Sistema de monocultivo de cumaru; SAF2: SAF com banana e cumaru; SAF3: SAF com banana, cumaru e cupuaçu; VLP: Valor presente líquido).	110

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. A floresta, o desmatamento e os estoques florestais na Amazônia.....	5
2.2. Os sistemas agroflorestais e modo de uso da terra.....	11
2.3. A espécie cumaru (<i>Dipteryx</i> spp.).....	14
2.3.1. <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.....	17
2.3.2. <i>Dipteryx punctata</i> (S.F.Blake) Amshoff (1939).....	19
2.3.3. O valor e importância do cumaru.....	20
2.4. Avaliação econômica dos modos tradicionais de uso da terra e sistemas alternativos de plantios.....	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1. Áreas de estudo.....	29
3.2. A perda dos estoques florestais da espécie cumaru (<i>Dipteryx odorata</i>) nos municípios estudados.....	32
3.2.1. O inventário florestal.....	33
3.3. Equação de volume do fuste em floresta nativa e plantios.....	34
3.4. Os sistemas agroflorestais estudados.....	38
3.4.1. Solos.....	42
3.4.2. Identificação botânica.....	43
3.4.3. Análise de crescimento do cumaru.....	43
3.4.3.1. Variáveis de crescimento.....	43
3.4.3.2. Variáveis de produção.....	44
3.5. Análise econômica dos cultivos tradicionais e o cultivo do cumaru.....	45
3.6. Custos de oportunidade.....	46
3.7. Custos fixos e variáveis.....	47
3.7.1. Receitas.....	48
3.7.2. Fluxos de caixa.....	49
3.8. Critérios de avaliação econômica.....	50
3.9. Análise das incertezas.....	52
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1. O estoque florestal do cumaru e as perdas por desmatamento.....	53
4.2. Equação de volume para estimativa da produção de biomassa.....	59

4.3. Análise do crescimento e da produção do cumaru (<i>Dipteryx spp.</i>) em sistemas agroflorestais.	64
4.3.1. Crescimento em altura, diâmetro e volume de fustes do cumaru (<i>Dipteryx spp.</i>).....	64
4.3.2. A produção de frutos em plantios de cumaru (<i>Dipteryx spp.</i>)	73
4.4. O valor e a importância do cumaru	81
4.4.1. O valor da madeira.....	82
4.4.2. As sementes e derivados.	84
4.5. Avaliação econômica dos sistemas tradicionais de uso do solo e o cultivo do cumaru	88
4.5.1. A linha de referência do uso do solo	89
4.5.1.1. Em assentamento.....	89
4.5.1.2. Em terra indígena	91
4.5.2. Avaliação econômica dos sistemas tradicionais de uso do solo e o cultivo do cumaru	92
4.5.2.1. Sistema de monocultivo de banana (<i>Musa sp.</i>) (SMB).....	92
4.5.2.2. Sistema de monocultivo de raiz de mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) (SMRM)	95
4.5.2.3. Sistema de monocultivo de cumaru (SMC).....	97
4.5.2.4. SAF com cumaru x banana (SAF2)	101
4.5.2.5. SAF com cumaru x banana x cupuaçu (SAF3).....	103
4.6. O custo de oportunidade dos sistemas avaliados	108
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
REFERÊNCIAS	117

1. INTRODUÇÃO

A pressão humana sobre os ecossistemas tropicais cresce a nível global e provoca mudanças sistemáticas na paisagem pelas transformações no uso da terra, induzidas por vetores diversos gerando impactos (BENSUSAN e ARMSTRONG, 2008; GOLDEMBERG, 2011) que vão da perda de biodiversidade em diferentes escalas à inabilitação da capacidade de resiliência de ambientes ou organismos, conduzindo a extinção e perda de base genética de variedades selvagens (MMA/SBF, 2003; RICKLEFS, 2011). Essas alterações aliadas a essencialidade dos ecossistemas (sub) tropicais na regulação do ciclo global do carbono (CLARK, 2002, p. 3; PHILLIPS, HIGUSHI, *et al.*, 2013; MARVIN e ASNER, 2016) coloca a Floresta Tropical Amazônica, singular é extremamente heterogênea em diferentes escalas espaciais, como um dos principais reservatórios de biodiversidade e carbono globais (PUIG, 2008; ANDERSON, 2012), em extremo perigo.

A agropecuária tem papel principal neste enredo como elemento basilar do desmatamento na Amazônia e no mundo. O uso do fogo acelera o deslocamento de carbono para a atmosfera e outros compostos estocados no solo e na vegetação, através da queima e decomposição da biomassa (BENSUSAN e ARMSTRONG, 2008; GOLDEMBERG, 2011; FAO, 2012). Estas emissões resultam no acúmulo na atmosfera de gases denominados de gases de efeito estufa (GEE), entre eles o CO₂, CH₄, NO₂ e outros em menor proporção, mas não menos importantes, como os denominados Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs¹).

A necessidade de mitigar e regular os efeitos da degradação do meio ambiente a nível global conduziu ao surgimento do mercado de carbono, no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (UNFCCC) durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED ou ECO-92) no Rio de Janeiro. A trajetória, pós Rio 92, somam-se esforços, onde se destacam o “Protocolo de Kyoto” em 1997; o início da concepção voltada às florestas e as mudanças no uso da terra em Montreal, em 2005, quando tem início à fase de projetos de Redução de Emissões do Desmatamento

¹ Os compostos orgânicos voláteis são componentes químicos presentes em diversos tipos de materiais sintéticos ou naturais (produzidos pelas plantas). A principal característica é possuir alta pressão de vapor, o que faz com que se transformem em gás ao entrar em contato com a atmosfera. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) começou a adotar o termo VOCs para descrever gases emitidos por sólidos ou líquidos, dentre os quais alguns podem levar a dano à saúde a curto ou longo prazo.

(RED), incorporando posteriormente a questão da conservação e manejo florestal sustentável, firmando-se como REDD+². E o atual acordo de Paris e seus desdobramentos de esforços globais relacionados às metas de redução das emissões dos países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Uma alternativa de aparente consenso nas estratégias de implementação dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) e na abordagem que considera a redução do desmatamento (REDD+) é a adoção de sistemas agroflorestais e as florestas de produção. Entretanto, apesar da estratégia que adota a estratégia REDD+, ser bastante defendida na comunidade acadêmica e por países detentores de florestas (BERENGUER, J., *et al.*, 2014, p. 11), há bastante resistência ao modelo que prioriza o extrativismo como paradigma de desenvolvimento, pois não intensifica esforços em domesticação de recursos extrativistas potenciais da Amazônia (HOMMA, 2014; HOMMA, WALKER, *et al.*, 2014; HOMMA, 2005).

Por outro lado, os sistemas agroflorestais ou “SAFs” como são usualmente denominados às atividades que utilizam árvores e arbustos de modo integrado na concepção de sistemas (NAIR, 1993; PUIG, 2008, p. 369; MAY, BOHRER, *et al.*, 2005, p. 5), possuem forte justificativa para sua adoção pela manutenção da biodiversidade e na autossustentação humana. Neste caminho a domesticação de espécies é proposta como forma de democratização e valorização dos recursos e produtos com amplo alcance aos mercados, produzindo renda e emprego no campo pelo aumento da produtividade da terra e valorização da mão de obra (HOMMA, 2001; HOMMA, 2005; HOMMA, BARROS, *et al.*, 2014).

Em destaque à ampliação dos investimentos em ciência, tecnologia, assistência técnica e infraestrutura social como forma de vencer o atraso e a aparente irreversibilidade do nível de desenvolvimento e da redução da destruição crônica dos recursos naturais (HOMMA, 2001; HOMMA, 2005; HOMMA, BARROS, *et al.*, 2014). Por isso, é urgente a necessidade da ciência produzir informações e indicadores confiáveis quanto à viabilidade de sistemas alternativos de uso do solo, utilizando técnicas que reduzam os riscos para a iniciativa privada que almeja desenvolver sistemas produtivos integrados na Amazônia, que além de gerar

² REDD+ refere-se ao conjunto de ações voltadas à conservação dos estoques de carbono florestal, manejo sustentável de florestas e aumento dos estoques de carbono florestal conforme definição da UNFCCC (2010).

benefícios econômicos produzam serviços ambientais como acúmulo de carbono em espécie chave para compor sistemas agroflorestais.

Dentre as espécies locais em uso na região Oeste do Pará, exploradas economicamente em sistemas agroflorestais e pelo extrativismo, destaca-se o Cumaru (*Dipteryx spp.*), espécie muito apreciada especificamente quanto à qualidade da madeira e pela forte relação econômica pelo uso de suas sementes (CLAY e CLEMENT, 1993; GBIF, 2013; FUNK, HOLLOWELL, *et al.*, 2007), amplamente utilizada para extração da cumarina (PESCE, 2009; CLAY, SAMPAIO e CLEMENT, 2000; HERRERO-JÁUREGUI, SIST, *et al.*, 2011) que a torna um recurso tradicional no mercado de produtos da flora amazônica (RÊGO, 2014; HOMMA, BARROS, *et al.*, 2014; GONÇALVES, GAMA, *et al.*, 2012).

A espécie inspirou diversos estudos, conduzidos em diversas regiões, entretanto há escassez de análises no âmbito econômico-produtivo voltado, não somente para a produção de biomassa, mas para a produção sementes para atender o mercado de sementes para extração da cumarina que apresenta demanda no mercado nacional (RÊGO, 2014; GONÇALVES, GAMA, *et al.*, 2012) e internacional com ampla utilização na Europa (PESCE, 2009) e no mercado Asiático liderado pela China que tem fortemente ampliado o mercado da cumarina extraída das sementes para uso em perfumaria, medicamentos e outros usos industriais (PRASHAR, KUMAR, *et al.*, 2012).

Desta feita, com foco no potencial da espécie em gerar benefícios econômicos e sociais através de seu uso em plantios comerciais em sistemas agroflorestais ou reflorestamentos puros, buscou-se neste trabalho responder aos seguintes questionamentos:

- Qual a situação dos estoques florestais em termos de volume e densidade de árvores em paisagens florestais e agroflorestais para a espécie cumaru (*Dipteryx spp.*) no Estado do Pará?
- Há viabilidade econômica no uso da espécie cumaru como componente chave em sistemas agroflorestais para produção de sementes e madeira em três regiões do Estado do Pará?

- Qual o custo de oportunidade para o manejo, conservação e uso da espécie cumaru (*Dipteryx spp.*) em sistemas agroflorestais no estado do Pará para produção de sementes e madeira?

1.1. Objetivos

O objetivo deste estudo foi contribuir para reduzir as incertezas na estimativa da produtividade de madeira, frutos e a viabilidade econômica do uso da espécie cumaru (*Dipteryx spp.*) para produção de sementes em sistemas de uso do solo na região Oeste do Estado do Pará.

Os objetivos específicos foram:

- Estimar o estoque florestal utilizando a densidade de árvores de cumaru em paisagens florestais em Portel e Novo Progresso no estado do Pará.
- Estimar a produtividade de sementes de cumaru em plantios na região Oeste do Estado do Pará.
- Estimar o custo de oportunidade para adoção de sistemas agroflorestais por agricultores familiares com a espécie cumaru como componente chave na região sudoeste do estado do Pará.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta pesquisa foi elaborada com foco em abordagem interdisciplinar promovida pelo programa de pós-graduação Sociedade Natureza e Desenvolvimento. Desta forma a busca dos esclarecimentos aos questionamentos propostos foi feita revisão acerca dos seguintes tópicos: A floresta, o desmatamento e os estoques florestais na Amazônia; sistemas agroflorestais e modo de uso da terra; a espécie cumaru e o gênero *Dipteryx*; o valor de uso da espécie por sua madeira, sementes e derivados e, por fim a avaliação econômica dos modos tradicionais de uso da terra e sistemas alternativos de plantios.

2.1. A floresta, o desmatamento e os estoques florestais na Amazônia.

A floresta por definição nacionalmente aceita pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB) refere-se a qualquer vegetação que apresente predominância de indivíduos lenhosos, onde as copas das árvores se tocam formando um dossel (SFB, 2017). A definição da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) as florestas são áreas com mais de 0,5 ha com árvores maiores que cinco metros de altura e cobertura de copa superior a 10%, ou árvores capazes de alcançar estes parâmetros *in situ*. Por outro lado, a Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) através da Declaração de Marrakesh define de forma mais ampla as florestas como a área de no mínimo 0,05-1,0 ha com cobertura de copa (ou densidade equivalente) de mais de 10-30%, com árvores com o potencial de atingir a altura mínima de 2-5 metros na maturidade *in situ*, onde a floresta pode consistir tanto de formações florestais fechadas (densas) em que árvores de vários estratos e suprimidas cobrem uma alta proporção do solo. Nesta abordagem são incluídas as florestas abertas, povoamentos naturais jovens e todas as plantações que ainda atingirão densidade de 10-30% e uma altura entre 2 e 5 metros, assim como áreas que normalmente fazem parte da área florestal e que estão temporariamente desflorestadas como resultado da intervenção humana, como a colheita ou causas naturais, mas cuja reversão da floresta é esperada.

O Serviço Florestal Brasileiro (SFB) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) adotaram no escopo da elaboração dos relatórios nacionais e internacionais sobre os recursos florestais do País diversas tipologias de vegetação lenhosas que correspondem às seguintes categorias de vegetação: floresta ombrófila densa (FOD); floresta ombrófila aberta (FOA); floresta ombrófila mista (FOM); floresta estacional semidecidual (FESD); floresta estacional decidual (FED); campinarana (florestada e arborizada) (CAMPf ou CAMPa); savana (florestada e arborizada) - cerradão e campo-cerrado; savana estépica (florestada e arborizada) - caatinga arbórea; estepe (arborizada); vegetação com influência marinha, fluviomarinho (arbóreas); vegetação remanescente em contatos, que pelo menos, uma formação seja florestal; vegetação secundária em áreas florestais e reflorestamento.

A FOD é a mais representativa das fitofisionomias encontradas na Amazônia, caracteriza-se por uma mata densa e mista que se pode apresentar com cobertura florestal

uniforme ou com árvores emergentes, conforme a morfologia do terreno. Em menor proporção encontram-se as florestas ombrófila aberta, floresta estacional, savanas, campinarana e formações pioneiras. Além das áreas de Tensão Ecológica e Refúgio Ecológico (VENTURIERI, MONTEIRO e MENEZES, 2007)

A FOA é a segunda maior fitofisionomia da planície amazônica (GAMA, SOUZA, *et al.*, 2007, p. 466). De acordo com o manual da vegetação brasileira do IBGE (2012) a FOA e FOD são subdivididas em cinco formações ordenadas segundo a hierarquia topográfica, que condiciona fisionomias diferentes de acordo com as variações das faixas altimétricas (terras baixas, submontanas e montanas).

Um dos principais serviços de apoio prestados pelas florestas é a remoção de carbono da atmosfera e o armazenamento, em longo prazo, na biomassa, na matéria orgânica morta e no carbono do solo. Desta forma, o desmatamento e a degradação florestal nos trópicos e subtropicais têm grande impacto negativo sobre a biodiversidade terrestre e, portanto, sobre o fornecimento de serviços ecossistêmicos que estão intimamente ligados à biodiversidade (PARROTTA, WILDBURGER e MANSOURIAN, 2012, p. 13).

Segundo a FAO, o desmatamento resultante principalmente da conversão de florestas para a agricultura entre 1990 e 2010, foi estimado entre 13 e 16 milhões de hectares (Mha) por ano. No entanto, como resultado dos esforços de plantações florestais em grande escala, a expansão natural das florestas e do sucesso na desaceleração das taxas de desmatamento em alguns países a perda líquida global na área florestal desacelerou de 8,3 milhões de hectares (1990 a 2000) para 5,2 milhões de hectares de 2000-2010 (FAO, 2010, p. 100).

Para o IPCC (2007) as atividades de mitigação relacionadas às florestas podem reduzir consideravelmente as emissões de fontes, aumentar a remoção de CO₂ por sumidouros a baixo custo e criar sinergias com a adaptação e o desenvolvimento sustentável (IPCC, 2007). Além da redução e da inversão da degradação florestal nas regiões (sub) tropicais também podem contribuir para a mitigação das alterações climáticas.

Além do corte raso da vegetação, a degradação florestal é provocada por inúmeros tipos de distúrbios naturais e humanos como a extração seletiva de madeira, o fogo de sub-

bosque, a fragmentação e a caça excessiva (BERENGUER, J., *et al.*, 2014; PARROTTA, WILDBURGER e MANSOURIAN, 2012). Entretanto, apesar de os esforços para reduzir o desmatamento e a degradação das florestas, somente em 2007, na 13ª COP foi reconhecida a degradação das florestas como um contribuinte importante para a perda de carbono e incorporando-as ao mecanismo de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD +) (UNFCCC, 2008).

O Brasil, em resposta as pressões internacionais relacionadas à perda biodiversidade por desmatamento, degradação da cobertura florestal e, na busca de se consolidar no cenário global dos países em desenvolvimento iniciou na década de 1980 uma série de ações para prevenção e redução da perda de floresta e biodiversidade com foco na Amazônia, a exemplo do Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES). Primeiro sistema implantado para produção da série histórica da taxa de desmatamento na Amazônia Brasileira, que possibilitou a elaboração de nível de referência de emissões de GEE pelo setor florestal brasileiro servindo como base para a captação de recursos financeiros por desmatamento evitado no âmbito da UNFCCC (MMA, 2017).

Esse esforço brasileiro, culminou em 2004 com a criação do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal³ (PPCDAM), que tem por objetivos reduzir o desmatamento e criar as condições para se estabelecer um modelo de desenvolvimento sustentável na Amazônia Legal (MMA, 2017). Segundo este plano dentre as causas nacionais do desmatamento destacam-se: 1) ocupação irregular de terras públicas; 2) crescimento desordenado da ocupação sobre a área de floresta; 3) dificuldade de rastreabilidade da cadeia da madeira; 4) baixa viabilidade das cadeias produtivas alternativas ao desmatamento; 5) baixa produção de madeira sustentável, entre outras (PPCDAM, 2016).

Os dados oficiais do governo brasileiro, consolidados pelo PRODES, indicam que em 2016 a área total de cobertura florestal na Amazônia Legal (AML) era de 3.214.801,95 km² (63 %). A área não florestal de acordo com o levantamento correspondeu a 961.054

³ A Amazônia Legal é uma área de 5.217.423 km², que corresponde a 61% do território brasileiro. Abriga todo o bioma Amazônia no Brasil, parte do bioma Cerrado e parte do Pantanal. Ela engloba os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins e parte do Estado do Maranhão.

km²(18.96 %), a hidrografia⁴ com área de 112.925 km² (2.23 %). Nesta análise a área encoberta com nuvens foi de 525.376 km² (10,37 %). A área total desmatada na AML era de 777.170,68 km² que correspondeu a 15,33% da área total e 19,47 % da área de floresta original desta região (PRODES, 2018).

Na figura 1 é apresentada com base nos dados do PRODES a evolução das taxas de desmatamento para todos os Estados da AML, onde foi possível observar a sensível redução na taxa de desmatamento (km²) para o período de 1988 a 2012 e o retorno do crescimento desta taxa voltando a patamares semelhantes ao ano de 2009, acima de 7000 km².

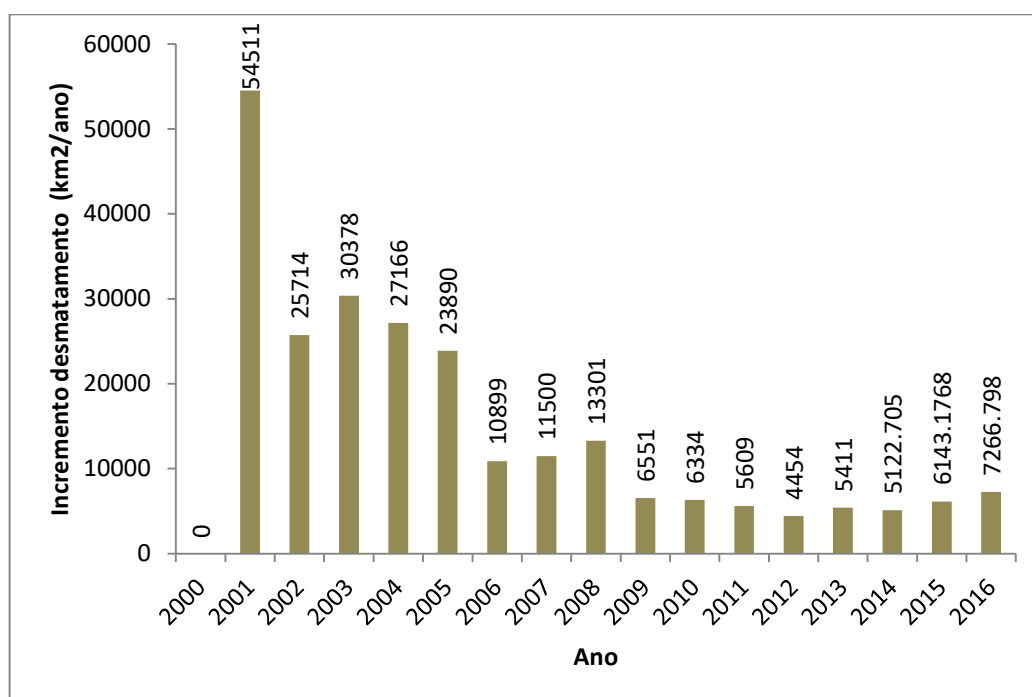


Figura 1- Evolução da taxa PRODES para o desmatamento na Amazônia Legal (Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados PRODES, 2016).

Ainda segundo os dados do PRODES para 2016, o Estado do Pará alcançou 262.087,4889 km², ou seja, 23,15 % da área de floresta original desmatada por corte raso, ou 20,97% da área total. No período entre 2015 e 2016 o incremento do desmatamento do Pará foi de 2744,54 km² que correspondeu a 0,22 % de taxa de desmatamento. O estado do Pará contribuiu com mais de 33% de toda a área total desmatada na AML (INPE, 2018).

⁴ Número de pixels de massa d'água.

Segundo, o governo brasileiro, somente na Amazônia é armazenado aproximadamente 68,57 Pg (trilhões de quilogramas) de carbono nos compartimentos acima e abaixo do solo (SFB, 2015). Esta região é a maior floresta tropical do planeta, desempenhando assim um papel de maior repositório mundial de carbono florestal (FAO, 2010). Os recentes esforços do governo para reduzir o desmatamento levaram a uma queda acentuada nas taxas de desmatamento, com desmatamento anual caindo em 76% entre 2004 e 2017 (INPE, 2018).

O termo estoque florestal é usado para expressar a quantificação das variáveis: volume de madeira, peso da biomassa e peso de carbono encontrado nas áreas com cobertura florestal (SFB, 2017). A biomassa é a matéria orgânica presente tanto acima quanto abaixo do solo, viva e morta, como por exemplo, árvores, culturas agrícolas, gramíneas, serapilheira, raízes (FAO, 2010). Os principais mecanismos de quantificação da biomassa florestal acima do solo são o uso de inventários florestais (BAIMA, SILVA e SILVA, 2001; SILVA, CARVALHO, *et al.*, 1984; HIGUCHI e RAMM, 1985; MOTA e SILVA, 2007; MOTA, PONTE e PAULETTO, 2018). Entretanto, esse método é bastante questionado quando o objetivo é a quantificação total da biomassa florestal (SILVEIRA, KOEHLER e SANQUETTA, 2008; SILVEIRA, 2010; RATUCHNE, KOEHLER, *et al.*, 2016).

De modo geral os estudos para quantificação de biomassa florestal dividem-se em métodos diretos (ou determinação) e métodos indiretos (ou estimativas). A determinação por métodos diretos é onerosa e demorada, ou seja, significa uma medição real diretamente na biomassa como a pesagem de uma planta ou partes dela em balança. Por outro lado, a estimativa de biomassa aérea pelo método indireto consiste em correlacioná-la com alguma variável de fácil obtenção e que não requeira a destruição do material vegetal (HIGUCHI, CHAMBER, *et al.*, 2004; IPCC, 2003).

As estimativas podem ser feitas por meio de relações quantitativas ou matemáticas, como razões ou regressões de dados provenientes de inventários florestais por meio da derivação do volume comercial, em que são utilizados fatores que podem ser de expansão ou, de conversão, e por dados de sensoriamento remoto (HIGUCHI e RAMM, 1985; HIGUCHI, SANTOS, *et al.*, 1998; HIGUCHI, CHAMBER, *et al.*, 2004; SILVEIRA, KOEHLER e SANQUETTA, 2008). Nesta última categoria se insere o perfilamento a LASER, sistema que

adquire dados digitais de elevação do terreno (GPS⁵), emite pulsos em elevada frequência por sensor em uma plataforma (terrestre ou aeronave) sobre a área de interesse, no qual o tempo de resposta permite medição precisa dos alvos (GIONCO, KOEHLER, *et al.*, 2010, p. 232; LU, CHEN, *et al.*, 2012) ou quantificar a biomassa florestal acima do solo (WU, DYE, *et al.*, 2016) ou árvores individuais (FIGUEIREDO, D'OLIVEIRA, *et al.*, 2014). Entretanto, estes equipamentos são muito onerosos, inacessíveis ao pequeno e médio detentor de floresta que busca no manejo florestal uma alternativa de renda na Amazônia. Portanto, o uso de técnicas de mensuração direta e indireta, com maior rigor e rapidez ainda são alternativas necessárias para obter modelos precisos e com baixo custo através do uso de equações alométricas.

Entretanto, a base para a realização de um bom manejo ainda é o inventário florestal, que consiste no levantamento das informações qualitativas e quantitativas dos recursos florestais da área objeto do manejo. Para quantificar o volume de uma árvore ou de uma população (floresta) é necessária a utilização de modelos precisos na determinação do estoque florestal (MOTA e SILVA, 2007). Dentre os estudos pioneiros na determinação da volumetria de árvores e povoamentos na Amazônia destacam-se os estudos de Heinsdijk & Bastos (1963) que sugeriram o fator de forma médio 0,7 para as árvores da floresta Amazônica.

Desde a década de 1960 várias pesquisas têm sido conduzidas sobre a quantificação dos estoques na Amazônia (SILVA, CARVALHO, *et al.*, 1984; HIGUSHI e RAMM, 1985). A determinação volumétrica do fuste de uma árvore pode ser realizada através do uso de equações de forma, contudo é comum utilizar as equações de volume, onde os modelos mais comumente utilizados são equações de simples entrada e dupla entrada que utilizam as relações entre o diâmetro à altura do peito (DAP), a altura total (HT) ou altura do fuste (HF). Entretanto, também podem ser inseridas ainda outras variáveis como o fator de forma do tronco, classe de produtividade, idade, etc. (HOSOKAWA, MOURA e CUNHA, 2008, p. 39).

A estimativa da produtividade de povoamentos florestais e agroflorestas é informação fundamental para gestão destes sistemas, como abordado por Hosokawa, Moura e Cunha (2008):

⁵ Sistema de posicionamento global (GPS).

A determinação da classe de produtividade é muito importante, porque permite conhecer o potencial de produção florestal de uma determinada localidade e, com isso possibilita a tomada de decisão sob vários aspectos, tanto na produção biológica como na produção econômica (HOSOKAWA, MOURA e CUNHA, 2008)

Segundo Pereira (2013) um problema para o Brasil e, sobretudo para a Amazônia é qual, ou como deve ser a forma de atuar para mitigar o desmatamento e a degradação de novas áreas e quais as estratégias devem ser usadas para se tentar recuperar ou reflorestar áreas degradadas ou desmatadas. Nesta perspectiva, o uso de sistemas agroflorestais se destaca como alternativa viável para substituir ocupar áreas degradadas em regiões de topografia desfavorável à agricultura e, em estados avançados de degradação dos solos, ou para proteger áreas de preservação localizadas nas bordas de cursos d'água desmatada e, em sistemas de integração de atividades produtivas na propriedade rural tendo como fonte de financiamento complementar o estoque de carbono (WOLF, BARBOSA, *et al.*, 2012).

2.2.Os sistemas agroflorestais e modo de uso da terra

Os sistemas agroflorestais, comumente conhecidos como SAFs 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” (VIANA, DUBOIS, *et al.*, 1996, p. 3). Essas misturas complexas de árvores e culturas agrícolas são amplamente praticadas na América Latina, Sudeste Asiático e África Equatorial e, estão entre os sistemas de cultivo mais sustentáveis nos trópicos (NAIR, 1993; PUIG, 2008).

A prática agroflorestal na Amazônia, e nos trópicos, é centenária e envolve uma variedade de combinações de arranjos e plantas, que se mostram correlacionados à função da espécie no sistema, à preferência do agricultor para estabelecer determinada espécie e ao hábito alimentar de cada região (GAMA, 2003, p. 2).

Em todo o mundo são encontrados modos de uso da terra que podem ser incluídos no âmbito dos sistemas agroflorestais como os praticados na Indonésia, na África ou na América Tropical. Além do extrativismo, como desenvolvido na Amazônia, que apesar de muito diferentes, porém tem em comum a exploração de produtos florestais mantendo um nível aceitável de biodiversidade e permitindo a renovação em longo prazo desses produtos. Ao

mesmo tempo, favorecem a integração das populações envolvidas com suas características socioculturais (PUIG, 2008).

Segundo Maneshy *et al.* (2009) a prática de combinar árvores com cultivos agrícolas e/ou com atividade pecuária ocorre há bastante tempo na Amazônia brasileira. Estes autores relatam um histórico das principais práticas desenvolvidas na Amazônia:

[...] como exemplo, agricultores japoneses em Tomé-Açu, PA, e agricultores do projeto Reflorestamento Consorciado e Adensado, em Rondônia (RECA), ambos na década de 1980; e agricultores da Associação de Produtores Alternativos de Ouro Preto do Oeste (APA), também em Rondônia, no início dos anos 90. Por outro lado, a pesquisa agroflorestal na Amazônia começou a ser sistematizada no início dos anos 80 por instituições como a Comissão Executiva da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) via suas unidades localizadas na Amazônia e o Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), por meio da Coordenação de Pesquisa em Ciência Agrônomicas (CPCA). Outra iniciativa relevante sobre SAFs na Amazônia, se refere à atuação da Rede Brasileira Agroflorestal (REBRAAF), que trabalhou na capacitação de técnicos e agricultores em meados da década de 90, e lançou a publicação “Manual agroflorestal para a Amazônia” (JUNIOR, MANESCHY, *et al.*, 2009)

Na literatura são encontrados uma grande variabilidade de sistemas agroflorestais e usos da terra. Entretanto, Nair (1987) classifica de acordo com a composição e disposição dos elementos do sistema, funções do sistema, sua escala socioeconômica, nível de gestão e sua disseminação ecológica. Por outro lado, Stefano e Jacobson (2017) utilizaram três principais grupos agroflorestais em sua meta-análise: (1) agrossilvicultura (plantações); (2) silvo pastoril (árvores/pastagens/animais); (3) agrosilvopastoril (culturas-pastagens/animais-árvores) (NAIR, 1993; STEFANO e JACOBSON, 2017).

Dentre as diferentes formas de Sistemas Agroflorestais - SAF nas regiões tropicais são destacados os sistemas taungya, silvipastoril, quintais agroflorestais e os sistemas multiestratificados comerciais ou agroflorestas, sendo estes dois últimos bastante praticados na Amazônia. Os sistemas multiestratificados permitem que os agricultores familiares possam obter renda de diferentes espécies e produtos ao longo do ano (VIEIRA, ROSA, *et al.*, 2007).

Segundo observado por Bentes-Gama (2003, p14):

“[...] a falta do monitoramento contínuo de espécies arbóreas em SAF, ao longo do tempo, é um dos entraves que impede o avanço do conhecimento acerca do desempenho produtivo nesses sistemas. Isso leva à falta de domínio dos processos e não favorece a difusão dos resultados obtidos destes sistemas para os produtores”.

Muitos estudos têm sido desenvolvidos em SAFs visando estabelecer uma relação entre esses sistemas e a sustentabilidade, porém sem incorporar a viabilidade econômica, até os dias atuais ainda há inúmeras lacunas a serem preenchidas, conforme relatado por Vivian *et al.* (2003) no texto direcionado para produtores rurais da Mata Atlântica “é importante ter em mente 12 dicas fundamentais para quem busca nos SAFs uma alternativa e cultivo: o lugar certo; as espécies; os consórcios; a sucessão; o manejo; os recursos genéticos; a colheita; o processamento; o mercado (VIVIAN, 2003).

Esse modelo de produção rural com uso de SAFs é visto como uma estratégia importante para os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio de erradicar a pobreza e a fome, promovendo a equidade social e a sustentabilidade ambiental. Entretanto, não é o que se observa quando se tenta captar recursos em agências de fomento para o desenvolvimento destas atividades (HOMMA, WALKER, *et al.*, 2014), ora por falta de informação e projetos de qualidade, ora pela baixa lucratividade em face de outras atividades mais rentáveis e com menor risco.

Apesar de que na última década aumentou as iniciativas que visam fornecer benefícios financeiros para proprietários de terras e agricultores para o desenvolvimento de práticas de uso da terra que mantenham serviços ambientais de valor para a sociedade em geral (FAO, 2010). Contudo, ainda existem muitas incertezas que devem ser observadas e esclarecidas para tornar atrativo e sustentável o investimento nesta modalidade produtiva. Há necessidade de índices técnicos confiáveis em relação à produção de produtos de alimentos, não madeireiros como óleos e medicamentos (LEAKEY, TCHOUNDJEU, *et al.*, 2005) e madeira (EMBRAPA, 2015).

Entretanto, os sistemas agroflorestais devem gerar renda suficiente para se tornarem economicamente viáveis, servindo a renda para manter a função social da propriedade. Rendas adicionais como oriundas do carbono devem servir como um incentivo a mais para implantar e manter os reflorestamentos no longo prazo (MAY, BOHRER, *et al.*, 2005; PUIG,

2008; HOMMA, 2014), assim como outros mecanismos como a negociação de cotas de reserva florestal (CRA) conforme proposto pelo Código Florestal (BRASIL, 2012). Desta forma, o uso de espécies nativas que tenham plenas condições de produzir produtos em escala adequada com ampla aceitação no mercado é um dos desafios que a ciência deve focar para tornar viável o uso sustentável das propriedades rurais brasileiras com menor impacto ao meio ambiente possível.

2.3. A espécie cumaru (*Dipteryx* spp.)

A árvore denominada de cumaru destaca-se entre os milhares de espécies da biodiversidade Neotropical. A importância das espécies do gênero *Dipteryx* se traduz pela grande variedade de estudos que têm sido realizados na última década, no qual o gênero *Dipteryx* destaca-se em diversas áreas da pesquisa ligadas ao elevado valor etnobotânico e econômico das espécies deste grupo.

Em revisão bibliográfica feita, somente nos últimos 10 anos, foram encontradas 116 publicações de pesquisas nas mais diversas áreas, desde a botânica, química, biodiversidade, carbono, medicina e na indústria de desenvolvimento tecnológico, citadas pelo site PubMed Central® (PMC), onde são disponibilizadas gratuitamente literatura sobre artigos completos de revistas de ciências biomédicas e de vida na *National Library of Medicine* (NIH/NLM) dos EUA (PMC, 2017).

Esta espécie possui denominação popular ampla e variada, sendo no Brasil primeiramente denominado pelas populações pré-colombianas de kumba'ru (palavra de origem tupi). Na região do Xingu e Terra do Meio é denominado de kremokô pelas populações Kayapó. De modo geral na Amazônia é denominado de cumaru, cumaru-ferro, cumarurana, champanha, cumaru amarelo, cumaru rosa, cambaru, cumaru da folha grande, cumaru-escuro, cumaru-roxo, cumaru-verdadeiro, cumbari e muirapagé. Na região do Cerrado e do semiárido é conhecido como baru. Enquanto que no Peru é denominada de shihuahuaco, charapilla, shihyahuaco amarillo, kumarut; tonka. No Suriname é koemaroe e Serrapia na Venezuela. Em Caiena é “gaiac de cayenne” e “tonka” na Guiana Francesa. Já na América Central é “almendro” e “ebo” (ITTO, 2017). Porém, nem todas essas denominações são

relacionadas ao gênero *Dipteryx* Schreb, pois as espécies do gênero *Taralea* também são confundidas com cumaru.

De acordo com o sistema integrado de informação taxonômica (*Integrated Taxonomic Information System*) o gênero *Dipteryx* situa-se na seguinte hierarquia taxonômica (ITIS, 2017):

Reino: Plantae – Plantas e Vegetais

Sub-reino: Viridiplantae.

Infrarreino: Streptophyta – plantas terrestres.

Superdivisão: Embryophyta.

Divisão: Tracheophyta – plantas vasculares, tracheophytes.

Subdivisão: Spermatophytina – spermatophytes, plantas com sementes, fanerógamas.

Classe: Magnoliopsida

Superordem: Rosanae.

Ordem: Fabales.

Família: Fabaceae – ervilhas e legumes .

Gênero: *Dipteryx* Schreb.

No Brasil, este gênero está presente em, pelo menos, quatro dos seus Biomas (Amazônia, Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica). O gênero apresenta distribuição essencialmente na floresta úmida amazônica, contudo possui representante do gênero (*Dipteryx alata*) presente nas áreas secas no Brasil Central, Bolívia e Paraguai (BARHAM, 2005).

As espécies botanicamente aceitas deste gênero são ao todo doze, conforme revisão do gênero *Dipteryx* Schreb., disponível no *Integrated Taxonomic Information System* (ITIS, 2017) e na base do *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, 2013), que são: 1) *Dipteryx lacunifera* Ducke; 2) *Dipteryx polyphylla* Huber; 3) *Dipteryx rosea* Benth.; 4) *Dipteryx oleifera* Benth.; 5) *Dipteryx micrantha* Harm; 6) *Dipteryx cordata* Ducke; 7) *Dipteryx magnífica* (Ducke) Ducke; 8) *Dipteryx punctata* (S.F.Blake) Amshoff; 9) *Dipteryx*

pallidiflora Ducke; 10) *Dipteryx parviflora* Spruce; 11) *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. e 12) *Dipteryx alata* Vogel (GBIF, 2013; ITIS, 2017).

O gênero *Dipteryx* foi descrito primeiramente por Aublet (1775) como *Coumarouna*, sendo a espécie tipo *C. odorata*. Entretanto, alguns anos mais tarde o nomenclaturista Schreber (1791), agrupou *Coumarouna* com *Taralea*, num único gênero ao qual deu o nome de *Dipteryx*. Atualmente estes dois gêneros são considerados distintos (*Dipteryx* e *Taralea*) (FRANCISCO, 2010).

O gênero *Dipteryx* é membro da tribo Dipterygeae, que são de modo geral árvores com folhas pinadas, estipuladas, os folíolos são opostos ou alternos, sem estipelas. A inflorescência é paniculada, os dois lobos do cálice superiores são distintos e ampliados, sendo os inferiores reduzidos e a corola é papilionácea. O fruto nesta tribo é bastante diversificado podendo apresentar valvas com deiscência elástica (*Taralea spp.*), ou ainda ser indeiscente (*Pterodon*) ou tardiamente deiscente em *Dipteryx*. O fruto é a principal característica diagnóstica para distinguir o gênero *Dipteryx* de *Taralea*, sendo que na primeira o fruto é tardiamente deiscente com o endocarpo se abrindo após a decomposição do mesocarpo e na segunda o fruto tem deiscência elástica e gênero *Pterodon* apresenta folhas com raque marginada sendo distinguível vegetativamente dos outros dois gêneros (FRANCISCO, 2010; PINTO, FRANCISCO e MANSANO, 2014).

Segundo Pennington et al. (2001):

[...] esta tribo é monofilética, isto é, corresponde a um táxon (grupo de organismos) que forma um clado ou ramo, ou seja, que consiste exclusivamente num ancestral comum, sendo o gênero *Taralea* o gênero basal deste grupo e irmão de um clado com *Pterodon* e *Dipteryx*. O grupo Dipterygeae tem como grupos irmãos elementos incluído na tribo Swartzieae *sensu lato* (ex: *Amburana*, *Mildbraediodendron*, *Cordyla* e *Aldina*) e Sophoreae *sensu lato* (*Angylocalyx*, *Dussia*, *Myroxylon*, *Myrospermum* e *Myrocarpus*) (PENNINGTON, 2001, p. 547).

No site da *Global Biodiversity Information Facility* são apresentados trinta e seis registros de descrições botânicas para este gênero, onde são inclusos as nomenclaturas botânicas aceitas, sinônimos aceitos e alguns ainda questionados (GBIF, 2013). Entretanto,

há grande confusão na identificação correta desta espécie, quando analisado os caracteres morfológicos. Essa dificuldade na identificação em parte é devido às alterações na morfologia de folhas e cascas. A variação morfológica das folhas em desenvolvimento, associado ao ambiente e substrato pode gerar fenótipos que confundem, tanto em florestas nativas, reflorestamentos e viveiros para produção de mudas.

O Programa de Espécies Globais Ameaçadas da IUCN que atua na Comissão de Sobrevivência de Espécies (SSC) que avalia o estado de conservação de espécies a nível global, classificou as espécies *Dipteryx charapilla* (J. F. Macbr.) Ducke (sinônimo de *Dipteryx rosea* Benth.) e *Dipteryx alata* Vogel como *vulneráveis* a extinção. Isto é, são espécies que possuem riscos devido à exploração de sua madeira ou pela rápida conversão dos seus habitat naturais.

Contudo, neste estudo o destaque foi dado às espécies do gênero: *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., e *D. punctata* (S.F.Blake) Amshoff, encontradas na Amazônia em quase todas as matas de terra firme do Estado do Pará, do Amazonas e da região Norte do Brasil, Venezuela, Bolívia, Suriname e Guianas (GBIF, 2013; CARVALHO, CARVALHO, *et al.*, 2001; FUNK, HOLLOWELL, *et al.*, 2007).

2.3.1. *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd

A espécie *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., foi descrita primeiramente por Aublet (1775), sendo considerada a “espécie tipo”⁶ do gênero. A primeira identificação foi como o gênero *Coumarouma*. É uma árvore que varia de médio a grande com porte com até 40 metros de altura e diâmetro do tronco de até 1,50 m na região Amazônica. As árvores fornecem madeira dura e pesada com peso específico de 0,91 g/cm³ com cerne castanho escuro de aspecto fibroso atenuado com alburno bege claro, escasso com grã irregular e textura média. A madeira é difícil de trabalhar, contudo é capaz de receber bom polimento e é bastante durável. (SFB, 2016 e IPT, 2016).

A espécie *D. odorata* possui sistema reprodutivo hermafrodito que é formado por inflorescências na forma de panículas terminais eretas de cor ferruginosa que medem em média 6,2 cm de comprimento (5,1-8,6) por 8,4 cm (7,1–10,2) de largura, com 2-8 ramos /

⁶ Espécie cujas características são determinadas como padrão para a identificação de um gênero.

inflorescência, apresentando 78,5 (3-218) botões e flores/inflorescência (SAMPAIO, 1993; HERRERO-JÁUREGUI, SIST, *et al.*, 2011). As flores são papilionáceas de coloração branca a rosada, em média o comprimento da flor é de 16,54 mm, e o diâmetro da borda floral é de, aproximadamente, 7,21 mm. Estas flores apresentam uma pétala estandarte, duas pétalas do tipo asas, e duas pétalas do tipo carenas. O cálice apresenta duas sépalas ferrugentas; o androceu possui 10 estames diadelfos; as anteras são dorsifixas, dítecas, com deiscência longitudinal; o gineceu é unicarpelar e uniloculado; o estigma é papiloso; oferecem pólen e néctar como recursos florais, são extremamente aromáticos (SOUZA e MAUÉS, 2001; MAUÉS, 2001)

Os frutos na forma de uma drupa indeiscente de 5-7 cm de comprimento por 3 cm de diâmetro com cor amarelo ferruginoso quando maduro. Estes caem quando maduros, onde são colhidas normalmente, sob a planta mãe, ou em pequenos amontoados feitos por animais frugívoros que apreciam suas sementes (PESCE, 2009). O fruto possui dispersão do tipo barocórico e zoocórica realizado por morcegos e roedores. A casca do fruto é lenhosa e composta de duas valvas fortemente soldadas (PESCE, 2009; MEKDECE, ALMEIDA e RAYOL, 2013). O endocarpo é lenhoso com pericarpo carnoso que encerra uma única semente aromática de 2,5-3 cm de comprimento de cor escuro vermelho-purpura com cerca de 30% de óleo aromático de cor amarelo-claro conhecido como cumarina (PESCE, 2009).

