

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Sistemas agroflorestais com cacau para recuperação de áreas  
degradadas, em São Félix do Xingu – PA**

**Daniel Palma Perez Braga**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências. Programa: Recursos  
Florestais. Opção em: Conservação de  
Ecossistemas Florestais

**Piracicaba, SP  
2015**

**Daniel Palma Perez Braga  
Engenheiro Florestal**

**Sistemas agroflorestais com cacau para recuperação de áreas degradadas, em  
São Félix do Xingu – PA**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:  
Prof. Dr. **FLÁVIO BERTIN GANDARA MENDES**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências. Programa: Recursos  
Florestais. Opção em: Conservação de  
Ecossistemas Florestais

**Piracicaba, SP  
2015**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Braga, Daniel Palma Perez

Sistemas agroflorestais com cacau para recuperação de áreas degradadas, em São Félix do Xingu – PA / Daniel Palma Perez Braga. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.

210 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. SAF-cacau 2. RAD 3. Fertilidade 4. Solo 5. Macroinvertebrados 6. Estrutura florestal  
7. Diversidade florística 8. *Theobroma cacao* 9. Socioeconômico 10. Serviços ambientais  
I. Título

CDD 634.99  
B813s

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais,

José Roberto Peres Braga

Marcia Palma Perez Braga

Às admiráveis florestas deste planeta, em especial,  
a Amazônia.



## AGRADECIMENTOS

- ❖ Às minhas avós, Maria de Lourdes e Encarnação, por todo o carinho desde sempre
- ❖ À minha noiva, Renata Cunha, por todos os cuidados e inspiração
- ❖ Aos meus irmãos Pedro e Lucas, pelos momentos de reflexão. À minha tia Maria Helena Palma de Oliveira, pela revisão do texto. Também ao meu irmão canino, Scooby, fiel companheiro de jornada
- ❖ Ao Professor Flávio Gandara, pela cuidadosa orientação e motivação
- ❖ Ao Professor Pedro Brancalion, por todo acompanhamento e atenção
- ❖ Aos Professores do departamento de Ciências Florestais e de Ciências Biológicas, pelo conhecimento transmitido
- ❖ À ESALQ e ao Programa de Recursos Florestais, pela oportunidade
- ❖ Ao Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (Imaflora), por toda colaboração e apoio logístico, fundamentais às atividades de campo. Em especial: Matheus Couto, Amanda Souto, Marcos Nachtergaele e Eduardo Gonçalves.
- ❖ Ao apoio de campo concedido pela ADAFAX e sua equipe
- ❖ Ao apoio técnico do Carlos Alberto, “Beleza”, do Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi e toda equipe que me recepcionou
- ❖ A todas as famílias de produtores rurais de Tancredo e Xadá, e amigos de São Félix do Xingu pela generosidade e hospitalidade (Elmar, Edmilson, Maria, Edro, Ana, Hélio, Zé “da Máquina”, Nora, Jaime, Ernani, Zefa, Sebastião, Daniel, Domingos, Ilsinho, Altamiro, Douglas, Luizão, João Pereira, Jaime “Charlie-brown”, Marlene, “Cabiludo”, Renato Lopes, Konstantin, Marcelo, Pierre e muitos outros)
- ❖ À FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, processos nº 2012/25335-2 e nº 2014/14932-5, pela concessão da bolsa e demais apoios financeiros, essenciais para execução deste projeto
- ❖ À equipe LARGEA e à Elza Ferraz, pelo apoio laboratorial e administrativo
- ❖ A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para realização deste sonho

MUITO OBRIGADO!!





Figura 1 – Transformação do uso do solo em São Félix do Xingu, PA

“Se o Céu e a Terra não sopram nem se derramam por  
muito tempo,  
O quanto menos os humanos não deveriam fazer  
o mesmo?”