O fruto quando seco e sem o mesocarpo, as duas valvas se separam facilmente com um golpe de martelo. A estrutura da casca possui minúsculas cavidades, nas quais se encontra uma copal na proporção de aproximadamente 18%. A amêndoa central é formada de uma massa pouco dura como um feijão, coberta por uma película fina de cor pardo-claro na semente verde, que se torna vermelha muito escura quando a amêndoa está seca. Esta amêndoa tem um perfume todo peculiar, que lembra o da baunilha e o “foincoupé”. Esta semente do cumaru é conhecida na Europa por “fava tonka”, é muito procurada pela sua produção da cumarina que é usada para aromatizar tabacos, produção de cosméticos, preparo de licores, uísque, vermute, cachaça, e na preparação de alguns doces em substituição à baunilha (ITTO, 2016; EMBRAPA 2014; PESCE, 2009), dentre outros usos médicos, ópticos e aparelhos eletrônicos.

2.3.2. *Dipteryx punctata* (S.F.Blake) Amshoff (1939)

De acordo com a classificação do Missouri Botanical Garden (Trópicos, Missouri Botanical Garden TROPICOS) a espécie *Dipteryx punctata* (S.F.Blake) Amshoff, foi descrita pela primeira vez em 1939. A espécie é uma árvore endêmica da Amazônia, ocorre no Brasil, Venezuela, Guiana, Guiana Francesa e Colômbia (FUNK, HOLLOWELL, *et al.*, 2007). No Brasil é chamada de cumaru amarelo e cumarurana. Na Venezuela espécie chamada de “sarrapia” é tão importante na vida do País que representa símbolo do Estado Bolívar (FERNANDEZ, 1985).

Esta árvore cresce em florestas nativas do Sul da Venezuela, Norte do Brasil e na região das Guianas (FUNK, HOLLOWELL, *et al.*, 2007). Na Venezuela abunda principalmente nas cabeceiras dos afluentes da margem direita do rio Orinoco, onde forma manchas extensas. A espécie se desenvolve bem numa grande variedade de solos, porém preferem as margens de rios com superfícies formadas em resultado as inundações periódicas, que possuem textura solta do tipo arenosa com muito cascalho e rico em húmus. Pode ser desenvolvido em geral em todos os tipos de solos, desde que estes tenham boa drenagem. Embora a espécie possa suportar curtos períodos de seca, requer chuvas entre 1.500 e 2.500 mm e temperatura média anual de 21 a 26 ° C (FERNANDEZ, 1985).

A árvore atinge ate 30 m de altura, suas folhas compostas com 4 a 6 folíolos que variam de ovados a oblongos, brevemente acuminados no ápice, coriáceos, glabros, com pontos translúcidos, de 6 a 15 cm de largura por 3 a 6 cm de comprimento. O ápice dos folíolos é do tipo cuspidado com a base obtusa e a consistência dos folíolos é cartáceo/coriáceo com forma dos pecíolos oblongo-lanceolada com nervuras não mediana com padrão de venação broquidódromo com pontuações translúcidas (FRANCISCO, 2010).

As flores em panículas curtas, rufo-tomentosas, brácteas e bractéolas aovadas com 7 mm de largura. O cálice rufo-tomentoso externamente, acampanado, bilabiado, com tubo de aproximadamente 4 mm de largura; os segmentos superiores aovado-oblongo possuem de 9 mm de largura; lábio inferior brevemente tridentado. As pétalas com cerca de 9 mm com largura desigual. O estandarte aovado ou orbicular e profundamente emarginado no ápice. Os

frutos são legumes no formato ovoide, drupáceo, indeiscentes, de 5 cm de largura por 3 cm de comprimento com uma só semente (RIBEIRO, HOPKINS, *et al.*, 1999; GBIF, 2013).

Em termos silviculturais a espécie, no seu estágio juvenil requer sombra moderada ou parcial até atingir alturas de 1 a 2 m. Em alguns países, quando fazem plantações artificiais, geralmente plantam milho ou trigo entre as árvores para fornecer sombra. Em Trinidad, onde existem plantações, geralmente os frutos são colhidos entre os meses de março a maio. O valor econômico e comercial desta árvore na Venezuela reside em suas sementes que são exploradas para extrair a cumarina. Entre as espécies de cumaru existentes na Venezuela a mais procurada, que se extrai maior quantidade de cumarina é a espécie *D. punctata* conhecida como “sarrapia real” ou “yape”. Os principais exportadores provenientes de cultivo são provenientes do Brasil, Venezuela, Trinidad e Tobago (FERNANDEZ, 1985).

2.3.3. O valor e importância do cumaru

A madeira do cumaru faz parte do mercado de madeiras tropicais desde o descobrimento do Brasil. Há registros de indicação de uso desta espécie para construção naval datado do ano de 1777, ou seja, desde o início da colonização das Américas a espécie é indicada para amplo espectro de usos na construção naval e construção civil, além de possuir status de madeira nobre quando usada em acabamentos (GONZAGA, 2006; IPE, 2017; ITTO, 2017), construções externas e internas, assoalhos, laminados decorativos, molduras, torneados e outras (AIMEX, 2016).

O Centro de Estudo Avançado em Economia Aplicada (CEPEA) tem registrado os preços no mercado interno brasileiro da madeira serrada desde o ano de 2008. Em 2012, na região da Zona da Mata Mineira a prancha de cumaru foi comercializada por R\$ 1800 R\$/m³ (SIF, 2012). Em 2016 no período de março a abril o preço médio do volume da prancha de cumaru comercializada no Estado do Pará variou de R\$ 1364,00 a R\$ 1376,00 m⁻³ (CEPEA, 2017).

De acordo com a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará (SEMAS-PA) em relatório disponibilizado sobre a extração e movimentação de toras de madeira nativa no Estado entre 01/01/2006 até 21/02/2016, o valor médio (R\$/m³) de toras de cumaru comercializadas nos planos de manejo e desmatamento (supressão da vegetação)

autorizados foi de R\$ 164,45/m³ (PARÁ, 2016). O preço praticado pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB) para o direito de exploração florestal das madeiras provenientes das concessões florestais é variável, depende da combinação de vários fatores. Contudo, a região da Floresta Nacional (Flona) Saracá-Taquera, em Oriximiná, o preço mínimo da madeira nobre explorada para a safra 2017 variou entre as empresas concessionárias entre R\$ 122,22 m⁻³ a R\$ 131,21 m⁻³.

Os dados de monitoramento da movimentação de toras de cumaru do gênero *Dipteryx spp*, extraídos de modo regular entre 01/01/2006 até 21/02/2016, somaram 498.806,81 m³, que corresponde a 1,78 % do total contabilizado de todas as madeiras extraídas para o período (28.033.734,06 m³). Nesta base de dados constam cadastradas oito nomes científicos, tais como *D. odorata* (Aubl.) Willd.; *D. polyphylla* Huber; *D. punctata* (Blake) Amshoff; *D. speciosa* Ducke (Sinônimo: *Taralea oppositifolia* Aubl.); *D. trifoliata* Ducke (Sinônimo: *Dipteryx D. punctata* (Blake) Amshoff); *D. alata* Vogel; *D. micrantha* Harms; *D. magnífica* Ducke e uma categoria identificada somente o gênero sem o epíteto específico (*Dipteryx sp.*) (PARÁ, 2016). Entretanto, o maior volume declarado foi para a espécie *D. odorata*, que representou 68% (337.435,00 m³) do total de madeira em tora de cumaru.

Atualmente, segundo o *International Tropical Timber Organization* (ITTO), o comércio internacional da espécie tem sido dominado pelo nosso vizinho de bacia Amazônica o Peru. Neste País o preço FOB⁷ da madeira serrada de cumaru (estruturas pesadas) exportada em setembro de 2016, variou de US\$ 875-973 m⁻³. Enquanto que o preço da madeira beneficiada como DECK de cumaru variou entre US\$ 1188-1222 m⁻³ (ITTO, 2017). Este elevado valor alcançado pela madeira do cumaru reflete sua importância para o setor de madeiras tropicais.

As espécies deste gênero, *Dipteryx*, destacam-se por suas características etnobotânicas que a colocam no cenário econômico, tanto por sua madeira que possui demanda certa no mercado nacional e internacional para o uso em construção de estruturas pesadas na construção civil, naval e na produção de móveis. Porém, possui elevado valor econômico pelas suas sementes aromáticas, oleaginosas, medicinais e industriais.

⁷ Frete pago na origem significa que o frete é pago na origem, ou seja, no preço da venda está incluído o custo da mercadoria, o seguro de transporte que garante a mercadoria e o frete de transporte até o destino

A árvore do cumaru (*Dipteryx spp.*) produz sementes oleaginosas muito consumidas por animais na floresta nativa. É também procurada por coletores extrativistas, que utilizam e comercializam suas sementes em função das características aromáticas e medicinais encontradas no óleo produzido pelas sementes. Apesar de a espécie ser de modo geral “rara nas florestas onde ocorre” (LISBOA, SILVA e ALMEIDA, 1997; HERRERO-JÁUREGUI, SIST, *et al.*, 2011). Ela figura entre as espécies com elevado valor de uso em estudos etnobotânico em populações indígenas (GUÈZE, LUZ, *et al.*, 2014).

A semente, conhecida na Europa por “fava tonka” possui demanda em função da cumarina presente na semente que é usada para aromatizar tabacos, produção de cosméticos, preparo de licores, uísque, vermute, cachaça e na preparação de alguns doces em substituição à baunilha (ITTO, 2016; EMBRAPA 2014; PESCE, 2009). Em termos comerciais as amêndoas para exportação são classificadas conforme a proveniência e tamanho. As de primeira qualidade – as favas da Venezuela conhecidas por “angustura” são as maiores de todas e com maior preço. As de segunda qualidade são as de origem das Guianas, chamadas de “surinam”, porém menores que as de “angustura”. As de terceira qualidade são as favas do Pará, preparadas com menor cuidado e misturadas, às vezes, as amarelas com as pretas, mal cristalizadas (PESCE, 2009).

O valor econômico das sementes tem como origem a substância química denominada de cumarina que produz odor característico que chamou a atenção Aublet (1775) e, posteriormente, Vogel (1820) foi o primeiro pesquisador a isolar a cumarina oriunda da espécie *Dipteryx odorata*, porém, esta mesma substância foi identificada em grande número de plantas pertencentes a inúmeras famílias botânicas. Entre as espécies mais conhecidas que produzem a cumarina, a agência internacional para a pesquisa do câncer cita o trevo doce (*Melilotus alba* e *M. officinalis*), molusco doce (*Asperula odorata*), folha de baunilha (*Trilisa odoratissima*), baunilha (*Vanilla planifolia*), cassia (*Cinnamorum cassia*), lavanda (*Lavendula officinalis*) e bálsamo do peru (*Myroxylon pereirae*) (LAKE, 1999; INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2000).

A ocorrência e distribuição das cumarinas nas Angiospermas é bastante ampla, foi verificada que há produção preferencial de cumarinas simples em oitenta e sete famílias. Os demais tipos cumarínicos (furanocumarinas lineares e angulares, piranocumarinas lineares e

angulares, lignocumarinas, bis-cumarinas, tris-cumarinas) ocorrem mais especificamente em poucas famílias e mostram uma tendência de diversificação nos táxons considerados mais primitivos (RIBEIRO e KAPLAN, 2002). Estes autores também observaram afinidade na produção de cumarinas simples e furano piranocumarinas por várias famílias relacionadas com o seu avanço evolutivo morfológico medido pelo índice de Sporne. As famílias Apiaceae, Rutaceae, Asteraceae, Fabaceae, Oleaceae, Moraceae e Thymeleaceae são as mais estudadas com maior número de ocorrências.

A cumarina é uma substância cristalina branca com peso molecular de 146,15 g/mol; ponto de fusão 68–70°C com ponto de ebulição variando de 297°C a 299°C. A estrutura consiste de um anel aromático condensado em um anel lactônico (Figura 2). É facilmente solúvel em etanol, clorofórmio, éter dietílico e em óleos, sendo também levemente solúvel em água. A maior parte da cumarina encontrada comercialmente é sintetizada a partir de salicilaldeído, porém a cumarina de melhor qualidade é aquela extraída do caroço da fava tonka (LAKE, 1999).

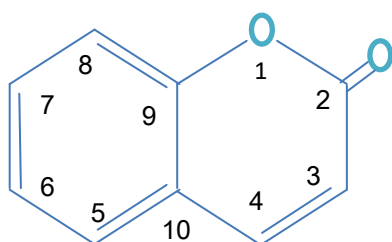


Figura 2 - Arquitetura da molécula de cumarina (Fonte: Lake, 1999).

Segundo Lake (1999) a cumarina é um produto natural que exibe diferenças marcantes entre as espécies, tanto no metabolismo quanto na toxicidade. A maioria dos testes para potencial mutagênico e genotóxico sugere que a cumarina não é um agente genotóxico. É uma substância de amplo espectro de usos desde a área médica em tratamentos com doses terapêuticas de cumarina variando de 100 a 7000 mg por dia por períodos que variam de duas semanas a mais de dois anos (MARSHALL, MOHLER, *et al.*, 1994). Da mesma forma o dicumarol da família dos furano-derivados possui efeito anticoagulante com ação sobre o vitiligo (BRASIL, 2009).

Existem recomendações quanto ao uso por humanos como fonte alimentar diária associado ao uso de fragrâncias em produtos cosméticos é sugerido 0,06 mg/kg/dia (LAKE, 1999). Estes índices foram estabelecidos a partir de estudos relacionados aos mecanismos de formação de tumores induzidos por cumarina em roedores. Entretanto, estudos recentes concluíram que a exposição à cumarina em produtos alimentares e, ou cosméticos não representam nenhum risco para a saúde dos seres humanos (FELTER, VASSALO *et al.*, 2006). Porém, para a Comissão Europeia a cumarina é classificada como um princípio ativo e tem a concentração regulada para gêneros alimentícios pela comissão europeia. O limite geral de cumarina em alimentos e bebidas não alcoólicas é de 2 mg/kg, enquanto que em bebidas alcoólicas e certos produtos de confeitaria o limite permitido é de 10 mg/kg e na goma de mascar é de 50 mg/kg (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2000).

Devido à sua nota e estabilidade únicas, a cumarina tem sido reconhecida como uma matéria-prima importante na indústria de fragrâncias. É amplamente utilizado em sabões, detergentes, loções e perfumes em concentrações que geralmente se estendem de 0,01 a 0,8%. Normalmente é associada à perfumaria com odores herbáceos e entra na formulação de perfumes de Samambaia e Chypre. É usado como fixador de odor para obter um efeito duradouro quando combinado com óleos essenciais naturais como lavanda, citrinos, alecrim e musgo de carvalho. No passado foi muito usada no tabaco para aumentar seu aroma natural. Há, também aplicação na aromatização de materiais domésticos e produtos industriais ou para mascarar odores desagradáveis (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2000).

A cumarina também é usada em pastas dentífricas, desodorantes antitranspirantes, produtos de banho, loções para o corpo, cremes faciais, cremes para perfumes, sprays para cabelo, xampus, géis de banho e sabões de toalete (COHEN, 1979; LAKE, 1999). Foi usada em detergentes como um agente de branqueamento ou branqueador. Além do que, a cumarina possui atividade imunomoduladora e antitumoral direta, sendo recomendada para o tratamento de uma série de condições clínicas, incluindo edema de alta proteína e brucelose (MARSHALL, MOHLER, *et al.*, 1994). Atualmente, está sendo submetido a ensaios clínicos para tratamento de linfedema após tratamento com câncer de mama, de pulmão, de rim e de

melanoma isoladamente ou, em combinação com cimetidina. Na indústria foi muito utilizada em materiais de borracha, plásticos, em tintas e pulverizações para neutralizar odores desagradáveis (LAKE, 1999).

Através de pesquisas realizadas utilizando a ferramenta de busca *Google patente* foram encontradas, somente para o período de 2000 a 2014, 446 registros de patentes em todo o mundo em diversas áreas do conhecimento, que vai desde métodos de isolamento da substância, até a produção de derivados como desodorantes, cremes e cosméticos. Na área médica são inúmeros os usos, desde o combate ao câncer, medicina forense relacionada a sequenciamento de DNA e outros usos industriais como produção de células solares, dispositivos ópticos e eletrônicos para gravação de hologramas, entre outros (GOOGLE, 2017).

Apesar do avanço no uso do cumaru em diversas áreas da indústria quanto ao uso de suas sementes e da madeira, a produção ainda é praticamente toda vinculada ao extrativismo realizado por populações tradicionais e colonos que exploram os produtos da espécie oriundos de florestas nativas. A produção de semente e madeira é de modo geral concorrente, pois, a exploração da madeira impede a produção de sementes. Desta forma, é importante obter dados de produtividade desta espécie para que a mesma seja integrada a exploração sustentável oriunda de florestas manejadas e em sistemas de plantio em SAFs para produção de biomassa tanto para madeira como para sementes.

2.4. Avaliação econômica dos modos tradicionais de uso da terra e sistemas alternativos de plantios.

A análise econômica compreende vários métodos capazes de descobrir mudanças no bem-estar social, associado às mudanças marginais no fluxo de serviços, geralmente em um contexto de equilíbrio parcial (ANDRADE e ROMEIRO, 2009). Autores como Azqueta e Sotelsek (2007) questionam a dificuldade da incorporação de valores superiores de não utilização pelos métodos tradicionais, visto que a avaliação econômica individual de bens naturais singulares (como neste exemplo o cumaru em relação a floresta) é algo mais complicado que apenas somar esses valores individuais para descobrir o valor de capital de uma determinada área natural (AZQUETA e SOTELSEK, 2007).

A análise financeira examina os custos e benefícios em função dos preços de mercado e determina suas relações com os diferentes indicadores, permitindo refletir sobre a possível viabilidade de um empreendimento ou projeto (MENDES, 2003). Desta forma, ao realizar a análise financeira o investidor é informado sobre quando e quanto deve investir ou receber de um projeto sob a forma de ingressos (receitas), podendo mensurar quando serão realizadas as atividades produtivas e o fluxo real de custos e receitas durante o período da análise e o balanço final do investimento (ARCO-VERDE e AMARO, 2014).

Contudo, a viabilidade econômica de atividades de projetos de base agroflorestal, que reúne em seu processo produtivo uma série de etapas decorrentes das práticas agrícolas e florestais necessárias à condução e ao manejo das espécies, que compõem esses sistemas é complexa, pois, envolve a combinação de diversas variáveis técnicas e custos, cujas informações muitas vezes não estão facilmente disponíveis. Não há uma metodologia factível de análise financeira para os sistemas agroflorestais (GAMA, 2003, p. 56).

A análise da viabilidade econômica tem no valor presente o principal indicador econômico para medir a viabilidade através do valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR). O VPL atualiza todos os fluxos de caixa líquido futuro para o presente, chegando-se mais rapidamente ao valor de um projeto (RANDALL, 1987). O VLP 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, uma vez que, a taxa de desconto reflete o custo de oportunidade do capital.

A comparação entre VLP entre os sistemas de ciclo curto e de longa duração requer a adaptação do método de obtenção do VLP a uma série de infinitos ciclos da cultura (VPL_{∞}), onde projetos ou tratamentos com ciclos de durações diferentes é obtido pela razão entre o valor futuro líquido que corresponde ao $VPL(1+i)^p$, pelo fator de correção $(1+i)^p-1$, onde p representa os períodos ou ciclo da cultura e i é a atualizado a uma taxa de desconto (RODRIGUEZ, BUENO e RODRIGUES, 1997; SANTOS, RODRIGUEZ e WANDELLI, 2002; GAMA, 2003; CAMPOS e BACHA, 2013).

Outro critério aplicado para medir a viabilidade de projetos de longa duração como reflorestamentos é o valor esperado da terra (VET), também conhecido como critério de Faustmann (1849) apud Rodriguez *et al.* (1997). Esse critério foi desenvolvido pelo alemão Faustmann, para determinar o preço máximo de compra da terra nua a ser utilizada para determinada cultura, no caso a florestal. Como ele considerou o horizonte infinito, vem sendo amplamente aplicado também nas análises de projetos florestais e na seleção de alternativas de manejo florestal (RODRIGUEZ, BUENO e RODRIGUES, 1997; SILVA e FONTES, 2005). O VET representa o valor presente líquido de uma área de terra nua, utilizada para produção de madeira. Este critério é calculado com base em uma série infinita de rotações e utilizado para determinar a rotação econômica e o preço máximo de compra da terra nua. O cálculo do VET baseia-se na receita líquida perpétua, excluindo o custo da terra, a ser obtida em uma determinada atividade. A atividade é economicamente viável se o VET for maior que o preço de mercado da terra (SILVA, JACOVINE e VALVERDE, 2002).

O custo de oportunidade tem sido amplamente utilizado na tomada de decisão racional de projetos, desde sua idealização no início do século 20 pelo economista alemão Frederick Von Wieser (1951-1926), que utilizou para definir o valor de um fator de produção em qualquer uso que lhe fosse dado, sendo tal custo de oportunidade “a renda líquida gerada pelo fator (de produção) em seu melhor uso alternativo”. O termo tem sido utilizado tanto do ponto de vista contábil como econômico (PEREIRA, SOUZA, *et al.*, 1990; PEREIRA e OLIVEIRA, 1999; DENARDIN, 2004; SANTOS, 1995).

O custo de oportunidade de qualquer escolha é aquilo de que abrimos mão quando a fazemos, ou seja, o custo de oportunidade seria uma forma de dimensionar o quanto renunciamos quando optamos por uma determinada escolha. Observa-se na economia que para produzir e usar cada vez mais um determinado bem é necessário deslocar recursos da produção de outro bem (VARIAN, 2012). De modo específico, o custo de oportunidade de uso de um recurso é o recebimento líquido de caixa esperado, que poderia ser obtido se o recurso fosse usado na outra ação alternativa mais desejável, ou ainda o valor da próxima melhor alternativa abandonada, ou o recebimento líquido de caixa permitido como resultado de preferir uma alternativa ao invés da melhor seguinte (PEREIRA, SOUZA, *et al.*, 1990; PEREIRA e OLIVEIRA, 1999).

Conforme abordado por Basu e Waymire (2017) pela teoria de decisão padrão, o custo de oportunidade prescreve a identificação de todas as soluções potenciais para um problema, comparando o valor líquido (benefícios menos custos) de cada solução para escolha da solução com o maior valor líquido esperado. O valor líquido da segunda opção mais alta é o custo de oportunidade da opção escolhida e representa o valor da melhor opção perdida ao fazer escolhas mutuamente exclusivas. Entretanto, os autores destacam ainda que o valor líquido ou, o benefício líquido de uma opção, não se restringe aos produtos tangíveis perdidos ou seus valores de troca monetária, mas também inclui o tempo perdido implícito, o prazer ou qualquer outra coisa que forneça utilidade aos tomadores de decisão (BASU e WAYMIRE, 2017).

No caso da produção rural pressupõe que seja a alternativa na qual um determinado agricultor ou extrativista deixa de realizar, ou seja, é em sua essência aquilo que se ganha ou perde no processo de escolha de qual atividade será realizada considerando a melhor opção face às informações e recursos disponíveis na tomada de decisão que acarretará o sacrifício ou abandono de alternativa.

É importante destacar que cada método de valoração apresenta suas limitações na captação dos diferentes tipos de valores do recurso ambiental. A escolha correta pressupõe do objetivo da valoração, a eficiência do método para o caso específico e as informações disponíveis para o estudo (MAIA, ROMEIRO e RAYDON, 2004). A escolha do método de valoração depende também das limitações financeiras da pesquisa. Alguns métodos são demasiadamente onerosos, pois envolvem extensas pesquisas de campo e uma análise rigorosa das informações que só podem ser feitas com a contratação de técnicos especializados (RÜGNITZ, CHACÓN e PORRO, 2009)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi estruturada conforme proposto por Costanza *et al.* (1997) apud Hein *et al.* (2006) e Millennium Ecosystem Assessment (2005) que propõem um sistema básico para valoração da produção de sementes e a produção de serviços ecossistêmicos em ecossistemas naturais e sistemas de uso alternativo do solo composto por cinco passos: 1) especificação das

fronteiras do sistema a ser valorado (SAFs e Florestas); 2) avaliação dos serviços ecossistêmicos em termos biofísicos (biomassa); 3) valoração, usando linguagem monetária; 4) agregação ou comparação de diferentes valores; e 5) análise das escalas e parte interessadas (*stakeholders*) envolvidos (DE GROOT, 2002; MA, 2005) (Figura 3).

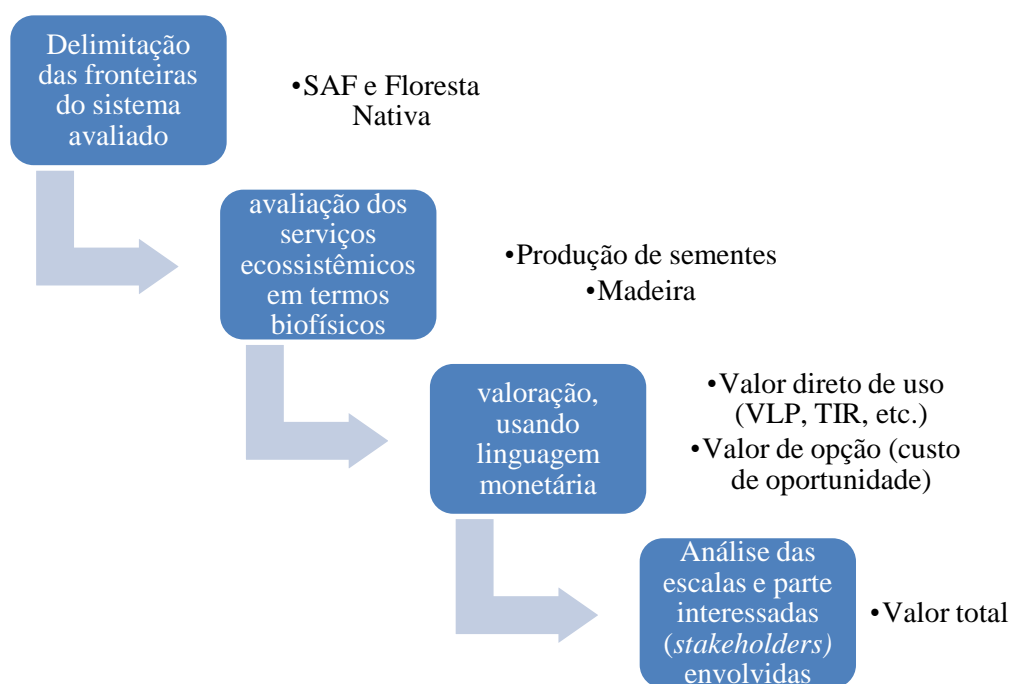


Figura 3 - Desenho esquemático de avaliação dos ecossistemas. As setas sólidas representam os elos mais importantes entre os elementos do quadro. As setas tracejadas indicam os quatro passos principais na avaliação dos serviços ecossistêmicos (Fonte Hein et al., 2006; De Groot, 2002; MA, 2005).

3.1. Áreas de estudo

As áreas selecionadas foram divididas em áreas com dados de inventário florestal em floresta nativa e áreas com sistemas agroflorestais plantados com a espécie cumaru (*Dipteryx spp.*). Nos inventários florestais foram usados dados de parcelas permanentes instaladas em projeto de Manejo Florestal do município de Portel na região de terras baixas da bacia do rio Anapú na Região do Marajó e inventário em parcelas de monitoramento da vegetação existente em áreas da região de Novo Progresso e Altamira.

As áreas de sistemas agroflorestais implantados foram polígonos com sistemas agroflorestais (SAFs) com diferentes dimensões, plantados com a espécie cumaru como

componente principal nos municípios de Santarém, Novo Progresso e Altamira apoiados por projetos socioambientais da região Oeste do Estado do Pará (Figura 4).

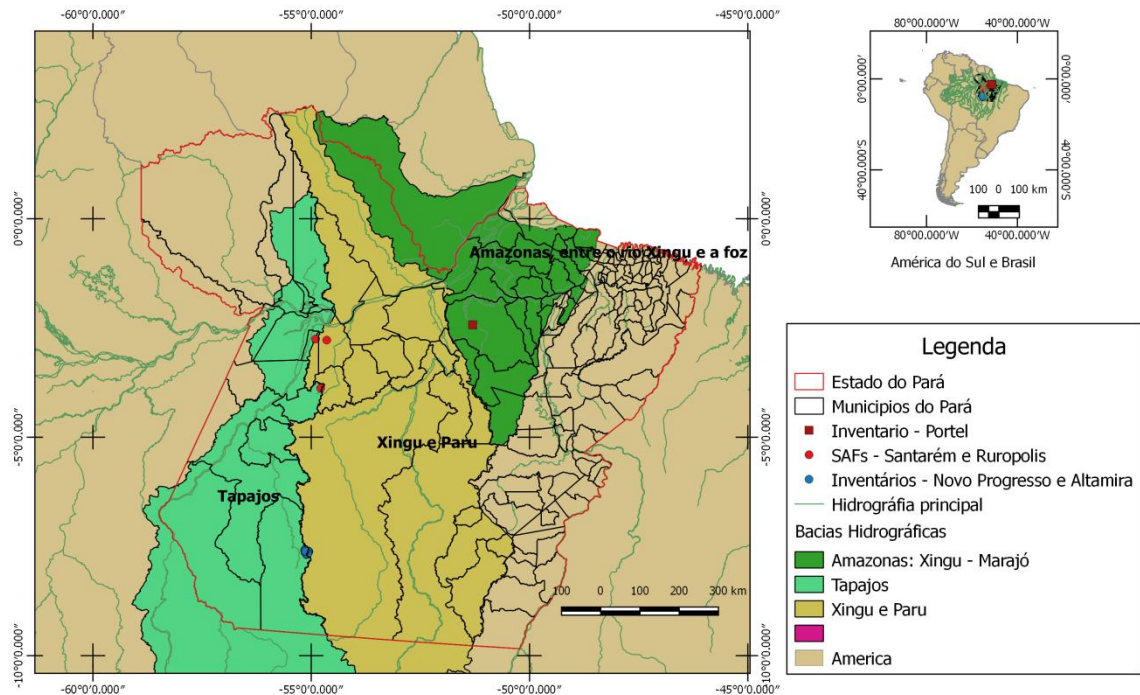


Figura 4 – Mapa de localização da área de estudo nos municípios de Altamira, Portel e Novo Progresso no Estado do Pará (Fonte: o autor).

A primeira área de coleta (A1) localiza-se no município de Portel no Estado do Pará (coordenadas planas UTM N 9722949,583 e E 468920,553, zona 22 Sul) na região da Fazenda Florestal Santa Catarina com área de 3688 ha, situada na margem direita (MD) do rio Pracupi, afluente da margem esquerda (ME) do rio Anapú, Mesorregião do Marajó. Nesta região predominam os solos da classe latossolos amarelo distrófico textura argilosa situada em relevo plano e suave ondulado. Além dos solos gley pouco húmico distrófico com textura indiscriminada situados nos vales, em regiões sedimentares, sob-relevo plano com cobertura florestal predominada pela FOD, entremeada pela floresta ombrófila aluvial (FOAal). Nesta foram mensuradas 57 parcelas permanentes com formato quadradas com 2500 m² (50 m x 50 m), instaladas no período de 2003-2004.

O clima em Portel é tropical, classificado como Af de acordo com a Köppen e Geiger com pluviosidade significativa ao longo do ano, mesmo no mês mais seco ainda há muita pluviosidade. A temperatura média anual em Portel é 26,7 °C. A média anual de pluviosidade é de 2349 mm.

A segunda área de coleta (A2) foram 22 lotes em assentamento rural localizado no interflúvio entre a bacia dos rios Curuá e Jamanxim (coordenadas de referência na projeção plana UTM N 9150780,703 e E 708305,160 na zona 21) em região de floresta ombrófila densa (FOD) e floresta ombrófila aberta com palmeira (FOAp) na região sudoeste do Pará. As áreas estudadas situavam-se próximas à rodovia BR 163. Nesta região foram instaladas e medidas 14 parcelas amostrais de inventário florestal e realizadas entrevistas quanto ao uso do solo para cultivo e extrativismo.

Ainda na área A2, na região das terras indígenas (TI) do Xingu (população indígena Kayapó, organizadas pela associação indígena Instituto Kabu sediado em Novo Progresso) foram feitas entrevistas para diagnóstico das atividades produtivas realizadas quanto ao uso do solo para agricultura e extrativismo e comercialização das sementes de cumaru (Kremokô na língua Kayapó).

A cobertura florestal predominante na região A2 é a floresta ombrófila aberta com palmeiras (FOAp) e floresta ombrófila densa (FOD). Ao longo da rodovia BR 163 e vicinais predominam áreas de pastagem. A agricultura de subsistência às vezes é associada à SAFs que de modo geral são extensão dos quintais e pomares. Os solos dominantes têm boas propriedades físicas e baixa fertilidade natural, pertencem às classes dos argissolos e latossolos, ambos constituídos por material mineral com tons amarelado, amarelo avermelhado e avermelhado em relevo suave ondulado, ondulado e forte ondulado (VENTURIERI, MONTEIRO e MENEZES, 2007). Há a ocorrência de solos litólicos com diferenças significativas na natureza litológica, entre horizontes ou camadas do solo, refletidas principalmente na composição granulométrica e na mineralogia (IBGE, 2015).

O clima é classificado como Tropical é do tipo Am, de acordo com a classificação de Köppen. Nesta região ocorre pelos menos três meses de estação seca definida. As médias compensadas anuais estão entre 24° C e 27 °C, com pequenas amplitudes térmicas. As médias

anuais máximas variam de 30° C a 34° C e as mínimas oscilam de 18° C a 22° C. A região apresenta elevados índices de precipitação, com totais anuais ao redor de 2.500 mm. No período de chuvas abundantes, o excedente hídrico varia de 800 a 1.200 mm, com duração de cinco a sete meses. No período de baixa precipitação, que vai de três a cinco meses, o déficit hídrico oscila de 130 mm a 270 mm (VENTURIERI, MONTEIRO e MENEZES, 2010; VENTURIERI, MONTEIRO e MENEZES, 2007).

A terceira área (A3) foram pequenas e médias propriedades que foram selecionadas em função de já possuírem sistemas agroflorestais implantados com a espécie cumaru (*Dipteryx spp.*) como componente florestal principal, localizadas na região do planalto santareno (Rio Tapajós) no Estado do Pará. A coordenada geográfica UTM de referência é N 9703114,665 E 762040,467, zona 21.

A vegetação é composta de FOD das terras baixas e submontanas revestindo os altos e baixos platôs e relevos dissecados e aplainados. Há predominância de pastagens ao longo da BR 163 e vicinais, plantios de grãos, agricultura de subsistência e sistemas agroflorestais. Os solos da região são pertencentes predominantemente à unidade latossolo amarelo distrófico em duas classes texturais: argilosa e média argilosa. Nesta área ocorrem também manchas de solos arenosos em terrenos baixos nos fundos dos vales de drenagem. Áreas com a presença de solos podzólicos vermelho-amarelo são observados na porção norte da região, próximo à cidade de Santarém, e em algumas partes ao longo da margem direita do rio Tapajós e na porção sul da Floresta Nacional do Tapajós (ARAGÃO, 2004).

3.2. A perda dos estoques florestais da espécie cumaru (*Dipteryx odorata*) nos municípios estudados.

Para quantificação da perda dos estoques das espécies cumaru (*Dipteryx spp.*) nas áreas desmatadas foram utilizados dados de desmatamento por corte raso da vegetação disponibilizado pelo PRODES para o ano de 2016, para os municípios de Portel, Santarém e Novo Progresso (INPE, 2017).

Os dados de volume e densidade de indivíduo por hectares foram obtidos com base em dados de inventário florestal realizados nos municípios de Portel e Novo Progresso, além de

dados secundários de referências bibliográficas de áreas de floresta clímax das unidades de conservação da Floresta Nacional do Tapajós (Santarém) e da Floresta Nacional de Caxiuanã (Portel) no Estado do Pará (LISBOA, SILVA e ALMEIDA, 1997; IBAMA, 2004; SFB, 2013; SFB, 2012). Para obter o número de árvores de cumaru perdidas pelo desmatamento foi multiplicado o valor da densidade média de árvores por hectares da espécie pela área desmatada em cada município.

3.2.1. O inventário florestal

O objetivo do inventário florestal foi obter a nível local e comparar dados da paisagem como: ocorrência e densidade de árvores das espécies de cumaru para quantificar as perdas existentes com o desmatamento da espécie a nível local e regional. Para tanto foram utilizados dados de parcelas permanentes e temporárias conforme metodologia adaptada de Silva *et al.* (1984) para inventário florestal contínuo que utiliza parcelas quadradas com dimensão de 50m x 50 m (2500 m²) (Tabela 1).

Os dados de inventário florestal foram coletados diretamente nas regiões de Portel e Novo Progresso. Para a região de Santarém foram utilizados dados de inventário florestal obtido na base de dados florestais contidos no Plano de Manejo da Floresta Nacional do Tapajós (IBAMA, 2004; ICMBIO, 2012; ICMBIO, 2010) e região da gleba Mamuru-Arapiuns (COLARES, MELO e RIBEIRO, 2010).

Tabela 1 – Resumo das áreas estudadas quanto o tipo de floresta (FOAsm- floresta ombrófila aberta submontana; FOD Tb- floresta ombrófila densa de terras baixas; FOD PT-Floresta ombrófila densa do planalto do Tapajós), status de uso da floresta (Manejo; explorada, área amostrada quantidade de parcelas, classe de DAP, número de espécies identificadas (No. Sp.).

Floresta	Município	Uso da floresta	Área (ha)	No. Parc.	DAP	N. sp
FOA sm	Altamira	Manejo	3,75	15	>10	117
FOA sm	Novo Progresso	Explorada	3,50	14	>10	96
FOA sm	Altamira	Expl./Não explorada	51	3	>30	45
FOD tb	Portel	Manejo	4,00	16	>10	165
FOD pt	Santarém/Belterra	Manejo	100	1	>35	173

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3. Equação de volume do fuste em floresta nativa e plantios

Para obtenção do volume do fuste foram utilizados dados de cubagem rigorosa pelo método Smallian de 11 árvores de cumaru nativa da espécie *D. odorata* explorados em área de manejo florestal em área de terra firme com cobertura florestal classificada como FOD no município de Portel. As árvores foram mensuradas rigorosamente pelo método adaptado de Smallian. As amostras apresentavam DAP entre 70 a 113 cm da Unidade de Produção Anual da Safra 2003/2004 da Fazenda Florestal Santa Catarina em Portel (Figura 5 e 6).



Figura 5 – Coleta de dados pela equipe em campo na Fazenda Santa Catarina, Rio Pracupi, afluyente da margem esquerda do Rio Anapú no Município de Portel – Pará – Brasil (Fonte: o autor).

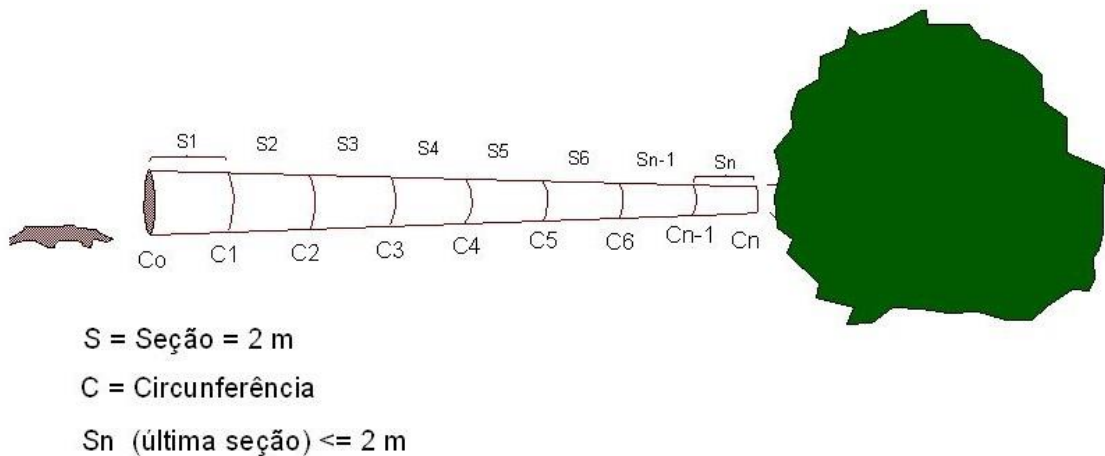


Figura 6 – coleta de dados de modo rigoroso de circunferência para cálculo de diâmetro e comprimento dos fustes e partes das árvores abatidas na área de Manejo Florestal em Unidade de Produção Anual em 2003(fonte: o autor).

Na região do Planalto santareno em área onde havia árvores de cumaru plantadas no modelo de sistema de Integração Lavoura Pecuária e Floresta (ILPF) implantada pela EMBRAPA em 2010. Nesta área foram mensurados 45 fustes da espécie com DAP entre 10 e 17 cm aos 7,5 anos de idade (Figura 7).



Figura 7- Fotografia de inventário em áreas plantadas nos municípios de Santarém e Novo Progresso no estado do Pará (Fonte: o autor).

Na tabela 2 temos um resumo das estatísticas utilizadas para seleção do modelo de estimativa de volume com maior precisão com base nas variáveis diâmetro e altura (BAIMA, SILVA e SILVA, 2001; HIGUCHI e RAMM, 1985; MOTA e SILVA, 2007; MOTA, PONTE e PAULETTO, 2018).

Para obter o volume das árvores foram mensuradas seções do tronco utilizando a fórmula de Smalian (equação 2). Para seleção do modelo de equação de volume foram testadas 14 modelos conforme proposto por Mota, Ponte e Pauletto (2018). Foi utilizada análise de regressão simples (Equação 3) e múltipla (Equação 4) para ajustamento dos dados através do método dos mínimos quadrados ordinários (MQO) (PARRESOL, 1999; BARROS e SILVA JÚNIOR, 2009; SILVA, CARVALHO, *et al.*, 1984; FERNANDES, GAMA, *et al.*, 2017). A análise de variância foi utilizada para determinar a precisão amostral e a dispersão da distribuição de probabilidade de b_0 e b_1 ao redor da média, ou seja, quanto menor a variância de um estimador maior a precisão amostral (Equação 5 e 6). Os valores esperado dos estimadores da interseção (β_0) e do coeficiente angular (β_1) da reta, foram testados pelo teste t (Equação 7) a probabilidade de alfa de $\rho = 0,05$ (PARRESOL, 1999; HILL, JUDGE e GRIFFITHS, 2010). O teste F foi utilizado para testar o modelo de regressão linear (Equação 8) (GRAYBILL, 1976; HAIR JR, BLACK, *et al.*, 2009; HILL, JUDGE e GRIFFITHS, 2010; CHICHORRO, RESENDE e LEITE, 2003). Também foi adotado o menor desvio padrão da regressão (Syx) (Equação 9). Além do coeficiente de determinação ajustado (R²_a) (Equação 10).

O teste de Durbin-Watson (DURBIN e WATSON, 1951) foi utilizado para detectar a presença de autocorrelação (dependência) nos resíduos da análise de regressão. A presença de autocorrelação foi testada por meio das hipóteses H₀: $\rho = 0$ e H₁: $\rho \neq 0$, sendo ϵ_i é o resíduo associado à i -ésima observação, temos que a estatística do teste de Durbin-Watson é dada pela equação 11.

Além destes critérios estatísticos utilizados foi considerada também uma boa distribuição dos resíduos padronizados através da análise gráfica (FERNANDES, *et al.* 2017; BARROS e SILVA JÚNIOR 2009; SILVA, *et al.* 1984, ROLIM, *et al.* 2006).

Tabela 2 – Resumo das equações e modelos utilizados nesta pesquisa.