Lao-Tzu (séc. III-IV a.C)





## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	11
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>1 APRESENTAÇÃO</b> .....	15
<b>2 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONOMICA E AMBIENTAL</b> .....	17
Resumo.....	17
Abstract .....	17
2.1 Revisão Bibliográfica .....	18
2.1.1 Definições.....	18
2.1.2 O Cacau – <i>Theobroma cacao</i> L. ....	20
2.1.3 Contextualização amazônica.....	23
2.1.4 Histórico de ordenamento territorial.....	26
2.1.5 Fatos do desmatamento .....	29
2.1.6 Oportunidades: RAD, SAF-cacau e Serviços Ambientais .....	31
2.4 Material e Métodos.....	34
2.4.1 Usos do solo .....	34
2.4.2 Área de Estudo – São Félix do Xingu, PA.....	39
2.4.2 Entrevista: Percepção dos produtores .....	47
2.5 Resultados e Discussão .....	49
2.6 Conclusões.....	57
<b>Referências</b> .....	57
<b>3 RECUPERAÇÃO DO SOLO</b> .....	71
<b>Resumo</b> .....	71
<b>Abstract</b> .....	71
3.1 Introdução .....	72
3.2 Material e Métodos.....	75
3.2.1 Aspectos físicos e químicos .....	75
3.2.2 Aspectos biológicos: macroinvertebrados .....	76
3.2.3 Análise de dados .....	78
3.3 Resultados e Discussões.....	80
3.3.1 Aspectos Físico-Químicos .....	80
3.3.1.1 Granulometria: Areia, Silte e Argila.....	81
3.3.1.2 Matéria Orgânica (M.O.) .....	83
3.3.1.3 Acidez (pH) .....	84
3.3.1.4 Macronutrientes .....	86
3.3.1.5 Micronutrientes .....	92

3.3.1.6 Indicadores e fertilidade (V%, CTC <sub>7</sub> , SB e H+Al) .....	97
3.3.2 Aspectos Biológicos: Macroinvertebrados .....	100
3.4 Conclusões .....	110
<b>Referências</b> .....	111
<b>4 RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO</b> .....	117
<b>Resumo</b> .....	117
<b>Abstract</b> .....	117
4.1 Introdução .....	118
4.2 Material e Métodos .....	120
4.2.1 Estrutura Florestal .....	122
4.2.2 Diversidade Florística .....	125
4.2.3 Análise estatística .....	129
4.3 Resultados e Discussão .....	130
4.3.1 Estrutura Florestal .....	130
4.3.2 Diversidade Florística .....	150
4.3.2.1 Riqueza da Regeneração Natural (S-RN) .....	150
4.3.2.2 Sombreamento .....	153
4.3.3 Estado da Arte: SAF-Cacau e RAD .....	165
4.4 Conclusões .....	170
<b>Referências</b> .....	171
<b>ANEXOS</b> .....	181

## RESUMO

### **Sistemas agroflorestais com cacau para recuperação de áreas degradadas, em São Félix do Xingu – PA**

Em contraposição ao avanço do desmatamento da floresta amazônica em São Félix do Xingu – PA, principalmente pela atividade pecuária, diversas iniciativas vêm estimulando a recuperação de áreas degradadas (RAD) por meio da implantação de sistemas agroflorestais com cacau (*Theobroma cacao* L.) (SAF-cacau). A fim de estudar o potencial SAF-cacau como ferramenta de RAD nesta região, conduzi a pesquisa em quatro hipóteses principais: (1) recupera parcialmente a estrutura florestal; (2) recupera parcialmente a riqueza/diversidade de plantas; (3) recupera a fertilidade do solo; (4) recupera a riqueza/diversidade de grupos de macroinvertebrados do solo. Para tanto, agrupei os SAF's em três categorias de sombreamento: sombra inicial (SI), sombra secundária (SS) e sombra abandonada (A), analisando-as comparativamente com Floresta e Pasto. Em paralelo, realizei entrevista socioeconômica e ambiental, pautada na percepção dos produtores rurais, a fim de contextualizar as ações humanas com os usos do solo em estudo. Os principais resultados mostram que os solos são semelhantes em termos de textura e fertilidade, independentemente da situação de uso. Os SAF-cacau são potenciais ferramentas de RAD em termos de estrutura florestal e diversidade florística, necessitando maiores estudos com relação à composição de plantas. A rentabilidade do SAF-cacau mostrou-se expressivamente superior à pecuária, por unidade de área, ocupando menor espaço territorial na propriedade, além de outros benefícios socioambientais, com destaque para provisão de serviços ambientais.

Palavras-chave: SAF-cacau; RAD; Fertilidade; Solo; Macroinvertebrados; Estrutura florestal; Diversidade florística; *Theobroma cacao*; Socioeconômico; Serviços ambientais



## ABSTRACT

### **Cacao agroforestry systems for reclamation of degraded lands in Sao Felix do Xingu - PA**

In contrast to the advance of the Amazon rainforest deforestation, mainly by cattle activity, in Sao Felix do Xingu - PA municipality, several initiatives have been stimulating the reclamation of degraded lands (RDL) through the implementation of agroforestry systems with cacao (*Theobroma cacao* L.) (cacao-AFS). Aiming to study the cacao-AFS as a potential tool to reclaim degraded lands in this region, I based the research in four main hypothesis: (1) it partially reclaims the forestry structure; (2) it partially reclaims the richness/diversity of plants; (3) it reclaims the soil fertility; (4) it reclaims the richness/diversity of soil macroinvertebrates. Thus, I grouped the AFS in three categories: initial shade (IS); secondary shade (SS); abandoned shade (A), comparing them with Forest and Pasture land uses. In parallel, I performed a socioeconomic and environmental interview, based on farmers perception, in order to contextualize the human actions in the studied the land uses. The main results showed similarity in soil's texture and fertility, regardless of use situation. The cocoa-AFS are potential tools of RAD in terms of forest structure and floristic diversity, requiring further studies regarding the composition of plants. The profitability of the cacao-AFS was found to be significantly higher than the cattle, per unit area, occupying less territorial space on the property, plus other social and environmental benefits, especially the provision of many environmental services.

Keywords: Cocoa-AFS; RDL; Fertility; Soil; Macroinvertebrates; Forest structure; Floristic diversity; *Theobroma cacao*; Socioeconomic; Environmental services



## 1 APRESENTAÇÃO

No município de São Félix do Xingu – PA, um exemplo de fronteira entre a floresta amazônica e as atividades agropecuárias, destaca-se a produção de gado bovino. Outro destaque, na perspectiva da agricultura familiar, é a produção de cacau. Inicialmente, o cacau é plantado em consórcio com demais plantas agrícolas, principalmente a mandioca, o milho e a banana (Figura 3). Esta última perdura no sistema até aproximadamente o sexto ano, quando o cacau já está bem estabelecido, e é gradualmente removida ao passo que as árvores nativas vão ocupando seu lugar no dossel, promovendo o sombreamento do cacau em um segundo momento (Figura 6).

Este agroecossistema, também denominado de sistema agroflorestal com cacau (SAF-cacau) é um modelo amplamente abordado pela literatura científica (DEHEUVELS et al., 2012; SOMARRIBA et al., 2013; VEBROVA et al., 2014; DEHEUVELS et al., 2014), o qual ocorre em diversas regiões tropicais, exercendo um importantíssimo papel na busca pela sustentabilidade, em função de sua sinergia com os aspectos econômicos, ambientais e sociais. Em São Félix do Xingu, que esteve recentemente entre os líderes do desmatamento no Brasil, sua prática vem sendo estimulada para recuperação de áreas degradadas (RAD), fato que carece de estudos científicos locais sobre o tema.

Nesse contexto, o SAF-cacau também se torna atrativo conforme se exige o cumprimento das determinações legais do novo Código Florestal, Lei Nº12.651/2012, que trata da proteção da vegetação nativa; das Áreas de Preservação Permanente; determina o tamanho mínimo da Reserva Legal; prevê a recuperação de áreas degradadas e o pagamento por serviços ambientais; dispõe sobre os Programas de Regularização Ambiental (PRAs) e cria o Cadastro Ambiental Rural (CAR), dentre outras especificações. Ademais, o uso de SAF para RAD também é amparado e incentivado pela Lei Nº12.854/2013, que fomenta e incentiva ações que promovam a recuperação florestal e a implantação de sistemas agroflorestais em áreas rurais desapropriadas e em áreas degradadas, nos casos que especifica.

A fim de investigar essa aplicabilidade e explorar o assunto, tenho como principal questão: qual o potencial do SAF-cacau para recuperação de áreas degradadas em São Félix do Xingu? Tratando-se de um tema com múltiplas



abordagens, podemos visualizar duas esferas que sustentam essa ideia: o solo e a vegetação. Para embasar o conteúdo abordado, também analisei os aspectos socioeconômicos e ambientais, com base em entrevistas e revisão bibliográfica, constituindo a primeira parte da dissertação (item 2). Para o solo, foquei a fertilidade e os macroinvertebrados, constituindo a segunda parte (item 3). Por fim, para a vegetação, analisei a estrutura florestal e a diversidade florística, constituindo a terceira parte da dissertação (item 4).