Equação	Variável	Fórmula
Equação 1	Modelo de Spurr; Diâmetro a altura do peito (DAP) e altura do fuste (HF).	$V = b_0 + b_{01}DAP^2H$
Equação 2	Fórmula de Smallian para volume m^3 (gi: área transversal e L: comprimento).	$V = (g1+g2)/2*L$
Equação 3	Modelo de regressão linear, Y variável dependente, X variável independente, b_n coeficientes.	$Y = b_0 + b_1X + e$
Equação 4	Modelo de regressão múltipla	$Y = b_0 + b_1X + \dots + b_nX_n + e$
Equação 5	Variância do estimador do intercepto, x: variável mensurada e \bar{x} : média	$var(b_0) = \sigma^2 \left[\frac{\sum x_i^2}{T \sum (x_i - \bar{x})^2} \right]$
Equação 6	Variância do estimador da variável independente usada na regressão.	$var(b_1) = \frac{\sum x_i^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$
Equação 7	Teste t (Student) com n-2 graus de liberdade	$t = \frac{(\hat{\beta} - \beta)\sqrt{n-2}\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2}}{\sqrt{\sum \hat{\epsilon}_i^2}}$
Equação 8	Teste F	$F_{calc} = \frac{[\beta_0(\beta_1-1)] \left[\frac{n}{\sum v_{est}} \frac{\sum v_{est}}{\sum v_{est}^2} \right] \left[\frac{\beta_0}{\beta_1-1} \right]}{2QMR}$
Equação 9	Desvio padrão da estimativa	$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
Equação 10	Coefficiente de determinação ajustado (R2a).	$R_a^2 = 1 - \frac{n-1}{n-(k+1)} (1 - R^2)$
Equação 11	Teste de Durbin-Watson	$dw = \sum_{t=2}^n \frac{(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_i^2}$

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4. Os sistemas agroflorestais estudados

Ao todo foram monitorados quatro sistemas de uso do solo com a espécie cumaru como componente florestal principal plantado em áreas de pequenas e médias propriedades rurais localizadas na região do planalto de Santarém no Estado do Pará (Figura 8). Estas áreas foram selecionadas em função de já possuírem a espécie cumaru (*Dipteryx spp.*) plantada em sistemas agroflorestais em diferentes idades, diferentes espécies associadas, espaçamentos, manejo do sistema e espécies de cumaru plantado (*Dipteryx odorata* e *D. punctata*).

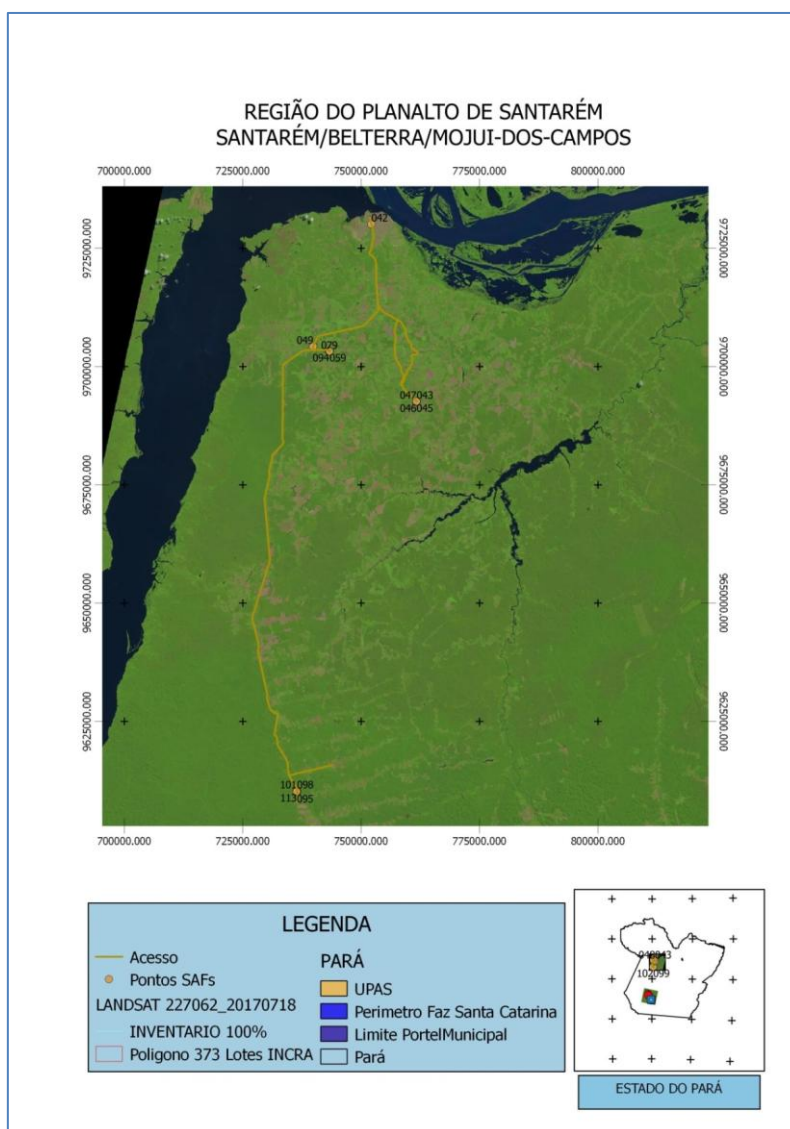


Figura 8 – Mapa de localização das áreas plantadas com cumaru em sistemas agroflorestais na região do planalto de Santarém no estado do Pará (fonte: elaborado pelo autor).

Na tabela 3 é apresentado um resumo dos plantios desenvolvidos por agricultores familiares e empresários apoiados por organizações de assistência como EMATER no fomento a SAF e pela EMBRAPA na implantação de sistemas integrados de lavoura pecuária e floresta (ILPF) todos na região de Santarém. Nesta tabela são apresentados os sítios estudados, a localização, área plantada com o sistema, espaçamento (entre linhas e colunas), data de plantio, espécie identificada e as espécies acompanhantes no sistema (cdp: castanha-do-pará, and: andiroba, ipê-amarelo, mga: mogno africano, citros: laranja e limão e cult_a: cultivos agrícolas).

Tabela 3 – Resumo dos sistemas agroflorestais estudados, espécies utilizadas (cdp: castanha-do-pará; and: andiroba; mga: mogno africano; bana: banana; cult_a: cultivos agrícolas; grav: graviola).

Sítio	Localização	Área Plantada (ha)	Espaçamento (m e m2)	Data de Plantio	Espécie de Cumaru	Outras espécies
CFI	Km50 BR163	0,5	4 m x 4 m (16m2)	Novembro 2012	<i>D. odorata</i>	Cdp, and e ipê.
ILPF	Kmv35 BR163	1,0	5 m x 7 m (35 m2)	Dezembro 2010	<i>D. odorata</i>	Cdp, mga e cult_a
SAFA	Km140 BR163	1,5	8 m x 6 m (48 m2)	Janeiro 2013	<i>D. odorata</i>	Cup, açai, grav, bana e p.do.reino.
SAFM	Mojuí dos Campos	0,5	4 m x 8 m (32 m2)	Janeiro de 2012	<i>D. punctata</i>	Citros e cult_a.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O sistema agro florestal A (SAFA) foi implantado em 2013 em propriedade familiar localizada no quilômetro 140 da rodovia BR 163 (Rodovia Santarém-Cuiabá) onde o cumaru foi plantado em área de 1,5 ha com espaçamento de 8 m x 6 m (48 m2) e arranjo integrado entre linhas por *Theobroma grandiflorum* Willd. ex Spreng.) K.Schum (cupuaçu), *Euterpe oleraceae* Mart. (açai), *Annona muricata* L (graviola), *Musa sp.* (banana) e *Piper nigrum* L. (pimenta-do-reino). O objetivo da espécie cumaru no sistema foi para a produção de sementes e madeira em longo prazo (Figura 9).



Figura 9 - Sistema agro florestal denominado de SAFA (Sistema Agroflorestal Aderlino) localizado no quilômetro 140 da Rodovia BR 163 (Santarém-Cuiabá) possui uma área de 1,5 ha, cujo componente arbóreo o cumaru (*D. odorata*) em espaçamento de 8 m x 6 m (Foto: Rebêlo, 2016).

O segundo sistema denominado de consórcio florestal integrado (CFI) localiza-se no quilômetro 50 da rodovia BR 163 com área total de 0,5 hectares, cujo componente arbóreo foi monitorado entre o terceiro e quarto ano de idade (2015/2017). Neste sistema o espaçamento adotado foi de 4m x 4m (16 m²), composto por cumaru, castanha-do-pará, andiroba e ipê. O objetivo do cumaru neste sistema e para a produção de sementes (Figura 10).



Figura 10 - Sistema agro florestal denominado de CFI (sistema agroflorestal I) localizado no quilômetro 50 da Rodovia BR 163 (Santarém-Cuiabá) possui uma área de 0,5 hectares, cujo componente arbóreo o cumaru (*D. odorata*) castanha-do-pará, andiroba e ipê em espaçamento de 4 m x 4 m (Foto: Rebêlo, 2016).

O terceiro sistema denominado de integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF) foi implantado com apoio da empresa brasileira de pesquisa agropecuária (EMBRAPA) numa propriedade rural localizado a 35 km de Santarém com área plantada com cumaru em 1,0 ha com espaçamento de 5 m x 7 m (35 m² de área útil). O plantio foi feito em renques (fileira de árvores) que atualmente servem como sombra para o pastio do gado, porém já foi consorciado com culturas como *Oryza sp.* (arroz), *Zea mays* (milho) e forragens para o gado. O sistema foi monitorado entre o quinto e sétimo ano de idade. O cumaru plantado foi destinado à produção de madeira e sombra para o gado (Figura 11).



Figura 11 - Sistema agro florestal denominado de ILPF (Integração lavoura, pecuária e floresta) com área de 1,0 ha com componente arbóreo o cumaru (*D. odorata*) e rotação de bovinos em espaçamento de 5 m x 7 m localizada no quilômetro 35 da Rodovia BR 163 (Foto: Rebêlo, 2016).

O quarto sistema denominado de sistemas agro florestal Mojuí (SAFM) localiza-se na comunidade Águas Claras em Mojuí dos Campos, cerca de 30 quilômetros de Santarém. Este sistema foi monitorado na idade de seis e sete anos. A área do sistema ocupa aproximadamente 0,5 hectares de cumaru foi plantado no espaçamento de 4 m x 8 m (32 m²). O arranjo do sistema é composto pela espécie *Dipteryx sp.* (cumaru), *Citrus sp.* (laranja), *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum (cupuaçu) e culturas agrícolas como *Manihot esculenta* (macaxeira), *Ananas comosus* (abacaxi) e *Citrullus lanatus* (melancia) (Figura 12).



Figura 12 - Sistema agro florestal (SAFM: Sistema agro florestal Mojui) com área de 0,5 ha, com o cumaru (*D. punctata*), laranja, cupuaçu e culturas agrícolas como macaxeira, abacaxi e melancia em espaçamento de 4m x 8m localizado no quilômetro 30 da Rodovia PA 431 (Santarém-Cuiabá) (Foto: Capucho, 2016).

Em cada sistema foram selecionados através de sorteio 45 indivíduos. O período de avaliação teve início em outubro de 2015 e término em dezembro de 2017. Os indivíduos selecionados foram etiquetados com placas de alumínio e receberam uma numeração sequencial. Nestas árvores foram coletadas amostras de material botânico para identificação da espécie.

3.4.1. Solos

Na região onde foram implantados os sistemas agrofloretais predominam os solos da classe latossolos amarelo distrófico textura argilosa situada em relevo plano e suave ondulado com matiz 7,5YR no horizonte B, com saturação por bases baixa ($V < 50\%$) na primeira parte do horizonte AB característico do tipo latossolo amarelo distrófico. Em termos de granulometria as áreas estudadas apresentaram as seguintes texturas: argilo siltoso (ILPF), muito argiloso (SAFM), argiloso (CFI) e franco-argilo-arenoso (SAFA) (SANTOS, JACOMINE, *et al.*, 2013).

Na tabela 4 são apresentados os resultados das análises de solo realizadas por Capucho (2017) e analisadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Embrapa Amazônia Oriental. Nesta constam os teores médios dos elementos químicos do solo para cada sistema estudado em profundidade de solo de 0 a 20 centímetros coletas em dezembro de 2016

Tabela 4 - Teor médio dos elementos químicos do solo para cada sistema adotado no estudo. Nos Municípios de Belterra e Mojuí dos Campos, Pará – PA (Fonte: Capucho, 2017).

Sistema	MO g/kg	P mg/dm ³	K	Na	Al	Ca	Ca+Mg cmolc/dm ³	pH água	H+Al cmolc/dm ³	CTC		Saturação	
										Total cmolc/dm ³	Efetiva cmolc/dm ³	Base V%	Alumínio m%
SAFA	21,4	4	27	2	0,5	1,4	1,7	4,7	5,61	7,4	2,3	24,1	21,9
ILPF	28,05	10	130	12	0,4	2,4	3	5,0	5,78	9,2	3,8	4,0	10,6
SAFM	30,29	3	50	10	0,8	1,2	1,5	4,5	6,93	8,6	2,5	19,4	32,4
CFI	38,83	6	95	10	0,6	1,8	2,2	4,8	7,26	9,8	3,1	25,5	19,4

MO: Matéria orgânica; P: fósforo; K: potássio; Na: Sódio; Al: alumínio; Ca: Cálcio; pH: Potencial hidrogeniônico; H+Al: saturação de hidrogênio alumínio; CTC: Capacidade de troca catiônica.

3.4.2. Identificação botânica.

Segundo Capucho (2017) as amostras de material botânico coletado foram depositadas no Herbário da Universidade Federal do Oeste do Pará e, posteriormente enviadas para o especialista da família botânica do cumaru (Leguminosae, Papilionoideae) Professor Dr. Domingos Cardoso da Universidade Federal da Bahia.

3.4.3. Análise de crescimento do cumaru

3.4.3.1. Variáveis de crescimento

O crescimento das plantas de cumaru foi monitorado durante o período de agosto de 2015 a dezembro de 2017. O sistema SAFA foi monitorado entre segundo e terceiro ano de idade do povoamento. O sistema CFI entre o terceiro e quarto ano de plantio. O sistema ILPF entre o quinto e sétimo ano de idade e o sistema SAFM entre o sexto e sétimo ano de idade. As amostras foram obtidas através de sorteio de 45 plantas em cada sistema excluindo as plantas de bordadura. Em cada árvore amostrada foram mensuradas as seguintes variáveis:

- Altura total (Ht): esta variável foi mensurada verticalmente do solo até o meristema apical, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros.
- Diâmetro a 1,30 m de altura (dap): foi obtido a partir da circunferência do tronco medida a 1,30 m do solo, com o auxílio de trena centimetrada.

- Projeção da copa: foi calculada mediante relações morfométricas a área de projeção de copa (Equação 12, na tabela 5).

Na tabela 5 são apresentadas as fórmulas empregadas neste estudo referente ao incremento corrente anual (ICA), que mediu o quanto a floresta cresceu em volume no último ano (equação 13) e o incremento médio anual (IMA) que o crescimento médio da floresta até aquela idade (Equação 14) a partir das variáveis mensuradas: altura, diâmetro, volume dos fustes e idade da espécie (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo das equações utilizadas para o cálculo de crescimento da biomassa utilizadas.

Equação	Variável	Fórmula
Equação 12	APC: Área de projeção da copa, DC: diâmetro da copa.	$APC = \frac{\pi DC^2}{4}$
Equação 13	ICA _t - incremento corrente anual no período t. Vol _t - Volume do talhão no período t, em m ³ ha ⁻¹ . Vol _{t-1} - Volume do talhão no período t-1, em m ³ ha ⁻¹ .	$ICA_t = X_t - X_{t-1}$
Equação 14	IMAt - Incremento Médio Anual no período t. Idadet - Idade do talhão no período t, em anos.	$IMA_t = X_t / Idade_t$

Fonte: o autor

3.4.3.2. Variáveis de produção

Para obtenção da produção foram feitas observações fenológicas conduzidas mensalmente ao longo de 16 meses. Neste período foram monitoradas as fenofases floração, frutificação (verdes e maduros) e mudança foliar em cada sistema. Para o monitoramento da produção individual de frutos e sementes por árvore foi realizada a contagem dos frutos de cada uma das 45 árvores selecionadas por sistema. Para o cálculo da biomassa de frutos e sementes foram obtidos dados da literatura para determinação da produção por árvore nos sistemas, tendo o peso médio dos frutos 20,3 grama e o peso médio da semente da espécie *D. odorata* foi de 3,1 g com variação entre 1,6-4,7 g e desvio de 2,2 (BESSA, MENDONCA e ARAUJO, 2001; CARVALHO, CARVALHO, *et al.*, 2001; PESCE, 2009; ISMAEL, 2009). Para obter o peso médio das sementes secas de cada espécie coletada obtidas amostras de 100 sementes selecionadas aleatoriamente e pesadas em balança de precisão (0,01g).

Para estimativa da biomassa acumulada na parte aérea dos troncos das plantas de cumaru foi utilizado o modelo com melhor ajustamento para a classe de diâmetro obtida pela cubagem rigorosa em metro cúbico (m^3) conforme descrito no item 3.3 referente à determinação da equação de volume.

3.5. Análise econômica dos cultivos tradicionais e o cultivo do cumaru

Para estimar o investimento necessário para promover a reconversão produtiva de áreas de agricultura tradicional de “corte-queima” em áreas de produção agroflorestal com a espécie cumaru como componente principal, primeiramente foi estimada a produção de biomassa das sementes e produção de madeira com base em estudos de caso das quatro experiências de produção familiar relacionada à espécie cumaru na região Oeste do Pará por pequenos e médios agricultores apoiados por projetos socioambientais na região Oeste do Pará (Altamira, Novo Progresso, Santarém, Mojuí dos Campos e Belterra).

Para a estimativa dos custos das culturas tradicionalmente plantadas foram utilizados dados de produção média obtida durante as entrevistas, cruzados com referências bibliográficas disponíveis para as culturas. A unidade de referência espacial foi um hectare. A unidade monetária foi o Real (R\$), podendo ser referenciado ao Dólar Americano (US\$) cotado no valor de US\$ 1,00 (um dólar) equivalente a R\$ 3,30 (três reais e trinta centavos) em 28 de dezembro de 2017.

Os sistemas tradicionais de cultivo e uso do solo foram obtidos através do diagnóstico realizado em entrevistas e visitas as áreas de agricultores assentados e comunidades indígenas da região de Novo Progresso e Altamira. Para identificação dos sistemas utilizou como referência a utilização das letras iniciais dos sistemas, a exemplo: sistema de monocultivo da banana (SMB), sistema de monocultivo de cumaru (SMC). Para identificação dos sistemas agroflorestais com cumaru e outras espécies utilizou-se a sigla SAF, seguido do numeral 2 ou 3 para identificar o número de espécies que compõem o sistema, a exemplo: cumaru e banana (SAF2) e cumaru, banana e cupuaçu (SAF3).

3.6. Custos de oportunidade

A composição do custo de oportunidade utilizou a base de dados do diagnóstico realizado para definir a linha de base do projeto Horizonte Verde, através de entrevistas diretas, oficinas e ações produtivas desenvolvidas na região do assentamento PDS Terra Nossa. Entre 2013 e 2014 havia no PDS Terra Nossa, entre moradores eventuais e permanentes, um total de 143, com residências precárias ou básicas (minha casa minha vida), infraestrutura de acesso, área desmatada para produção, áreas de pousio e áreas de floresta. Deste total, em 2014 foram entrevistadas 42 famílias de agricultores familiares.

No território indígena foram entrevistadas ao todo 21 famílias em 07 aldeias indígenas Kayapó: Kamau, Bau, Pukany, Kawatum, Mekragnotire velho, Krimei e Pykatoty. Esta parte da coleta foi efetuada em acompanhamento das ações do projeto do Plano Básico Ambiental da BR 163 desenvolvido no território indígena pela associação indígena Instituto Kabu referente ao plantio de roças e pomares.

As entrevistas de modo geral tiveram foco em questões como: 1) quais atividades realizadas no lote? 2) Renda obtida com a atividade rural? 3) Dias de trabalho direto nas atividades de campo? 4) Quais espécies são ou foram plantadas em sua roça? 5) As espécies que pretende plantar? 6) Qual a forma de plantio se monocultivo ou sistemas agro florestal? 7) Existência de riscos de queimada? 8) Há nascente ou córrego na área.

Dentre os cultivos tradicionais observados foram selecionados os dois com maior frequência relativa nas amostras obtidas para determinação da linha de base do projeto Horizonte Verde (7 aldeias e 42 lotes de assentamento) como referência para compor o custo de oportunidade das atividades sacrificadas em favor do plantio de SAF proposto pelo Projeto Horizonte Verde.

Para cálculo do custo de oportunidade foi utilizado o proposto por Basu e Waymire (2017), onde o custo de oportunidade é obtido após a identificação de todas as soluções potenciais para o problema, comparando o valor líquido (benefícios menos custos) de cada solução para escolha da solução com o maior valor líquido esperado. Sendo o valor líquido da segunda opção mais alta o custo de oportunidade da opção

escolhida. Entretanto, para tomada de decisão com mais de duas escolhas adotou-se o proposto por Scarpin e Boff (2007) e a taxa de desconto adotada foi de 10% (a.a).

No caso da produção rural pressupõe que seja a alternativa na qual um determinado agricultor ou extrativista deixa de realizar, ou seja, é em sua essência aquilo que se ganha ou perde no processo de escolha de qual atividade será realizada considerando a melhor opção face às informações e recursos disponíveis na tomada de decisão que acarretará o sacrifício ou abandono de alternativa.

3.7. Custos fixos e variáveis

Os custos das atividades de cultivo no modo tradicional, sistema de integração em renque com cumaru (reflorestamento) e sistemas agroflorestais foram classificados em custos fixos e variáveis (TIMOFEICZYK JUNIOR, BERGER, *et al.*, 2007). As estimativas basearam-se em informações diretas de declaração de quantidade e preço de mercado para implantar e manter um hectare.

Os custos variáveis para a avaliação econômica deste estudo foram os seguintes:

- Preparo do solo/implantação do sistema – constaram das seguintes etapas: limpeza da área com uso de trator de pneu, em média 2,4 hora de trator (ht) pneu para preparar um hectare. O valor da hora máquina foi de R\$ 200,00.
- O plantio incluiu desde o balizamento, demarcação ou piqueteamento, abertura de cova, adubação roçagem e coroamento com custo das diárias no valor de R\$ 54,00.
- Produção de mudas ou aquisição de mudas – nesta etapa foram considerados os custos de produção de muda do projeto Horizonte Verde somente com os custos de mão de obra direta. O preço médio das mudas produzidas foi de R\$ 2,27 a muda de cumaru com sementes adquiridas dos indígenas Kayapó. As mudas de banana (da terra) tiveram custo de R\$ 1,80, adquiridas os propágulos da região do município de Aveiro e as mudas de cupuaçu com sementes de variedades desenvolvidas pela EMBRAPA teve custo de mercado de R\$ 5,00.
- Os insumos tiveram custos variáveis em função da necessidade de coroamento, adubação, tratos fitossanitários e ferramentas básicas para roçada manual e controle fitossanitário. Nesta estimativa foi também incluído o custo de aquisição de uma roçadeira costal para manutenção no valor de R\$ 2900,00.

- Colheita – os custos referiram-se ao valor estimado para coleta, transporte e beneficiamento básico na propriedade que foi estimada em diárias no valor de R\$ 54,00 (Homem/dia).

Os custos fixos foram os seguintes:

- Os impostos sobre a propriedade rural como ITR não incide sobre pequenas glebas exploradas exclusivamente pelas famílias (BRASIL, 2002), desta forma para agricultores familiares assentados será incluído somente contribuição social referente à associação ou Sindicatos com custo anual de R\$ 480,00.
- Para calculo da depreciação de equipamento roçadeira foi considerado uma vida útil de 4 anos, sendo o valor anual R\$ 725,00.
- Valor da terra – considerou-se para cada ano valor de 10% do valor da terra. Para obter o preço das terras foi utilizada a tabela de preço utilizada pelo governo brasileiro através do INCRA que consiste no valor da terra nua (VTN) para fins de regularização fundiária. O valor é variável entre as regiões, em Santarém e Novo Progresso o valor médio foi de R\$ 895/ha (mínimo R\$ 672,00 a máximo de R\$ 1.119,00).
- O Custo Anual da Terra (CAT) foi estimado ao considerar os juros (i) sobre o valor da terra (VTN), conforme a seguinte fórmula: $CAT = VT * i$.
- O custo de assistência técnica e contribuição associativa foram estimados em 10% do valor do projeto.
- Os impostos sobre a propriedade rural como ITR não incide sobre pequenas glebas exploradas exclusivamente pelas famílias (BRASIL, 2002), desta forma para agricultores familiares assentados será incluído somente contribuição social referente à associação ou Sindicatos com custo anual de R\$ 480,00.

3.7.1. Receitas

Para obter as receitas com a comercialização de sementes foram utilizados dados de produtividade de frutos e sementes produzidos com base nos dados obtidos no estudo de produtividade dos SAFs. No terceiro ano foi estimada a produção de 0,216 kg de semente seca por árvore; do terceiro ao sexto ano uma produtividade de 0,432 kg de semente seca por árvore e do sétimo ano em diante uma produção de 1,00 kg por árvore. Para obtenção do preço de mercado das sementes, frutos foram entrevistados:

- Lideranças indígenas da etnia Kayapós, organizados através da associação indígena Instituto Kabu que comercializa sementes de Castanha-do-Pará e Cumaru na região do interflúvio dos rios Curuá-Jamanxim, Terra do Meio no rio Xingu.
- Agricultores familiares assentados na região do PDS Terra Nossa que faz fronteira ao Leste com a terra indígena Baú (TI Baú).
- Compradores de sementes que atuam na região de Santarém no Baixo Amazonas e Terra do Meio Altamira durante a safra de 2014 a 2017.
- Representante comercial de indústria de cosméticos com sede sudeste.

Além de pesquisa de campo foram utilizadas informações secundárias disponíveis na base de dados do sistema de recuperação automática (SIDRA), levantamento sistemático da produção agrícola do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA-ESALQ/USP), Fundação Getúlio Vargas (FGV), Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior (Alice Web) para o Estado do Pará e Brasil. Os dados utilizados referem-se às seguintes variáveis: 1) quantidade anual produzida em toneladas (QAP/t); valor da produção anual em reais (VP/R\$) e valor relativo por tonelada (VR R\$/t).

O preço da madeira de cumaru foi obtido com base na entrevista de três detentores de plano de manejo florestal do Estado do Pará, informações do sistema de monitoramento do Governo do Estado do Pará (PARÁ, 2016), Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada CEPEA-ESALQ/USP (CEPEA, 2017).

A produtividade do cultivo da banana foi estimada em $6,5 \text{ kg.planta}^{-1}$ no primeiro ano, 13 kg/planta no segundo ano e $6,5 \text{ kg/planta}$ no terceiro e quarto ano. O valor de mercado da comercialização do quilo de banana foi estimado em R\$ 1,50. Por outro lado a mandioca foi estimada uma produtividade de 15 toneladas/ha entre o primeiro e terceiro ano, decaindo para 7,5 toneladas/ha. O valor do preço de venda da raiz sem custo de transporte e coleta é R\$ 0,4/kg.

3.7.2. Fluxos de caixa

Todos os custos e as receitas dos sistemas foram ordenados em um fluxo de caixa, segundo Rodriguez, *et al.* (1997), Santos *et al.* (2002) e Gama (2003), onde em

cada sistema foram isolados os fluxos de receitas e custos das culturas, avaliadas a partir da aplicação simultânea de métodos de avaliação financeira (Figura 13). Nesse estudo foi usado como referência o momento atual de tempo para o qual todos os valores atualizados mediante fórmulas financeiras de acumulação ou desconto de juros.

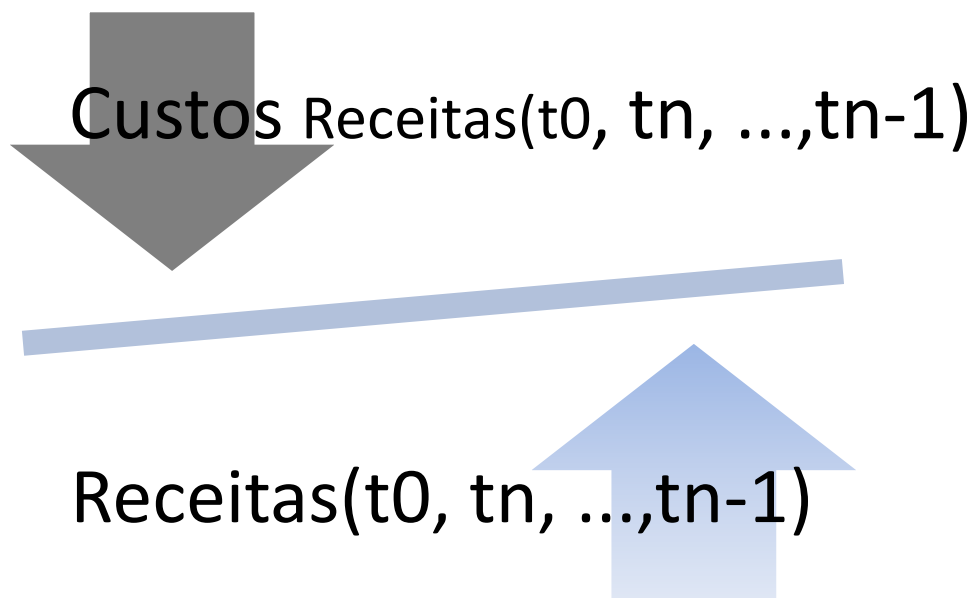


Figura 13 – Ilustração do fluxo de caixa ente despesas e receitas existentes ao longo do ciclo de vida de um projeto (Fonte: o autor).

3.8. Critérios de avaliação econômica

Para avaliação econômica do uso da espécie cumaru em Sistemas Agroflorestais e Reflorestamento foram utilizados critérios financeiros de avaliação de projetos como o Valor Presente Líquido – VLP (Equação 15) para as culturas da banana e da mandioca, e o valor presente líquido infinito - VLP_{∞} (Equação 16), Taxa Interna de Retorno – TIR (Equação 17), Valor anual equivalente – VAE (Equação 18) Relação benefício/custo - B/C (Equação 19) conforme fórmulas apresentadas na tabela abaixo (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo das equações utilizadas para o cálculo da análise de viabilidade econômica dos sistemas avaliados.

Equação	Parâmetros	Fórmula
Equação 15	VLP: Rt = valor presente (vp) das receitas; Ct = vp dos custos; i = taxa de juros%; p = período em que as receitas e custos ocorrem; n = número de períodos de duração do projeto.	$VLP = \sum_{t=0}^n \frac{Rt}{(1+i)^p} - \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+i)^p}$
Equação 16	VLP _∞ :	$VLP_{\infty} = \frac{VLP * (1+i)^p}{[(1+i)^p - 1]}$
Equação 17	TIR = Taxa Interna de Retorno	$TIR = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+TIR)^j} - \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+TIR)^j} = 0$
Equação 18	VAE: Valor anual equivalente	$VAE = \frac{VLP * i}{1 - (1+i)^{-n}}$
Equação 19	B/C: Relação benefício-custo	$B/C = \frac{\sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j}}{\sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j}}$

Fonte: elaborado pelo autor

A viabilidade econômica do projeto foi obtida pelo VPL conforme proposto por Gama (2013) e Cordeiro (2007). O critério de adoção do método consiste em selecionar como viável os sistemas com VPL positivo, ou seja, que há viabilidade econômica com adoção de determinada taxa de descontos. Deve-se aceitar o investimento com VPL positivo e, conseqüentemente, rejeitar aquele com VPL negativo. Em que: R_j = receitas no período j; C_j = custos no período j; i = taxa de desconto; j = período de ocorrência de R_j e C_j; e n = duração do projeto, em anos, ou em número de períodos de tempo.

Considerou-se também o valor presente líquido da série infinita de cultivos (VPL_∞) de uma série de infinitos ciclos da cultura como forma de comparar projetos com ciclos de durações diferentes. Em que: VPL_∞ = valor presente líquido da série infinita de cultivos; VPL = valor presente líquido de um ciclo de cultivo que se repete perpetuamente; VLF = valor futuro líquido, no final de um ciclo de cultivo, que se repete perpetuamente; p = período ou ciclo da cultura (rotação); e i = taxa de desconto (SANTOS, RODRIGUEZ e WANDELLI, 2002).

O Valor Anual Equivalente (VAE) é a parcela periódica e constante necessária ao pagamento de uma quantia igual ao VPL da opção de investimento em análise ao

longo de sua vida útil. O projeto será considerado economicamente viável quanto maior for o valor do benefício periódico equivalente (REZENDE & OLIVEIRA, 2001; SILVA *et al.*, 2002). Em que: VPL = valor presente líquido; n = duração do ciclo ou rotação em anos.

A TIR é a taxa de desconto que iguala o valor atual das receitas futuras ao valor atual dos custos futuros do projeto, constituindo uma medida relativa que reflete o aumento no valor do investimento ao longo do tempo, com base nos recursos requeridos para produzir o fluxo de receitas (REZENDE & OLIVEIRA, 2001; SILVA *et al.*, 2002).

Nesta análise financeira considerou-se a aplicação de taxas reais de desconto de 4% e 10% ao ano ($i = 4\%$ e 10% a.a.). No cálculo do custo anual da terra foi considerada essa mesma taxa de desconto. Os custos das atividades e os preços dos produtos foram levantados entre março de 2014 e dezembro de 2017.

3.9. Análise das incertezas

Para avaliação das incertezas em relação aos dados obtidos em séries de dados os critérios adotados foram o desvio-padrão da média de uma série de observações independentes; utilização do método dos mínimos quadrados para ajustar uma curva aos dados a fim de estimar parâmetros da curva e seus desvios-padrão. Para identificação e quantificação dos efeitos randômicos em certos tipos de medições, quando efetuado a análise de variância, utilizou-se o R2ajustado, a estatística Durbin-Watson, o teste t de medias e o teste F (Tabela 2).

Foram utilizados sistemas estatísticos STATISTICA 7, Origem Pro2015 e planilha Excel. Para análise de imagens e produção de material cartográfico foram utilizados os sistemas de informação geográfica Qgis 2.18.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados e discussão, quanto ao estoque florestal do cumaru (*Dipteryx spp.*) e as perdas por desmatamento nos municípios pesquisados; produção de modelo alométrico para estimativa de biomassa dos troncos de cumaru; produção de biomassa: madeira e frutos em plantios de cumaru; o valor econômico da

espécie; o custo de oportunidade; avaliação econômica dos sistemas de uso da terra; e sistemas com a espécie cumaru como componente principal.

4.1. O estoque florestal do cumaru e as perdas por desmatamento.

Na tabela 7 é apresentado os resultados dos inventários para a espécie cumaru nos sítios estudados em relação ao tipo de floresta: floresta ombrófila densa (FOD) e floresta ombrófila aberta (FOA), número de amostras (Na), área amostrada em hectares, número de indivíduos de cumaru observados (Ni), número de indivíduos por hectare (N/ha), área basal (AB) volume (m³/ha) e espécie de cumaru com obtidos diretamente pelo autor e dados compilados de estudos realizados na região de Santarém (SILVA, CARVALHO e LOPES, 1985).

Tabela 7 – Sítios estudados, tipo de Florestas (FODtb: floresta ombrófila densa de terras baixas; FODSm: floresta ombrófila densa submontana; FOAsm: floresta ombrófila aberta), número de amostras (Na), área amostrada em hectares, número de indivíduos de cumaru observados (Ni), número de indivíduos por hectares (N/ha), área basal (AB) volume (m³/ha) espécie de cumaru observada .

Sítios	Classe dap (cm)	Floresta	Na	Área (ha)	N/ha	Espécie	Fonte
Altamira/Novo Progresso	>10,<30	FODsm	14	3,50	0,2857	<i>D. odorata</i>	O autor
	>30	Explor.	14	3,50	0		
			1	17,19	0		
Altamira/Novo Progresso	>30	FOAsm	02	34,04	0,1185	<i>D. odorata</i>	O autor
Novo Progresso	>10,<35	FOAsm	15	3,75	0,5333	<i>Dipteryx sp.</i>	
Novo Progresso	>35cm	FOAsm	12	12,00	0,3333	<i>Dipteryx sp.</i>	O autor
Portel-PA	<30	FODtb	26	6,50	0,7692	<i>Dipteryx spl.</i>	O autor
	>30	FODtb	26	6,50	0,4615	<i>Dipteryx spl.</i>	
Santarém-PA	>45	FODtb	1	144	0,1	<i>Dipteryx odorata</i>	Silva, Carvalho e Lopes (1985)
Itaituba/Aveiro	>20	FODsm	120	48,00	0,27	<i>Dipteryx odorata</i>	Colares, Melo e Ribeiro (2010)
						<i>Dipteryx sp</i>	
	>20					0,06	
					0,19	<i>Dipteryx sp</i>	
Itaituba/Aveiro	>20		10	4,00	1,00	<i>Dipteryx odorata</i>	Colares, Melo e

		FOAsm				Ribeiro, (2010)	
		cp					
Oriximiná	>10	FODtb	315	78,75	0,83	<i>Dipteryx odorata</i>	Salomão, Júnior
					1,00	<i>Dipteryx magnífica</i>	e Santana (2012)

Fonte: Elaborado pelo autor

Na região do assentamento PDS Terra Nossa (Novo Progresso e Altamira) em 14 amostras implantadas em região de remanescente florestal sob terreno, predominantemente plano com poucas ondulações e acesso facilitado por estradas foi encontrada apenas um indivíduo da espécie cumaru (*Dipteryx spp.*) em idade juvenil com DAP de 11 cm, indicando uma densidade de 0,28 ind./ha de cumaru na classe de DAP (10 cm < DAP < 30 cm). Por outro lado nas classes de DAP maior que 30 cm não foram encontrados nenhum representante da espécie na amostra.

Nesta mesma região, em área com as mesmas características (topografia plana e FOD) em área de reserva florestal onde já havia sido explorada seletivamente, numa amostra de inventário 100% das árvores com 17,19 ha (200m de largura por 850 m de comprimento), onde foram inventariadas todas as árvores com DAP > 30 cm. Nesta área também não foi encontrada nenhuma árvore de cumaru. Nesta região os vestígios de exploração florestal sugerem que a ausência de indivíduos da espécie pode ser atribuída à exploração das árvores de maior valor da madeira que são negociadas por preço entre R\$ 50 e R\$ 100,00 a árvore ou simplesmente subtraídas das florestas “públicas”.

Em outras duas amostras de inventário (100% das árvores com DAP maior que 30 cm) com áreas de 13,74 ha e outra de 20,30 ha, em floresta ombrófila aberta sub montana (FOAsm) protegidas pela topografia acidentada. Nesta região não foram observadas estradas nem trilhas de extração de madeira. Em cada uma dessas áreas foram encontradas duas árvores de *D. odorata*. A densidade calculada para a espécie cumaru foi de 0,1175 (ind./ha), ou seja, uma árvore de cumaru a cada 10 ha.

Em outra área de inventário diagnóstico com parcelas quadradas de 0,25 ha instaladas em área de FOAcp (com palmeira) na região de Altamira, em floresta não explorada foram observadas árvores de cumaru (*Dipteryx sp.*) com densidade de 0,53 ind./ha com DAP entre 10 e 30 cm. Por outro lado, na classe de DAP > 30 cm em parcelas quadradas de um hectare foram encontradas quatro árvores da espécie *D.*

odorata indicando uma densidade de 0,33 ind./ha, ou seja, aproximadamente um indivíduo a cada três hectares.

No município de Portel, em região de topografia plana em FOD em região de terras baixas, em 26 parcelas de 0,25 ha totalizando 6,5 ha de área inventariada. Nesta região antes da exploração florestal foram observadas cinco árvores de cumaru (*D. odorata*) e cumaru amarelo (*Dipteryx sp.*), indicando uma densidade de 0,77 (ind./ha) das espécies na classe de DAP entre 10 e 30 cm. Para a classe de DAP > 30 cm foram encontradas três árvores da mesma espécie indicando uma densidade de 0,4615 ind./ha.

A densidade de árvores da espécie cumaru, em termos de importância fitossociológica, em inventários realizados em diversas regiões coloca a espécie como rara em função da baixa densidade encontrada na maioria dos sítios estudados (LISBOA, SILVA e ALMEIDA, 1997; CARVALHO, CARVALHO, *et al.*, 2001; SALOMÃO, VIEIRA, *et al.*, 2007), a exceção da região nordeste da Amazônia, onde no passado foram encontradas em densidades elevadas, quando comparado a outras regiões (LISBOA, SILVA e ALMEIDA, 1997; SFB, 2012; SUDAM, 1975).

De acordo com dados obtidos nos inventários florestais realizados pela missão FAO, durante o período de 1956-1961, foram encontrados em áreas de floresta nativa no Estado do Amapá elevada densidade da espécie com média de 2,3 árvores ha⁻¹. Na região do planalto de Santarém, ao longo da bacia do Rio Curua-uma, a densidade encontrada foi de 0,8 árvores/ha (SUDAM, 1975). Na região de Manaus-Itacoatiara na região da Rodovia AM-010, o cumaru teve media de 0,03 árvores/ha para indivíduos com DAP maior ou igual a 45 cm.

Na região da Floresta Nacional de Caxiuanã em área de FOD de terras baixas nos municípios de Melgaço e Portel foram encontradas em inventário amostral densidade de 2,19 árvores/ha de cumaru (*D. odorata*) com DAP entre 10 e 49 cm. Na classe de DAP maior ou igual a 50 cm o número de árvores/ha foi de 0,40 (SFB, 2015). Já na Flona Saracá-Taquera na porção da Calha Norte no município de Oriximiná foram encontrados indivíduos da espécie cumaru (*D. odorata*) com DAP entre 10 e 49 cm num total de 3 árvores.ha⁻¹. Nas classes de DAP maior que 50 cm foram encontradas 2,22 árvores/ha (SFB, 2012). Nesta mesma região foram também identificadas as espécies *D. punctata* e *D. magnífica* em menor proporção.

Colares *et al.* (2010) em inventário diagnóstico realizado na gleba Mamuru – Arapiuns na bacia do Rio Tapajós no Pará, em área de FOA com palmeiras e FOD aluvial dossel uniforme, encontraram 143 espécies, pertencentes a 39 famílias botânicas em 803 indivíduos inventariados em 10 amostras. Os dados obtidos para a espécie *D. odorata* na classe de DAP entre 10 a 49 cm, quanto à densidade de árvores foi de 0,22 ind./ha. Para esta espécie com classe de DAP maior ou igual a 50 cm a densidade foi de 0,31 ind./ha.

De modo geral, a espécie é encontrada com frequência em diferentes tipologias florestais, porém em baixa densidade, o que lhe confere o *status* de espécie rara, pois, de acordo com a classificação proposta por Rabinowitz, Cairns e Dillon (1986) apud Fontana, Gasper Sevegnani (2014) mesmo tendo ampla distribuição geográfica, habitat variados (diferentes tipologias florestais e áreas em regeneração) é escassa com menos de um indivíduo por hectare (FONTANA, GASPER e SEVEGNANI, 2014). Entretanto, vale destacar que as espécies raras não são menos importante na floresta, pois, em florestas tropicais como relatado por Ricklefs (2011) há poucas espécies abundantes e muitas são raras.

Na tabela 8 são apresentados os dados de cobertura florestal e, da área de desmatamento dos municípios com base nos dados do Prodes, volume encontrado nos inventários florestais realizados e nos dados secundários de inventários florestais e as estimativas de perda da espécie cumaru por desmatamento nos municípios estudados.

Tabela 8 – Dados de extensão territorial, área relativa dos municípios de Portel e Novo Progresso em relação ao Estado, área de desflorestamento absoluta e relativa e estimativa de perda potencial da espécie cumaru.

Unidade Territorial	Floresta (km ²)	Desmat. (km ²)	Árv. ha ⁻¹	Mínimo árv./ha	Maximo árv./ha	Média árvores perdidas
Portel	18.556,50	1.908,4	0,03-0,77	5.726,22	146.946,80	76.349,62
Santarém	10.847,30	4.725,1	0,10-0,27	47.251,00	127.577,70	87.414,35
Novo Progresso	28.617,60	6.033,4	0,12-0,53	72.400,80	319.770,20	196.085,50
Pará	870.155,17	262.036,6				359.849,47
Amazônia Legal	3.214.801,95	777.117,94				

Fonte: elaborado pelo autor.