## 2 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONOMICA E AMBIENTAL

### Resumo

No município de São Félix do Xingu – PA, onde a principal causa do desmatamento é a pastagem para produção de gado bovino, a mudança de uso do solo também provoca transformações socioeconômicas. Recentemente, diversos atores locais vêm estimulando o uso sistemas agroflorestais com cacau (SAF-cacau) como estratégia de recuperação de áreas degradadas (RAD). Inicialmente, o cacau é plantado em consórcio com demais plantas agrícolas, principalmente a banana, a qual perdura no sistema até aproximadamente o sexto ano. Esta fase denominei como sombra inicial (SAF-Cacau SI). Quando o cacau está bem estabelecido, a banana é gradualmente removida ao passo que as árvores nativas vão ocupando seu lugar no dossel, promovendo o sombreamento do cacau em um segundo momento, sombra secundária (SAF-Cacau SS). Em algumas situações, o sombreamento do cacau foi abandonado (SAF-Cacau A). Para fins comparativos, também analisei áreas com pastagem (Pasto) e floresta nativa madura com sinais de degradação (Floresta), como testemunhas. Neste âmbito, a principal questão é: qual o potencial do SAF-cacau para RAD em São Félix do Xingu - PA? Amparado por revisão bibliográfica, entrevistei 16 pequenos produtores familiares de cacau, abordando temas socioeconômicos e ambientais que tangem os usos do solo em questão (SAF-Cacau, Floresta e Pasto). Encontrei que, a maioria deles migrou de outras regiões do país, sua idade média é de 50 anos, suas propriedades são posses não-regulamentadas e o Pasto possui a maior ocupação territorial (51% da propriedade). Sendo que as propriedades têm, em média, 41,5 ha de pastagem, 34,3 ha de floresta e 5,8 ha de SAF-cacau. Os principais resultados mostram que as ações governamentais possuem influência direta tanto na qualidade de vida quanto na manutenção das atividades agropecuárias dessas pessoas. De acordo com a percepção dos produtores, a pecuária é a maior fonte de renda (40,5%), seguida da produção de cacau (32,8%). Também constatei que, a renda líquida do SAF-cacau SS (/ha.ano) pode ser de 3 a 6 vezes maior, por área, do que a pecuária, sendo que, em média, o SAF-Cacau SS ocupa áreas até 7 vezes menores dentro da propriedade. Considerando que a maior parte dos produtores concorda que o SAF-cacau pode ser empregado para RAD, concluo que, de acordo com a percepção socioeconômica e ambiental deles, esta é uma ferramenta de promissora para RAD em São Félix do Xingu – PA.

Palavras-chave: SAF-cacau; RAD; Socioeconômico; Amazônia; São Félix do Xingu – PA

### Abstract

At São Félix do Xingu municipality, state of Pará, Brazil, the main cause of deforestation is the pasture for cattle, which also causes socioeconomic changes. Recently, many local institutions stimulate the cacao agroforestry systems (cacao-AF) as a strategy to recover degraded lands (RDL). Initially, cacao is mixed with other crops, mainly banana, which remains in the system until the sixth year. I denominated this situation as initial shade (Cacao-AF IS). When the cacao crop is established, the banana is gradually removed, giving space in the canopy to the natural regeneration that will compose the secondary shade (Cacao-AF SS). Some

cases the shade was abandoned (Cacao-AF A). I also analyzed other land uses, as pasture (Pasture) and mature forest (Forest) for comparison. Thereby, the main question is: What is the cacao-AF potential to RDL? Supported by literature review, I interviewed 16 cacao small family producers, addressing socioeconomic and environmental issues that concern the land uses in question (Cacao-AF, Forest and Pasture). I found that most of them migrated from other parts of the country, their mean age is 50 years, its properties are unregulated possessions and the Pasture has the largest land occupation (51% of the property). The average of Pasture's area is 41.5 ha, 34.3 ha of forest and 5.8 ha of Cacao-AF. The main results show that government actions have a direct influence on both the quality of life and the maintenance of agricultural activities of these people. According to producer's perception, cattle is the main source of income (40.5%), followed by cacao production (32.8%). We also found that the net income Cacao-AF SS (/ha.year) can be 3 to 6 times greater than the cattle, and, on average, Cacao-AF SS occupies up to 7 times smaller areas within the property. Whereas the majority of producers agree that the cacao-AF can be used to RDL, I conclude that, according to their socioeconomic and environmental perception, this is a promising tool for RDL in Sao Felix do Xingu - PA.

Keywords: Cacao-AF; RDL; Socioeconomic; Amazon; Sao Felix do Xingu - PA

## **2.1 Revisão Bibliográfica**

### **2.1.1 Definições**

#### Recuperação de Áreas Degradadas (RAD)

Para fins desta pesquisa, optei pelo termo “recuperação de áreas degradadas” devido sua abrangência conceitual e larga utilização no Brasil, utilizado para “referir-se indistintamente a diferentes técnicas aplicáveis visando reverter a situação de um ecossistema degradado para um estado desejável, independentemente do nível de degradação” (ARONSON; DURIGAN; BRANCALION, 2011, p. 21). Por outro lado, por ser um termo amplo e extremamente genérico - muito utilizado em áreas de mineração, mas também aplicado a atividades que visam melhorar as condições ambientais de um dado ecossistema degradado - pode ser mal interpretado e alvo de controvérsias, (ENGEL; PARROTTA, 2008; ARONSON; DURIGAN; BRANCALION, 2011).

Os usos do solo por atividades agropecuárias nas áreas estudadas em São Félix do Xingu, aparentemente, ainda não são intensos a ponto de impedir por completo os processos de sucessão ecológica, ou mesmo a ponto inviabilizar essas atividades. O que, portanto, não constitui uma degradação severa do solo. No

entanto, a mudança do uso do solo, de floresta para pastagem, pode ser considerada uma degradação daquela área, pois, ao remover completamente sua estrutura, resulta em uma alteração prejudicial sob a perspectiva da conservação ambiental (JOHNSON et al., 1997) e degradação da estrutura da vegetação. Sendo assim, adotamos o termo “área degradada” para esta pesquisa, uma vez que, houve a simplificação/modificação dos ecossistemas originalmente florestais, considerando que a degradação de um ecossistema pode ser provocada por distúrbios naturais ou antrópicos e implica em alterações ambientais com redução da biodiversidade e dos fluxos de bens e serviços ecossistêmicos (JOHNSON et al., 1997; ARONSON; DURIGAN; BRANCALION, 2011).

Nesse sentido, para o uso de sistemas agroflorestais com finalidade de recuperar a estrutura e a funcionalidade florestal em áreas de pastagem, no contexto de São Félix do Xingu, caberia adequadamente utilizar o termo “reabilitação” (ENGEL; PARROTTA, 2008), uma vez que pode ser definido como: “a melhoria das funções do ecossistema sem que necessariamente se atinja um retorno a condições pré-distúrbios”, enfatizando-se a “recuperação de processos e funções do ecossistema para aumentar o fluxo de serviços e benefícios às pessoas, mas sem que haja uma intenção explícita em se restabelecer a composição e estrutura originais do ecossistema” (ARONSON; DURIGAN; BRANCALION, 2011, p. 21).

### Sistemas Agroflorestais (SAF's)

A definição básica de SAF é apresentada por vários autores e abrange, de maneira generalizada, a ideia de uma forma de uso do solo onde se aplicam práticas e técnicas ecologicamente viáveis de combinação de árvores ou arbustos perenes associados a cultivos agrícolas e/ou animais, onde se deve considerar as escalas espacial e temporal e a existência de uma interação significativa entre os elementos que o constituem. Outro aspecto seria a interação ecológica e econômica entre os diferentes componentes. (NAIR, 1985, 1991; SOMARRIBA, 1992).

A prática agroflorestal é antiga, ocorre desde os tempos pré-colombianos, por exemplo, na América Central envolviam as culturas do café e do cacau (NAIR, 1991; DE MELO et al., 2011; MULLER, 2012). No Brasil, posso citar alguns dos exemplos de associações que adotam o SAF como principal modelo de uso e manejo do solo, como é o caso dos SAF-cacau sob regime cabruca, na Bahia. Na Amazônia, seria o

Projeto RECA (Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado), em Rondônia, e a Camta (Cooperativa Mista de Tomé Açú) no Pará. Mais ao Sul e a Sudeste, encontram-se a Rede de Agroecologia Ecovida e a Associação dos Agricultores Agroflorestais de Barra do Turvo/SP e Adrianópolis/PR (Cooperafloresta).

Ainda assim, a consolidação efetiva dos SAF's frente à agricultura convencional, que avança sobre a floresta, ainda carece de investimentos e políticas públicas (FEARNSIDE, 2009; PORRO, 2009). Na Amazônia, a pesquisa agroflorestal começou a ser sistematizada na década de 1980 por instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a Comissão Executiva da Lavoura Cacaueira (Ceplac) e o Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas (INPA). Logo observou-se o potencial dessa ferramenta como opção produtiva mais sustentável na região (PORRO, 2009).