Dentre os municípios estudados, o município de Portel destacou-se pelo estado de preservação da cobertura florestal que em grande parte é devido à atividade de manejo que tradicionalmente ocorre na região desde a década de 1970. Entretanto, com o declínio do grande estoque florestal natural, o pujante parque industrial madeireiro

praticamente se extinguiu, levando ao município a voltar-se para alternativas de uso do solo que concorrem diretamente para aumentar o desmatamento. Neste município a evolução do desmatamento do ano 2000, quando possuía apenas 433,77 km² de área desmatada e sua economia fortemente voltada ao extrativismo, passou para 1908,37 km² de área desmatada em 2016. Este município entre 2015/2016 apresentou uma das maiores taxas anuais de incremento do desmatamento (Figura 14).

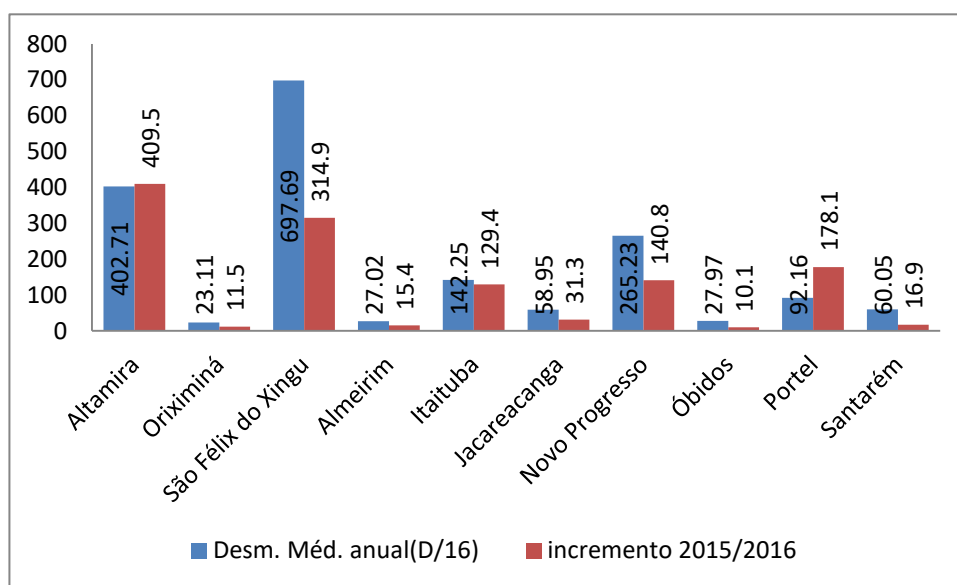


Figura 14 - Gráfico com os 10 maiores municípios do Pará e suas taxas de desmatamento médio entre 2000 e 2016 (azul) e incremento do desmatamento entre 2015/2016 em vermelho (Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do PRODES/INPE).

Os municípios de Novo Progresso e Santarém destacaram-se pela extensão da área desmatada, sendo que o município de Santarém apresentou média de incremento do desmatamento entre o ano de 2000 e 2016 de apenas 60 km². Entretanto, sua área desmatada em 2000 já correspondia a 16,44% passando em 2016 para 20,64%. Nesta região a integração de sistemas agroflorestais à produção rural e a agroindustrialização de produtos da sociobiodiversidade tem avançado nas pequenas e médias propriedades rurais.

Por outro lado, o município de Novo Progresso no ano 2000 acumulava apenas 4,69% de área desmatada, entretanto em 2016 já acumulava 15,80% de seu município com área desmatada. Porém, as constantes ações de comando e controle contribuíram para reduzir em 47% o incremento anual (2015/2016) da taxa histórica registrado entre 2000-2016, apesar do incremento do desmatamento medido pelo Prodes (2015/2016) continuar elevado (140,8 km²).

Em termos territoriais o município de Novo Progresso representa 3,05% da área do Estado do Pará, ao passo que o município de Portel 2,03% e Santarém 1,83%. Em termos de percentual de área desflorestada o município Santarém tem a maior proporção com 20,64% do seu território desflorestado, seguido de Novo Progresso com 15,80% e Portel com 7,51%. Estes três municípios somam 1.266.690,00 ha de área desflorestada, ou seja, 4,83% da área desflorestada do Estado do Pará. Entretanto, a maior contribuição para estes números é debitada ao município de Novo Progresso que representa 47,63% deste total.

A estimativa da densidade de árvore ha^{-1} de cumaru em Portel foi de 0,03-0,77, enquanto que na região da Flona Tapajós variou de 0,10-0,27 ha^{-1} . Em Novo Progresso e região de Altamira em FOA a densidade de árvores variou de 0,12-0,53 árvore ha^{-1} . Ao considerar o número médio de árvores de cumaru por hectares, estima-se que no município de Portel foram perdidas em média 76.349,616 árvores da espécie *D. odorata*. Enquanto que na região de Santarém estima-se uma perda média de 87.414,35 árvores de cumaru e no município de Novo Progresso médio de 196.085,50 árvores adultas em estágio reprodutivo somando um total de 359.849,47. Este total de árvores, ao se considerar que cada árvore adulta de cumaru pode produzir cerca de 30 kg de sementes anualmente, estima-se que deixaram de ser produzido $10,79 \times 10^6$ t de sementes nestes municípios.

O manejo florestal, o plantio comercial juntamente com a criação de áreas de reserva (indígenas e unidades de conservação) são fundamentais para a manutenção da biodiversidade e dos estoques de espécie de alto valor (SALOMÃO, 2014) como o cumaru, a castanha e muitas outras, pois, somente com a proibição de abate não garante a preservação, a exemplo da castanha-do-pará que mesmo protegida por lei (Instrução Normativa IBDF n° 001/80 e pela Lei 12.651 de 2012 atualização do código florestal) as populações nativas desta espécie tem diminuído drasticamente pela conversão das áreas de floresta para a pecuária, pela extração madeireira e as constantes queimadas provocadas pelo sistema corte e queima utilizado tanto pela agricultura de subsistência como para renovação das pastagens (HOMMA, WALKER, *et al.*, 2014).

Em Novo Progresso, a redução expressiva da taxa de desmatamento é resultado da ação de repressão promovida e da ação de embargo de áreas desmatadas, que neste

município somam aproximadamente 1158 propriedades com algum tipo de embargo e restrição federal por desmatamento irregular, dentro e fora das unidades de conservação. Entretanto, apesar da eficácia desta ação, por si só, não é suficiente para conter o desmatamento e a degradação florestal. É necessária uma atuação coordenada de modo a promover o melhor aproveitamento das áreas já desmatadas nas regiões de consolidação e a integração produtiva das florestas com incentivo a sistemas agroflorestais nas áreas consolidadas pela atividade produtiva e nas zonas de expansão destas atividades.

Da mesma forma, Araujo e Ponte (2015), sugerem que o combate ao desmatamento diante de atividades com elevado rendimento proporcionado pela pecuária de corte e pela indústria agrícola torna muito difícil o cumprimento de soluções que facilitem a conservação apenas por meio de "comando e controle". Os autores sugerem que o combate ao desmatamento seja associado a mecanismos adicionais como a restrição dos mercados para os produtores que não efetivamente adotarem a gestão ambiental em suas propriedades (ARAUJO e PONTE, 2015).

4.2. Equação de volume para estimativa da produção de biomassa.

Para estimativa da biomassa produzida pela espécie cumaru foi desenvolvido modelo para estimativa conforme apresentado na tabela 9, onde na primeira parte da tabela são apresentadas as estatísticas obtidas nas estimativas da biomassa em volume (m^3) com base nos dados de mensuração rigorosa do tronco de 45 indivíduos juvenis (sete anos de idade) em áreas plantadas na região de Santarém no Sistema ILPF. Na segunda parte da tabela são apresentados os resultados da análise estatística com base em 11 indivíduos adultos com DAP > 70 cm mensurados rigorosamente no município de Portel, Pará.

Tabela 9 – Resumo das estatísticas aplicadas na seleção do modelo de estimativa do volume da biomassa (m³) para plantas com DAP entre 10-17 cm plantados em SAFs na região de Santarém e árvores abatidas com DAP entre 70-113 cm em plano de manejo no município de Portel no Pará (Fonte: autor).

Volume (m³) para classe de DAP entre 10-17cm										
	β	EPxy	t(9)	p-level	DP	R2a	F(1,43)	p	D-W	Corr. Serial
Intercept	0,008079**	0,000791	10,2158	0,000000	0,03	0,98	2155,1**	0,0000	1,855649	0,061942
DAP2H	0,583375**	0,012567	46,4229	0,000000						

Volume (m) para classe de DAP entre 70,66- 113,64 cm										
	β	EPxy	t(9)	p-level	DP	R2a	F(1,9)	p	D-W	Corr. Serial
Intercept	1,258281**	0,369884	3,40183	0,007851	0,70	0,97	310,60**	0,0000	2,205616	-0,146766
DAP2H	0,455304**	0,025835	17,62386	0,000000						

Fonte: elaborado pelo autor.

O modelo de Spurr obteve precisão adequada com bom ajustamento dos dados, tanto para plantas em idade inicial de plantio como para árvores adultas de florestas nativas. O teste t aplicado aos estimadores obteve valor significativo tanto para o intercepto como para o estimador da variável independente. O valor de R^2 ajustado foi de 0,98, indicando que o uso deste modelo consegue explicar 98% da variância encontrada. O valor de F calculado foi altamente significativo (2155,1**) a 5% de probabilidade alfa. O desvio padrão foi de 0,03 m³.

Os resultados da estatística Durbin-Watson para este modelo foi de 1,855649, com probabilidade de correlação serial calculada negativa de 0,061942, que comparada ao valor tabelado (D-W), a 5% de probabilidade alfa, com uma variável independente (K=1) e 43 graus de liberdade, obteve limite inferior (DL) de 1,288 e limite superior (DU) de 1,376, conforme proposto por Savin & White (1977), a aplicação da estatística pelo critério proposto [$1,288 (dU) < 1,855649 < 2.624 (4-dU)$], levou a aceitar a hipótese H_0 , indicando que os erros não possuem correlação, sendo desta forma independentes. Este resultado foi corroborado pela análise gráfica comparativa entre os valores previstos no modelo com os resíduos da regressão, que demonstrou uma boa distribuição dos resíduos apesar da ampla dispersão dos resíduos no nível de confiança de 95% (Figura 15).

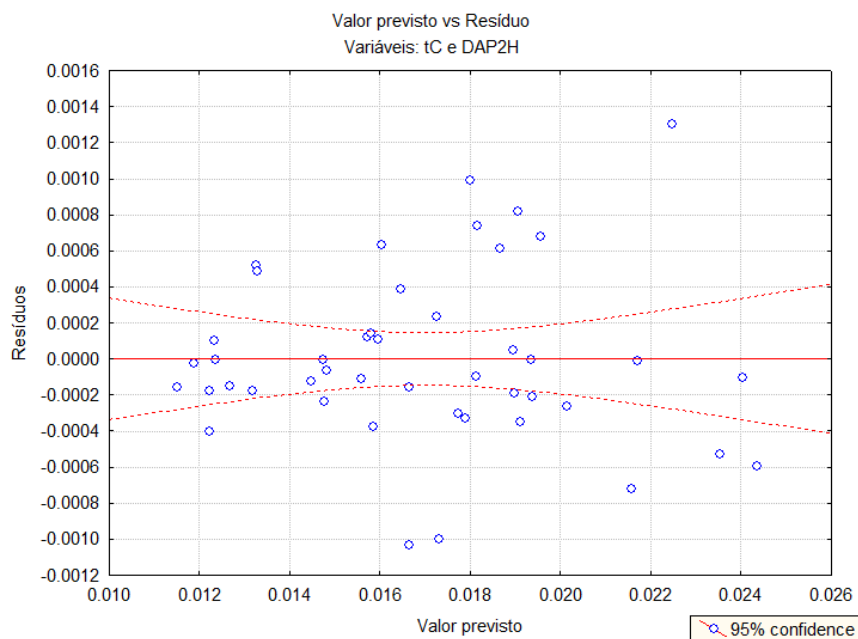


Figura 15 – Análise gráfica dos resíduos em relação ao valor previsto para o modelo de Spurr de dupla entrada de, $Vol. = 0.008079 + 0.583375 * DAP2H$ para classe de DAP entre 10-17 cm (Fonte: o autor).

Este modelo para estimar o volume de troncos de indivíduos adultos também obteve bom ajustamento dos dados (tabela 9). O teste t aplicado aos estimadores (intercepto e da variável independente) teve resultado altamente significativo ($t=17,62386$ e $p<0,000000$) na determinação da biomassa dos troncos de cumaru. Este resultado foi corroborado pelo teste F aplicado (altamente significativo) a 5% de probabilidade de alfa ($F: 310,60^{**}$ $p<0,000000$). Além do que, o valor de R^2_a (0,97) sugeriu que o modelo teve poder de explicação de 97% da variância existente, porém, o desvio padrão foi considerado alto (DP: 0,70 m³), indicando a necessidade de elevar o número de amostras.

A análise dos resíduos desta regressão utilizando a estatística Durbin-Watson obteve valor de 2,2056, com p-valor indicando haver correlação serial negativa fraca (-0,1467). Da mesma forma, a comparação do resultado a 5% de probabilidade, conforme proposto por Savin & White (1977) [$1,320$ (dU) $< 2,2056 < 2,68$ (4-dU)], também, levou a aceitar a hipótese H_0 , indicando que o erro é independente. Este resultado é confirmado pela análise gráfica comparativa entre os valores previstos no modelo com os resíduos da regressão, demonstrando que o modelo Spurr apresentou uma boa distribuição dos resíduos e um bom ajustamento ao nível de confiança de 95% (Figura 16).

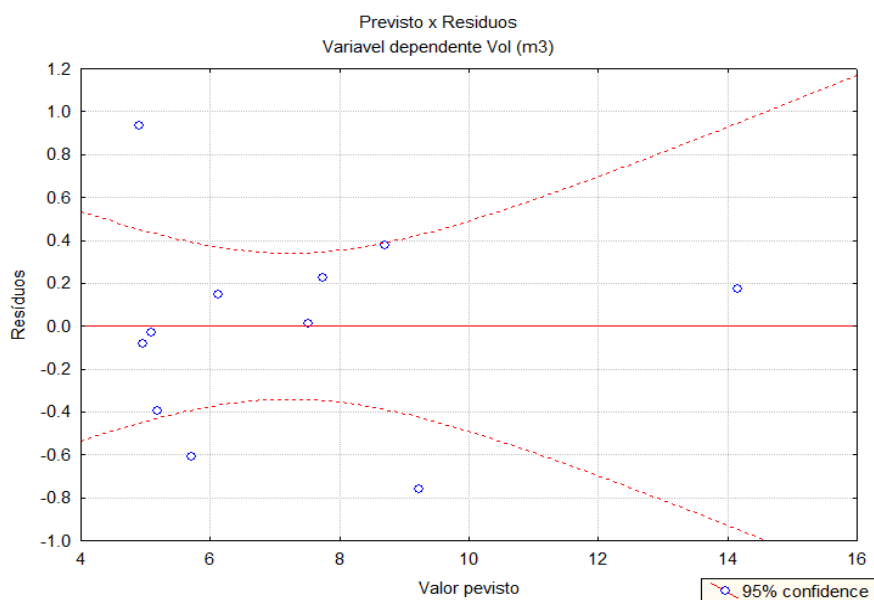


Figura 16 – Análise gráfica dos resíduos em relação ao valor previsto para o modelo de dupla entrada de Spurr $Vol= 1.258281+ 0.455304* DAP2H$ para a classe de DAP entre 70,66-113,65 cm (Fonte: o autor).

Resultado semelhante foi obtido por (FLORES, QUEIROZ, *et al.*, 2012; OLIVEIRA, RODE e ALMEIDA, 2017) que obtiveram bons ajustamentos dos dados utilizando o modelo de Spurr para grupos de espécies. Da mesma forma este modelo e o modelo de Schumacher-Hall (logaritimizados) obtiveram os melhores ajustamentos para a estimativa do volume da espécie *Couratari stellata* (Tauari) na Floresta Nacional do Tapajós com a mensuração de 1431 árvores (OLIVEIRA, RODE e ALMEIDA, 2017).

Mota, Ponte e Pauletto (2018) estudando um grupo de 499 indivíduos pertencentes a 41 espécies de árvores e 25 famílias botânicas mensuradas rigorosamente (método Smallian) no município de Portel no Pará obtiveram melhor desempenho para o modelo que combinou diâmetro e altura combinada, com efeito, quadrático em ambas variáveis associadas (MOTA, PONTE e PAULETTO, 2018).

Thaines, *et al.* (2010) validaram o modelo de Kopezki-Gehhardt ($V = -0,6870 + 0,00103 d^2$) para a estimativa do volume comercial em floresta nativa do Amazonas para uso em grupo de diferentes espécies com diâmetro entre 50 cm e 140 cm, devido a sua simplicidade e precisão obtida. Neste mesmo estudo, considerando árvores abatidas para estudo da biomassa e do estoque de carbono, o modelo logaritmo de Schumacher-Hall foi considerado o mais adequado (THAINES, BRAZ, *et al.*, 2010).

Por outro lado, o uso de variáveis transformadas pelo logarítmico tem sido amplamente usado para melhorar os resultados no ajustamento dos modelos de previsão de volume (LEE, 1982). Este resultado também tem sido encontrado em estudos conduzidos em florestas nativas na região Amazônica (BARROS e SILVA JÚNIOR, 2009; BARRETO, 2014; HIGUCHI, CHAMBER, *et al.*, 2004; ROLIM, COUTO, *et al.*, 2006).

Entretanto, vale destacar que neste estudo a transformação pelo logarítmico não obteve o mesmo resultado. Desta forma, foi descartado o uso de variáveis transformadas, pois, as análises estatísticas corroboram a precisão requerida com o uso do modelo adaptado de Spurr se demonstrou adequado para a estimativa da biomassa acumulada no tronco, tanto para o cumaru em plantios em fase inicial com DAP entre 10-17 cm, como para árvores adultas com DAP entre 70,66-113,65cm. Entretanto, a ampliação do número de amostras, assim como realização de estudos para as diferentes

espécies do mesmo gênero como *D. punctata* e *D. magnífica* que são comumente encontradas na região.

4.3. Análise do crescimento e da produção do cumaru (*Dipteryx spp.*) em sistemas agroflorestais.

4.3.1. Crescimento em altura, diâmetro e volume de fustes do cumaru (*Dipteryx spp.*)

Na Tabela 10 são apresentados às médias das variáveis mensuradas nos sistemas monitorados e os resultados da análise estática das médias no instante t (idade em anos) com base comparável, quanto ao DAP (m), altura (m) e volume (m³) e os respectivos desvios padrão das médias. As comparações foram feitas entre as médias dos sistemas com a mesma idade no mês de referência (agosto) entre 2015 e 2016, para os sistemas SAFA e CFI aos três anos de idade e ILPF e SAFM aos seis anos de idade.

Tabela 10 – Resumo das médias e o desvio padrão das variáveis: diâmetro a altura do peito DAP (m), Altura total (m) e volume (m³). As letras representam a diferenças das médias pelo teste t.

SISTEMAS	Idade	N	DAP (m)	DP (m)	H(m)	DP (m)	Vol.(m ³)	DP (m ³)
	(anos)							
SAFA	3	45	0,0701c	0,01524	6,57333c	1,12258	0,0199c	0,01064
CFI	3	45	0,0633d	0,00864	4,42222d	0,95914	0,01057d	0,00518
ILPF	6	45	0,1231a	0,01255	8,78222a	1,02343	0,07383a	0,02061
SAFM	6	45	0,0890b	0,01883	4,88667b	0,73873	0,02236b	0,01178

Fonte: o autor

A comparação das médias entre os sistemas SAFA e CFI, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade alfa, levou a rejeição da hipótese H_0 , em todos os testes da variância das médias para as variáveis: diâmetro (DAP), altura total (HT) e volume (Vol.) aos três anos de idade. Foram observadas diferenças entre as médias dos sistemas com uma ligeira superioridade no desenvolvimento das plantas de *D. odorata* no sistema SAFA (Figura 17) que apesar de apresentar o maior espaçamento entre o componente florestal teve um maior adensamento inicial produzido pelo plantio da banana, pimenta-do-reino e o açaí. Neste sistema foi implantado irrigação no cultivo da banana e pimenta-do-reino, que provavelmente associada às características do sistema,

tornou-se determinante para o melhor desenvolvimento médio da variável altura e volume da espécie neste sistema.

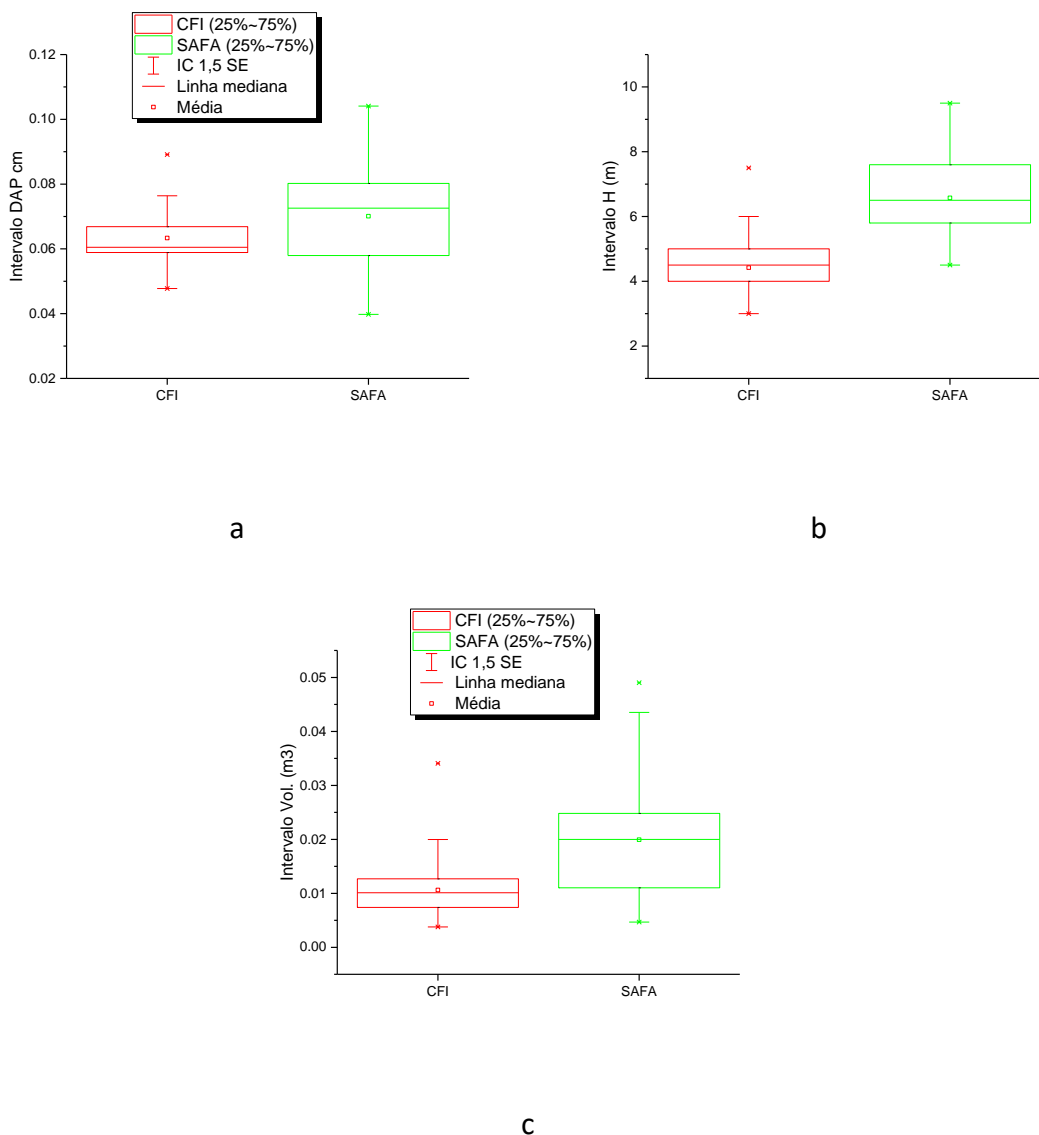


Figura 17- Análise gráfica das diferenças das médias de diâmetro (a), altura total (b) e volume (c) entre os sistemas CFI e SAFA e com a mesma idade aos 3 anos (Fonte: o autor).

Na figura 18 é apresentada a comparação gráfica entre os sistemas ILPF e SAFM aos 6 anos de idade. O teste de variância das médias obteve resultado altamente significativo, a 5% de alfa pelo teste t , indicando haver uma superioridade nas médias do sistema ILPF com a espécie *D. odorata*, em comparação ao sistema SAFM com a espécie *D. punctata*.

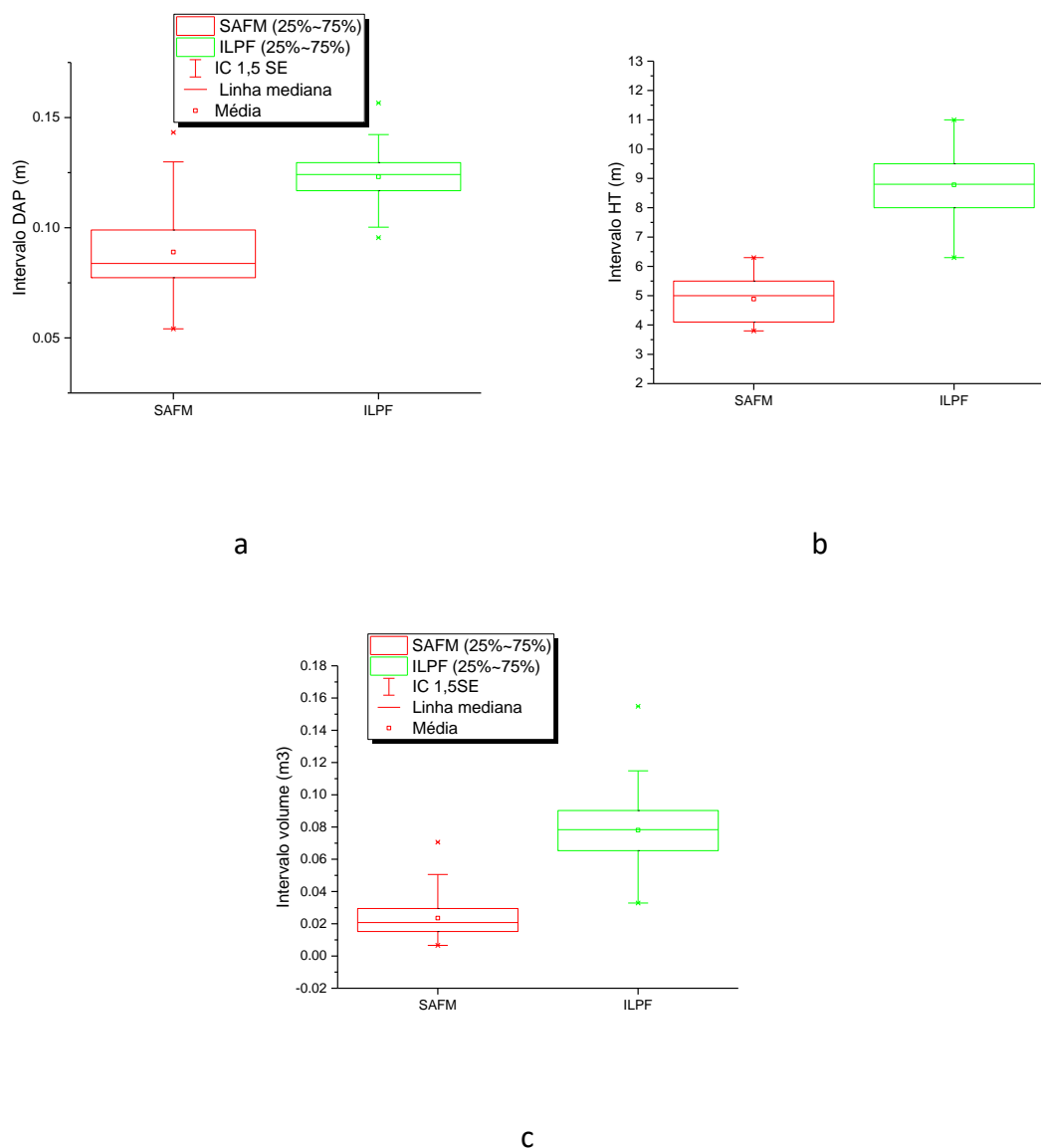


Figura 18- Análise gráfica das diferenças das médias de diâmetro (a), altura total (b) e volume (c) entre os sistemas ILPF e SAFM e com a mesma idade aos 6 anos (Fonte: o autor).

Na tabela 11, abaixo é apresentado resumo das estatísticas básicas referentes ao incremento medido, através do incremento corrente anual (ICA) para as variáveis: diâmetro (cm), altura (m) e volume (m³) obtidos para o intervalo de medições de agosto a agosto entre 2015 e 2016. Além do incremento médio anual (IMA) da variável volume.

Tabela 11 – Resumo dos incrementos periódicos em termos das médias de incremento médio anual para as variáveis diâmetro - DAP (cm/ano), altura-H (m/ano), Volume (m³/ano) dos sistemas monitorados (as letras iguais significam que não há diferenças nas médias).

Sistemas	Idade anos	ICA DAP (cm) cm/ano	SD	ICA H (m) m/ano	SD	ICA Volume m ³ /ano	SD	IMA Volume m ³ /anos	SD
SAFA	3	1,78 ^a	0,54	2,7844 ^a	0,93662	0,0131 ^b	0,0065	0,0066 ^b	0,00355
CFI	4	0,62 ^c	1,01	3,1978 ^a	1,47193	0,0114 ^b	0,0088	0,0054 ^b	0,00206
ILPF	6	0,52 ^c	0,34	2,2089 ^b	0,86808	0,0244 ^a	0,0108	0,0130 ^a	0,00364
SAFM	7	1,39 ^b	0,90	1,3089 ^c	0,37889	0,0158 ^b	0,0076	0,0056 ^b	0,00243

Fonte: o autor

O maior ICA para a variável diâmetro foi obtido pelo sistema SAFA (*D. odorata*) que teve em média 1,78 cm/ano (SD: 0,54). A aplicação do teste *t*, a 5% de probabilidade alfa para testar a variância das médias sugeriu haver diferença significativa deste em relação aos demais sistemas. O SAFM (*D. punctata*) apresentou ICA de 1,39 cm/ano (SD: 0,90) e os sistemas CFI 0,62 cm/ano de ICA (SD: 1,01). O menor valor de ICA para o diâmetro foi para ILPF com 0,52 cm/ano (SD: 0,34). O teste *t* não detectou diferença entre as médias do ICA diâmetro entre o CFI e ILPF, que apresentaram os menores valores das médias do ICA. Porém, estatisticamente, não diferiram entre si quanto à variância entre as médias, apesar de diferirem estatisticamente dos sistemas SAFA e SAFM.

Quanto ao comportamento da espécie *D. odorata* em relação ICA da variável altura (m), o sistema CFI com o menor espaçamento adotado (4m x 4m) destacou-se na altura com média de 3,19 m/ano (SD: 1,472). Porém não apresentou diferença estatística significativa entre as médias da altura com o sistema SAFA que obteve altura média de 2,78 m/ano (SD: 0,936) com um ano a mais de diferença entre os sistemas. O sistema SAFA apesar de ter espaçamento de 6m x 8m entre planta de cumaru, a área útil inicial foi de 12 m² em função das mudas de banana e açaí plantado.

O sistema ILPF com espaçamento de 5 m x 7 m (35 m²) obteve média de 2,21 m/ano (SD: 0,87) ao passo que o sistema SAFM com espaçamento de 4 m x 8 m (32 m²) teve o menor ICA médio de 1,31 m/ano (SD: 0,378), assim como o menor desvio padrão da média. Por outro lado, quanto ao ICA do volume (m³/ano) entre os sistemas monitorados, o sistema ILPF teve valor de ICA de 0,0244 (SD: 0,0108) superior aos demais sistemas que não diferiram estatisticamente entre si. O sistema CFI obteve ICA

de $0,0114 \text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$ (SD: $0,0088 \text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$), SAFA com ICA de $0,0131 \text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$ (SD: $0,0065$) e o SAFM com ICA do volume de $0,0158 \text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$ (SD: $0,0076$).

As figuras 19 e 20 demonstram de modo ilustrativo o comportamento das espécies *D. odorata* e *D. punctata*. Nestas fotos pode-se observar que a espécie *D. punctata* teve menor crescimento em altura do fuste quando comparado com a espécie *D. odorata*. De modo similar, em observações de campo em floresta nativa da região de Portel a espécie *D. odorata* apresentou média de altura entre 33 a 44 m, enquanto que a espécie *D. magnífica* obteve altura média entre 17 a 24 m (LISBOA, SILVA e ALMEIDA, 1997; SFB, 2015). Isso nos leva a considerar que não somente o espaçamento foi fator determinante para estabelecer as diferenças em desenvolvimento de altura e volume, é possível que as características genéticas destas espécies possam ter influenciado no desenvolvimento das espécies, portanto é necessário investir em mais estudos experimentais com maior controle das variáveis ambientais envolvidas.



Figura 19- Fotos do plantio da espécie *D. punctata* no Sistema SAFM plantado em Mojuí dos Campos com idade de 8 anos (Foto: o autor, em dezembro de 2017).



Figura 20- Fotos do plantio da espécie *D. odorata* no sistema ILPF (a esquerda) plantado em Santarém com idade de 7 anos e a plantadas em Belterra (a direita) no sistema SAFA com idade de 4-5 anos (Foto: o autor em dezembro de 2017).

O desenvolvimento da copa foi uma variável importante neste estudo, pois se supõe que seja diretamente correlacionada com a produção de frutos. O teste de médias aplicado entre os sistemas para a variável área da copa projetada não detectou diferenças significativas entre os sistemas SAFA e CFI aos 3 anos de idade do plantio com a espécie *D. odorata*. Da mesma forma, entre os sistemas SAFM (*D. punctata*) e ILPF (*D. odorata*) com idade de 6 anos de plantio, não apresentaram diferenças significativas a 0,05 de probabilidade alfa entre as médias do diâmetro projetado das copas (SAFM com 5,07 m e SD: 0,91 m e ILPF com média de 4,74 m e SD: 0,65 m) (Figura 21).

Por outro lado o teste t, a 5% de probabilidade, aplicado para a variável altura da copa, ou comprimento da copa, demonstrou que houve diferenças significativas nas médias entre os sistemas (Figura 22). O sistema ILPF obteve a maior média de crescimento da copa com 5,84 m (SD 0,97 m) em relação ao sistema SAFM com 4,05 m (SD: 0,75 m) com a mesma idade de plantio. O sistema SAFA com 3 anos de idade apresentou média de 4,42 m (SD: 1,14 m) e o sistema CFI com a menor média de 2,63 m (SD: 1,10 m).

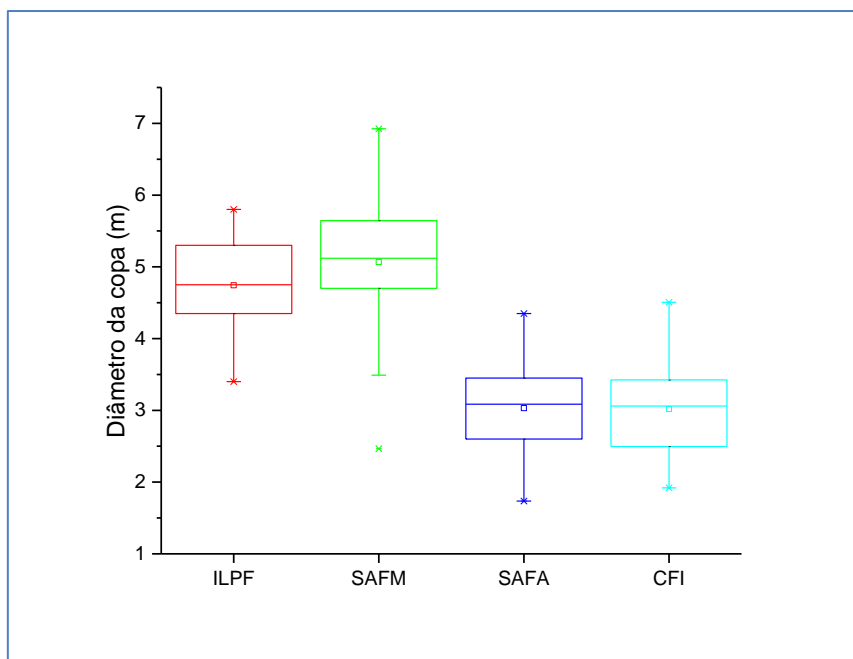


Figura 21- Análise gráfica das diferenças das médias do diâmetro (m) das copas entre os sistemas SAFM e ILPF com a mesma idade aos 6 anos e entre o SAFA e CFI aos 3 anos de idade (Fonte: o autor)

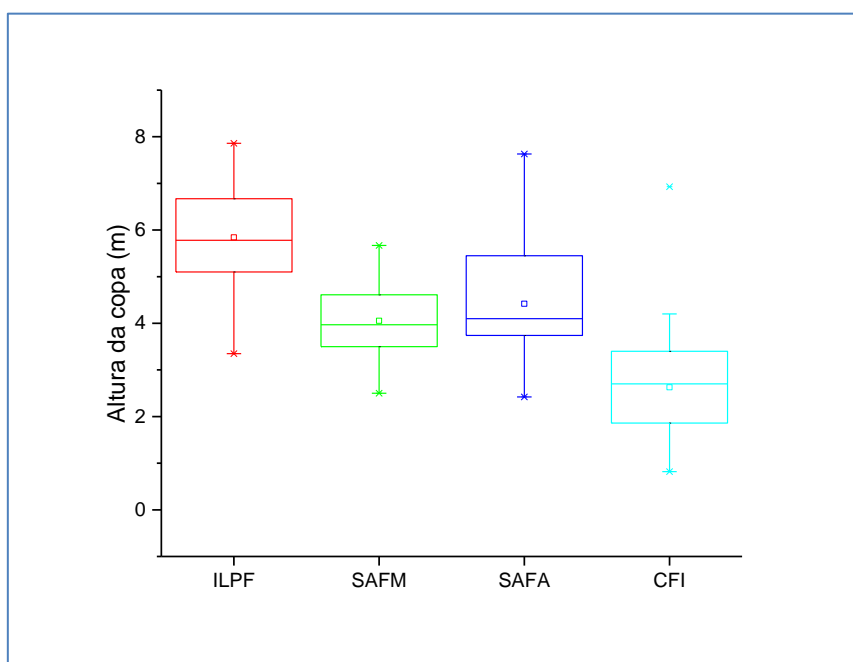


Figura 22- Análise gráfica das diferenças das médias da altura (m) das copas entre os sistemas SAFM e ILPF com a mesma idade aos 6 anos e entre o SAFA e CFI aos 3 anos de idade (Fonte: o autor)

Ao comparar estes resultados com os dados das análises de solo realizadas por Capucho (2017) observa-se que houve diferença na fertilidade dos solos. No sistema SAFA o teor de MO (21,4 g/kg) foi considerado médio (GAMA, 2004), enquanto nos demais sistemas teve teor alto (acima de 25,0 g/kg) sendo o sistema CFI o que obteve maior teor de MO (38,83 g/kg). Por outro lado o teor de fósforo (P) foi considerado

baixo (7-15 mg/de) no sistema ILPF, enquanto que para os outros sítios foi extremamente baixo (0-6 mg/de), ao passo que o teor de potássio (K) foi elevado, tanto no ILPF (130 mg/dm³) como no sistema CFI (95 mg/dm³) (PRADO, 2008, p. 139), porém, foi considerado médio para o sistema SAFM e baixo no SAFA (27 mg/dm³) (Tabela 12).

O teor de cálcio (Ca), na profundidade considerada, apresentou baixo nos sistemas SAFA e SAFM e para os sistemas ILPF e CFTAL apresentaram teor médio. Já os teores de Ca+Mg foram considerados baixos para os sistemas SAFA e SAFM e médios para os sistemas ILPF e CFTAL. Por outro lado os teores de alumínio foram considerados médios em todos os sistemas estudados (Cravo *et al.*, 2007, apud Capucho, 2017).

As amostras de solos para todos os sistemas apresentaram forte acidez para pH em água, sendo mais ácido no SAFM (pH 4.5) > SAFA (pH 4.7) > CFI (pH 4.8) > ILPF (pH 5.0) (GAMA, 2004). Enquanto que a acidez potencial (H+Al) apresentou a seguinte sequência de concentração: CFI (7,26 cmolc/dm³) > SAFM (6,93 cmolc/dm³) > ILPF (5,78 cmolc/dm³) > SAFA (5.61 cmolc/dm³). Esses resultados associados ao observado na capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos demonstram que estes solos são distróficos pobres em nutrientes (GAMA, 2004; PRADO, 2008).

Estudos conduzidos no sistema ILPF, na mesma área de estudo, por Silva *et al.* (2016) obteve taxa de sobrevivência de 80,42% para o cumaru (*Dipteryx odorata*), com um ano de idade (SILVA, SALES, *et al.*, 2016). Da mesma forma, autores como Alencar e Araujo (1980), Clay e Clement (1993), Clay, Sampaio e Clement (2000), Neves, Matos, *et al.* (1995) e Lameira (2011) estudaram sistemas silviculturais com espaçamento definido para reflorestamento e sistemas agroflorestais com *Dipteryx odorata* plantado a pleno sol e obtiveram boas taxas de sobrevivência e índices de crescimento em área degradadas na Amazônia com plantios planejados e conduzidos com fins produtivos (ALENCAR e ARAUJO, 1980; CLAY e CLEMENT, 1993; CLAY, SAMPAIO e CLEMENT, 2000; NEVES, MATOS, *et al.*, 1995; LAMEIRA, 2011).

Em ensaios silviculturais realizados na Reserva Ducke, entre 1962 a 1964, com a espécie *D. odorata* plantada em diferentes espaçamentos (4m x 3m e 5m x 5m),

topografia, plantios puros e consorciados em região de solo argiloso obtiveram bom desenvolvimento em altura e diâmetro (DAP) (SILVA e BARBOSA, 2006).

Para Salomão *et al.* (2014) as espécies *Dipteryx magnífica* e *Dipteryx odorata* plantadas em sistemas adensados para recuperação ambiental que foram iniciados em 1966 na FLONA de Saracá-Taquera em Porto Trombetas no Pará, obtiveram 80% e 61,5% de mortalidade e crescimento em diâmetro basal de 0,25 e 0,19 cm/ano, respectivamente. Estas espécies foram classificadas neste estudo como espécies com baixa aptidão para uso em sistemas de recuperação ambiental e ecológica em áreas de mineração. A conclusão dos autores foi com base na taxa de mortalidade, incremento periódico anual (IPA) do diâmetro basal e da altura total obtida em sistemas adensados de recuperação (SALOMÃO e JUNIOR, 2014).

Entretanto, autores como Barbosa *et al.* (2003) e Júnior *et al.* (2009), observaram efeitos positivos no crescimento de cumaru (*Dipteryx odorata* Aubl. Willd) em relação à preparação do solo, onde a aração do solo proporcionou maior crescimento em altura e diâmetro. Em plantios puros a altura média foi de 6,23 m e diâmetro de 7,61 cm e em plantios mistos em áreas aradas e gradeadas a média de altura foi de 8,55 m e diâmetro de 9,06 cm (BARBOSA, ILDA, *et al.*, 2003; JÚNIOR, BARBOSA e LOPES, 2009).

Por outro lado, Marengo *et al.* (2001) estudando plantas jovens de *Dipteryx odorata* com seis meses de idade, em ambiente de pleno sol e, em ambiente de sombra não observaram diferenças quanto à fotossíntese máxima, condutância estomática e transpiração. Os autores concluíram que a espécie pode usar estratégia de aclimação nos diferentes ambientes luminosos em tempo relativamente prolongado, utilizando a irradiância de forma eficiente com reflexos diretos sobre as respostas das trocas gasosas, embora submetidas à maior estresse devido à exposição da irradiância (MARENCO, GONÇALVES e VIEIRA, 2001)

Os resultados obtidos neste estudo sugerem que há necessidade de se ampliar as pesquisas e a realização de experimentos com maior controle utilizando diferentes espécies de cumaru, visando avaliar a variabilidade fenotípica, genotípica das espécies e o desenvolvimento de clones e progênie. Além do seu comportamento em resposta a adubação quanto à produção de biomassa e produção de frutos.

Nesta pesquisa a pesar de existirem muitas fontes de variação atuando no comportamento do cumaru plantado como as diferentes espécies, histórico de manejo do solo e a rotação de cultura, que provavelmente contribuíram para determinar as diferenças em crescimento e produtividade de biomassa. Porém, os resultados reforçam a existência de superioridade em termos de produção de biomassa pela espécie *D. odorata* no sistema ILPF em relação aos demais sistemas testados. Este resultado vai de encontro aos resultados obtidos por Júnior, Barbosa e Lopes (2009); Carvalho, Carvalho, *et al.* (2001); Mota, Varejão e Nascimento (2011) e Sampaio (1993), quanto ao desenvolvimento da espécie em resposta ao gradeamento, correção do pH do solo, adubação e associação de culturas.

A estimativa de biomassa produzida pelo cumaru em sistemas agroflorestais dependerá de fatores como origem do material genético, solos, espaçamento, manejo adotado para as culturas, adubação, clima, irrigação e as culturas consorciadas para aumentar a viabilidade econômica e para reduzir a necessidade da realização de capinas mecânica necessária nos primeiros anos de plantio. Diversas situações podem ser planejadas para maximizar os sistemas com a produção orgânica e agroecológica em sistemas integrados com a produção de mel e a polinização para produção de frutos.

4.3.2. A produção de frutos em plantios de cumaru (*Dipteryx spp.*)

No sistema ILPF plantado com a espécie *D. odorata* foram observadas árvores com fruto em todas as observações realizadas, exceto em fevereiro e novembro de 2016 (tabela 12). Neste sistema aos 6 anos de idade com médias de DAP de 0,12 m (SD: 0,01 m) e diâmetro da projeção da copa de 4,74 m (SD: 0,65m) observaram máximo de 17 árvores com frutos e média de 6,3 árvores (SD: 4.6) frutificando (Tabela 12). Por outro lado o sistema SAFM, entre outubro de 2015 e janeiro de 2017, foi o que obteve maior média de árvores frutificando (21,36) com presença de frutos verdes e maduros. Já o sistema SAFA, em 2016, aos três anos de idade teve sua primeira produção de frutos com máximo de quatro árvores frutificando no período. Para este sistema a média de ocorrência de árvores frutificando foi 0,92 (SD: 1,26) (tabela 12).

Tabela 12 – Resumo das estatísticas das árvores que frutificaram no período de estudo (2015-2017) nos sistemas SAFA, ILPF e SAFM plantados na região de Santarém – Pará.

MESES	ILPF	SAFA	SAFM	TOTAL
Out	8	0	43	51
Nov	4	0	42	46
Dez	2	0	43	45
Jan	6	0	6	12
Fev	0	1	0	1
Abr	9	1	0	10
Mai	11	2	0	13
Jun	17	1	6	24
Jul	9	1	10	20
Ago	9	4	14	27
Out	5	3	13	21
Nov	0	0	14	14
Dez	3	0	5	8
Jan	5	0	2	7
Ocorrências	88	13	198	299
Média	6,2857	0,9286	14,143	21,35714
Sd	4,6315	1,2688	16,228	15,75098

Fonte: elaborado pelo autor

Na figura 23 a ilustração gráfica demonstra a quantidade de frutos registrados a cada observação para os sistemas ILPF e SAFA plantados com a espécie *D. odorata*. Neste pode se observar que para o ILPF somente nos meses de fevereiro e novembro de 2016, não foram observados frutos, ao passo que de abril a junho houve os maiores registros de ocorrência de frutos.

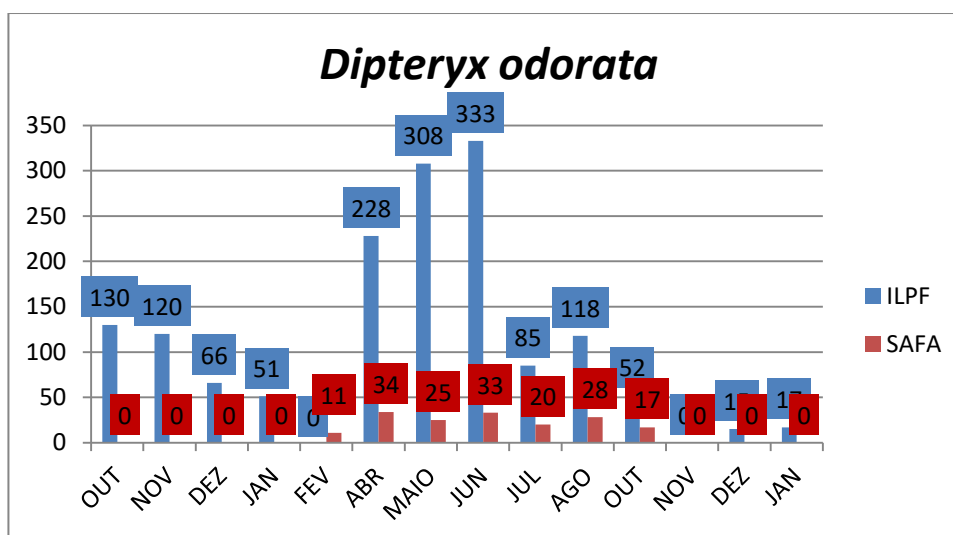


Figura 23 – Produção de frutos de cumaru *D. odorata* no sistema ILPF e SAFA em Belterra – PA (Fonte: o autor).

No sistema SAFM, plantado com a espécie *D. punctata*, não foram observadas árvores com frutos entre os meses de fevereiro e março. Entretanto, este sistema destacou-se dos demais pelo elevado número de árvores frutificando, tendo em 2015 95,5% das árvores frutificando com média de 14,14 árvores frutificando a cada observação (SD: 16,23) (Tabela 12). No mês de novembro de 2015 foram contados 11.264 frutos, decaindo para zero em fevereiro e permanecendo assim até maio de 2015. Entretanto essa elevada produção do ano anterior não se manteve, tendo em agosto a maior produção de frutos com 1007 frutos (Figura 24).

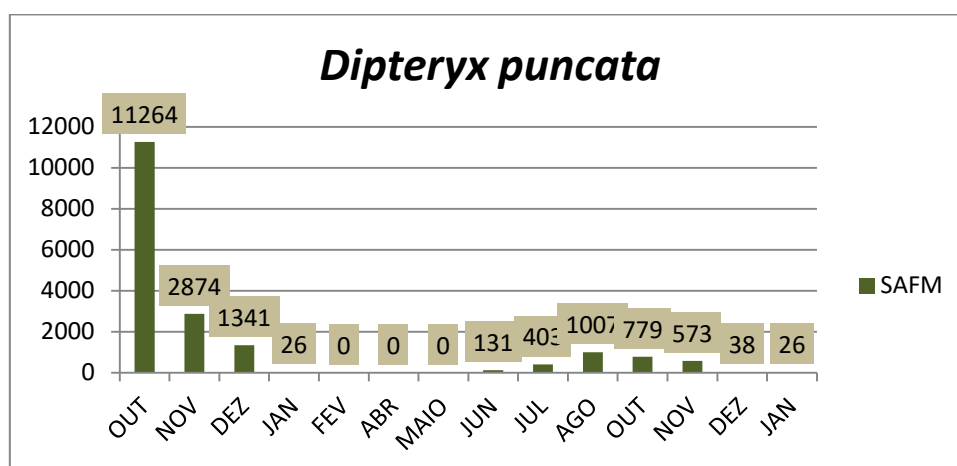


Figura 24 – Produção de frutos de cumaru do SAFA com *D. punctata* em Mojuí dos Campos – PA com idade de 6 anos (Fonte: o autor).

Na figura 25 tem-se a representação gráfica da frutificação por árvore nos três sistemas no mesmo plano. A linha preta tracejada representa às árvores com frutos da espécie *D. punctata* plantada em Mojuí dos Campos. Neste sistema, SAFM, o maior número de árvores com frutos em 2015 ocorreu entre outubro (início das observações) e dezembro. A dispersão ocorreu de dezembro de 2015 a fevereiro de 2016. Neste último ano o pico de árvores frutificando foi de agosto a novembro e a dispersão ocorreu até janeiro de 2017. Já a linha de cor laranja pontilhada representa o comportamento da espécie *D. odorata* no sistema ILPF. Neste sistema foram observadas árvores com frutos durante o ano inteiro, entretanto o pico de maior ocorrência foi do mês de maio a julho e a dispersão de julho a novembro. O sistema SAFA apesar da baixa ocorrência de árvores frutificando. Ao passo que o sistema CFI não apresentou frutificação no período.

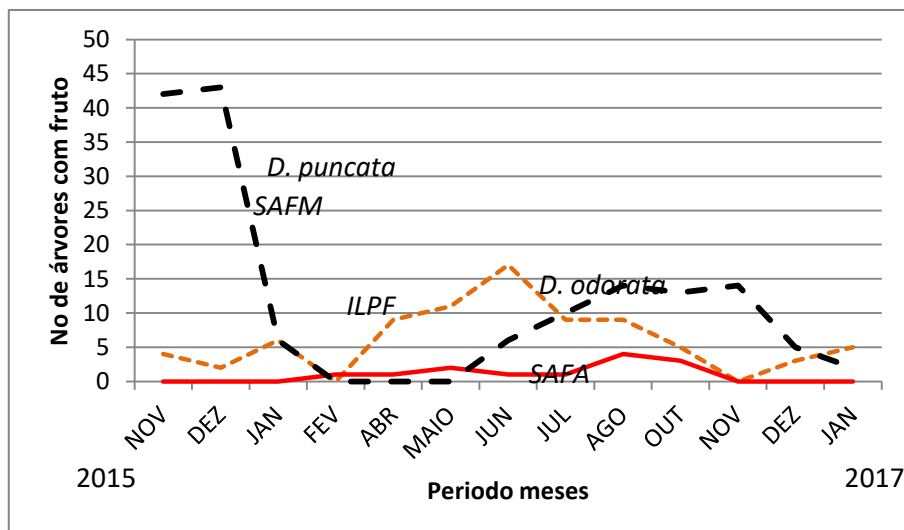


Figura 25 – Ocorrência de frutificação das espécies *D. odorata* e *D. punctata* ao longo dos meses do ano para o período de 2015 a 2016, em sistemas agroflorestais no planalto de Santarém, Pará (Fonte: o pelo autor).

Na tabela 13 é apresentado o resumo da produção média de frutos por árvores no período 2015-2016 para todos os sistemas monitorados. Neste a média obtida para as 45 amostras mensuradas em cada sistema apontam o SAFM com a maior média de frutos por árvores 410,27 frutos por árvores (DP± 322,34), seguido do sistema ILPF com média de 33,84 frutos por árvore (DP±80,18) e o sistema com menor produção média foi o SAFA com 3,73 frutos por árvore (DP±17,03).

Tabela 13 – Resumo das estatísticas básicas para a produção de frutos nos sistemas SAF1, ILPF e SAF2 plantados na região de Santarém – Pará.

	N	Média	Mínimo	Maximo	Variância	Desvio Padrão
SAFA	45	3.7333	0.00	104.000	289.9	17.0259
ILPF	45	33.8444	0.00	444.000	6428.3	80.1765
SAFM	45	410.2667	0.00	1575.000	103903.2	322.3403

Fonte: elaborado pelo autor.

Ao considerarmos a quantidade média de frutos observados por árvore e a quantidade de sementes por quilo (sementes/kg), utilizando como base para cálculo o valor médio de 2,486 g (SD: 0,352 g) por semente seca para *D. odorata* e média de 1,202 g (SD: 0,291 g) para *D. punctata* (Tabela 14), tem-se uma produção média estimada de semente seca ao ar (padrão de comercialização) de 0,493 kg de sementes seca no sistema SAFM. No sistema ILPF a produção média foi de 0,084 kg de sementes seca por árvore (DP: 0,094 kg) e no sistema SAFA a média foi de 0,009 kg de sementes

por árvore (DP: 0,0042 kg). Entretanto, no sistema SAFA apenas sete árvores foram observadas frutificando no período da análise.

Tabela 14 – Estatísticas básicas do peso de 100 sementes secas a sombra para *D. odorata* e *D. punctata* coletadas em Santarém – Pará.

Variáveis	Espécies	
	<i>D. odorata</i>	<i>D. punctata</i>
Média g/semente seca	2,486	1,202
Desvio padrão	0,352	0,291
Variância	0,124	0,085
Número de sementes secas por kg	402,145	832,177

Fonte: elaborado pelo autor.

Estudos de produtividade de semente de cumaru em SAFs com enfoque econômico-produtivo na Amazônia são raros, de modo geral, os estudos concentram em aspectos fenológicos (ALENCAR, ALMEIDA e FERNANDES, 1979; SAMPAIO, 1993; PINTO, MORELLATO e BARBOSA, 2008; FREITAS, SANTOS e OLIVEIRA, 2010). Um dos poucos estudos foram conduzidos por Regô (2014) que avaliou a produção e a viabilidade em sistemas agroflorestais formados por cumaru (*Dipteryx spp*) e mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) com idade de 7 e 10 anos plantados com diferentes espécies de cumaru (*D. punctata*, *D. odorata*, *D. alata* e *Dipteryx sp.*) utilizando espaçamentos variados (6 m x 6 m e 12 m x 12 m) no município de Alenquer no Pará. Nestes a média de produtividade observada foi de 0,432 kg/planta e 1,00 kg/planta aos sete anos de idade e produtividade de 0,760 kg/planta e 1,575 kg/planta aos 10 anos de idade.

O padrão de frutificação observado nos estudos da fenologia apontaram padrão anual tanto para *D. odorata* como para *D. punctata*, porém com diferença em relação ao período do ano. As espécies apresentaram indivíduos com pico de frutificação e dispersão no início do período mais seco, assim como no período de maior precipitação. Esse comportamento foi observado por Capucho (2017) em SAFs na região de Santarém e por Freitas *et al.* (2010) em SAFs na Ilha de Santana, Amapá, onde o padrão de frutificação e floração para indivíduos de *D. odorata*, também foi classificado com padrão anual ocorrendo na estação do ano com maior precipitação (FREITAS, SANTOS e OLIVEIRA, 2010).

Os dados obtidos neste estudo sugerem que *D. punctata* dispersa maior quantidades de sementes no período que a floresta tem maior disponibilidade de recursos para alimentar os predadores e dispersores (no período das chuvas), enquanto *D. odorata* dispersa quantidades menores com picos de produção restritos (frutos), mas em diferentes períodos do ano fornecendo recursos florais e frutos para polinizadores e dispersores durante o ano inteiro.

O comportamento de reprodutivo do cumaru de modo geral depende da precipitação, a exemplo das observações feitas por Sampaio (1993) e Alencar *et al.* (1979) que registraram a ocorrência de floração no período de setembro a outubro na região de Manaus e de outubro a novembro próximo à Belém. Para estes autores os frutos amadurecem cerca de nove meses depois com dispersão entre maio e julho na região de Manaus e de junho a agosto em Belém (SAMPAIO, 1993; ALENCAR, ALMEIDA e FERNANDES, 1979). Existem registros de observações da espécie com flores e frutos durante o ano inteiro (PESCE, 2009; CARVALHO, 2008).

A dispersão dos frutos é basicamente barocórica, porém adaptada para a dispersão zoócorica, feita por morcegos e outros animais (PESCE, 2009; CARVALHO, 2008; PEÑA-DOMENE, PALMAS-PÉREZ, *et al.*, 2014). A semente após ser liberada pela abertura do fruto é de germinação fácil e rápida quando encontra as condições adequadas de umidade e luz (MEKDECE, ALMEIDA e RAYOL, 2013).

Na região próximo a Manaus no Amazonas foi observado padrão de anual quanto a frequência da floração e ocorrência de frutos imaturos para *D. odorata*, enquanto que para a observação frutos maduros foi supra-anual. O padrão fenológico, tanto para floração quanto para frutificação foram irregulares e as correlações com fatores ambientais fracas (PINTO, MORELLATO e BARBOSA, 2008). Este comportamento irregular na produção de frutos levou os autores a sugerir uso racional dos produtos derivados da semente de *Dipteryx odorata*, em função deste padrão de frutificação. Entretanto, esta conclusão, pautada pela extrema precaução, pode levar a interpretações errôneas por tomadores de decisão (legisladores) que ao tentar regular e estabelecer parametros para atividade, se exagerados podem gerar distorções no mercado pelo excesso de burocracia que podem desequilibrar os sistemas tradicionais.

O gênero *Dipteryx* possui características adaptativas importantes que a permitiu à espécie transitar entre os biomas Cerrado – Amazônia – Cerrado, aproveitando-se da sua eficiência e plasticidade ecológica no aproveitamento da energia luminosa (ALENCAR e ARAUJO, 1980), dos solos (ALENCAR e ARAUJO, 1980; SOARES e CARVALHO, 1998; SANTOS, 2002; SILVA e BARBOSA, 2006; JÚNIOR, BARBOSA e LOPES, 2009) e das variações do clima (sub)tropical úmido e semi-árido, ou seja, se estendem por grande parte das áreas de terras firmes e vertentes de toda a região Neotropical (GBIF, 2013; ITIS, 2017; ADTN, 2010).

Entretanto, apesar das vantagens adaptativas que conduziram a espécie a colonizar grande parte dos Neotrópicos, o corte seletivo da espécie sem o manejo pode afetar a capacidade de reprodução, mesmo a espécies apresentando características reprodutivas que favorecem sua reprodução devido ao seu sistema sexual hermafrodita com síndrome de polinização cruzada, preferencialmente melitófila, polinizada por abelhas nativas dos gêneros *Bombus*, *Centris*, *Euglossa*, *Epicharis*, *Eulema*, além de polinizadores eventuais como pássaros, pois estes agentes de polinização viajam por longas distâncias podendo minimizar os problemas existentes com a redução do número de indivíduos e do aumento da distância entre os remanescentes em áreas com corte seletivo (MAUÉS, 2001; CARVALHO, 2009). Contudo, não somente a ampliação do espaço entre as plantas se constituem como as únicas barreiras, pois o comportamento reprodutivo da espécie é função das somas de caracteres individuais de cunho genético, compartilhados pelo grupo e as respostas às variações ambientais que afetam a floração e, conseqüentemente a produção de frutos.

Em termos do comportamento da espécie quanto à floração, a espécie *D. odorata* é descrita por Maués (2001) como do tipo cornucópia assincronizada, pois apresenta grande quantidade de flores abrindo em diversos indivíduos em intervalos de três a oito semanas, com flores que duram apenas um dia (GENTRY, 1974). Este comportamento associado ao assincronismo da espécie permite que sejam fornecidos recursos florais, tanto no período de maior, quanto no de menor precipitação atmosférica (concentração discreta maior de floração no período seco) (MAUÉS, 2001). Entretanto, a exploração seletiva pode produzir isolamento reprodutivo entre indivíduos com floração em tempos dessincronizados como é observado em plantios sem controle na origem das sementes.

Em termos de manejo florestal voltado a exploração da madeira, as atuais regras de manejo que determinam a manutenção mínima por espécie manejada de três indivíduos a cada 100 ha (PARÁ, 2015), em termos espaciais para uma espécie com síndrome melitofilia (MAUÉS, 2001), a princípio, não parece exercer nível de alteração crítica.

Entretanto, em estudos realizados com o cumaru na região do Planalto do Tapajós, em resposta a exploração seletiva de 90% da população de *Dipteryx odorata* (Leguminosae) foi observada efeito na população local da espécie com perda de 10% dos alelos e redução na troca gênica por pólen nas árvores dentro da área de estudo e do entorno. Entretanto, o impacto na diversidade genética, associado à assincronia de floração e ao fato da espécie ser autotetraplóide foram considerados como fatores limitantes na capacidade de reprodução da espécie após a redução do tamanho da população pelo corte seletivo das árvores com melhor fenótipo. A assincronia na floração entre árvores de *D. odorata* levou a ocorrência de árvores sem parceiros reprodutores, o que poderia limitar a reprodução e regeneração das espécies (HERRERO-JÁUREGUI, SIST, *et al.*, 2011; VINSON, KANASHIRO, *et al.*, 2015).

Por outro lado, a poliplóidia observada no gênero *Dipteryx*, é uma característica comum em plantas superiores, desempenha papel importante no desenvolvimento e na evolução das plantas selvagens e cultivada. As espécies poliploides geralmente têm maior capacidade de adaptação, por causa de suas cópias extras de genoma em comparação com os diploides, e podem acumular maior variabilidade. Além disso, os poliploides são bons colonizadores e podem ocupar habitat pioneiro nos quais os diploides ancestrais não seriam bem-sucedidos (SOLTIS, VISGER e SOLTIS, 2014; SPIELMANN, HARRIS e BOSHIER, 2015).

Em termos de manejo para produção de frutos é importante que se direcione esforços para melhor compreensão do sistema reprodutivo visando entender o fluxo gênico e os fatores de sucesso para maximização da polinização e da produção de frutos. É necessário identificar os indivíduos com maior expressão reprodutiva visando à domesticação das espécies através da seleção das características desejáveis, conforme as estratégias ecológicas e evolutivas desenvolvidas por estas e outras espécies do gênero. Entretanto, faz-se necessário o aprofundamento nos esclarecimentos referente à

autoecologia das espécies, os padrões reprodutivos (MOTA, JARDIM e MOTA, 2001) e silviculturais destas espécies e o acompanhamento da fenologia por períodos prolongados para determinar as diferenças nas estratégias entre as espécies do gênero.

Este estudo reforça a crença na necessidade de implantação de programas e pesquisas de longa duração que envolva, não somente a conservação *in situ*, através de criação por Decreto de Unidades de Conservação, é importante que sejam direcionados esforços para a conservação *ex situ*, aliado a domesticação das espécies Amazônicas que possuam elevado valor econômico, principalmente, utilizando espécies com características ecológicas e adaptativas que permitam o uso em sistemas agroflorestais, ou em sistemas integrados de agricultura de baixo carbono que reduzam os riscos do em regiões com maior probabilidade de alterações no regime de chuvas e na ocorrência secas severas.

4.4. O valor e a importância do cumaru

O valor da espécie em termos ecológicos ainda é um quadro com muitas lacunas que necessita de investimento em pesquisas de longo prazo para alcançar um nível adequado de conhecimento e redução de incertezas para a tomada de decisão sobre o manejo da espécie. Entretanto, é importante destacar que nas últimas décadas se ampliaram as experiências empíricas relacionadas a plantios comerciais e estudos em diversas regiões da Amazônia focados principalmente na espécie *D. odorata* (BESSA, MENDONÇA e ARAUJO, 2001; CAPUCHO, 2017; FREITAS, SANTOS e OLIVEIRA, 2010; JÚNIOR, BARBOSA e LOPES, 2009; MOTA, VAREJÃO e NASCIMENTO, 2011; PESCE, 2009; FREITAS, SANTOS e OLIVEIRA, 2010; SOUZA e MAUÉS, 2001; SOARES e CARVALHO, 1998; JÚNIOR, BARBOSA e LOPES, 2009) e no Cerrado na espécie *D. alata* (HERRERO-JÁUREGUI, SIST, *et al.*, 2011; ISMAEL, 2009; CARRAZZA e ÁVILA, 2010; SOUZA, CAMACHO, *et al.*, 2014; PINTO, FRANCISCO e MANSANO, 2014; CARVALHO, 2003).

O cumaru destaca-se como espécie chave para fornecimento de alimento para a fauna (PEÑA-DOMENE, PALMAS-PÉREZ, *et al.*, 2014) e forte poder de adaptação a ambiente que vão do sub-bosque sombreado a plena luminosidade em áreas de terra firme (SAMPAIO, 1993; CLAY e CLEMENT, 1993; CARVALHO, CARVALHO, *et al.*, 2001; CARVALHO, 2008; CARVALHO, 2009; HERRERO-JÁUREGUI, SIST, *et*

al., 2011; LAMEIRA, 2011). Essas características adaptativas demonstram o potencial da espécie para uso em sistemas de recuperação ambiental e plantios associados ao caráter produtivo da espécie.

4.4.1. O valor da madeira

A madeira do cumaru faz parte deste mercado de madeiras tropicais desde o descobrimento do Brasil, pois há registros de indicação de uso desta espécie para construção naval datado do ano de 1777. A madeira é indicada para uso na construção naval, construção civil, acabamentos (GONZAGA, 2006; IPE, 2017; ITTO, 2017), construções externas e internas, assoalhos, laminados decorativos, molduras, torneados e outras (AIMEX, 2016).

Em levantamento realizado na base de dados da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará (SEMAS-PA), que monitora a movimentação de produtos de origem vegetal no Estado, foram transportadas de modo regularizado entre 01/01/2006 até 21/02/2016, somente para o grupo de espécies indenticadas pelo gênero *Dipteryx* (*D. odorata* (Aubl.) Willd.; *D. polyphylla* Huber; *D. punctata* (Blake) Amshoff; *D. speciosa* Ducke; *D. trifoliata* Ducke; *D. alata* Vogel; *D. micrantha* Harms; *D. magnífica* Ducke e *Dipteryx. sp.*) um total de 498.806,81 m³ que representou 1,78 % do total de todas as espécies de madeiras contabilizadas para o período (28.033.734,06 m³).

Dentre as oito espécies declaradas o maior volume foi para a espécie *D. odorata*, que representou 68% (337.435,00 m³) do total de madeira em tora de cumaru extraído. A partir deste relatório foi obtido valor médio de R\$ 164,45 m³ referente ao valor em Reias do metro cúbico de toras de cumaru comercializadas em planos de manejo e em autorização de supressão (PARÁ, 2016). Entretanto, em informações obtidas em três empresas que detém planos de manejo. Nestas o valor de venda do m³ de tora de cumaru *D. odorata* (Aubl.) Willd. na região de Santarém e Itaituba foi em média de R\$ 613,33 (SD: 30,55 R\$.m⁻³). Para os representantes técnicos destas empresas o cumaru apresenta elevada demanda, entretanto a baixa densidade de indivíduos limita sua exploração e comercialização.

Segundo dados Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ), para o período de março a abril de 2016, o preço médio do volume da prancha de cumaru comercializada no Estado do Pará variou de R\$ 1364,00 a R\$ 1376,00 m⁻³ (CEPEA, 2017). Entretanto, nos últimos anos o comércio internacional da espécie tem sido dominado pelo nosso vizinho de bacia Amazônica o Peru. A madeira do cumaru, segundo o *International Tropical Timber Organization* (ITTO), apresentou preço FOB⁸ da madeira serrada exportada pelo Peru em setembro de 2016 com variação de U\$ 875-973 m⁻³. Enquanto, o preço da madeira beneficiada como DECK de cumaru variou entre U\$ 1188-1222 m⁻³ (ITTO, 2017).

Em 2010, o vice-presidente da STCP Engenharia de Processos LTDA, Joésio Siqueira conclui em entrevista a Revista Painel Florestal da inviabilidade de trabalhar com a madeira nativa e a necessidade de buscar opções no mercado internacional, justificando pelo fato de que é cada vez mais difícil obter licenciamentos para o uso de madeiras brasileiras, e a facilidade comercial com a qual os produtos importados se apresentam é bastante atrativa.

[...] o valor para exportação de, por exemplo, maçaranduba chega a US\$ 1.700 o metro cúbico, o Cumaru a US\$ 1.800 e Ipê e Jatobá na faixa dos US\$ 1.900. Porém, por mais que o valor chame a atenção, não há volume para entregar grandes pedidos”. Para o diretor do AHEC na América Latina, Roberto Torres, as madeiras norte americanas são uma boa opção para o mercado brasileiro porque é ofertado o ano todo, com regularidade de entrega, uniformidade de padrão e são em menor quantidade de espécies [...] (FLORESTAL, 2010).

É importante que as políticas e programas de ação não se limitem apenas nas medidas mais simples como a proibição, pois a cada espécie que entra em listas de proibição outras são substituídas ampliando os danos a outras espécies. Além do que, a curto e longo prazo estas medidas podem não surtirem o efeito esperado, como o caso do mogno e da castanha-do-brasil que continua a desaparecer das florestas, apesar dos investimentos em comando e controle e do avanço das tecnologias de monitoramento. É necessário investir na silvicultura e na domesticação de espécies de alto valor econômico, principalmente para aquelas que apresentam conflito entre a oferta e demanda entre a atividade madeireira e usos alternativos (HOMMA, BARROS, *et al.*, 2014; HOMMA, 2001; HOMMA, WALKER, *et al.*, 2014) como o caso do cumaru.

⁸ Frete pago na origem, significa que o frete é pago na origem, ou seja, no preço da venda estão incluídos o custo da mercadoria, o seguro de transporte que garante a mercadoria e o frete de transporte até o destino

4.4.2. As sementes e derivados.

A análise realizada com base nos dados oficiais disponíveis pelo IBGE referente à comercialização das sementes de cumaru nos últimos 22 anos (1992 a 2016) indicou uma média anual de 68,2 t de sementes comercializadas por ano com intervalo entre mínimo e máximo variando entre 10 t - 110 t/ano. O desvio padrão foi bastante elevado ficando em 35,8 t/ano. Já o preço praticado por tonelada (R\$/t) teve média de R\$ 5514,30/t com variação de R\$ 217,39/t a R\$ 30.010,00/t com um elevado desvio padrão de R\$ 6.386,00/t. O valor médio corrigido em R\$/kg pelo índice de preço ao atacado IPA foi de R\$ 6,2/kg com mínimo de R\$ 0,235/kg e máximo de R\$ 33,00/kg com desvio padrão de R\$ 6,9/kg (Tabela 15).

Tabela 15 - Resumo estatístico da quantidade em toneladas (t), valor total comercializado (R\$) valor por tonelada comercializada (R\$.t-1) e valor corrigido pelo IPA (R\$. kg-1).

Variável	Média	Mínimo	Maximo	Desvio Padrão
Quantidade (t)	68,20	10	110	35,80
Valor total (R\$)	498.227,30	5000,00	2911000,00	642064,30
R\$/t	5514,30	217,391	30.010,00	6386,00
Valor corr. IPA (R\$/ kg)	6,20	0,235	33,00	6,90

Fonte: elaborado pelo o autor com base nos dados do IBGE.

Na figura 26 é apresentada a evolução do mercado de sementes de cumaru para o período de 1994 a 2016. Neste gráfico fica evidente que o comércio desta semente vem aumentando acompanhado dos preços praticados. A linha vermelha demonstra a evolução na quantidade comercializada. Nesta percebe-se a brusca mudança sofrida no cenário comercial deste produto em relação à quantidade anual comercializada. Pode-se observar que existe um degrau entre o período de 1994 a 2002. Neste a quantidade média em tonelada da amêndoa seca comercializada era de 28 t com desvio padrão (SD) de 15,12 t/ano. Ao passo que entre 2002 a 2015 a quantidade média anual comercializada passou para 96 t/ano (DP: 6,57 t/ano). Em 2016, a quantidade deu mais um salto passando para 145 toneladas comercializadas.

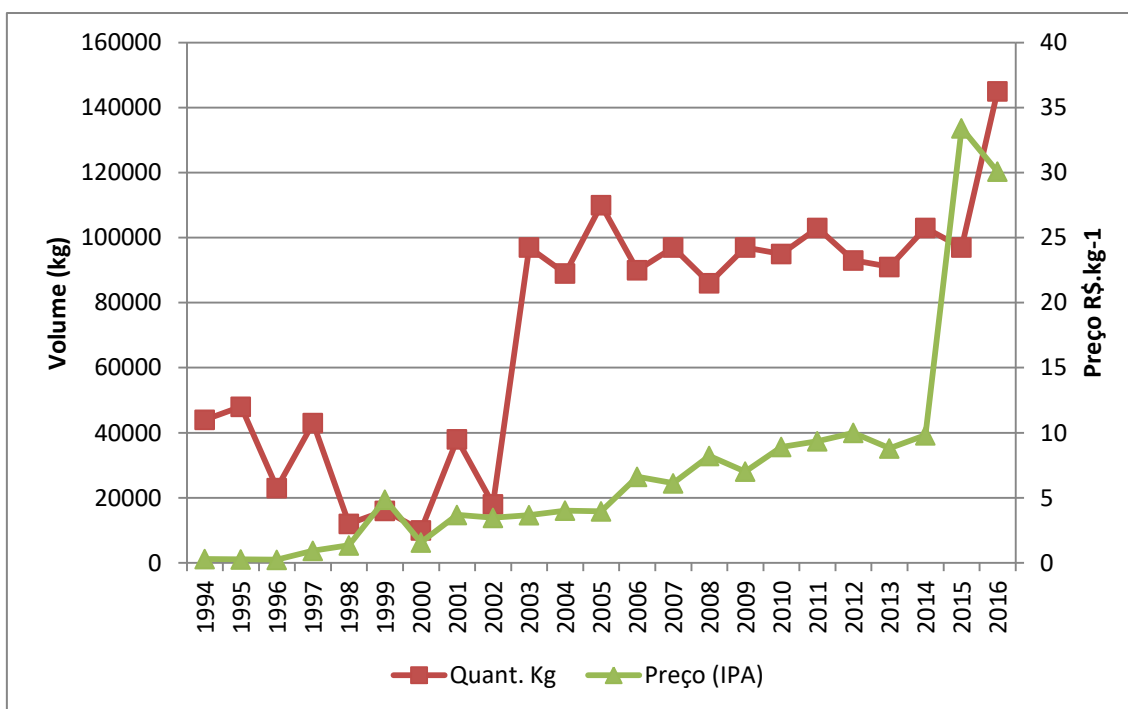


Figura 26 - Representação gráfica da análise da evolução da quantidade comercializada de sementes de cumaru entre 1994 a 2015 (Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do IBGE, 2017).

Nota-se que o comportamento do preço do quilograma (kg) também vem crescendo. Entretanto, após 2013, os preços praticados se elevaram de forma brusca, alcançado mais de 200% de acréscimo. Em mercados diferenciados para projetos voltados ao mercado justo como exemplo o projeto Origens Brasil que apoia o comércio direto entre os extrativistas e as indústrias de cosméticos o preço têm alcançado valor de até US\$ 15,00 por quilograma de semente seca para o período de 2016 e 2017. Entretanto, em entrevistas em mercados tradicionais entre extrativistas e compradores (atravessadores) o preço variou de R\$ 14,00 (Ruropolis e Alenquer) a R\$ 30,00/kg em Santarém e Novo Progresso.

Na tabela 16 são apresentados os dados obtidos através das entrevistas realizadas com os coletores extrativistas da associação indígena instituto Kabu e com o produtor de semente, que cultiva 0,5 ha de sistema agro florestal com cumaru na região de Mojuí dos Campos (SAFM). Os valores são declaratórios com base na quantidade comercializada. Estes dados são apresentados de modo ilustrativo, pois representam a exploração do cumaru em sistemas agroflorestais com enfoque familiar e a exploração extrativa florestal de modo coletivo realizado por populações indígenas apoiados pelo Instituto Kabu. Vale destacar que na área de coleta dos indígenas predomina a espécie *D. odorata* e, em menor proporção, outras espécies *Dipteryx spp.* Enquanto que na área

do SAFM implantado em Mojuí dos Campos foi identificada a espécie *D. punctata* como predominante no sistema.

Tabela 16 – Produção comercializada de sementes secas de cumaru no período de 2013 a 2017 com base na declaração espontânea dos indígenas acompanhados pelo Instituto Kabu em Novo Progresso para a espécie *D. odorata* e a produção de *D. punctata* coletado em Santarém – Pará no sistema SAFM em Mojuí dos Campos.

Ano	SAFM		Extrativismo	
	Quant. (kg)	Preço R\$	Quant. (kg)	Preço R\$
2017	85	45,00	200	49,50
2016	7	35,00	300	45,00
2015	57	30,00	900	35,00
2014	25	30,00	3500	30,00
2013	10	30,00	1200	30,00

Fonte: elaborado pelo autor.

Segundo o produtor de sementes (SAFM) a comercialização das sementes produzidas pelo SAF entre 2013 e 2016 foi realizada exclusivamente para empresa de Santarém que atua no setor de compra de sementes e óleos. Já os indígenas da etnia Kayapó até 2013 comercializavam a produção extrativa de cumaru para atravessadores. Porém, nas safras de 2014 e 2015 se organizaram e comercializaram para a empresa de exportação em Santarém. Entretanto, a safra de cumaru de 2016 e 2017 foi comercializada diretamente uma indústria de cosméticos com sede no sudeste do País.

Embora a espécie apresente ampla distribuição geográfica nas Américas do Sul e Central, o comércio mundial desta semente é dominado pelo Brasil, destacando-se como principal produtor o Estado do Pará que em 2015 produziu 82 toneladas que representou 84% da produção nacional. Deste total os municípios da região Oeste do Estado do Pará representaram 69% da produção total (IBGE, 2017). Esta região é de longe a maior produtora de amêndoas de cumaru, destacando-se as cidades de Alenquer, Santarém e Obidos neste comércio (PESCE, 2009; GONÇALVES, GAMA, *et al.*, 2012). Entretanto, a produção limita-se pelo caráter fortemente extrativista (HOMMA, 2014), ainda que o plantio comercial desta espécie venha crescendo na região Oeste do Pará em plantios de SAFs em pequenas propriedades.

Muitas iniciativas de plantios desta espécie foram inicialmente implantadas para atender à demanda por reposição florestal (SANTOS, 2002; CARVALHO, 2008).

Entretanto, muitos destes projetos foram posteriormente abandonados após a validação dos créditos florestais, pois no setor florestal a lógica adotada é a opção de obter ganhos rápidos com a exploração madeireira, tornando o reflorestamento uma opção pouco atrativa para a economia da propriedade rural (SABOGAL, ALMEIDA, *et al.*, 2006). Porém como citado anteriormente esse realidade tem mudado com o valor em ascensão das sementes no mercado.

Essa relação comercial do cumaru entre os municípios da região do Baixo Amazonas e Calha Norte é antiga (SILVA, JARDIM, *et al.*, 2010; CLAY, SAMPAIO e CLEMENT, 2000), associada à elevada concentração natural de cumaru nesta região que também possui a maior parte das florestas preservadas do Estado do Pará. Por outro lado, destaca-se ainda o capital social formado a partir das relações socioeconômicas locais que permitiram formar nesta região um forte comércio tradicional de produtos e subprodutos de base florestal.

Conforme observado por Alexiades, *et al.* (2004) e Silva, *et al.* (2010) a participação do comércio de sementes de cumaru na economia dos municípios é muito incipiente, pois esta atividade extrativista não gera grandes contribuições ao Produto Interno Bruto dos municípios. Porém para os extrativistas representa ganhos de receita na renda anual e na manutenção de suas famílias. Além do que, a coleta de sementes de cumaru representa um controle maior do desmatamento, pois, quem utiliza o produto normalmente preserva as matrizes.

Desta forma, a valorização e a expansão do comércio destas sementes, impulsionada pela ampliação da demanda do mercado pela diversificação das aplicações da cumarina (LAKE, 1999; PRASHAR, KUMAR, *et al.*, 2012; GOOGLE, 2017) poderá levar a uma nova fase de uso do cumaru com a produção racional pelo plantio e manejo das áreas de remanescentes florestais, ou seja, com a valorização das sementes espera-se que a produção entre numa fase de estabilização com a ampliação da produção racional por plantios conforme abordado por Homma (2008) ilustrado na figura abaixo. Entretanto, é de esperar que o aumento da oferta e a redução dos custos pela produção em escala, inevitavelmente deverá no futuro próximo pressionar para baixo o preço da semente, afetando diretamente a atividade extrativista.

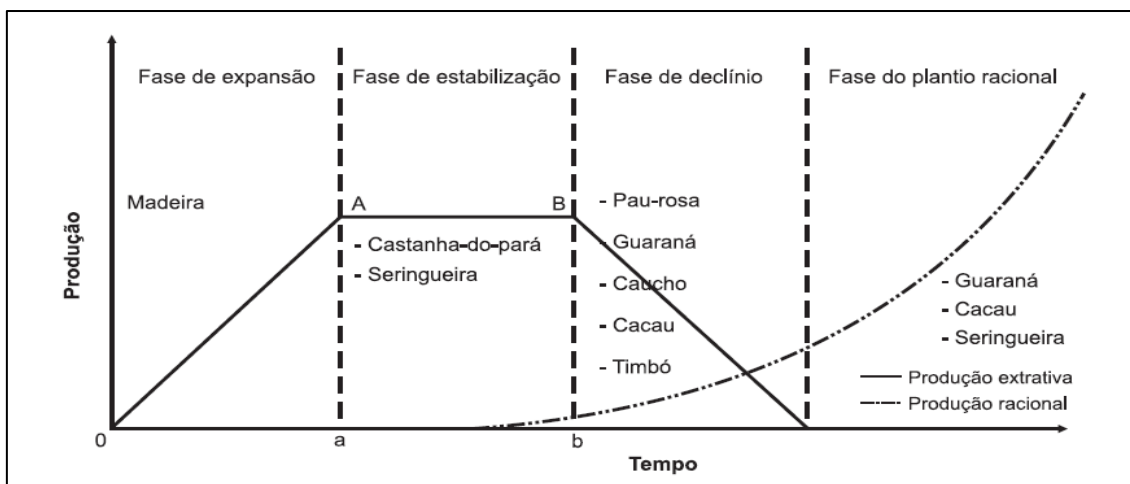


Figura 27 – Ciclo do extrativismo vegetal na Amazônia conforme proposto por Homma (2008) (Fonte: Homma, 2008).

Desta forma, é importante promover a inclusão socioprodutiva da espécie em políticas públicas que reconheçam a importância da espécie e das populações que preservam as áreas nativas e, detém conhecimento fundamental na condução de processos de domesticação, através da inclusão das espécies de cumaru da região amazônica na política de garantia de preço mínimo para os produtos da sociobiodiversidade (PGPM-Bio), conforme decisão tomada pelo Conselho Monetário Nacional (MAPA, 2015; MDA, 2015) para a espécie baru (*D. alata*) como ocorre para a região de Cerrado.

4.5. Avaliação econômica dos sistemas tradicionais de uso do solo e o cultivo do cumaru

As características econômicas e ecológicas da espécie têm levado diversos agricultores e técnicos da região a indicar a espécie para uso em sistemas agroflorestais, entretanto as incertezas relacionadas à falta de informações produtivas e econômicas ainda e uma barreira. Desta forma, neste item será apresentada a linha de base de referência obtida durante a realização do diagnóstico da área de assentamento e terra indígena na região Oeste do Pará. Além da avaliação econômica dos sistemas para posteriormente compor o custo de oportunidade entre a agricultura convencional (corte-queima) e a adoção de sistemas agroflorestais.

4.5.1. A linha de referência do uso do solo

Para a obtenção das informações básicas para cálculo dos investimentos dos agricultores foram obtidos dados das atividades realizadas e custo antes da implantação do projeto Horizonte Verde em Novo Progresso que promoveu o plantio de 200 ha de SAFs nessa região entre 2014 e 2015. A linha de base do projeto foi obtida pelo diagnóstico das atividades produtivas realizadas anteriormente ao início da implantação de SAFs. Para tanto, foram realizadas pesquisas e entrevistas com 42 colonos ocupantes de áreas rurais em assentamentos e lideranças familiares e caciques de sete aldeias indígenas.

4.5.1.1. Em assentamento

Na amostra obtida no assentamento PDS Terra Nossa foram identificadas 16 espécies cultivadas nas 42 roças e pomares visitados em áreas demarcadas para uso alternativo do solo (20 ha⁹) e ocupados por agricultores familiares assentados. Nestes lotes a média de área desmatada por lote foi de 7,38 ha (SD: 4,29 ha) e o tamanho médio das roças foi 2,17 ha (SD: 1,88 ha).

Em 35 roças, ou seja, 83,33% das áreas visitadas havia pomar ou quintal plantado com frutíferas ocupando em média 0,53 ha por lote (SD: 0,44 ha). Porém em termos de espécies cultivadas a produção de mandioca foi observada em 18 amostras, ou seja, em 42,86% das áreas. Por outro lado o cultivo de banana foi observado em 10 lotes, que corresponde a 23,81% das áreas. Portanto, estas duas espécies foram as duas mais representativas para compor a análise do custo de oportunidade dos agricultores familiares (Figura 28), visto os pomares observados em 83% dos lotes são extensões dos quintais.