### **2.1.2 O Cacau – *Theobroma cacao* L.**

O cacaueiro, ou cacau (*Theobroma cacao* L.), pertence à família Malvaceae e possui sua origem na Amazônia (CLEMENT et al., 2010). É uma planta dicotiledônea, arbórea, perene e umbrófila. Suas folhas são simples e alternas, oblongas, acuminadas e glabras com nervura central proeminente, podendo medir até 60 cm de comprimento e 15 de largura. A planta, chega a atingir até 20 m de altura, mas em cultivo alcança normalmente cerca de 5 metros. Seu sistema radicular é pivotante e pode atingir até 2 metros de profundidade, sendo que as raízes secundárias, as principais responsáveis pela absorção nutrientes, concentram-se principalmente nos 30 cm superficiais e podem afastar-se num raio de 5 a 6 metros de distância do colo da planta (SILVA NETO et al., 2001; CHEPOTE et al., 2012). O caule apresenta cauliflora, é ereto e com cerca de 2 anos tem o crescimento da gema apical detido a uma altura de 1 a 1,5 metros, formando ramificação em coroa (SILVA NETO et al., 2001).

A casca do tronco é lisa nos primeiros anos e torna-se rugosa com o passar do tempo. Na Amazônia, apresenta dois ápices de floração, normalmente no início do período menos chuvoso e final do período de estiagem com início do período mais chuvoso. O índice de frutos (nº de frutos necessários para obter 1 kg de cacau comercial) é, em geral, de 15 a 31 unidades (SILVA NETO et al., 2001).

Acredita-se que a origem do cacau seja no Alto do Amazonas, próximo à confluência dos rios Solimões, Putamaio e Caquetá (CLEMENT et al., 2010; MONTEIRO; AHNERT, 2012). Os Maias já faziam o cultivo do cacau há cerca de 1.500 anos atrás (MOTAMAYOR et al., 2002). Em 1492, quando os espanhóis chegaram na América, o cacau já era cultivado do México à Venezuela e Colômbia (SOMARRIBA; LACHENAUD 2013). Somente no final do século XVI, o cacau foi comercialmente introduzido na Espanha, espalhando-se pela Europa que readaptou o chocolate ao novo paladar, inicialmente consumido como bebida e posteriormente como chocolate sólido, e fez com que a demanda aumentasse rapidamente a partir do século seguinte (SOMARRIBA; LACHENAUD, 2013). O extrativismo tornou-se um lucrativo negócio, gerido na época principalmente por expedições religiosas, sendo que no séc. XVIII o cacau, cultivado e de extrativismo, tornou-se o principal produto agrícola de exportação da Amazônia para Europa, principalmente no período de 1730 a 1830, com forte influência das ações da Coroa Portuguesa (SILVA NETO et al., 2001; SOMARRIBA; LACHENAUD, 2013).

No Brasil, a Bahia liderou as exportações durante décadas, até que em meados do século XIX, as plantações ingressaram em fase de decadência e a África passou a ser o principal produtor de cacau e assim permanece até os dias atuais (SILVA NETO et al., 2001; SOMARRIBA; LACHENAUD, 2013). A produção de cacau da Bahia teve seu declínio decretado pela doença conhecida como “vassoura-de-bruxa”, causada pelo fungo *Moniliophthora perniciosa*, que dizimou grande parte das lavouras de cacau no início dos anos 1990. A produção do cacau cultivado na Amazônia começou a ser efetivamente trabalhada a partir da década de 1970, com o advento do Plano de Diretrizes para Expansão da Cacaicultura Nacional (PROCACAU), essa atividade recebeu um impulso notável para se constituir em uma atividade econômica explorada de maneira racional e com orientação técnica nos estados amazônicos (SILVA NETO et al., 2001).

Antes disso, o Pará produzia cacau de baixa qualidade em condições basicamente extrativistas, como já se fazia há séculos. Até 1975, cerca de 65% da produção era oriunda da Zona Tocantina, composta por Cametá, Mocajuba e Barcarena onde se colhia o fruto das árvores dispersas pela floresta, assim como se fazia também com a copaíba, castanha, açaí e a seringueira (OLIVEIRA, 1981). Por exemplo, entre 1960 e 1969, a produção de cacau pela Região Norte alcançou em média apenas 1,57% da produção total do Brasil (OLIVEIRA, 1981).

Desde aquela época já se considerava que a questão da posse de terras poderia ser um fator limitante à expansão da cacauicultura no Pará, considerando que a situação fundiária do imóvel é um condicionante para que o produtor possa obter o tão necessário financiamento bancário, possibilitando que ele tenha acesso ao crédito rural orientado (OLIVEIRA, 1981). Sobre o manejo, tanto as práticas de colheita eram rudimentares (acabavam danificando as plantas produtivas), quanto o processo de beneficiamento era inadequado. O comerciante recebia cacau de diversas procedências, em poucas quantidades e em diferentes níveis de maturação do fruto, o que também prejudicava esse processo e o tornava heterogêneo (OLIVEIRA, 1981).

Conforme a maioria dos campos de produção de cacau na Amazônia começou com os incentivos do PROCACAU, em 1976, segundo Oliveira (1981), a situação anterior foi se invertendo. Juntamente com o DEPEA (Departamento Especial da Amazônia), a Ceplac desenvolveu uma série de experimentos buscando desenvolver a cultura do cacau na Amazônia, com objetivos de definir o melhor sistema de sombreamento, controle de pragas e doenças, técnicas de manejo, produção de sementes e híbridos mais adaptados (OLIVEIRA, 1981). As condições precárias dos produtores rurais e da mão-de-obra levou o DEPEA, em 1979, a investir em capacitação de recursos humanos, alcançando bons resultados na melhoria do trabalho e da qualidade do produto final (OLIVEIRA, 1981). A CEPLAC e o DEPEA colaboraram para formar uma estrutura de comercialização mais eficiente, apoiando o cooperativismo, forneciam materiais e insumos aos cacauicultores a um preço abaixo da tabela do mercado local (OLIVEIRA, 1981).

Em 1980, todo produto de cacau era exportado em amêndoa ou baga, sendo os principais importadores os EUA e em seguida a Alemanha, havendo outros menos expressivos como Inglaterra, Holanda e Argentina (OLIVEIRA, 1981). O PROCACAU redimensionou a política do cacau no estado do Pará ao planejar estrategicamente o desenvolvimento dessa cultura em cinco regiões ou pólos (Zona Tradicional, Altamira, Trombetas, Bragantina/Tomé-Açu e Carajás) cuja fertilidade natural dos solos já era mais elevada, reduzindo os custos de implantação e auxiliando a política de colonização aplicada pelo Incra para ocupar a área da Transamazônica (OLIVEIRA, 1981).

Em 2001, esses polos desenvolveram-se para 45 Municípios e 7 polos espontâneos localizados nas Mesorregiões Metropolitanas de Belém, Baixo

Amazonas, Nordeste, Sudoeste e Sudeste Paraense (SILVA NETO et al., 2001), onde existiam implantados 50.568 hectares de lavouras cacauceiras, contando com 5.664 agricultores e uma produção de 32.000 toneladas de amêndoas secas de cacau/ano (SILVA NETO et al., 2001). Atualmente, o Polo da Transamazônica configura uma das maiores regiões produtoras, com destaque para o município de Medicilândia (CALVI; KATO, 2011), vide a Tabela 1.

Tabela 1 - Desempenho da cacauicultura dos municípios atendidos pelo Polo da Transamazônica, 2011

Município	Área TOTAL	Área DESENV.	Área COLHIDA	Produção (t)	Kg/ha	Nº Agricultores
PACAJÁ	5260	2149	3111	2782	894	857
ANAPU	6546	2956	3590	754	210	877
V. DO XINGU	4013	1264	2749	1640	597	537
ALTAMIRA	8764	3589	5175	3586	693	801
BRASIL NOVO	6698	2739	3959	3683	930	654
MEDICILÂNDIA	29306	3469	25837	26956	1043	1940
URUARÁ	14605	5013	9592	7821	815	1250
TOTAL	75192	21179	54013	47222	874	6916

FONTE: CEPLAC/SUEPA/ SEPES - dados estimados por confirmar em abr/2012

De acordo com Midlej e Santos (2012), a produção mundial do cacau é significativamente crescente desde a década de 1960. Entre 80% a 90% da produção ocorrem em pequenas propriedades familiares, sendo que, atualmente, a Costa do Marfim configura-se como o maior produtor mundial, responsável por 33% do total produzido (WORLD COCOA FOUNDATION, 2014). Estima-se que a produtividade média seja entre 300 e 600 kg/ha.ano para África e América (FAO, 2014 apud VAAST; SOMARRIBA, 2014; DEHEUVELS et al., 2012). A demanda e os preços também apresentam uma tendência crescente nesta última década (2000), principalmente a partir do ano de 2007 (MIDLEJ; SANTOS, 2012; WORLD COCOA FOUNDATION, 2014). O consumo concentra-se em países desenvolvidos, cerca de 70%, sendo que a Europa representa 48,3% e os Estados Unidos 20,8% do consumo. O maior consumo *per capita* ocorre em Luxemburgo, seguido da Bélgica e Suíça (MIDLEJ; SANTOS, 2012).