⁹Essa área é destinada a produção de subsistência, ou uso alternativo do solo. Nesta modalidade de assentamento reserva legal é coletiva.

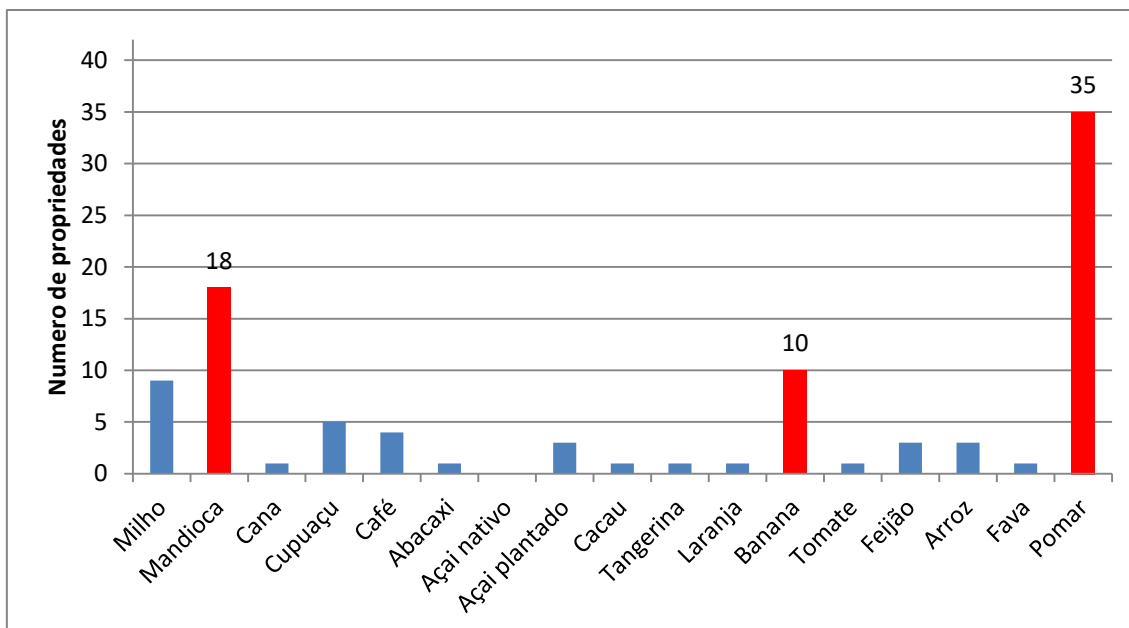


Figura 28 – Frequência relativa dos principais cultivos realizados no assentamento PDS Terra Nossa nos municípios de Novo Progresso e Altamira (Fonte: o autor).

O PDS Terra Nossa, ainda que sob jurisdição do INCRA de Santarém (SR 30), possui 90% de sua área sob o município de Altamira e 10% em Novo Progresso. Na base oficial do INCRA incide sob o território de Novo Progresso cinco assentamentos, sendo dois projetos de assentamento convencional¹⁰ (PA Nova Fronteira e PA Santa Julia), criados nos anos de 1996 e 1997 com capacidade para 500 famílias e, três assentamentos diferenciados¹¹ (PDS Terra Nossa, PDS Nelson de Oliveira e PDS Vale do Jamanxim) com capacidade de 1500 famílias (INCRA, 2018). Entretanto, somente o PDS Terra Nossa encontra-se desinterditado pela justiça (INCRA, 2015), ainda que em situação precária pelo estado de abandono dos assentados, que são minoria entre os posseiros legítimos e ilegítimos que tentam dominar as terras dessa rica região.

Estudo realizado na região do PDS Terra Nossa voltado à avaliação dos desafios enfrentados pelos agricultores familiares verificou que 86% dos produtores faziam uso do fogo para o controle do capim e manejo de suas propriedades. Entretanto, sem ferramentas adequadas, dispondo apenas de utensílios manuais para limpeza e manutenção de suas áreas, tornava-se difícil o controle, ocasionando perdas de produção e infraestrutura (plantios, casas e cercas) por incêndios acidentais. Este estudo apontou

¹⁰ Projeto de Assentamento Federal onde os lotes possuem áreas de uso e reserva individual.

¹¹ Projetos de Assentamento estabelecidos para o desenvolvimento de atividades ambientalmente diferenciadas e dirigido para populações tradicionais (ribeirinhos, comunidades extrativistas, etc.) com reservas coletivas (Fonte: INCRA)

ainda a necessidade da melhoria na forma de escoamento da produção e as condições de infraestrutura (SANTOS, PAULETTO, *et al.*, 2016).

4.5.1.2. Em terra indígena

Na região das aldeias indígenas Baú, Kamau, Pukany, Kawatum, Mekragnotire Velho, Pykatoty e Krimei da etnia Kayapó as roças visitadas tiveram área média de 2,24 ha (SD 1,02 ha). Nas roças indígenas cultivadas de modo coletivo foi identificada total de 20 espécies de culturas alimentares cultivadas tradicionalmente. As duas espécies que se destacaram pela maior frequência absoluta (ocorrência/ aldeia) foram banana que apareceu em todas as roças/aldeias (7) e mandioca (6) (Figura 29).

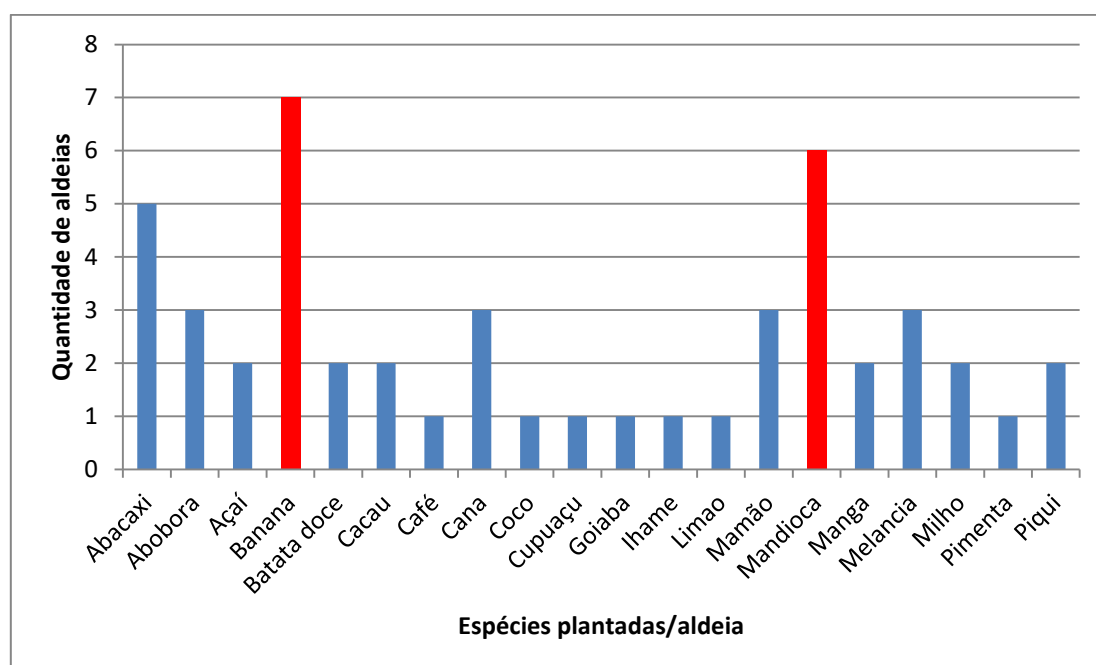


Figura 29 – Frequência absoluta das espécies cultivadas nas roças das aldeias Baú, Kamau, Pukany, Kawatum, Mekragnotire Velho, Pykatoty e Krimei em destaque (vermelho) para as duas espécies mais frequentes (Fonte: o autor).

É importante salientar que no sistema de produção agrícola dos Kayapó, assim como em outras comunidades tradicionais pelo mundo a diversidade é fator chave para a segurança alimentar. Essa característica é refletida no número (20) de espécies cultivadas e na demanda de espécies a cultivar. Nesta comunidade, assim como observado por outros autores, os sistemas de cultivo são bastante sofisticados quanto ao a produtividade, aproveitamento do espaço e do meio ambiente (POSSEY, 2009; ROBERTI, GARCÉS e LAQUES, 2012).

Em ambas as populações observadas destacaram-se os cultivos de raiz de mandioca e o cultivo da banana. Entretanto, embora estes cultivos estejam presentes em todo o país, principalmente na produção familiar, constituindo-se como um dos alimentos mais importantes para a dieta alimentar brasileira (EMBRAPA, 2017). No Estado do Pará sua forte importância, traduzida pelos números da área ocupada com estes cultivos que em 2017 a área de produção foi de 56.962 ha, pouco mais de 10% da área produtiva brasileira neste ano. Em quanto que a área ocupada pela produção de mandioca no estado do Pará, neste mesmo ano, foi de 570.846 ha que representou aproximadamente $\frac{1}{4}$ de toda a produção brasileira (IBGE, 2017).

Desta forma, para obter o custo de oportunidade em referência ao valor da melhor opção não realizada ou, o custo do investimento dos recursos disponíveis em detrimento dos investimentos alternativos como a adoção de SAFs, supõe que o cultivo de banana e raiz de mandioca são as atividades que deixarão de serem realizadas alternativamente. Para tanto é necessário obter os custos e receitas oriundas destas atividades tradicionais para compara-las com as atividades alternativas e, por fim, obter o custo de oportunidade.

4.5.2. Avaliação econômica dos sistemas tradicionais de uso do solo e o cultivo do cumaru

4.5.2.1. Sistema de monocultivo de banana (*Musa sp.*) (SMB)

Para efeito de comparação os cálculos do custo de implantação neste estudo as simulações foram realizadas tendo como referência um hectare (um ha) de área. Os custos de desmatamentos não foram considerados nesta pesquisa, pois o objetivo foi à reconversão de áreas já abertas em uso ou em pousio e evitar novos desmatamentos. No custo operacional foram considerados os custos de limpeza da área, gradeamento do solo, aplicação de calcário, adubação da cova, adubação de cobertura com uso de adubo orgânico e o controle de formigas. No custo de insumos e equipamentos foi inserido o custo de aquisição de roçadeira manual.

O valor de referência para a comercialização da banana foi o preço de venda em Novo Progresso que foi de R\$ 1,50/kg. A produção estimada para a região no primeiro e no quarto ano foi de 6,5 kg por touceira com um total estimado de 7221,5 kg/ha. Por

outro lado, do segundo ao terceiro ano a produção estimada foi de 13 kg/touceira passando para 14.443 kg/ha.

O custo inicial de implantação (ano zero) é de R\$ 10.780,17. No primeiro ano o fluxo de caixa é negativo tornando-se positivo somente a partir do segundo ano quando o VLP é estimado em R\$ 12810,85 a uma taxa de desconto de 4% (a.a.) e R\$ 10.211,80 a 10% (a.a.). A TIR estimada é de 26,20 % com VAE alcançando R\$ 6792,26 a 4% (a.a.) e R\$ 5.883,94 a 10% (a.a.) neste a simulação sugere uma relação benefício/custo (R/B) igual a 1,82 (Tabela 17).

O custo total acumulado no quarto no final do ciclo de cultivo foi estimado em R\$ 25.359,34 e receita projetada de R\$ de 64.993,50. Nesta perspectiva o VLP a uma taxa de desconto de 4% (a.a.) foi estimado em 33.922,63 e R\$ 26.810,16 com taxa de 10% (a.a.). O VAE alcançou R\$ 9.345,35 (4% a.a.) e R\$ 8.457,82 (10% a.a.). A TIR foi elevada com 32,62% e a relação B/C foi de 2,79 indicando que a cada um real (um R\$) investido estima-se uma receita de R\$ 2,56. Nestas condições propostas, *ceteris pabirus*¹², os indicadores apontaram para a viabilidade econômica deste sistema.

Tabela 17 – Resumo dos custos, receitas e taxas de atratividade do desenvolvimento do cultivo da banana em sistema tradicional (SMB) na região Oeste do Pará com valores em reais (R\$).

	0° Ano	1° Ano	2° Ano	3° Ano	4° Ano
Custo Total	10780,17	13632,47	17850,89	22080,12	25359,34
Receita total	0,00	10832,25	32496,75	54161,25	64993,50
VLP 4%	-9758,37	-2689,05	12810,85	27714,59	33922,63
VLP 10%	-9758,37	-2887,58	10211,80	22120,32	26810,16
TIR		-9,92%	26,20%	33,89%	32,62%
VAE 4%		-2796,61	6792,26	9986,91	9345,35
VAE10%		-3176,34	5883,94	8894,91	8457,82
B/C		0,79	1,82	2,45	2,56

Fonte: elaborado pelo autor.

O cultivo da banana além de se apresentar viável economicamente é uma forte aliada para a implantação de sistemas agroflorestais, pois a cultura é muito resistente à seca, proporciona sombra, umidade e condições para o estabelecimento de outras

¹² Expressão do latim que pode ser traduzida por "todo o mais é constante" ou "mantidas inalteradas todas as outras coisas"

espécies. Esta espécie inicia sua produção entre 12 e 18 meses após o plantio. Entretanto, conforme observado pela empresa brasileira de pesquisa agropecuária (EMBRAPA) a produção obtida na região é extremamente baixa em torno de 14 t/ha, muito aquém da produção adensada onde a produção pode chegar a 28,7 T/ha (entre 5.000 e 3.332 plantas/hectare), enquanto que nas menores densidades chega a 17,4 t/ha (1.666 plantas/hectare) (EMBRAPA, 2017).

Na região as áreas de produção de banana ao final do ciclo de quatro anos geralmente são substituídas por outras culturas. Alguns produtores nesta etapa plantam próximo à banana espécies como açaí ou cupuaçu que beneficiam da sombra, umidade e da matéria orgânica produzida pela cultura. Por outro lado, a produtividade no modo tradicional é extremamente baixa em função de uma série de fatores como: má qualidade do material de propagação (mudas), preparo de área, ausência de adubação, correção do solo e falta de controle fitossanitário. Além da ausência de aceiros para proteção contra o fogo, que na região sudoeste do Pará é um risco frequente durante o auge do período de estiagem que ocorre entre junho e setembro¹³.

Para Rambo *et al.* (2015) a bananicultura na região de Tangará da Serra mostrou-se como uma atividade viável a agricultores assentados considerando o preço médio pago pelo programa de aquisição de alimentos (PAA) para o momento da “safra”. Porém os autores questionam a inviabilidade de comercializar toda a produção via programa PAA, dado o valor máximo permitido por fornecedor ano (RAMBO, TARSITANO, *et al.*, 2015). Para os autores a atividade possui potencial de geração de renda para agricultores familiares assentados, mas para isso demanda aumento do nível tecnológico de produção e do investimento. Por outro lado estudos realizados por Gama (2003) analisando monocultivo de banana em Rondônia obteve para esta atividade fluxo de caixa negativo ao longo da duração do sistema, provavelmente associado às variações de produção da espécie nas densidades testadas e forte declínio da produção após o primeiro ano de plantio.

Entretanto, conforme observado anteriormente à produção de banana está presente em todo o país como fruta e alimento importante na mesa dos brasileiros,

¹³ Sistema de Risco de Queimadas é gerenciado pelo INMET. Foi desenvolvido para dar subsídios à "Campanha do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, para a Prática das Queimadas na Agricultura".

constituindo-se numa das mais importantes atividades agrícolas (EMBRAPA, 2017) devido o forte potencial de geração de renda para agricultores familiares em função da elevada relação trabalho/capital (BUAINAIN e BATALHA, 2007; RAMBO, TARSITANO, *et al.*, 2015).

4.5.2.2. Sistema de monocultivo de raiz de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) (SMRM)

A outra atividade de destaque no sistema tradicional de cultivo foi a produção da mandioca. Sendo assim foram feitas simulações referentes ao cultivo em sistema semimecanizado com remuneração da mão de obra de uma pessoa cultivando um hectare. Neste sistema não foi incluso nos insumos a aquisição de uma roçadeira devido às características de cultivo desta cultura. A produtividade utilizada neste sistema foi de 15 t/ha até o terceiro ano. No quarto ano foi considerada uma produção de 7,5 t/ha em decorrência do desgaste da fertilidade do solo pela excessiva exportação de nutrientes. O preço adotado para venda foi o preço praticado na praça de Novo Progresso em 2017 por fabricantes de farinha que compram a produção colocada na farinheira por R\$ 0,50 por quilo.

A mandioca possui caráter produtivo precoce (10 a 12 meses), semiprecoce (14 a 17 meses) ou tardio (18 e 20 meses) (EMBRAPA, 2003). Entretanto, nesta pesquisa foi considerado o ciclo de produção anual e o ciclo de cultivo da cultura na mesma área de terra de quatro anos. O custo de implantação no ano zero foi estimado em R\$ 4.494,24. No ano 01 a receita foi estimada em R\$ 7.500,00. Entretanto, os custos acumulados com a implantação, colheita e replantio podem chegar a R\$ 7.699,56, ou seja, o fluxo de caixa é negativo, assim como em todos os parâmetros (VLP, VAE, TIR e R/B), em ambas as taxas de desconto (4% e 10% a.a.) para o primeiro ano em decorrência do alto custo de colheita e replantio a atividade torna-se inviável economicamente. Contudo, no segundo ano as receitas acumuladas (R\$ 15.000,00) tendem a superar as despesas (R\$ 10.981,08) gerando VLP positivo de R\$ 3.689,17 e R\$ 2.910,55 e VAE de R\$ 1.955,98 e R\$ 1.677,03, a taxa de desconto de 4 e 10% (a.a.), respectivamente (Tabela 18).

Tabela 18 - Resumo dos custos, receitas e taxas de atratividade do desenvolvimento do cultivo da mandioca (SMRM) em sistema usual na região Oeste do Pará com valores em reais (R\$).

	0º Ano	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano
Custo Total	4494,24	7699,56	10981,08	14262,60	17544,12
Receita total	0,00	7500,00	15000,00	22500,00	26250,00
VLP 4%	-4119,72	-61,05	3689,17	7295,14	7680,20
VLP 10%	-4119,72	-258,85	2910,55	5791,83	6082,72
TIR		0,66%	14,65%	17,58%	13,95%
VAE 4%		-63,49	1955,98	2628,79	2115,82
VAE10%		-284,74	1677,03	2328,98	1918,92
B/C		0,91	1,26	1,45	1,43

Fonte: elaborado pelo autor.

No quarto ano estima-se que o custo total acumulado alcance R\$ 17.554,12 e a receita estimada é de R\$ 26.250,00. A relação B/C foi estimada em 1,43, ou seja, a cada real investido há a perspectiva de receita de R\$ 1,43. A produção de raiz de mandioca foi considerada viável economicamente pelo uso do VLP a 4% e 10% (a.a.), R\$ 7.680,20 e R\$ 6.082,72. O VAE apesar de positivo é baixo R\$ 2.115,82 e R\$ 1.918,92, a taxa de 4% e 10% (a.a.), respectivamente. A TIR alcança o valor de 13,95% com a relação B/C de 1,43.

Resultados semelhantes foram obtidos por autores como Alves, Júnior, *et al.* (2011), onde o custo operacional total da produção de raiz de mandioca semimecanizada por produtores do município de Castanhal no Pará em 2011 foi de 4.487,13 e a receita bruta obtida foi de 5.400,00. A relação benefício-custo (B/C) foi de 1,20 (ALVES, JÚNIOR, *et al.*, 2011). Estes autores consideraram do ponto de vista econômico os sistemas de produção de mandioca viável no município de Castanhal (PA).

De acordo com Santos e Santana (2014) na região de Portel o custo de implantação de um hectare de cultivo de mandioca em área de capoeira foi de R\$ 2.676,00, sendo R\$ 1.566,00, relativo à operação de cultivo e R\$ 1.110,00 referente à produção de farinha. Para produção em área com derrubada de mata o custo total estimado foi de R\$ 3625,00/ha. Neste mesmo estudo o custo da raiz de mandioca variou entre R\$ 0,10 a R\$ 0,14 por kg (SANTOS e SANTANA, 2014, p. 268). Em área de

cultivo mecanizado de 26 ha cultivado no Estado de Goiás a atividade obteve VLP positivo de R\$ 15.900,15/hectare.

Da mesma forma é comum na produção de farinha de mandioca a lucratividade ser baixa ou negativa (RIBEIRO, RODRIGUES, *et al.*, 2017; FILGUEIRAS e HOMMA, 2016), pois, ao remunerar gastos de mão de obra dos membros da família ou do regime de mutirão com base no valor do salário-mínimo se obter receitas que mal cobrem os custos de produção ou serem negativo. Esta é a razão pela qual a fabricação de farinha se constitui quase que exclusivamente da pequena produção familiar pela baixa lucratividade e por serem altamente intensivos em mão de obra (FILGUEIRAS e HOMMA, 2016).

4.5.2.3. Sistema de monocultivo de cumaru (SMC)

Neste sistema o cumaru plantado no espaçamento de 6 m x 3 m e densidade inicial de 555 mudas por hectare. As estimativas de custo e receita basearam-se no valor de mercado e em pesquisa de campo realizada com produtores locais para implantar e manter um hectare. A produção de sementes¹⁴ tem início no terceiro ano e foi estimada em 0,216 kg/planta, passando para 0,432 kg/planta do quarto ao sexto ano e, do sétimo ano em diante foi considerado uma produtividade de 1,00 kg/planta (RÊGO, 2014).

O valor o quilograma da semente de cumaru seca ao ar, de modo geral nesta pesquisa variou de R\$ 14,00 a R\$ 35,00, em função da qualidade e do comprador. Entretanto, nesta análise foi considerado o preço de R\$ 35,00, praticado na região de Santarém sem a interferência de atravessadores. Quanto ao período de avaliação do projeto foi considerado o ciclo de oito anos, ou seja, neste cenário não foi considerado a produção de madeira que necessita de ciclo longo de 20 a 30 anos para a produção de madeira com diâmetro mínimo de corte.

Neste sistema com plantio de cumaru em monocultivo para produção de sementes o fluxo de caixa se mantém negativo até o quinto ano, tornando-se positivo somente a partir do sexto ano quando as receitas (R\$ 29.370,60) tendem a superar as despesas (R\$ 22.205,11). Entretanto, somente no sexto ano os parâmetros econômicos como a VLP e VAE tornam-se positivos em ambas as taxas de atratividade (4% e 10%

¹⁴ Produtividade foi estimada pela capacidade produtiva de plantas da espécie *D. punctata* selecionadas em plantios.

a.a.) e a TIR alcança 5,04% e a relação B/C assume valor de 1,32. Por outro lado, no oitavo ano o custo é estimado em R\$ 26.408,48 e a receita passa para R\$ 68.220,60 com VLP_{∞} projetada, a taxa de 4% e 10% (a.a.), respectivamente, em R\$ 28.542,34 e R\$ 15.594,14 e o VAE assume a valia de R\$ 4.239,33 (4% a.a.) e R\$ 2.923,03 (10% a.a.) com TIR alcançando o valor de 14,24% e a B/C 2,58 (Tabela 19).

Tabela 19 – indicadores financeiros para sistema de plantio de reflorestamento com cumaru (SMC) na região Oeste do Pará com valores em reais (R\$).

SMC	PERÍODOS								
	0º Ano	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano	6º Ano	7º Ano	8º Ano
Cumaru									
Custo Total	9173,96	11204,56	13116,36	15792,93	18358,13	20337,31	22205,11	24362,48	26408,48
Receita total	0,00	0,00	0,00	4195,80	12587,40	20979,00	29370,60	48795,60	68220,60
VLP ∞ 4%	-9173,96	-10698,52	-12398,10	-11099,46	-6310,58	-1242,75	3714,80	16332,09	28542,34
VLP ∞ 10%	-9173,96	-10018,14	-11454,51	-10416,85	-6799,12	-3179,47	168,27	8223,74	15594,14
TIR					-7,75%	0,60%	5,04%	11,24%	14,24%
VAE 4%		-11126,46	-6573,42	-3999,67	-1738,50	-279,16	708,64	2721,08	4239,33
VAE10%		-11019,96	-6599,98	-4188,77	-2144,92	-838,74	38,64	1689,20	2923,03
B/C		0,00	0,00	0,27	0,69	1,03	1,32	2,00	2,58

Fonte: elaborado pelo autor.

Antoniazzi *et al.* (2016) obtiveram valores similares de custos de implantação de reflorestamento para a região Oeste do estado do Pará, que segundo estes variou entre R\$ 9.527.ha⁻¹ a R\$ 14.292.ha⁻¹, sem uso de mecanização para preparo do solo (ANTONIAZZI, SARTORELLI, *et al.*, 2016). Eles avaliaram os custos de implantação e manutenção de reflorestamento em oito estados brasileiros. Por outro lado, Bento (2013), estudando o custeio baseado em atividades de restauração de áreas degradadas na Amazônia central utilizando técnicas de plantio por mudas obteve valor de custo para restauração ambiental no valor de R\$ 38.531,93, onde somente os custos das mudas e adubos representaram 46,56% dos custos totais (BENTO, 2013).

A viabilidade dos sistemas de uso da terra depende fortemente da localização que influi no custo de transporte, insumos e acesso ao mercado, como observado por Queiroz e Silva (2016) que avaliaram reflorestamento com *Eucalyptus spp* no estado do Acre e obtiveram custo de implantação elevado (R\$ 5.690,48.ha⁻¹) e menor renda quando comparado com projetos similares conduzidos em outros Estados brasileiros, ou seja, não apresentaram viabilidade superior ao custo de oportunidade do capital, indicando assim a inviabilidade econômica dessa atividade na região (QUEIROZ e SILVA, 2016).

De outra forma, Santos e Grzebieluckas (2014) em análise da viabilidade econômica da pecuária de corte, do monocultivo de eucalipto e de sistema silvipastoril para produção de madeira no Estado do Mato Grosso demonstraram que todas as modalidades foram economicamente viáveis, porém, o VPL da atividade com eucalipto solteiro superou as receitas da produção silvipastoril e da pecuária convencional. O custo de implantação do sistema solteiro foi de R\$ 3.247,87 e do silvopastoril foi de R\$ 3.673,75 (SANTOS e GRZEBIELUCKAS, 2014).

De modo geral, os custos de reflorestamento são elevados e o tempo de espera por retornos econômicos devido ao ciclo longo de produção de madeira torna esta atividade inviável para pequenos produtores que necessita de maior liquidez devido à necessidade de dinheiro para manter as necessidades diárias da família (SILVA e NUNES, 2017), principalmente considerando espécies de crescimento lento e produção centrada somente na madeira, consistindo numa barreira para a utilização destas espécies em reflorestamentos. Entretanto, apesar do crescimento lento do cumaru o

valor e a precocidade na produção de sementes torna o uso da espécie atrativa para pequenos e médios produtores rurais que necessitam recompor áreas de reserva legal, ou implantar sistemas alternativos que integrem espécies florestais às atividades produtivas pastoris ou agrícolas em suas propriedades, ao mesmo tempo em que poderão gerar retornos financeiros em médio prazo e contribuir com a geração de externalidades positivas com a produção de serviços ambientais.

4.5.2.4. SAF com cumaru x banana (SAF2)

Os indicadores financeiros referentes ao investimento para formação de um hectare de SAF com cumaru associado à produção de banana foram obtidos utilizando como referência o espaçamento de 6 m x 6 m para o cumaru numa densidade 278 mudas por hectares e para o cultivo de banana um total de 833 mudas por hectare. Nesta análise foi considerado o período de oito anos para avaliação do projeto com foco principal na produção de sementes com início a partir do terceiro ano de plantio do cumaru e 18 meses para a produção de banana. A produtividade média de sementes por planta e o preço de venda foi considerado igual aos sistemas anteriores de cumaru e banana solteira (monocultivo).

A análise realizada neste sistema permitiu verificar que o fluxo de caixa para este SAF é negativo até o primeiro ano, tornando-se positivo a partir do segundo ano. O custo total de implantação do sistema no ano zero foi estimado em R\$ 9.833,14. No segundo ano o custo de implantação e manutenção foi de R\$ 14.687,3, superado pela receita gerada pela produção de banana no valor de R\$ 24.365,25, quando o VLP_{∞} alcança valor de R\$ 8.090,71 (4% a.a.) e R\$ 6.143,11 a 10% (a.a.). Nesta o VAE foi estimado em R\$ 4.289,66 a 4% (a.a.) e R\$ 3.539,60 a 10% (a.a.). Nesta simulação a TIR assume 23,01% e relação B/C foi de 1,73 (Tabela 20).

No quarto ano do horizonte de análise o custo total é estimado R\$ 21.442,00 e a receita líquida total em R\$ 55.035,54 com VLP_{∞} de R\$ 28.229,67 (4% a.a.) e R\$ 21.903,57 (10% a.a.) e o VAE para este ano ficou em R\$ 7.776,99 e R\$ 6.909,94, respectivamente, com taxas de desconto de 4% e 10% (a.a.). A TIR foi estimada em 30,89% e relação B/C foi de 2,57 indicando a elevada viabilidade deste sistema com a produção de banana e sementes de cumaru como fonte de receita, superando os demais sistemas quando observado o período de 4 anos.

Tabela 20 – Indicadores financeiros para sistema de plantio de SAF2 com cumaru e banana na região Oeste do Pará com valores em reais (R\$).

SAF2	PERÍODOS								
	0° Ano	1° Ano	2° Ano	3° Ano	4° Ano	5° Ano	6° Ano	7° Ano	8° Ano
Custo Total	9833,14	12319,64	14687,33	18361,83	21442,32	22704,24	23966,16	24812,28	26074,202
Receita total	0,00	8121,75	24365,25	42710,43	55035,54	59238,90	63442,26	73172,26	82902,26
VLP _∞ 4%	-9833,14	-4244,83	8090,71	20631,27	28229,67	30554,33	32789,58	39280,95	45230,51
VLP _∞ 10%	-9833,14	-4281,98	6143,11	16163,39	21903,57	23563,93	25073,36	29217,75	32809,05
TIR	#NÚM!	-18,81%	21,09%	30,60%	30,89%	30,18%	29,26%	29,81%	29,39%
VAE 4%		-4414,63	4289,66	7434,45	7776,99	6863,33	6255,00	6544,58	6717,99
VAE 10%		-4710,18	3539,60	6499,54	6909,94	6216,11	5757,03	6001,49	6149,86
B/C		0,66	1,66	2,33	2,57	2,61	2,65	2,95	3,18

Fonte: elaborado pelo autor.

No oitavo ano do horizonte de análise o custo total alcançou R\$ 26.074,20 e a receita líquida total em R\$ 82.902,26. Neste o VLP foi de R\$ 45.230,51 (4% a.a.) e R\$ 32.809,05 (10% a.a.) com VAE alcançando valor de R\$ 6.717,99 (4% a.a.) e R\$ 6.149,86 (10% a.a.) e a TIR foi estimada em 29,39% com relação B/C de 3,18. Estes valores indicaram que o sistema é viável economicamente e socialmente visto que gera receita a curto e médio prazo através da produção de banana e das sementes de cumaru.

4.5.2.5. SAF com cumaru x banana x cupuaçu (SAF3)

O sistema cumaru consorciado com a cultura da banana que por seu ciclo (quatro anos) poderá ser substituída a partir do terceiro ano por outras culturas de ciclo curto como abacaxi, maracujá, foragem, ou outras espécies perenes como o açaí, cupuaçu, pequi como forma de reduzir o risco de infestação de pragas e doenças. Entretanto, com base no diagnóstico de definição da linha de base do projeto Horizonte Verde optou-se pela inserção da frutífera perene o cupuaçu que é amplamente cultivado na região conforme observado na fase de diagnóstico.

Neste sistema o espaçamento, mão de obra e produtividade das culturas banana e cumaru foram semelhantes ao anterior, com diferença no aumento da mão de obra em decorrência do plantio no terceiro ano do cupuaçu. A produtividade estimada do cupuaçu foi de 10 frutos por planta a partir do quarto ano de plantio da espécie e sétimo ano de implantação do projeto. O preço adotado como referência para comercialização dos frutos de cupuaçu *in natura* foi de R\$ 1,00 vendido no local de produção. Este preço foi abaixo do valor do fruto divulgado pelo IMAZON, em janeiro de 2018, que variou de R\$ 2,00 a R\$ 10,00 nas principais feiras e/ou portos dos municípios de Altamira, Belém, Breves e Gurupá no Pará, e em Santana no Amapá (IMAZON, 2018).

Na tabela 21 é apresentado o fluxo de caixa do SAF com cumaru, banana e cupuaçu. Neste sistema o custo total no quarto ano foi estimado em R\$ 26.122,82 e a receita até este período foi de R\$ 55.035,54. A VLP_{∞} foi estimada em R\$ 24.255,67 (4% a.a.) e R\$ 18.759,46 (10% a.a.) e o VAE a 4% (a.a.) foi de R\$ 6.087,62 e R\$ 5.918,06 (10% a.a.) com TIR estimada em 23,50% e a relação B/C assumindo valor de 2,11. Estes resultados indicam a viabilidade econômica do sistema, entretanto, quando comparados ao sistema anterior apresentam resultados inferiores em relação ao mesmo horizonte temporal de análise, em decorrência dos custos de plantios do cupuaçu.

Tabela 21 – Indicadores financeiros para sistema (SAF3) onde é associado o cumaru com a produção de banana e cupuaçu na região Oeste do Pará com valores em reais (R\$).

SAF3	PERÍODOS								
	0° Ano	1° Ano	2° Ano	3° Ano	4° Ano	5° Ano	6° Ano	7° Ano	8° Ano
Custo Total	9910,14	12149,69	14270,43	22754,68	26122,82	27503,54	28884,26	30264,98	31645,70
Receita total	0,00	8121,75	24365,25	42710,43	55035,54	59238,90	63442,26	81502,26	99562,26
VLP _∞ 4%	-9910,14	-4090,55	8464,52	16893,69	24255,67	26486,44	28631,41	40818,80	52537,44
VLP _∞ 10%	-9910,14	-4147,89	6462,74	13197,89	18759,46	20352,77	21801,23	29582,24	36655,88
TIR		-18,24%	22,43%	21,88%	23,50%	23,25%	22,77%	24,81%	25,76%
VAE 4%		-4254,18	4487,86	6087,62	6682,19	5949,57	5461,78	6800,80	7803,27
VAE10%		-4562,68	3723,77	5307,07	5918,06	5369,01	5005,72	6076,35	6870,93
B/C		0,67	1,71	1,88	2,11	2,15	2,20	2,69	3,15

Fonte: elaborado pelo autor.

Por outro lado, quando a referência temporal de análise passa para o oitavo ano o custo total é estimado em R\$ 31.645,70 e a receita neste período passam à R\$ 99.562,26 com VLP_{∞} foi estimado em R\$ 52.537,44 (4% a.a.) e R\$ 36.655,88 (10% a.a.) e o VAE a 4% (a.a.) assume valor de R\$ 7.803,27 e R\$ 6.870,93 a 10% (a.a.) com TIR estimada em 25,76% e a relação B/C assumiu valor de 3,15. Estes resultados indicam que este sistema a médio e longo prazo obtém melhores resultados em termos de viabilidade econômica, quando comparados aos sistemas anteriores de monocultivo e SAFs com a espécie cumaru como componente principal.

Para Arco Verde (2008) os custos iniciais nos três primeiros anos de implantação do SAF voltado à produção de madeira no Estado de Roraima foram de R\$ 3.367,00 ha⁻¹, R\$1.902,00 ha⁻¹ e R\$ 1.194,00 ha⁻¹. Este autor propõe que para reduzir o tempo de retorno dos investimentos é necessário intensificar o uso de culturas anuais; melhorar as práticas de manejo de cada espécie; aperfeiçoar o uso de fertilizantes e da mão de obra; selecionar variedades mais adequadas para o local de plantio; aumentar a frequência de plantio das culturas anuais; realizar detalhada análise técnica das espécies componentes, diluindo-se a instalação dos sistemas em três ou quatro anos, além da implantar aleias permanentes nos sistemas agroflorestais para a produção de culturas anuais durante todo o ciclo do SAF.

Da mesma forma, Silva e Nunes (2017), obtiveram valores de custo de restauração florestal para o ano de 2015 no Estado do Pará variando de R\$ 2.280 a R\$ 11.243 ha⁻¹, dependendo do método adotado tanto para APP e RL. Neste estudo nos custos foram incluídos o plantio, a manutenção e o monitoramento por dois anos seguintes após o plantio. O custo médio da muda de espécies nativas foi de R\$ 1,50 com base os experimentos do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF) da ESALQ/USP em Paragominas e consultas a empresas privadas que atuam na Amazônia (SILVA e NUNES, 2017).

Estudos realizados por Gama (2003) comparando sistemas agroflorestais e monocultivos desenvolvidos em Machadinho d'Oeste, RO obteve VLP R\$ 35.883,65 ha⁻¹ ano⁻¹ utilizando como referência taxa de descontos de 10% a.a., TIR de 86% e VAE R\$ 4586,53 ha/ano com relação B/C de 4,08 para o SAF com castanha-do-brasil, banana, pimenta do reino e cupuaçu. Entre os monocultivos testados a pimenta-do-reino

foi o que obteve maior VLP 10.110,49 ha/ano com TIR de 63% e VAE R\$ 3189,56 ha/ano com relação B/C de 2,72. Neste mesmo estudo o cultivo da banana que obteve os piores valores financeiros medidos pelo VLP 209,81 há/ano com TIR de 32% e VAE R\$ 553,49 ha/ano e a relação B/C foi de 1,05 (GAMA, 2003).

Santos e Grzebieluckas (2014) compararam a viabilidade econômica da pecuária de corte, do plantio de eucalipto de modo convencional e da adoção de sistema silvipastoril em uma propriedade rural em Mato Grosso com taxa mínima de atratividade (TMA) de 8% ao ano para um período de 12 anos, obtiveram resultados que demonstraram viabilidade econômica para todos os sistemas analisados, porém, o VPL da atividade com eucalipto convencional superou o silvipastoril e a pecuária convencional (SANTOS e GRZEBIELUCKAS, 2014).

Da mesma forma, Cordeiro (2007) estudando sistemas de monocultivos de curauá, paricá e sistema consorciado paricá-curauá obteve no sistema curauá plantado em monocultivo o maior VLP de R\$ 19.853,44 e TIR de 44%, enquanto que a melhor relação benefício-custo foi para o sistema curauá – paricá que possibilitou a redução de custos do reflorestamento (CORDEIRO, 2007).

Segundo Mendes (1997), exemplos de sistemas agroflorestais que têm sido utilizados com relativo sucesso por agricultores nipo-brasileiros no município de Tomé-Açu, onde a maximização do uso da terra se dá pela diversificação de cultivos, passando pelos cultivos de ciclo curto (arroz – *Oriza sativa*, feijão – *Phaseolus sp.*, milho- *Zea maiz*), ciclo médio (maracujá, mandioca – *Manihot utilissima*, mamão - *Carica papaya*) e ciclo longo (cacau - *Theobroma cacao*, pimenta-do-reino- *Piper nigrum*, cupuaçu – *Theobroma grandiflorum*, etc.) além de cultivos exóticos, como a baunilha (*Vanilla planifolia*) e o mangostão (*G. mangustona*).

Embora os benefícios pela adoção de sistemas agroflorestais sejam muitos é importante considerar a existência de riscos como o de ocorrência de incêndios acidentais que é um fator limitante para a adoção em larga escala dos SAF na Amazônia, principalmente para os produtores que vivem em regiões onde predomina o uso extensivo e indiscriminado do fogo como principal ferramenta para o preparo de áreas agrícolas e limpeza das pastagens expondo permanentemente estes sistemas ao risco de ocorrência de incêndios acidentais na estação seca (PEREIRA, ALMEIDA, *et*

al., 2000). Portanto, constituindo-se como principal fator de desencorajamento de investimento pelos proprietários de terra em qualquer sistema de produção com culturas permanentes e espécies florestais de valor econômico pela sensibilidade destas espécies ao fogo (NEPSTAD e MOREIRA, 1999; PEREIRA, ALMEIDA, *et al.*, 2000).

Na região Oeste do Estado do Pará, em especial na região de Novo Progresso e Altamira entre os meses de julho a setembro, de acordo com o site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os índices de alerta de perigo de incêndio alcançam níveis críticos em função das condições atmosféricas do dia ou das frequências de dias secos. Essa associação de clima seco, lençol freático profundo e risco de incêndios são fatores que contribuem ao desincentivo ou insucesso quando não considerados os riscos ambientais e a escolha das espécies adaptadas as condições do meio, manejo das culturas, além do controle e prevenção do fogo.

O sistema agroflorestal multiestratificado com o cumaru associado à produção de banana e cupuaçu obteve os melhores resultados em termos de viabilidade econômica quando comparado à produção em monocultivo do cumaru. Resultados semelhantes foram obtidos por Regô (2014) em sistemas agroflorestais formados por cumaru (*Dipteryx spp*) com idade de 7 e 10 anos cultivado com mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), que demonstraram-se economicamente viáveis quanto a remuneração do valor da mão de obra familiar. Porém, o custo com o beneficiamento foi elevado e a receita obtida com a mandioca teve papel fundamental na amortização dos custos de implantação do sistema. Neste o SAF que adotou o menor espaçamento para o cumaru mostrou-se mais atrativo com benefício periódico equivalente de R\$ 4.557,91 ha⁻¹ na análise para ciclo de 20 anos (RÊGO, 2014).

Simulação de investimento para seis sistemas agroflorestais como estimativa de renda para os produtores assistido pelo projeto Horizonte Verde obteve em todos os arranjos analisados uma estimativa de renda positiva em um horizonte de 10 anos para o VPL. Os sistemas (SAFs) mais rentáveis financeiramente apresentam em sua composição açaí e cumaru (PAULETTO, SILVA, *et al.*, 2016).

Para autores como Silva e Nunes (2017) os SAFs são uma alternativa para a restauração com potencial de melhoria das condições produtivas e econômicas em pequenas propriedades, as quais dependem de maior liquidez para subsistência. Estes autores destacam que há limites de escala para a implantação dos SAFs, uma vez que este tipo de produção é intensivo no uso de mão de obra e os gastos podem inviabilizar a atividade em larga escala (SILVA e NUNES, 2017).

4.6. O custo de oportunidade dos sistemas avaliados

Na tabela 22 são apresentados os custos de oportunidade obtidos pelos sistemas tradicionais de cultivo para uma área de um hectare, tendo como referência o valor presente líquido (VLP) com taxa de desconto de 10% (a.a.). Na qual o agricultor para cultivar a terra poderá optar entre a produção de raiz de mandioca (SMRM) e a produção de banana (SMB). Nesta tabela são apresentados os ganhos produzidos num horizonte de análise temporal de curto prazo (dois anos) e médio prazo (quatro anos), quando ambas as atividades apresentam resultados econômicos positivos. O VPL obtido pelo agricultor que opta pelo SMB é estimado em R\$ 10.211,80, ao passo que para o produtor SMRM o VLP com a mesma taxa alcança o valor de R\$ 2.910,55, isto é, o SMB gera rendimentos superiores ao SMRM em R\$ 7.301,25.

Tabela 22 - Custo de oportunidade dos sistemas tradicionais de cultivo para o segundo e quarto ano de avaliação dos sistemas (SMB: Sistema de monocultivo de banana; SMRM: Sistema de monocultivo de raiz de mandioca; VLP: Valor presente líquido).

		2º Ano				4º Ano			
		VLP (R\$)		Custo de Oportunidade (R\$)		VLP (R\$)		Custo de Oportunidade (R\$)	
Taxa		SMB	SMRM	SMB	SMRM	SMB	SMRM	SMB	SMRM
10%		10211,80	2910,55	2910,55	7301,25	26810,16	6082,72	6082,72	20727,44

Fonte: o autor.

Desta forma, o custo de oportunidade da melhor alternativa de cultivo tradicional (SMB) é de R\$ 2.910,55. Enquanto que para o produtor que opta pela SMRM o custo de oportunidade representa o que deixou de ganhar foi estimado em R\$ 7.301,25. Ao considerar o horizonte de análise temporal de quatro anos o custo de oportunidade para o produtor de banana passou para R\$ 6.082,72 e do produtor que adota o SMRM tem custo de oportunidade de R\$ 20.727,44, isto é, o produtor tem prejuízos ao trocar uma receita de R\$ 26810,16 por R\$ 6082,72. Entretanto, é importante considerar que há menor dispêndio de recursos financeiros no cultivo da

mandioca, o que acaba tornando-se o fator decisivo para o pequeno agricultor familiar na hora de decidir pela atividade.

Por outro lado, considerando o horizonte temporal de quatro anos para os plantios em sistema tradicional de cultivo de banana (SMB), e alternativamente os sistemas com cumaru em monocultivo (SMC), ou cumaru associado à produção de banana (SAF2), ou ainda cumaru associado à banana e cupuaçu (SAF3), observou-se que o SMB foi aquele que obteve o melhor resultado medido pelo VLP a 10% (a.a). Nesta análise o custo de oportunidade do SMB foi de R\$ 21.903,57 que correspondeu ao VLP da segunda alternativa de cultivo mais rentável (SAF2). Para o agricultor que opta pelo SAF2 o custo de oportunidade deste foi de R\$ 4.906,59. Da mesma forma, para aquele que opta para o SAF3 o custo de oportunidade foi de R\$ 8050,70. Entretanto, para a opção SMC o custo de oportunidade foi de R\$ 33.609,28, obtido como resultado da soma com o valor negativo (R\$ -6799,12) subtraído do valor que deixou de ganhar, no caso da melhor opção de receita (SMB) (Tabela 23).

Tabela 23 - Custo de oportunidade entre o sistema tradicional de cultivo com melhor desempenho econômico e os sistemas alternativos de uso do solo no quarto ano de avaliação dos sistemas (SMB: Sistema de monocultivo de banana; SMC: Sistema de monocultivo de cumaru; SAF2: SAF com banana e cumaru; SAF3: SAF com banana, cumaru e cupuaçu; VLP: Valor presente líquido).

		4º Ano							
		VLP (R\$)				Custo de oportunidade (R\$)			
Taxa		SMB	SMC	SAF2	SAF3	SMB	SMC	SAF2	SAF3
10%		26810,16	-6799,12	21903,57	18759,46	21903,57	-33609,28	4906,59	8050,7

Fonte: o autor.

Ao considerar o horizonte temporal de análise para oito anos com os sistemas de cultivo perene (SMC, SAF2 e SAF3) o SAF3, tornou-se o mais rentável com VLP estimado em R\$ 36.655,88 e o custo de oportunidade deste assumiu o valor de R\$ 32.809,05 que corresponde à segunda opção mais rentável (SAF2) renunciada pelos produtores que adotarem o SAF3 (Tabela 24).

Tabela 24 - Custo de oportunidade entre os sistemas alternativos de uso do solo no oitavo ano de avaliação dos sistemas (SMB: Sistema de monocultivo de banana; SMC: Sistema de monocultivo de cumaru; SAF2: SAF com banana e cumaru; SAF3: SAF com banana, cumaru e cupuaçu; VLP: Valor presente líquido).

8º Ano						
Taxa	VLP			Custo de oportunidade		
Taxa	SMC	SAF2	SAF3	SMC	SAF2	SAF3
10%	15594,14	32809,05	36655,88	21061,74	3846,83	32809,05

Fonte: o autor.

Entretanto, é importante considerar que pequenos produtores com baixa renda e, sem condições de acesso a crédito, optam pelo cultivo de ciclo curto no sistema tradicional de “corte-queima” pelo baixo custo de investimento em relação aos benefícios produzidos na limpeza da área, aumento da fertilidade inicial do solo e controle de pragas, visto que na maioria das vezes estes agricultores dispõem somente da mão de obra familiar. Desta forma, na prática considerando o caso dos assentados que não possuem acesso a crédito e apoio pela falta de regularização dos assentamentos resta-lhes optar pela alternativa com menor dispêndio de capital financeiro.

Entre as alternativas avaliadas nesta pesquisa considerando os sistemas tradicionais em destaque na linha de base para a região de Novo Progresso e Altamira e considerando o horizonte temporal a curto e médio prazo (2 e 4 anos), o SMB foi a melhor opção em função dos resultados econômicos obtidos. Da mesma forma, quando comparado com sistemas de uso alternativo com a espécie cumaru em reflorestamento ou sistema agro florestal num horizonte temporal de quatro anos, o SMB também obteve o melhor desempenho econômico, sendo o SAF2 a segunda alternativa com melhor desempenho com custo de oportunidade, ou perda, considerada baixa em relação ao monocultivo.

Contudo, é importante considerar que o ciclo de produção da banana não ultrapassa os quatro anos, havendo a necessidade de renovação da cultura ou migração para outra(s) atividade(s) produtiva na mesma área. De outra forma, quando a análise considera o horizonte temporal de oito anos a melhor opção torna-se o sistema o SAF3 que adota o cumaru associado à produção inicial de banana que é substituída pelo cultivo do cupuaçu.

Desta forma, conclui-se que o SMB tem é a melhor opção em comparação à produção do SMRM que obteve custo de oportunidade elevado em função da diferença entre os rendimentos a curto e médio prazo (2 e 4 anos). Este sistema (SMB) também se constitui a melhor opção quando considerado ciclo de quatro anos, em comparação, com os sistemas alternativos com o cumaru como componente chave (SMC, SAF2 e SAF3), tendo a diferença do VLP o custo de oportunidade de R\$ 21903,57. Por outro lado, foi relativamente baixo (R\$ 4906,59) para aqueles que optarem pela segunda alternativa com melhor resultado (SAF2). Essa diferença se ampliou para aqueles que optarem pelo SAF3. De outra forma, para os que optam pelo SMC não há custo de oportunidade, pois, o resultado foi negativo neste momento de análise.

Ao considerar o ciclo de oito anos em comparação aos sistemas alternativos de uso da terra, o SAF3, obtém custo de oportunidade de R\$ 32809,05 que corresponde ao VLP da segunda opção mais rentável. O SAF2 obteve custo de oportunidade relativamente baixo em comparação a diferença entre o VLP da melhor opção (R\$ 3846,83) e custo de oportunidade se torna mais elevado em relação ao monocultivo de cumaru.

Entretanto, conforme abordado por diversos autores, sistemas alternativos como agricultura sem uso do fogo (ALVES e MODESTO JÚNIOR, 2009), sistemas agroflorestais e manejo florestal¹⁵ (DUBOIS, 1996; COSTA, PIKETTY e ABRAMOVAY, 2013), embora, sejam capazes de gerar maiores níveis de renda em longo prazo, podem encontrar obstáculos difíceis de serem transpostos por agricultores familiares em decorrência dos investimentos iniciais característicos desses usos alternativos da terra (DUBOIS, 1996; COSTA, PIKETTY e ABRAMOVAY, 2013).

Para Scarpin e Boff (2007) a decisão pela escolha da alternativa vista como mais vantajosa, deve considerar os riscos envolvidos (SCARPIN e BOFF, 2007; HOMMA, WALKER, *et al.*, 2014). Nesse caso, tanto para o agricultor assentado como para os indígenas os riscos envolvidos são, entre outros, a perda da produção por eventos climáticos extremos (UNEP, 2015), risco de incêndios (PEREIRA, ALMEIDA, *et al.*, 2000; HOMMA, WALKER, *et al.*, 2014) e ataque de pragas e doenças. No caso dos assentados há também o risco de variação nos preços dos produtos. Este risco não incide

¹⁵ Licenciado pelos órgãos ambientais

na decisão dos indígenas, visto que a produção deles é destinada exclusivamente para garantir a segurança alimentar da aldeia.

Durante as entrevistas foram relatadas pelos agricultores familiares o insucesso ocorrido em anos anteriores (2011-2012) com projetos voltados ao plantio de culturas como cacau, cupuaçu e açaí, apoiados pela prefeitura municipal de Novo Progresso e Ceplac, que distribuíram sementes para plantio. Contudo, segundo relatos dos assentados e indígenas devido ao forte período de seca superior a três meses e a ocorrência de incêndios nas áreas dos assentados houve elevada mortalidade destes plantios chegando a 100% de perda em muitas das áreas plantadas. Entretanto, ao visitar as áreas verificou-se que, além desses fatores, a falta de conhecimento, falta de acompanhamento direto pelo proprietário e por técnicos especializados, assim como a ausência de aceiros (nas áreas dos assentados), o plantio em área e época inadequada, também, contribuiu para que os plantios não apresentasse o resultado almejado.

Resultados semelhantes foram obtidos por Silvio Brienza Júnior, Pereira, *et al.* (2008) com a recuperação da capacidade produtiva de áreas degradadas considerando aspectos ambientais, econômicos e sociais. Os autores propuseram um modelo florestal que buscou adequar às exigências legais quanto à recuperação de áreas de reserva legal. Para eles, os principais obstáculos do agronegócio familiar considerando o plantio de árvores foram: 1) dificuldade de aquisição de sementes e mudas de espécies nativas; 2) pouco conhecimento sobre o manejo de espécies florestais; 3) baixa qualidade e frequência da assistência técnica; 4) falta de crédito para a implantação e manutenção de experiências; e 5) presença de pragas e doenças.

Estes autores ponderaram que a eficiência econômica do modelo florestal proposto pode ser ampliada a partir da prática de melhorias em vários aspectos tais como: (1) diminuir o preço da muda das espécies florestais; (2) aumentar a produtividade por meio de melhoramento genético e adequação científica de tratamentos culturais como adubação; e (3) melhorar o preço pago pela madeira para lenha para produção de carvão por meio de introdução de melhorias no processo de transformação da madeira, entre outros. (SILVIO BRIENZA JÚNIOR, PEREIRA, *et al.*, 2008).

Costa *et al.* (2013) utilizaram estimativas do custo de oportunidade para avaliar o pagamento por serviços ambientais¹⁶ sobre a substituição do uso da terra tradicional (corte-queima) e a adoção de usos da terra de modo alternativo como agricultura sem uso do fogo, sistemas agroflorestais, manejo de açaí, enriquecimento de capoeira e apicultura, entre agricultores familiares do Nordeste do Pará. Eles obtiveram resultados que indicaram que o PSA foi insuficiente para incentivar o abandono do uso tradicional da terra. Para os autores poderia ter sido mais promissor fornecer condições para que os agricultores familiares realizassem a transição para usos da terra capazes de fornecer maiores níveis de renda no longo prazo, como sistemas agroflorestais e manejo de açaizal (COSTA, PIKETTY e ABRAMOVAY, 2013).

É importante considerar que pequenos produtores necessitam obterem retornos em menor intervalo de tempo, desta forma a adoção de sistemas agroflorestais associados ao cultivo da banana torna-se uma importante alternativa para estes agricultores, enquanto o cumaru se desenvolve e inicia a produção de sementes. Estes sistemas possuem ainda a possibilidade de produzir madeira em longo prazo, além de gerar externalidades positivas pelo acúmulo de carbono, que podem ser fontes de incentivo para garantir, entre outras coisas, assistência técnica de qualidade para o adequado planejamento e aproveitamento das áreas produtivas e agro industrialização da produção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em termos territoriais o município de Novo Progresso representa 3,05% da área do Estado do Pará, ao passo que o município de Portel 2,03% e Santarém 1,83%. Em termos de percentual de área desmatada no município Santarém tem a maior proporção com 20,64% do seu território desflorestado, seguido de Novo Progresso com 15,80% e Portel com 7,51%. Estes três municípios somam 1.266.690,00 ha de área desflorestada, ou seja, 4,83% da área desflorestada no Estado do Pará. Entretanto, a maior contribuição para estes números é debitada ao município de Novo Progresso que representa 47,63% deste total. Porém as constantes ações de comando e controle em Novo Progresso contribuíram para reduzir em 47% o incremento anual (2015/2016) da

¹⁶ Proambiente (2003-2007) foi política pública proposta de pagamento por serviços ambientais (PSA)

taxa histórica registrado entre 2000-2016, apesar do incremento do desmatamento registrado pelo Prodes para o período de 2015/2016 ter sido elevado (140,8 km²). Todavia, esses números foram superados pelo registrado para o município de Portel (178,1 km²) no mesmo período.

A espécie cumaru foi encontrada nas diferentes tipologias florestais estudadas com baixa densidade, ou seja, menos de um indivíduo por hectare sugerindo ser uma espécie rara, mesmo apresentando ampla distribuição geográfica e habitat variado. A estimativa da densidade de árvore ha⁻¹ de cumaru em Portel foi de 0,03-0,77. Enquanto que na região da Flona Tapajós variou de 0,10-0,27 ha⁻¹. Em Novo Progresso e região de Altamira em FOA e FOD a densidade de árvores variou de 0,12-0,53 árvore ha⁻¹. Ao considerar o número médio de árvores de cumaru por hectares, estima-se que no município de Portel foram perdidas pelo desmatamento em média 76.349,616 árvores de cumaru. Enquanto que na região de Santarém a perda média estimada foi de 87.414,35 árvores e para Novo Progresso de 196.085,50 árvores adultas em estágio reprodutivo, somando um total de 359.849,47. Ao considerar que cada árvore adulta pode produzir cerca de 30 kg de sementes anualmente, estima-se que deixaram de ser produzidas 10,79x10⁶ toneladas de sementes anualmente nestes municípios.

Para a determinação do volume do fuste de cumaru em áreas nativas e plantios o modelo de equação de volume de Spurr obteve bom ajustamento dos dados pelas estatísticas aplicadas (R²a, desvio padrão, teste F e teste Durbin-Watson), tanto para uso do na estimativa do volume de tronco de árvores adultas da espécie (*D. odorata*) com DAP entre 70,66-113,65cm (Vol. = 1,258281 + 0,455304D²H.) como para plantas em fase inicial de crescimento com DAP entre 10-17 cm (Vol. = 0,008079+0,583375 D²H). Entretanto, é necessário ampliar o número de amostras da espécie *D. odorata*, assim como realizar estudos em outras espécies do mesmo gênero como *D. punctata* e *D. magnífica* que são comumente encontradas na região.

Quanto à análise do crescimento do cumaru em plantios realizados na região de Santarém as espécies estudadas (*D. odorata* e *D. punctata*) apresentaram comportamento distinto em termos de crescimento em altura, diâmetro e volume. A espécie *D. odorata* teve produção superior em volume do fuste que a espécie *D. punctata*. Por outro lado, os sistemas (ILPF, SAFA, SAFM e CFI) estudados tiveram

como fontes de variação entre eles, além das espécies de cumaru, o espaçamento e as culturas associadas que contribuíram para determinar o manejo de cada sistema e a produtividade de biomassa encontrada no estudo. Os resultados sugerem haver superioridade em termos de produção de biomassa no fuste pela espécie *D. odorata* no sistema ILPF em relação aos demais sistemas agroflorestais testados.

A produção de frutos entre as espécies de cumaru (*D. odorata* e *D. punctata*) no período observado entre 2015 e 2016 permitiu concluir que a espécie *D. punctata* teve maior produção de frutos, sincronismo e frequência de árvores frutificando em relação a *D. odorata* no período. Entretanto, é necessário dar continuidade ao monitoramento para avaliar a produção de frutos ao longo do desenvolvimento das espécies e as respostas à sazonalidade climática do local.

Em termos de resultados econômicos obtidos nas simulações de investimento nos sistemas tradicionais de monocultivo (raiz de mandioca e banana) que se destacaram no diagnóstico da região de estudo, utilizando o VLP, VAE, TIR e B/C, conclui-se que, dentre os sistemas tradicionais de uso da terra, considerando o horizonte temporal a curto e em médio prazo (2 ou 4 anos), o sistema de monocultivo de banana (SMB) obteve os melhores resultados em relação ao sistema de monocultivo de raiz de mandioca (SMRM) tanto a curto e médio prazo.

Da mesma forma, quando considerado o horizonte temporal de análise de médio prazo (quatro anos) utilizando como base de comparação o SMB e os sistemas agroflorestais propostos com a espécie cumaru (monocultivo de cumaru – SMC; cumaru e banana – SAF2; cumaru, banana e cupuaçu – SAF3), o SMB também obteve o melhor desempenho econômico, sendo o SAF2 a alternativa que compõe o custo de oportunidade deste sistema, ou seja, a segundo melhor desempenho econômico. Contudo, ao considerar o ciclo de produção da banana de oito anos e a necessidade da renovação da cultura ou migração para outra atividade produtiva na mesma área em decorrência dos riscos de incidência de pragas e doenças, perdas em resposta a condições desfavoráveis do mercado e climáticas. A segunda opção o SAF2 torna-se atrativa pelo baixo custo de oportunidade. Da outra forma, quando a análise considera o horizonte temporal de oito anos a melhor opção torna-se o sistema o SAF3 que adota o

cumaru associado à produção inicial de banana e cupuaçu como substituto da banana no sistema.

O custo de reflorestamento com a espécie cumaru é elevado. Entretanto, a precocidade na produção de sementes associado ao valor de mercado, produtividade projetada, a partir de sementes selecionadas, e a associação com o cultivo da banana permitiu inferir que a espécie é uma alternativa viável economicamente, tanto para pequenos e médios produtores rurais que necessitam recompor áreas de reserva legal, ou implantar sistemas alternativos que integrem espécies florestais às atividades produtivas pastoris ou agrícolas em suas propriedades, ao mesmo tempo em que almejam obter retornos econômicos em médio e longo prazo, além de contribuir com a geração de externalidades positivas através da produção de serviços ambientais como o sequestro de carbono.

Entretanto, é importante considerar os fatores de risco ao cultivo da espécie para pequenos agricultores, tais como a variação no preço da semente de cumaru, pois além do risco no aumento do uso de cumarina sintética, há a possibilidade da entrada no mercado de substitutos à cumarina, assim como também o risco do aumento da área plantada, ainda que benéfica em longo prazo pela produção racional de madeira e sementes, podendo ampliar a oferta de sementes, ocasionando a redução do preço e afetar pequenos produtores e extrativistas. Desta forma, é necessário que sejam definidas medidas de proteção à atividade extrativista e aos pequenos produtores como a adoção de seguro como o preço mínimo, a exemplo do que já ocorre com a espécie *D. alata* para a região do Cerrado.

Entretanto, é necessário destacar a necessidade de implantação de programas e pesquisas de longa duração que envolva, não somente a conservação *in situ*, através de criação por decretos de Unidades de Conservação, é importante que sejam direcionados esforços para a conservação *ex situ* e a domesticação desta e outras espécies amazônicas que possuem alto valor econômico e características ecológicas e adaptativas que permitam o uso em sistemas agroflorestais, ou em sistemas integrados de agricultura de baixo carbono em regiões com risco de alterações no regime de chuvas que levem a secas severas como observado nos últimos anos.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. O capital social dos territórios: repensando o desenvolvimento rural. **Economia Aplicada**, 4, n. 2, abr./jun. 2000. 379-397.
- ADTN, H. T. S. & R. Contribution of current and historical processes to patterns of tree diversity and composition of the Amazon. In: HOORN, C. & W. F. **Amazonia: Landscape and species evolution: a look into the past**. Oxford: WILEY-BLACKWELL, 2010.
- AIMEX. <http://www.tetodigital.com.br/clientes/aimex/dados-setoriais/catalogo-florestal/cumaru/>, 07 out. 2016. Disponível em: <<http://www.tetodigital.com.br/clientes/aimex/dados-setoriais/catalogo-florestal/cumaru/>>. Acesso em: 07 out. 2017.
- ALENCAR, J. C.; ALMEIDA, R. A. D.; FERNANDES, N. P. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, AM, 9, 1979. 163-198.
- ALENCAR, J. C.; ARAUJO, V. C. Comportamento de espécies florestais amazônicas quanto à luminosidade. **Acta Amazonica**, Manaus, 10, 1980. 435-444.
- ALVES, R. N. B. et al. **Sistemas e custos de produção de raiz de mandioca desenvolvidos por agricultores de Castanhal – Pará**. Congresso Brasileiro de Mandioca - Mandioca: fonte de alimento e energia. Maceió: ABAM:SBM. 2011.
- ALVES, R. N. B. et al. **Sistemas e custos de produção de raiz de mandioca desenvolvidos por agricultores de Castanhal – Pará**. EMBRAPA. Belém. 2016. (<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/910944/1/Resumo17>).
- ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. D. S. **ROÇA SEM FOGO: alternativa agroecológica para o cultivo de mandioca na Amazônia**. XIII Congresso Brasileiro de Mandioca. Botucatu: CERAT/NESP. 14 a 16 julho 2009.
- AMINTAS, B. J. et al. **Situação do desmatamento nos assentamentos de reforma agrária no Estado do Pará**. IMZAZON. Belém, p. 32. 2013.
- ANDERSON, L. O. Biome-Scale Forest Properties in Amazonia Based on Field and Satellite Observations. **Remote Sensing** 2012, 4(5), 1245-1271; , 4, n. 5, 2012. 1245-1271.
- ANDRADE, D. C. **Modelagem e valoração de serviços ecossistêmicos: uma contribuição da economia ecológica**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, p. 261. 2010.

- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. **Texto para Discussão**, Campinas, 2009. 45p.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Valoração de serviços ecossistêmicos: por que e como avançar? **Sustentabilidade em Debate**, 4, n. 1, 2013.
- ANGELO, H. et al. O custo social do desmatamento da Amazônia brasileira: o caso da castanha-do-brasil (*Berthellotia excelsa*). **Ciência Florestal**, 23, 2013. 183-191.
- ANTONIAZZI, L. et al. **Restauração Florestal Em Cadeias Agropecuárias Para Adequação Ao Código Florestal - Análise econômica de oito estados brasileiros**. São Paulo: AGROICONE, 2016.
- ARAGÃO, L. E. O. C. **Modelagem dos padrões temporal e espacial da produtividade primária bruta na região do Tapajós: uma análise multi-escala**. São José dos, p. 283. 2004. (INPE-11423-TDI/951).
- ARAÚJO, A. P.; JORDY FILHO, S.; FONSECA, W. N. **A vegetação da Amazônia brasileira**. SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO. Belém: EMBRABA-CPATU. 1984.
- ARAUJO, R. D. C. D.; PONTE, M. X. Agronegócios na Amazônia: ameaças e oportunidades para o desenvolvimento sustentável da região. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, MT, 13, n. 2, 2015. 101-114.
- ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. C. **Análise financeira de sistemas rodutivos integrados**. EMBRAPA FLORESTAS. Colombo, PR, p. 74. 2014. (ISSN 1980-3958).
- ASNER, G. P. et al. A contemporary assessment of change in humid tropical forests. **Conservation Biology**, 23, 2009. 1386–1395.
- AZQUETA, D.; SOTELSEK, D. Valuing nature: From environmental impacts to natural capital. **Ecological Economics**, 1, 15 jun 2007. 22-30.
- BAIMA, A. V.; SILVA, S. M. S.; SILVA, J. N. M. Equações de volume para floresta tropical de terra firme em Moju, PA. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G. (. **A Silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto silvicultura tropical**. Belém: Embrapa/DFID, 2001. p. 367-392.
- BANK, W. **Minding the stock: bringing public policy to bear on livestock sector development**. Worldbank.org. Washington, D.C. 2009.
- BARBOSA, A. P. et al. **Silvicultura tropical e a recuperação de áreas degradadas pela agricultura na Amazônia Central. Projeto Jacaranda-Fase 2: Pesquisas florestais na Amazônia Central**. INPA. Manaus, p. 223-239. 2003.
- BARHAM, J. Tribo Dipterygeae. In: LEWIS, G. P., et al. **Legumes of the world**. [S.l.]: Royal Botanic Gardens, 2005. p. 250-251.

BARRETO, W. F. . F. M. L. M. C. M. E. D. V. S. Equação de volume para apoio ao manejo comunitário de empreendimento florestal em Anapu, Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 2014.

BARROS, A. C.; ULH, C. Padrões, problemas e potenciais da extração madeireira ao longo do Rio Amazonas e seu estuário. In: BARROS, A. C. & V. A. **A expansão da atividade madeireira na Amazônia: impactos e perspectivas para o desenvolvimento do setor florestal no Pará**. Belém: IMAZOM, 1996. p. 109-138.

BARROS, A. C.; VERÍSSIMO, A. **A expansão da atividade madeireira na Amazônia: Impactos e perspectiva para o desenvolvimento do setor florestal no Pará**. Belém: IMAZON, 1996. 168 p. ISBN CDD: 634.9098115.

BARROS, P. L. C. D.; SILVA JÚNIOR, A. T. D. Equação de volume para árvores de uma floresta tropical densa no município de Anapu, Oeste do estado do Pará, Amazônia oriental. **Rev. ciências agrárias**, jan-jun 2009. 115-126.

BASU, S.; WAYMIRE, G. Historical Cost and Conservatism Are Joint Adaptations That Help Identify Opportunity Cost. **DE GRUYTER: Accounting, Economics, and Law: A Convivium**. 2017; 20160070, Berlin/Boston, 7, n. 3, dez 2017. 1-13.

BEER, C. et al. Terrestrial gross carbon dioxide uptake: global distribution and covariation with climate. **Science**, Washington DC, 329, n. 5993, 13 ago. 2010. 834-838.

BENSUSAN, N.; ARMSTRONG, G. **Manejo da paisagem e a paisagem do manejo**. Brasília: IEB: Instituto educacional de Educação do Brasil, 2008, 330p., 2008.

BENTO, R. A. **Custeio baseado em atividades das técnicas de restauração de áreas degradadas na Amazônia central**. INPA. Manaus, p. 90. 2013.

BERENGUER, E. et al. **A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests**. [S.l.]. 2014. (doi: 10.1111/gcb.12627).

BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: REGO, C. M.; NEGRELLE, R. R. B.; MORELATTO, L. P. C. **Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. p. 291-310. ISBN ISBN 978-85-89281-12-6.

BESSA, D. T. O.; MENDONCA, M. S. D.; ARAUJO, M. G. P. D. Morfo-anatomia de sementes de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Will. (Fabaceae) como contribuição ao estudo Farmacognóstico de plantas da região Amazônica. **Acta Amaz.** [online], Manaus, 31, n. 3, 2001. 357-357. Acesso em: 22 dez. 2017.

BOUNDLESS. Boundless. "Economics as a Study of the Allocation of Scarce Resources." Basic Microeconomics Boundless, 20 mai. 2016. Retrieved 22.

www.boundless.com, 22 maio 2016. Disponível em: <<https://www.boundless.com>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

BRANCO, R. V. N. **Plano de Manejo Florestal de Uso Múltiplo - Lote IV da Floresta Nacional de Altamira**. Patauá Florestal Ltda-SPE. Belém, p. 140. 2015.

BRANDÃO-JUNIOR, A.; SOUZA-JUNIOR, C. **Nota Metodológica: Setor Mudança de Uso do Solo e Florestas**. IPAM. Belém. 2016.

BRASIL. Instrução normativa SRF nº 256, de 11 de dezembro 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, 13 dez. 2002. 99.

BRASIL. Lei Nº 11284. **Diário Oficial da União**, n. Data da legislação: 02/03/2006 - Publicação DOU, de 03/03/2006, 03 mar. 2006.

BRASIL. **Programa Nacional de Plantas Medicináveis e Fitoterápicos / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia**. Brasília. 2009. (ISBN 978-85-334-1597-3).

BRASIL. Lei 12651, de 25 de maio 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 maio 2012.

BRASIL. Instrução Normativa N87. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 mar. 2017. 6. planilha de preços referências para fins de titulação (completa/município).

BRASIL. LEI Nº 13.465, DE 11 DE JULHO DE 2017. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11 Julho 2017. 1-16.

BRITO, C. C. R. et al. Modelos de crescimento resultantes da combinação e variações dos modelos de Chapman-Richards e Silva-Bailey em *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Ciência Florestal**, Santa Maria, abr-jun 2007. 175-185.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de frutas**. 1ª Edição. ed. Brasília: MAPA/SPA/IICA, v. I, 2007. BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. (Coords.). Cadeia produtiva de frutas. Brasília: MAPA/SPA/IICA, 2007. p.

BUDOWSKI, G. Living fences in tropical America, a widespread agroforestry practice. In: GHOLZ, H. L. **Agroforestry: Realities, Possibilities and Potentials**. Martinus Nijhoff, Dordrecht, The Netherlands: International Council for Research in Agroforestry, 1987. p. 169–178. ISBN 92 9059 036 X.

CALLAN, J. S.; THOMAS, J. M. **Environmental Economics & Management: theory, policy and applications**. Canada. 2007.

CAMPOS, S. A. C.; BACHA, C. J. C. O. C. P. D. R. L. R. P. A. A. X. –. N. 2. –. A. / 2. O custo privado da reserva legal. **Revista Política Agrícola**, São Paulo, n. 2, Abr./Maio/Jun. 2013. 85-104.

- CAPUCHO, H. L. V. **Fenologia e Crescimento do Cumaru (*Dipteryx spp.*) em sistemas agroflorestais em Belterra e Mojuí dos Campos, Pará.** Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Santarém, p. 92p. 2017.
- CARRAZZA, L.; ÁVILA, J. C. C. E. **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Baru.** Brasília – DF: Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), v. 1, 2010. 56 p. ISBN ISBN: 978-85-63288-02-8.
- CARVALHO, J. O. P. D. et al. **Informações Básicas Sobre Ecologia e Silvicultura de Cinco Espécies Arbóreas da Amazônia Brasileira.** EMBRAPA/CPATU. BELÉM, p. 29. 2001. (1517-2201).
- CARVALHO, P. E. R. **Baru.** EMBRAPA FLORESTAS. Colombo, PR, p. 10. 2003. (ISSN 1517-5278).
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.** Colombo-PR. 2008. (1517-5030).
- CARVALHO, P. E. R. **Comunicado técnico 225: Cumaru-Ferro *Dipteryx odorata*.** Colombo-PR. 2009. (ISSN 1517-5030).
- CARVALHO, P. E. R.. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Florestas, 2008.
- CARVALHO, T. S.; MAGALHÃES, A. S.; DOMINGUES, E. P. Desmatamento e a contribuição econômica da floresta na Amazônia. **Estudos Econômicos**, São Paulo, Apr./June 2016.
- CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. **Estudos avançados 24 (68), 2010, 24, 2010.**
- CEPEA. **Informativo do setor florestal.** Escola Superior Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo. Piracicaba - SP, p. 10. 2017. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada.
- CGEE. **Manual de capacitação sobre mudança do clima e projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).** Brasília- DF. 2008.
- CHICHORRO, J. F.; RESENDE, J. L. P.; LEITE, H. G. Equações de volume e de taper para quantificar multiprodutos da madeira em floresta Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa: MG, 27, Nov. Dez. 2003. 799-809.
- CLARK, D. A. 2002. Are tropical forests an important carbon sink? Reanalysis of theong-term plot data. **Ecological Applications**, 12, 2002. 3-7.
- CLARK, D. B.; CLARK, D. A. Landscape-scale variation in forest structural and biomass in tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, 1-3, 2004.

CLARK, P. B. UNCERTAINTY, EXCHANGE RISK, AND THE LEVEL OF INTERNATIONAL TRADE. **Economic Inquiry**, 11, 1973. 302–313.

CLAY, J. W.; CLEMENT, C. R. **Selected species and strategies to enhance income generation from amazonian forests**. Roma. 1993.

CLAY, J. W.; SAMPAIO, P. T. B.; CLEMENT, C. R. **Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização**. Manaus-AM: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2000. 409p p.

CLIMATE-DATA. Open Data Commons Open Database License (ODbL)., 2017. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/43945/>>.

COCHRANE, M. A. Fire science for rainforests. **Nature**, 27 fev. 2003. 913–919. www.nature.com.

COHEN, A. J. Critical review of the toxicology of coumarin with special reference to interspecies differences in metabolism and hepatotoxic response and their significance to man. **Food chem. Toxicol.**, 1979. 277–289.

COLARES, A. C. B.; MELO, L. O.; RIBEIRO, R. B. S. **Inventário florestal do conjunto das Glebas Mamuru-Arapiuns Pará**. SEAT/AMAFLOPS. Santárem, p. 1-135. 2010.

COMBE, J.; BUDOWSKI, G. Classification of Agroforestry Techniques. In: SALAS, D. L. **Agroforestry Systems in Latin America**. [S.l.]: [s.n.], 1979.

CORDEIRO, I. M. C. C. **Comportamento de Shizolobium parahyba Var amazonicum (Huber ex Ducke) Barneby e Ananas comosus var erectifolius (I. B. Smith) Coppens & Leal sob diferentes sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará**. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, p. 107. 2007.

CORREIA, I. R.; SANTOS JR, O. D. S. Pequi: produção, reprodução e reflorestamento na agroempresa recanto água limpa em canarana (MT). **Revista Interdisciplinar**, 2009. 12.

CORTE, A. P. D. **Metodologia para detecção de mudanças em projetos de redução de emissões do desmatamento e da degradação florestal (REDD)**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba PR, p. 165. 2010.

COSTA, R. C. D.; PIKETTY, M. G.; ABRAMOVAY, R. Pagamentos por serviços ambientais, custos de oportunidade e a transição para usos da terra alternativos: o caso de agricultores familiares do Nordeste Paraense. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, 4, n. 1, jan/jun 2013. 99-116.

COUTINHO, M. G. D. N. **Província mineral do Tapajós: geologia, metalogenia e mapa previsional para Ouro em SIG**. 1. ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 420 p. ISBN ISBN 978-85-7499-022-4.

DAILY, G. C. et al. The Value of Nature and the Nature of Value. **Science, New Series**, 289, n. 5478, 2000.

DALMAGO, G. A. et al. Produtividade primária líquida do ambiente natural – indicador de sustentabilidade de sistemas de produção agrícola. **http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do100.pdf**, dez. 2008. ISSN ISSN 1518-6512. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do100.pdf>. Acesso em: 27 maio 2017.

DALY, H. E.; FARLEY, J. **Economia Ecológica: princípios e aplicações**. Lisboa. 2008.

DE GROOT, R. S. . W. M. . B. R. A typology for the description, classification and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, DE GROOT, R.S., WILSON, M., BOUMANS, R. A typology for the description, classification and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41 (3), 393–408. 2002., 41, n. 3, 2002. 393–408.

DENARDIN, A. A. A importância do custo de oportunidade para a avaliação de empreendimentos baseados na criação de valor econômico (economic value added – EVA). **ConTexto**, Porto Alegre, 4, n. 6, 2004. 1-20.

DUBOIS, J. C. L. Sistemas e práticas agroflorestais de maior importância para a Amazônia. In: DUBOIS, J. C. L. **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro: REBRA, v. 1, 1996. p. 30-169. ISBN ISBN: 85-86118-01-X.

DURBIN, J.; WATSON, G. S. Testing for serial correlation in least squares regression. **Biometrika**, 38, 1951. 159-178.

EMBRAPA. Cultivo da Mandioca para a Região dos Tabuleiros Costeiros. **Sistemas de Produção Embrapa**, 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_tabcosteiros/colheita.htm>. Acesso em: 5 jan. 2018.

EMBRAPA. Cultivo da Mandioca para o Estado do Amapá. **https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/**, 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_amaapa/coeficientestecnicos.htm>. Acesso em: 01 dez. 2017.

EMBRAPA. **Espécie arbóreas da Amazônia No. 7: Cumaru *Dipteryx odorata***. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Belém. 2004. (85-87690-30-2 9 788587 6903022).

EMBRAPA. Integração Lavoura Pecuária Floresta. **https:** //www.embrapa.br, 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf>>. Acesso em: 17 out. 2017.

EMBRAPA. **Cultura da mandioca:** aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. Brasília, DF: EMBRAPA, 2016. 257 p.

EMBRAPA. Rede de integração lavoura pecuária floresta. **https:** //www.embrapa.br/web/rede-ilpf/o-que-e, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/rede-ilpf/o-que-e>>. Acesso em: 10 out. 2017.

EMBRAPA. Sistema de Produção de Banana para o Estado do Pará. **Sistemas de Produção Embrapa,** Belém, 2017. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemas_deproducao16_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-3&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=8016&p_r_p_-996514994_topicoId=9>. Acesso em: 1 nov. 2017.

ENRIQUEZ, M. A. Economia dos recursos naturais. In: MAY, P. H. **Economia do Meio Ambiente.** 2. ed. Rio de Janeiro - RJ: Elsevier, 2010. ISBN ISBN 978-85-252-3766-8.

EVANS, T. P.; MUNROE, D. K.; PARKER, D. C. Modelando mudanças de cobertura e uso da terra: explorando a dinâmica de relações homem-ambiente. In: MORAN, E. F.; OSTROM, E. **Ecossistemas Florestais:** Interações homem-ambiente. São Paulo: EDUSP, 2009.

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2010.** FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Roma, p. 340. 2010.

FAO. **Global forest land-use change 1990–2005.** Rome. 2012. (ISBN 978-92-5-107399-5).

FAO. **Greening the Economy with Agriculture.** Roma, Italy. 2012.

FAO. **Food Wastage Footprint (FWF).** Roma. 2014. (E-ISBN 978-92-5-108513-4).

FAO. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **http:** //www.fao.org, 2014. ISSN 978-92-5-108513-4. Disponível em: <www.fao.org/nr/sustainability/food-loss-and-waste>. Acesso em: 24 abr. 2017.

FELTER, S. P. et al. A safety assessment of coumarin taking into account species-specificity of toxicokinetics. **Food and Chemical Toxicology**, 44, n. 4, 2006. 462-475.

FENNER, M. The phenology of growth and reproduction in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, 1, 1998. 1-135.

FENZL, N. Estudo de parâmetros capazes de dimensionar a sustentabilidade de um processo de desenvolvimento. In: XIMENES, T. (.). **Perspectiva do desenvolvimento Sustentável: uma contribuição a agenda 21**. Belém - PA: Universidade Federal do Pará, 1997. p. 657.

FERNANDES, A. M. V. et al. Equações volumétricas para *Carapa guianensis* Aubl. e *Swietenia macrophylla* King em sistema silvipastoril na Amazônia. **Revista Nativa**, Sinop-MT, 5, jan/fev 2017. 73-77.

FERNANDEZ, J. H. **Flora Emblemática de Venezuela**. Caracas, Venezuela: Editorial Armitano, 1985. ISBN ISBN 980-216-008-3.

FERNSIDE, P. M. Desmatamento e desenvolvimento agrícola na Amazônia Brasileira. In: LENA, P.; OLIVEIRA, A. **Amazônia: A fronteira agrícola 20 anos depois**. Belém: CEJUP, 1992.

FIELD, C. B.; RANDERSON, J. T.; MALMSTRÖM, C. M. Global net primary production: combining ecology and remote sensing. **Remote Sensing Environment**, 51, 1995. 74-88.

FIGUEIREDO, E. O. et al. Modelos para estimativa de volume de árvores individuais pela morfometria da copa obtida com lidar. **CERNE**, 20, n. 4, 2014. 621-628.

FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O. Aspectos socioeconômicos da cultura da mandioca na região norte. In: ALVES, M. D. S. M. J. E. R. N. B. **Cultura da mandioca: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria**. Brasília: EMBRAPA, v. 1, 2016. Cap. 1, p. 257. ISBN ISBN 978-85-7035-621-5.

FLORES, O. M. M. D. et al. FLORES, O. M. M. das; QUEIROZ, W. T. de; PINHEIRO, J. G.; OLIVEIRA, F. de A.; MORAES, A.; VALENTE, M. D. R. **Comparação de tamanhos e distâncias de subparcelas aplicadas em processo de amostragem por conglomerado**, Manaus, v. 42, n. 3, p. 345 – 354, 2012.

FLORESTAL, P. Tendência: aumento da importação de madeira para consumo interno no Brasil. **Painel florestal**, 03 dez. 2010. Disponível em: <<http://www.painelflorestal.com.br/arquivo/tendencia-aumento-da-importacao-de-madeira-para-consumo-interno-no-brasil-abfad61719d3e55f284b0cfc4a01a7e5>>. Acesso em: 07 ago. 2017.

FLORESTAL, P. Painel florestal: notícias. **http://www.painelflorestal.com.br**, 2016. Disponível em: <<http://www.painelflorestal.com.br/noticias/voce-e-a-floresta/com-ou>>

sem-crise-a-participacao-do-setor-florestal-no-pib-brasileiro-cresce-a-cada-ano>.
Acesso em: 28 set. 2017.

FONTANA, C.; GASPER, A. L. D.; SEVEGNANI, L. Espécies raras e comuns de Myrtaceae da Floresta Estacional Decidual de Santa Catarina, Brasil. **Rodriguésia**, 65, n. 3, 2014. 767-776.

FRANCISCO, V. M. D. C. R. **Filogenia molecular e morfológica da tribo Dipterygeae (Papilionoideae, Leguminosae)**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 77. 2010.

FRANCO, J. L. A. O conceito de biodiversidade e a história da biologia da conservação: da preservação da wilderness à conservação da biodiversidade. **História (São Paulo)** v.32, n.2, p. 21-48, jul./dez. 2013 ISSN 1980-4369, São Paulo, SP, 2013.

FREITAS, J. D. L. F.; SANTOS, M. M. D. L. S.; OLIVEIRA, F. D. A. Fenologia reprodutiva de espécies potenciais para arranjo em sistemas agroflorestais, na Ilha de Santana, Amapá. **Rev. Ci. Agra**, Belém, PA, 53, Jan/Jun 2010. 78-86.

FUNK, V. et al. **Checklist of the Plants of the Guiana Shield (Venezuela: Amazonas, Bolivar, Delta Amacuro; Guyana, Surinam, French Guiana)**. Washington: National Museum of Natural History, v. 55, 2007. 584 p.

GAMA, J. R. N. F. **Solos: Manejo e interpretação**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, v. 1, 2004. 183 p. ISBN ISBN: 85-87690-41-8.

GAMA, J. R. V. et al. Fitossociologia de duas Fitocenoses de Floresta Ombrófila Aberta no Município de Codó, Estado do Maranhão. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, , v.31, n.3, 2007. p.465-477.

GAMA, M. D. M. B. **Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais em Machadinho d'Oeste**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 112. 2003. (CDD 634.9261).

GBIF. The Global Biodiversity Information Facility. **https://www.gbif.org/what-is-gbif**, 05 out. 2013. Disponível em: <<http://www.gbif.org/faq/data-use>>. Acesso em: 01 ago. 2017.

GENTRY, A. H. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica**, 6, 1974. 64-68.

GIBBS, H. K. et al. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. **PNAS**, Washington, 107, 21 set. 2010. 16732–16737.

GIONCO, M. et al. LIDAR: principios e aplicações. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, 30, n. 63, ago./out. 2010. 231-244.

GOLDEMBERG, J. E. L. O. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011. ISBN 978-85-314-1113-7.

GONÇALVES, D. C. M. et al. Aspectos Mercadológicos dos Produtos não Madeireiros na Economia de Santarém-Pará, Brasil. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, RJ, 19, n. 1, 2012. 1-8.

GONZAGA, A. L. **Madeira: Uso e Conservação**. Brasília. 2006. (ISBN 878-85-7334-035-8).

GOOGLE. <https://patents.google.com/patent>. **Google patentes**, 2017. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US6756065B1/en?q=cumarin&q=A61K>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of the linear model**. Massachusetts: Duxbury Press, 1976. 704 p.

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of the linear model**. Massachusetts: Duxbury Press, 1976. 704 p.

GREENPEACE. **A crise silenciosa da Amazônia: O mercado de madeira dos EUA e a Lei Lacey**. GREENPEACE. São Paulo. 2014.

GUÈZE, M. et al. Are ecologically important tree species the most useful? A case study from indigenous people in the Bolivian Amazon. **Econ Bot.**, 68, n. 1, 1 Mar. 2014. 1–15.

HAIR JR, J. et al. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: BOOKMAN, 2009.

HARDIN, G. The Tragedy of the Commons. **Science**, 13 dez. 1968. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/sci/162/3859/1243.full.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2017.

HEIN, L. et al. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. **Ecological Economics**, 57, 2006. 209–228.

HEINSDIJK, D.; BASTOS, A. M. **Inventários florestais na Amazônia**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1963. 100 p.

HERRERO-JÁUREGUI, C. et al. Impacto da exploração na dinâmica de regeneração de duas espécies de uso múltiplo: Cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.) e Copaíba (*Copaifera reticulata* Ducke). In: CRUZ, H., et al. **Relação empresa/comunidade no contexto do manejo florestal comunitário e familiar**: uma contribuição do projeto. Belém: MMA, 2011. p. 70-95.

HIGUCHI, N. et al. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia central. **FLORESTA**, Curitiba-PR, 34, Set/Dez 2004. 295-304.

HIGUCHI, N.; RAMM, W. Developing bole wood volume equations for a group of tree species of central Amazon (Brazil). **The Commonwealth Forestry Review**, 64, n. 1, 1985. 33-41.

HIGUSHI, N. et al. Aboveground biomass of the Brazilian Amazon rainforest *Acta Amazonica* 28 153–66. **ACTA AMAZONICA**, Manaus, AM, 28, 1998. 153-166.

HIGUSHI, N.; RAMM, W. Developing bole wood volume equations for a group of tree species of central Amazon (Brazil). **The Commonwealth Forestry Review**, 64, n. 1, 1985. 33-41.

HILL, R. C.; JUDGE, G. G.; GRIFFITHS, W. E. **Econometria**. São Paulo: Saraiva, 2010.

HOMMA, A. K. Amazônia desenvolvimento sustentável como segunda natureza. In: BARROS, A. C. (.). **Sustentabilidade democrática para as políticas na Amazônia**. Rio de Janeiro: FASE/IPAM, 2001. p. 61-71.

HOMMA, A. K. O. Amazônia: como aproveitar os benefícios da destruição? **Estudos Avançados**, 19, n. 54, 2005. 115-135.

HOMMA, A. K. O. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para Amazônia? In: HOMMA, A. K. O. E. A. **Extrativismo Vegetal na Amazônia: histórico, ecologia e domesticação**. Brasília-DF: EMBRAPA, 2014.

HOMMA, A. K. O. et al. **Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia e domesticação**. BRASÍLIA -DF: EMBRAPA, 2014.

HOMMA, A. O. et al. Políticas agrícolas e econômicas para a conservação de recursos naturais: o caso de castanhais em lotes de colonos no sul do Pará. In: HOMMA, A. O. **Extrativismo história, ecologia, economia e domesticação Vegetal na Amazônia**. Brasília: Embrapa, v. 1, 2014. p. 177-191.

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B. D.; CUNHA, S. D. **Introdução ao Manejo e Economia de Florestas**. Curitiba: UFPR, 2008. 164 p.

HOUDASHELT, M. et al. Alternative Tools for the Demonstration of Additionality: An Assessment of Proposals. **http://ccap.org**, mar. 2006. Disponível em: <http://ccap.org/assets/Alternative-Tools-for-the-Demonstration-of-Additionality-An-Assessment-of-Proposals_CCAP-March-2006.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2017.

IBAMA. **Plano de manejo da Floresta Nacional do Tapajós**. Instituto Brasileiro dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília. 2004.

IBGE. **Manuais técnicos em geociências: Sistema fitogeográfico, Inventário das formações florestais e campestres Técnicas e manejo de coleções botânicas**

Procedimentos para mapeamentos. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, p. 271. 2012. (ISBN 978-85-240-4272-0).

IBGE. Cidades. **https:** //cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/es/vitoria/panorama, Rio de Janeiro, 07 jul. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/es/vitoria/panorama>>. Acesso em: 07 jul. 2017.

IBGE. SIDRA: Sistema IBGE de recuperação automática. **https:** //sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>>. Acesso em: 07 jan. 2018.

ICMBIO. **Plano de Manejo da Floresta Nacional do Jamanxim - Pará.** Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Curitiba-PR. 2010.

ICMBIO. **Plano de Manejo Florestal da Floresta Nacional de Altamira, 2012. Volume I – Diagnostico.** Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília. 2012.

ICRAF. <http://www.worldagroforestry.org/>. **World Agroforestry Center,** 2017. Disponível em: <<http://www.worldagroforestry.org/about/agroforestry-our-role>>. Acesso em: 10 out. 2017.

IEEB.

Rregularizacao_fundiaria_e_implantacao_do_manejo_florestal_avancam_em_portel_pa . **http:** //governancaflorestal.iieb.org.br, 12 nov. 2014. Disponível em: <http://governancaflorestal.iieb.org.br/noticias/view/84/regularizacao_fundiaria_e_implantacao_do_manejo_florestal_avancam_em_portel_pa>. Acesso em: 12 out. 2017.

IMAFLORA. Programa Origens Brasil. **http:** //www.imaflora.org, 2016. Disponível em: <http://www.imaflora.org/desenvolvimento-local-sustentavel_florestas-de-valor.php>. Acesso em: 10 out. 2017.

IMAZON. Preço de produtos da floresta. **Imazon - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia,** 2018. Disponível em: <<http://amazon.org.br/PDFimazon/Portugues/preco%20de%20produtos%20da%20floresta/Pre%C3%A7osPFNM.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

IMHOFF, M. L. et al. Global patterns in human consumption of net primary production. **Nature,** 429, 24 jun. 2004. 870-873.

INAM. **Relatório do Inventario Florestal Amostral da Floresta Nacional de Altamira. SFB – Pará (Relatório Técnico Não Publicado).** SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. Brasília, p. 72. 2009.

INCRA. Portaria No 3, de 6 de Junho de 2006 Cria o assentamento PDS Terra Nossa. **Diário Oficial da União,** Brasília, DF, n. 1, 6 jun. 2006.

INCRA. TRF da 1ª Região anula sentença que cancelava criação de assentamentos no Oeste do Pará. **https://incraoestepara.files.wordpress.com/2015/10/ementa_trf1_acp_mpf_setembro_2015.pdf**, 2015. Disponível em: <https://incraoestepara.files.wordpress.com/2015/10/ementa_trf1_acp_mpf_setembro_2015.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2018.

INCRA. Criação e modalidades de assentamentos. **http://www.incra.gov.br/assentamentoscriacao**, 2018. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/assentamentoscriacao>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

INPA. **REDD NO BRASIL: um enfoque amazônico: fundamentos, critérios e estruturas institucionais para um regime nacional de redução de emissões por desmatamento e degradação florestal – REDD**. Brasília - DF. 2011.

INPE. www.obt.inpe.br/prodes, 2009. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/r2008.htm>>. Acesso em: 28 maio 2017.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **http://www.inpe.gov.br**, 2016. Disponível em: <<http://www.inpe.gov.br>>. Acesso em: 01 dez. 2016.

INPE. <http://www.inpe.gov.br>: Monitoramento da Floresta Amazonica Brasileira por Satélite. **http://www.inpe.gov.br**, 2017. Disponível em: <<http://www.inpe.gov.br>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: programa queimadas. **http://www.inpe.br/queimadas/estatistica_estados**, 2017. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/estatistica_estados>. Acesso em: 10 nov. 2017.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: monitoramento do desmatamento na Amazônia. **http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes**, 2018. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, I. **Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. Lyon: International Agency for Research on Cancer, v. 77, 2000. ISBN ISBN 92 832 1277 0.

IPCC. **Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types**. Kamiyamaguchi, Hayama, Kanagawa, p. 31. 2003.

IPE. <http://flora.ipe.org.br/sp/?silv=1>. **http://flora.ipe.org.br/sp/198**, 2017.

ISMAEL, J. C. B. **Caracterização física de frutos e sementes, morfologia da plântula e secagem de sementes de cumaru (Dipteryx odorata (AUBL.) WILLD.)**. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, p. 70. 2009.

ITIS. The Integrated Taxonomic Information System. **https://www.itis.gov**, 05 maio 2017. Disponível em: <https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=500718#null>. Acesso em: 03 ago. 2017.

ITTO. Organização Internacional de Madeiras Tropicais. **www.tropicaltimber.info/pt-br/**, 2017. Disponível em: <<http://www.tropicaltimber.info/pt-br/>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

IUNC. **The IUCN Red List of Threatened Species: Dipteryx charapilla – published in 1998.** World Conservation Monitoring Centre. [S.l.]. 1998. (<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T36892A10019706.en>).

JORGENSON, D. W. et al. **U.S. market consequences of global climate change.** Pew Center on Global Climate Change. [S.l.], p. 68. 2004.

JÚNIOR, J. F. M. D. L.; BARBOSA, A. P.; LOPES, R. B. D. C. **Análise do crescimento do cumaru (*Dipteryx odorata* aubl. willd) e latobá (*Hymenaea courbaril* l. var *Courbaril*) em plantios puros e mistos em recuperação de áreas degradadas pela pecuária extensiva.** Manaus, AM. 2009.

JUNIOR, S. B. et al. Sistemas Agroflorestais na Amazônia Brasileira: Análise de 25 Anos de Pesquisas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, dez. 2009. 67-76.

KIMURA, W. J. *.; SANTOS, E. F. Custo marginal de abatimento de emissões de gases de efeito estufa na recuperação da pastagem. **Revista iPecege**, São paulo, 2, n. 4, 2016. 9-23.

KNIGHT, D. H. A phytosociological analysis of species-rich tropical forest on Barro Colorado Island, Panama., *Ecological Monographs*, v. 45, n. 3, 1975.

LAKE, B. G. Coumarin Metabolism, Toxicity and Carcinogenicity: Relevance for Human Risk Assessment. **Food and Chemical Toxicology**, 37, n. 4, 1999. 423-453.

LAMEIRA, H. L. N. **Morfofisiologia de Graviola (*Annona muricata*), Cumaru (*Dipteryx odorata*) e Copaíba (*Copaifera langsdorffii*).** Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA. Santarém, p. 105. 2011.

LE QUÉRE, C. et al. Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. **Nature Geoscience**, 2, Novembro 2009. www.nature.com/naturegeoscience.

LEAKEY, R. B. et al. Agroforestry Tree Products (AFTPs): Targeting Poverty Reduction and Enhanced Livelihoods. **International Journal of Agricultural Sustainability**, 3, n. 1, 2005.

LEÃO, N. V. M.; CARVALHO, J. E. U. D.; OHASHI, S. T. Tecnologia de sementes de espécies florestais nativas da Amazônia Brasileira. In: AL., S. E. **A silvicultura na**

Amazônia Oriental: Contribuições do projeto EMBRAPA/DFID. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2001.

LEE, C. Y. Comparison of two correction methods for the bias due the logarithmic transformation in the estimation of biomass. **Canadian Journal Forest Research**, Edmonton, Canada, 12, n. 2, 1982. 326-331.

LEE, C. Y. Comparison of two correction methods for the bias due the logarithmic transformation in the estimation of biomass. **Canadian Journal Forest Research**, Edmonton, Canada, 12, 1982.

LEINING, C.; HELME, N. **Implementing the additionality requirement & ensuring the stringency of project baselines under the CDM.** Washington, DC. 2000.

LIMA FILHO, L. M. D. A. et al. Modelagem do crescimento de clones de eucalyptus usando o modelo de Chapman-Richards com diferentes distribuições simétricas dos erros. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 22, n. 4, out-dez 2012. 777-785.

LISBOA, P. L. B.; SILVA, A. S. D.; ALMEIDA, S. S. D. Florística e estrutura dos ambientes. In: LISBOA, P. L. B. **Cxiuanã**. Belém: MPEG, 1997. p. 163-194.

LLC, E. S. **ADPML Portel - Pará REDD Project.** [S.l.]. 2012.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F.; ALENCAR, J. C. **Essências madeireiras da Amazônia Vol.II.** Manaus: INPA/SUFRAMA, 1979.

LU, D. et al. Aboveground Forest Biomass Estimation with Landsat and LiDAR Data and Uncertainty Analysis of the Estimates. **International Journal of Forestry Research**, 2012. 1-16.

MA. **Avaliação Ecosistêmica do Milênio.** Washington: World Resources Institute, 2005.

MACHADO, L. D. O. R. Desflorestamento na Amazônia Brasileira: ação coletiva, governança e governabilidade em área de fronteira. **Sociedade e Estado**, Brasília, 24, n. 1, jan./abr. 2009. 115-147.

MAIA, A. G.; ROMEIRO, A. R.; RAYDON, B. P. Valoração de recursos ambientais – metodologias e recomendações. **Texto para Discussão. IE/UNICAMP, Campinas, n. 116, mar. 2004**, Campinas, 116, 2004.

MAPA. Portaria no 142, de 8 de julho de 2015. **Diário Oficial da União**, 09 jul. 2015. 12-14.

MARENCO, R. A.; GONÇALVES, J. F. C.; VIEIRA, G. Leaf gas exchange and carbohydrates in tropical trees differing in successional status in two light environments in central Amazonian. **Tree Physiology** , 21, 2001. 1311-1318.

MARENCO, R. A.; GONÇALVES, J. F. C.; VIEIRA, G. Leaf gas exchange and mahogany and tonka bean under two light environments. **Acta Amazonica**, 35, 2005.

MARENCO, J. A. et al. **Riscos das mudanças climáticas no Brasil: Análise conjunta Brasil - Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia**. Manaus. 2011.

MARSHALL, M. E. et al. An updated review of the clinical development of coumarin (1,2-benzopyrone) and 7-hydroxycoumarin.. **J. Cancer Res. clin. Oncol.**, 1994. S39–S42.

MARVIN, D. C.; ASNER, G. P. Branchfall dominates annual carbon flux across lowland Amazonian forests. **Environ. Res. Lett.**, 11, 2016.

MAUÉS, M. M. Síndrome de polinização e biologia floral de espécies madeireiras da Amazônia e implicações para o manejo florestal. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. D.; YARED, J. A. G. **A silvicultura da Amazônia Oriental: contribuições do projeto EMBRAPA/DFID**. Belém: EMBRAPA AMAZONIA ORIENTAL: DFID, 2001. p. 85-116.

MAY, P. H. et al. Sistemas Agroflorestais e Reflorestamento para Captura de Carbono e Geração de Renda. **Sistemas Agroflorestais e Carbono.pdf**, Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.ecoeco.org.br/publicacoes/encontros/110-vi-encontro-nacional-da-ecoeco-brasilia-df-2005>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

MAZUCHELI, J.; SOUZA, R. M. D.; PHILIPPSSEN, A. S. Modelo de crescimento de Gompertz na presença de erros normais heterocedásticos: um estudo de caso. **Rev. Bras. Biom.**, São Paulo, 29, n. 1, 2011. 91-101.

MCGRATH, D. G. Biosfera ou Biodiversidade: uma avaliação crítica do paradigma da biodiversidade. In: XIMENES, T. **Perspectiva do desenvolvimento sustentável: uma contribuição para agenda 21**. Belém: Universidade Federal do Pará, 1997.

MDA. <http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/baru-e-buriti-s%C3%A3o-inclu%C3%ADdos-na-garantia-de-pre%C3%A7o-m%C3%ADnimo>, 2015. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/baru-e-buriti-s%C3%A3o-inclu%C3%ADdos-na-garantia-de-pre%C3%A7o-m%C3%ADnimo>>. Acesso em: 12 out. 2017.

MEKDECE, F. S.; ALMEIDA, E. C. D.; RAYOL, B. P. **Manual de sementes florestais do Oeste do Pará**. 1. ed. Santarém: UFOPA, v. 1, 2013.

MELO, A. S. O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, 3, 2008. p.021-027.

MENDES, F. A. T. Avaliação de modelos simulados de sistemas agroflorestais em pequenas propriedades cacaueiras selecionadas no município de Tomé-Açú, no Estado do Pará. **Informe Gepec**, Toledo, PR, 2003. 118 – 144.

MMA. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). **Ministério do Meio Ambiente**, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas>>. Acesso em: 10 out. 2017.

MMA/SBF. **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, p. 510. 2003.

MORAES, M. D. D. et al. Estimativa do custo de implantação do Sistema Agroflorestal "Café com Floresta" no Assentamento Estrela da Ilha, Ilha Solteira–SP. **Cadernos de Agroecologia**, São Paulo, 8, n. 2, 2013. Disponível em:. Acesso em: 26 dec. 2017.

MOTA, A. D. R.; VAREJÃO, M. D. J. C.; NASCIMENTO, C. C. D. **Avaliação da qualidade madeira de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd proveniente de plantio (EMBRAPA DAAMAZÔNIA OCIDENTAL)**. INPA/FAPEAM. Manaus. 2011.

MOTA, C. G. D. **Nota técnica: açaí**. Serviço Florestal Brasileiro. Sanatarém. 2011.

MOTA, C. G. D.; JARDIM, M. A. G.; MOTA, M. G. Fenologia floral de *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. (Myristicaceae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Botânica**, Belém, 2001. 315-332.

MOTA, C. G. D.; PONTE, M. X.; PAULETTO, D. Modelos alométricos para estimativa da biomassa de fustes de árvores em floresta ombrófila densa no município de Portel no Estado do Pará-Brasil. **Revista Espacios digital**, Caracas, 39, n. 6, 2018. artigo aceito.

MOTA, C. G.; SILVA, J. N. M. **Determinação da equação de volume para árvores e para toras na área de manejo florestal da Fazenda Santa Catarina, Rio Anapú, município de Portel Pará**. SBPC. Belém. 2007.

MOTTA, R. S. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília, DF. 1998.

MOTTA, R. S. D.; COUTO, L. C.; CASTRO, L. **Curvas de Custos Marginais de Abatimento de Gases de Efeito Estufa no Brasil: resenha e oportunidade de mitigação**. IPEA. Rio de Janeiro, RJ, p. 73-83. 2012.

MOTTA, R. S. E. A. **Mudança do Clima no Brasil: aspectos mudança do clima no Brasil aspectos econômicos**. IPEA. Brasília, DF. 2011.

NAIR, P. K. R. **An Introduction to agroforestry**. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.. 1993. (ISBN 0-7923-2134-0).

NASCIMENTO, R. G. M. et al. **Modelo de projeção por classe diamétrica para florestas nativas: enfoque na função probabilística de Weibull**. [S.l.]. 2012. (doi: 10.4336/2012.pfb.32.70.93).

NCBI. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>>. Acesso em: 01 out. 2017.

NEPSTAD, O. C.; MOREIRA, A. G. A. A. A. **A floresta em chamas: origens, impactos e prevenção de fogo na Amazônia**.. Programa Piloto para a proteção das Florestas Tropicais do Brasil. Brasília, BR, p. 172. 1999.

NEPSTED, D. C.; ALMEIDA, O. T. **A Amazônia no caminho da transição agrícola mundial: é possível usar as forças de mercado para reduzir os impactos ecológicos e sociais negativos da expansão da agropecuária industrial?** Belém: IPAM, 2004.

NEVES, E. J. M. et al. Espécies madeiráveis (nativas e exóticas) para áreas desmatadas de terra firme. In: _____ **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E REABILITAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E FLORESTAS SECUNDÁRIAS NA AMAZÔNIA, 1993, Santarém. Anais. Rio Piedras: International Institute of Tropical Forestry/USDA. Rio Piedras: International Institute of Tropical Forestry/USDA - Forest Service, 1995. p. 167-170. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/mobile/publicacoes/-/publicacao/667364/especies-madeiraveis-nativas-e-exoticas-para-areas-desmatadas-de-terra-firme>>. Acesso em: 16 out. 2017.**

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. D. S. Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. **Rev. Ceres**, Viçosa, 63, jan-fev 2016. 1-7.

NOGUEIRA, J. M.; JUNIOR, A. N.; BASTOS, L. Empreendimentos extrativistas como alternativas para geração de renda: do sonho ambientalista à realidade do estudo de mercado. **Rev. Ciênc. Admin.**, Fortaleza, 15, n. 1, jan./jun. 2009. 85-104.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A. D.; ARUDA, F. S. T. D. Valoração Econômica do Meio Ambiente: Ciência ou Empirismo? **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, 17, n. 2, 2000. p.81-115.

OLIVEIRA, F. C. D. et al. Avanços nas pesquisas etnobotânicas no Brasil. **Versão eletrônica do artigo em www.scielo.br/abb e <http://www.botanica.org.br/acta/>**, 12 mar. 2009. Versão eletrônica do artigo em www.scielo.br/abb e <http://www.botanica.org.br/acta/>.

OLIVEIRA, R. C. A. D.; RODE, R. . G. J. R. V.; ALMEIDA, E. C. D. Equações volumétricas para *Couratari stellata* A.C Smith (Tauari) na Floresta Nacional do Tapajós Nativa. **Nativa**, Sinop, 5, n. 2, 2017. 138-144.

PAN, Y. et al. A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. **Science**, 988, 21 fev. 2011. 988-983.

PARÁ. **Plano de Desenvolvimento Territorial Sustentável do arquipélago do Marajó**. Governo Federal e Governo do Estado do Pará. Belém, p. 313. 2007.

PARÁ. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará. <http://monitoramento.sema.pa.gov.br/sisflora/index.php/relatorios>, Belém, 2015. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br/2015/09/11/in-05-de-10092015-publicada-no-doe-32969-de-11092015-paginas-de-37-57/>>. Acesso em: 23 mar. 2017.

PARÁ. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará: Instrução Normativa SEMA Nº 5 de 10/09/2015. **Diário Oficial da União**, Belém, 2015. 37-57.

PARÁ. Relatório da comercialização total por destino de vendas - SISFLORA PARÁ. **Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais**, Belém, dez. 2016. Disponível em: <<https://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>>. Acesso em: 10 out. 2017.

PARRESOL, B. R. Assessing Tree and Stand Biomass: A Review with Examples and Critical Comparisons. **Forest Science**, 45, 573-593, 1999. 573.593.

PARROTTA, J. A.; WILDBURGER, C.; MANSOURIAN, S. **Understanding Relationships between Biodiversity, Carbon, Forests and People: The Key to Achieving REDD+ Objectives**. A Global Assessment Report. Prepared by the Global Forest Expert Panel on Biodiversity, Forest Management, and REDD+. Vienna: IUFRO World Series, v. 31, 2012. 161 p. ISBN ISBN 978-3-902762-17-7.

PAULETTO, D. et al. **Rentabilidade em sistemas agroflorestais no PDS Terra Nossa, Novo Progresso, Pará**. X Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais - SAFs: aprendizado, desafios e perspectivas. Cuiabá: TM eventos. 2016.

PEET, R. K. The measurement of species diversity. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, 5, 1974. p285-307.

PEÑA-DOMENE, M. D. L. M.-G. C. et al. Roles of Birds and Bats in Early Tropical-Forest Restoration. **PLOS ONE**, San Francisco, 9, n. 8, ago. 2014. 1-6.

PENNINGTON, R. T. . L. M. . I. H. . K. B. B. . P. J. & H. J. M. Phylogenetic relationships of basal papilionoid legumes based upon sequences of the chloroplast trnL intron. **Systematic Botany**, 26, n. 3, 2001. 537-556.

PEREIRA NETO, J. A. **Estoques de Carbono em Sistemas Agroflorestais de Cacaueiro como Subsídios a Políticas de Serviços Ambientais**. Belém: UFPA, 2012.

PEREIRA, A. C. et al. Custo de Oportunidade: Conceitos e Contabilização. **Caderno de Estudos**, São Paulo, n. 2, 1990. 1-25.

PEREIRA, C. A. et al. O impacto de fogos acidentais em sistemas silvipastoris na Amazônia. In: In: _____ **III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**. Manaus: [s.n.], 2000. p. 373-375.

PEREIRA, C. A.; OLIVEIRA, A. R. D. P. D. T. U. A. D. C. D. C. D. O. L. C. A. (. C. U. A. D. G. E. G. S. P. A. 1. PEREIRA, c.A.; OLIVEIRA, A.R.daS. Preço de Transferência: Uma Aplicação do Conceito do Custo de Oportunidade. In: CATELLI, A.(Org). Controladoria: uma abordagem da gestão econômica gecon. São Paulo: Atlas, 1999. In: CATELLI, A. **Controladoria: uma abordagem da gestão econômica gecon**. São Paulo: Atlas, 1999. p. PEREIRA, c.A.; OLIVEIRA, A.R.daS. Preço de Transferência: Uma Aplicação do Conceito do Custo de Oportunidade. In: CATELLI, A.(Org). Controladoria: uma abordagem da gestão econômica gecon. São Paulo: Atlas, 1999.

PEREIRA, D. et al. **Fatos florestais da Amazônia 2010**. IMAZON. Belém, p. 55. 2010.

PERÉZ, A. B. Enciclopedia financeira. **http://www.encyclopediainanciera.com**, 21 abr. 2017. Disponível em: <<http://www.encyclopediainanciera.com/teoriaeconomica>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

PESCE, C. **Oleaginosas da Amazônia**. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 2009. ISBN 978-8561377-06-9 MPEG.

PESSOA, M. S. et al. Deforestation drives functional diversity and fruit quality changes in a tropical tree assemblage. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, 28, out. 2017. 78-86.

PHILLIPS, O. L. et al. Mudanças na Biomassa, Dinâmica e Composição da Floresta Amazônica, 1980 – 2002. **Amazonia and Global Change-Geophysical Monograph Series 186**, 21 mar. 2013. ISSN 10.1029/2008GM000739. Disponível em: <https://daac.ornl.gov/LBA/lbaconferencia/amazonia_global_change/23_Mudancas_na_Biomassa_Phillips.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2015.

PINTO, A. M.; MORELLATO, L. P. C.; BARBOSA, A. P. Fenologia reprodutiva de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (Fabaceae) em duas áreas de floresta na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, 38, 2008. 643 - 650.

PINTO, R. B.; FRANCISCO, V. M. D. C. R.; MANSANO, V. D. F. Morphological study of fruits, seeds and embryo in the tropical tribe Dipterygeae (Leguminosae-Papilionoideae). **Rodriguésia**, Riode Janeiro, 65, n. 1, 2014. 089-097.

PMC. US National Library of Medicine. **PubMed Central® (PMC) is a free full-text archive of biomedical and life sciences journal literature at the U.S. National Institutes of Health's National Library of Medicine (NIH/NLM)**., 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>>. Acesso em: 1 nov. 2017.

PMNP. Prefeitura Municipal de Novo Progresso. **História do município de Novo Progresso**, 2017. Disponível em: <Prefeitura Municipal de Novo Progresso>. Acesso em: 07 jul. 2017.

PNUMA. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza – síntese para tomadores de decisão**. Brasília - DF. 2011.

POSSEY, D. A. Consequências ecológicas da presença do índio Kayapó na Amazônia: recursos antropológicos e diretos de recursos tradicionais. In: CAVALCANTI, C. **Desenvolvimento e Natureza: Estudos para uma sociedade sustentável**. 5. ed. São Paulo: Fundação Joaquim Nabuco, 2009. Cap. II, p. 177-194.

PPCDAM. **Plano operativo do PPCDAm 2016-2010**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília - DF. 2016.

PRADO, R. D. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, v. 1, 2008. 407 p. ISBN ISBN 978-85-7139-676-0.

PRASHAR, D. et al. Pharmacognostic, Pharmacological and economical prospect of Coumarins. **International Journal of Institutional Pharmacy and Life Sciences**, 2, n. 3, May-June 2012. 33-37.

PUIG, H. **A floresta tropical Úmida**. Tradução de Maria L. F. LOUREIRO. São Paulo: UNESP: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, v. 2, 2008. 496 p. ISBN ISBN 978-85-7139-890-0.

QUEIROZ, A. M. D.; SILVA, Z. A. G. P. D. G. Aspectos econômicos dos plantios com eucalipto (*Eucalyptus* spp.) na região do Baixo Acre. **Floresta**, Curitiba, PR, 46, n. 3, 2016. 287 - 296.

RAMBO, J. R. et al. Análise financeira e custo de produção de banana-maçã: um estudo de caso em Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso. **Informações Econômicas**, São Paulo, 45, n. 5, set./out. 2015. 30-39.

RANDALL, A. **Resource economics: an economic approach to natural resource and environmental policy**. New York: Wiley, 1987. 434 p.

RATUCHNE, L. C. et al. Estado da Arte na Quantificação de Biomassa em Raízes de Formações Florestais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, 23, n. 3, 07 jul./set. 2016.

REBELLO, F. K.; HOMMA, A. K. O. Estratégias para reduzir desmatamentos e queimadas na Amazônia. In: VEIGA, J. E. **Economia socioambiental**. São Paulo: SENAC, 2009. p. 235-262.

RÊGO, L. J. S. **Análise econômica da produção da amêndoa de cumaru e caracterização do seu mercado em Santarém e Alenquer, Pará**. UFV. Viçosa, MG, p. 124. 2014.

REMADE. Principais Estados Exportadores em 2016. **Revista da Madeira**, 2018. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/banco-dados/51/mercado-externo/principais-estados-exportadores-em-2016>>. Acesso em: 03 jan. 2018.

RIBEIRO, C. V. C.; KAPLAN, M. A. C. Tendências evolutivas de famílias produtoras de cumarinas em angiospermae. **Química Nova**, 25, 2002. 533-538.

RIBEIRO, F. W. et al. **Viabilidade Econômica da Implantação de Mandioca em uma Propriedade Rural no Município de Orizona, Goiás**. Universidade Estadual de Goiás. Ipameri, GO. 2017.

RIBEIRO, J. E. L. D. S. et al. **Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA, 1999. ISBN CDU 581.9811.

RICKLEFS, R. E. **A economia da Natureza sexta edição**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

ROBERTI, P. D.; GARCÉS, C. L.; LAQUES, A. E. . F. M. C. A beleza das roças: agrobiodiversidade Mebêngôkre-Kayapó em tempos de globalização. **Bol. Mus. Para Emílio Goeldi. Cienc. Hum.**, Belém, 7, n. 2, maio-ago 2012. 339-369.

RODRIGUEZ, L. C. E.; BUENO, A. R. S.; RODRIGUES, F. R. Rotações de Eucaliptos mais longas: análise volumétrica e econômica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 51, jun. 1997. 15-28.

ROLIM, S. G. et al. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Taipé-Aquirí, Serra dos Carajás - PA. **Acta Amazonica**, Manaus, 36, n. 1, 2006. 106-114.

ROMEIRO, A. R.; MAIA, A. G. **Avaliação de Custos e Benefícios Ambientais**. Brasília: DF: ENAP, 2011. ISBN ISSN 0104-7078.

ROSA, T. D. S. Os fundamentos do pensamento ecológico do desenvolvimento. In: VEIGA, J. E. D. **Economia Socioambiental**. São Paulo: SENAC, 2009.

RÜGNITZ, M. T.; CHACÓN, M. L.; PORRO, R. **Guia para Determinação de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais**. Belém: Centro Mundial Agroflorestal

(ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA)., v. 11, 2009. 8 p. ISBN ISBN: 978-92-9059-248-8.

SABOGAL, C. et al. **Silvicultura na Amazônia Brasileira: avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria dos sistemas**. CIFOR. Belém, p. 190. 2006. (ISBN 979-24-4644-3).

SALOMÃO, R. D. P. A castanheira: história natural e importância socioeconômica. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, 9, n. 2, maio-ago. 2014. 259-266.

SALOMÃO, R. D. P. et al. As florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazônia Oriental. **Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, 2, n. 3, set-dez 2007. 57-153.

SALOMÃO, R. P.; JUNIOR, S. B. E. R. N. A. Dinâmica de Reflorestamento em Áreas de Restauração após mineração em Unidade de Conservação na Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, 38, 2014. 1-24. Dinâmica de Reflorestamento em Áreas de Restauração após mineração em Unidade de Conservação na Amazônia.

SALOMÃO, R. P.; JÚNIOR, S. B.; SANTANA, A. C. Análise da florística e estrutura de floresta primária visando a seleção de espécies-chave, através de Análise Multivariada, para a restauração de áreas mineradas em Unidades De Conservação. **Revista Árvore**, Viçosa, 36, n. 6, 2012. 989-1007.

SAMPAIO, P. D. T. B. Cumaru. In: CLAY, J. W.; CLEMENT, C. R. **Select species and strategies to enhance income geration from amazonian forest**. Rome, Italy: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 1993.

SAMPAIO, S. M. N.; WATRIN, O. D. S.; VENTURIERI, A. **Dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra do “polígono dos castanhais” no sudeste paraense**. Embrapa Amazônia Oriental. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 38. 2000. (ISSN 1517-2201).

SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. **Baru: biologia e uso**. Embrapa Cerrados. Planatina, DF, p. 52. 2004.

SANSON, C. **A redescoberta da obra de Georgescu-Roegen, pai da Economia Ecológica**. [S.l.]. 2013.

SANTANA, A. C. D.; KHAN, A. S. Custo social da depredação florestal no Pará: o caso da castanha-do-brasil.. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 30, 1992. 253-269.

SANTOS, H. G. D. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA Solos, 2013. 353 p.

SANTOS, J. A. C. D. et al. Desafios para a produção da agricultura familiar no PDS Terra Nossa, município de Novo Progresso, Pará. **Cadernos de Agroecologia**, Belém, v. 10, n. 3, 24 maio 2016. ISSN 2236-7934.

SANTOS, K. A. D. **Curvas de custos marginais de abatimento de gases de efeito estufa: oportunidades de mitigação para pecuária de corte**. Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia. Dourados, p. 102. 2016.

SANTOS, M. A. S. D.; SANTANA, A. C. D. A cadeia de valor da mandioca no Município de Portel. In: SANTANA, A. C. D. **Mercado cadeia produtiva e desenvolvimento rural na Amazônia**. Belém: UFRA, 2014. p. 471. ISBN 978-85-7295-087-9.

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**, Santa Maria, RS, 2002. 48-61.

SANTOS, R. V. **Aplicação do custo de oportunidade às decisões de preço de venda sob o enfoque do custeio direto**. II Congresso Brasileiro de Gestão Estratégica de Custos – Campinas, SP, Brasil, 16 a 20 de outubro de 1995. Campinas, SP: Associação Brasileira de Custos. 1995.

SANTOS, S. D. S.; GRZEBIELUCKAS, C. Sistema silvipastoril com eucalipto e pecuária de corte: uma análise de viabilidade econômica em uma propriedade rural em Mato Grosso Brasil. **Custos e @gronegocio on line**, Cárceres, 10, n. 3, Jul/Set 2014. 317-333.

SANTOS, S. H. M. D. **Recomendações Técnicas: Cumaru *Dipterix odorata* Willd. Família Leguminosae**. EMBRAPA - Amazônia Oriental. Belém, p. 4. 2002.

SANTOS, V. C. P. **O papel do carvão vegetal na cadeia produtiva do ferro**. Belém, p. 154. 2006.

SCARPIN, J. E.; BOFF, M. L. Avaliação do custo de oportunidade na atividade agrícola: um caso prático na cidade de Palma Sola-Santa Catarina. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, Florianópolis, 6, n. 16, mar 2007. 63-72.

SCOLFORO, J. R.; FIGUEREDO-FILHO, A. **Mensuração Florestal: Volumetria**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 126 p.

SEIDEMANN, J. **World Spice Plants: Economic Usage, Botany, Taxonomy**. S. Berlin: Springer-Verlag, 2005. ISBN 3-540-22279-0.

SFB. **Edital nº 02/2012 – Anexo 13 – Resumo executivo do inventário florestal amostral da Flona Saracá-Taquera**. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília-DF. 2012.

SFB. **Caracterização das UMFS: Edital de Concessões da Floresta Nacional de Altamira**. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília. 2013.

SFB. **Edital da Concorrência nº 01/2015 – Anexo 14 – Resumo Executivo do Inventário Florestal Amostral**. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília-DF. 2015.

SFB, S. B. F. www.florestal.gov.br. **Sistema Nacional de Informações Florestais**, 2015. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/estoque-das-florestas?print=1&tmpl=component>>. Acesso em: 1 nov. 2017.

SFB, S. F. B. www.florestal.gov.br. **www.florestal.gov.br**, 2017. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=132:andamento-ifn&catid=106>. Acesso em: 07 ago. 2017.

SHEIL, D.; WUNDER, S. The Value of Tropical Forest to Local Communities: Complications, Caveats, and Cautions. **ecology and society**, 2002. Disponível em: <<http://www.consecol.org/vol6/iss2/art9/>>. Acesso em: 13 maio 2017.

SILVA, A. R. et al. **Sobrevivência de espécies florestais sob manejo em sistemas agrossilvipastoris em Belterra-Pa**. Belém: VIII Encontro Amazônico de Agrárias - LIVRO XI - Recursos Florestais. Belém, 2016, 2016. 170-177 p.

SILVA, D.; NUNES, S. **Avaliação e modelagem econômica da restauração florestal no Estado do Pará**. Belém: Imazon, v. 1, 2017. 92 p.

SILVA, G. G. et al. Capital social e cooperação na agricultura familiar: uma análise comparativa entre os estados de Mato Grosso do Sul e Santa Catarina. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, 16, n. 2, 2014. 153-166.

SILVA, I. M. D.; SANTANA, A. C. D.; REIS, M. S. Análise dos retornos sociais oriundos de adoção tecnológica na cultura do açaí no Estado do Pará.. **Revista Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, 2, 2006. 25-37.

SILVA, J. N. M. et al. Equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, 9, jun. 1984. 50-63.

SILVA, J. N. M. et al. Equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, 9, jun. 1984. 50-63.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. D.; LOPES, A. J. D. C. Inventário florestal de uma área experimental na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 10/11, Jun./Dez. 1985. 38-110.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. D. C. A. **Inventário florestal contínuo em florestas tropicais: a metodologia utilizada pela Embrapa- Cpatu na Amazônia brasileira**. Belém, p. 36p. 1984.

SILVA, M. L. D.; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (vpl), valor anual equivalente (vae) e valor esperado da terra (vet). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, 29, n. 6, 2005. 931-936.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal**. Viçosa: UFV, v. 1, 2002. 178 p.

SILVA, S. T. D.; BARBOSA, A. P. **O crescimento das espécies florestais caroba (Jacaranda copaia D. Don), copaíba (Copaifera multijuga Hayne), cumarú (Dipteryx odorata (Aubl.) Willd.) e maçaranduba (Manilkara huberi (Ducke) Standl.) em plantios experimentais visando o reflorestamento**. INPA. Manaus-AM. 2006.

SILVA, T. M. D. et al. O mercado de amêndoas de *Dipteryx odorata* (cumaru) no Estado do Pará. **Floresta**, Curitiba, PR, 40, jul./set. 2010. 603-614.

SILVEIRA, P. Estimativa da biomassa e carbono acima do solo em um fragmento de floresta ombrófila densa utilizando o método da derivação do volume comercial. **Floresta**, Curitiba, PR, 40, n. 4, out./dez. 2010. 789-800.

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

SILVIO BRIENZA JÚNIOR, S. B. et al. Recuperação de áreas degradadas com base em sistema de produção florestal energético-madeireiro: indicadores de custos, produtividade e renda. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, Belém, 4, n. 7, jul./dez. 2008. 197-219.

SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; GÖRGENS, E. B. SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; GÖRGENS, E. B. Equações para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de Eucalipto. **Revista Árvore**, 29, n. 4, set-out 2005. 711-718.

SOARES, M. H. M.; CARVALHO, J. O. P. D. **Importância ecológica das espécies Bagassa guianensis (tatajuba), Copaifera mutijuga (copaíba), Dipteryx odorata (cumaru), Hymenaea courbaril (jatobá), e Tabebuia serra tifolia (ipê-amarelo) em floresta natural na Amazônia brasileira**. Belém. 1998. (0100-8676).

SOLTIS, D. E.; VISGER, C. J.; SOLTIS, P. S. The polyploidy revolution then and now: Stebbins revisited. **American Journal of Botany**, 101, n. 7, 2014. 1057 – 1078.

SOUZA, D. M.; TEIXEIRA, R. F. M. A. O. O. P. Assessing biodiversity loss due to land use with Life Cycle Assessment: are we there yet? **Global Change Biology**, 21, 2015. 32–47.

SOUZA, D. N. D. N. et al. Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biotemas**, 27, n. 2, 2014. 31-42.

SOUZA, M. S. D.; MAUÉS, M. M. **Morfologia Floral de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. Leguminosae – Papilionoideae**. EMBRAPA/CPATU. Belem. 2001.

SPIELMANN, S. A.; HARRIS, D. H.; BOSHIER, V. C. C. ORCHARD: Paternity program for autotetraploid species. **Molecular Ecology Resources**, Oxford, 2015. 915–920.

STEFANO, A. D.; JACOBSON, M. G. Soil carbon sequestration in agroforestry systems: a meta-analysis. **Agroforestry Systems**, n. 10457, 28 out. 2017. 1-15.

STEVENSON, P. **Reviwing the cost: the economics of moving to higher welfare farming**. Roma: FAO, 2011. ISBN ISBN 1 900156 55 5.

STRASSBURG, B. B. N. et al. **Análise econômica de uma pecuária mais sustentável. Instituto Internacional para Biodiversidade**. Internacional para Sustentabilidde. Rio de Janeiro, p. 49. 2015.

SUDAM. **Levantamentos florestais realizados pela missao FAO na Amazônia**. Belém: SUDAM, 1975.

SUDAM/PNUD., A. **Cenários Sociais para a Amazônia Legal - 2000/2010**. Belém. 2001.

THAINES, F. et al. Equações para estimativa de volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, 30, n. 64, nov./dez. 2010. 283-289.

TIMOFEICZYK JUNIOR, R. et al. Custo de oportunidade da terra no manejo de baixo impacto mm florestas tropicais – um estudo de caso. **Floresta**, Curitiba, PR, 37, n. 3, set./dez. 2007. 327-338.

UNEP. **Climate Change and Human Rights**. United Nations Environment Programme. Nairobi, p. 43. 2015.

VALE, R. S. D. et al. Análise da viabilidade econômica de um sistema silvopastoril para a Zona da Mata de Minas Gerais. **Agrossilvicultura**, Viçosa, MG, 2004. 107-120.

VARIAN, H. R. **Microeconomia uma abordagem moderna**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

VÁSQUEZ, S. P. F.; MENDONÇA, M. S. D.; NODA, S. D. N. Etnobotânica de plantas medicinais em comunidades ribeirinhas do Município de Manacapuru, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, 44, n. 4, 2014. 457 – 472.

- VENTURIERI, A.; MONTEIRO, M. A.; MENEZES, C. R. C. **Zoneamento ecológico-econômico da Zona Oeste do Estado do Pará**. Belém - PA: CIP-EMBRAPA, v. 3, 2007. 101 p. ISBN 978-85-87690-90-6 (v. 2).
- VIANA, C. M. et al. Sistemas e Práticas Agroflorestais para Amazônia: Conceitos Gerais. In: VIANA, C. M.; DUBOIS, J. C. L.; ANDERSON, A. **Manual Agroflorestal para Amazônia**. Belém: REBRAAF, v. 1, 1996. Cap. 7, p. 228.
- VIEIRA, T. A. et al. Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. **Acta Amazonica**, 2007. 549-558.
- VINSON, C. C. et al. Impacts of selective logging on inbreeding and gene flow in two Amazonian timber species with contrasting ecological and reproductive characteristics. **Mol. Ecol.**, 24, n. 1, jan 2015. 38–53.
- VIVIAN, J. L. Errando e acertando: 12 dicas para uma propriedade rural agroflorestal. **Revista dos Sistemas Agroflorestais**, Dom Pedro de Alcântara: RS, p. 34-39, Dezembro 2003. Disponível em: <www.oiyakaha.org/resources/pdf/revista_sistemasagroflorestais.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2017.
- VOLPE, E. et al. Implantação de Sistema Silvipastoril de Baru (*Dipteryx alata* Vog.) com e sem Proteção e Quatro Espaçamentos em Pastagem de Capim-braquiária. In: EMBRAPA **Sistemas agroflorestais e desenvolvimento sustentável: 10 anos de pesquisa**. 206. ed. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 2013. p. 137-150. ISBN ISSN 1983-974X.
- WANG, Z. The Study of Carbon Cost Management under the Carbon Trading Mechanism —Based on the Value Chain Theory. **Low Carbon Economy**, 2017. 51-62.
- WILSEY, B. J. et al. Relationships among indices suggest that richness is an incomplete surrogate for grassland biodiversity. **Ecology**, 5, 2005. p.1178-1184.
- WOLF, R. et al. **Sistemas agroflorestais: potencial para sequestro de carbono e produção de outros serviços ambientais**. Gloria de Dourados, Ms. 2012.
- WOOD, C. **Environmental Impact Assessment: A comparative Review**. England: Longman, 1996.
- WU, Z. et al. Evaluating Lidar Point Densities for Effective Estimation of Aboveground Biomass. **International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS** 2016, 5, n. 1, 2016. 1483-1499.
- XIMENES, T. **Perspectiva do Desenvolvimento Sustentável: uma contribuição para a Amazonia** 21. Belém: UFPA, 1997.

YANAI, A. M. et al. **Desmatamento e perda de carbono até 2013 em assentamentos rurais na Amazônia Legal**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. João Pessoa-PB, [s.n.]. 2015. p. 4968-4975.

ZANNE, A. E. et al. **Global wood density database. Towards a worldwide wood economics spectrum**. Dryad Digital Repository. [S.l.]. 2009. (<https://doi.org/10.5061/dryad.234>).