### 2.1.3 Contextualização amazônica



A Amazônia é um bioma que ocupa uma área territorial de 6,4 milhões de km<sup>2</sup>, abrangendo nove países sul americanos, cuja bacia amazônica possui 3,9 milhões de km<sup>2</sup>. O Brasil detém cerca de 63% desse bioma, o que representa 49% do território brasileiro, concentrados na região Norte, abrangendo porções territoriais dos estados do Mato Grosso e Maranhão. Predominam as florestas densas, abertas e estacionais, além de 22% que pertence outras fitofisionomias, como cerrado, campos naturais e campinaranas (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2013). Além de possuir a maior reserva florestal contínua do bioma amazônico, o Brasil detém cerca de 40% das florestas tropicais remanescentes do mundo (BARRETO et al., 2005). Segundo os mapas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2012), o clima é considerado equatorial, em que predominam os solos Latossolos e Argissolos, ocorrendo frequentemente também os Plintossolos, Gleissolos, Luvisolos e Neossolos.

Em toda região Amazônica vivem mais de 30 milhões de não indígenas e quase 1 milhão de indígenas (SANTOS et al., 2012). De maneira comparativa, segundo o IBGE (2010a), a densidade demográfica dos estados do Amazonas e Pará, é de 2,23 e 6,07 hab./km<sup>2</sup>, enquanto que no Ceará, São Paulo e Rio de Janeiro, é de 56,76, 166,25 e 365,23 hab./km<sup>2</sup>, respectivamente. Em 2007, a Amazônia Legal possuía 10,9 milhões de habitantes, o que representava 12,3% da população do Brasil, cujo PIB era estimado em 61 bilhões de dólares, o equivalente a 7,8% do PIB brasileiro naquela época (PEREIRA et al., 2010).

A Amazônia é reconhecida por suas inúmeras riquezas, tais quais, as grandes jazidas de minerais e a diversidade de animais e vegetais, atributos estes de extrema importância tratando-se principalmente do potencial alimentício e farmacológico (HIGUCHI; HIGUCHI, 2012). Apesar da floresta amazônica ser uma das regiões de maior biodiversidade do mundo (podendo alcançar 10 milhões de espécies, em torno de 10.000 espécies de plantas, sendo cerca de 4.000 espécies arbóreas), estima-se que somente 10% dessa biodiversidade foi estudada e que menos de 1% é utilizada (SANTOS et al., 2012; SILVA et al., 2012).

Sabe-se que a estrutura e a diversidade florística variam ao longo da floresta amazônica, sendo que, dentre diversos fatores ambientais, as regiões com maiores períodos de seca podem ter menores densidades de árvores, de biomassa e de diversidade (STEEGE et al., 2003; VIEIRA et al., 2004). De acordo com Salomão et al. (2007), na Amazônia Oriental há cerca de 450 árvores/hectare contendo entre

130 a 140 espécies (DAP  $\geq$  10 cm), sendo que normalmente 1/3 destas podem ser consideradas raras, pois ocorrem com apenas um indivíduo por hectare. A diversidade alfa pode estar diretamente relacionada com a densidade de indivíduos e com a pluviosidade, tendo seus maiores índices na região ocidental e central, próxima a Manaus (STEEGE et al., 2003; VIEIRA et al., 2004).

A composição da comunidade vegetal possui grande variação em função da idade da área amostrada e dos diversos fatores locais (edafoclimáticos, biológicos, relevo e etc) e suas alterações graduais no espaço, como pela distinção florístico-estrutural expressa ao decorrer da longitude na bacia amazônica (MAGALHÃES et al., 1998; VIEIRA et al., 2004; CHAZDON et al., 2007; SALOMÃO et al., 2007). O entendimento desses conceitos é fundamental, pois a biodiversidade da comunidade de plantas do futuro pode ser parcialmente determinada pela comunidade de plantas presentes atualmente no dossel da floresta (GANDOLFI; JOLY; RODRIGUES, 2007).

Sabe-se que os estoques de carbono nas florestas dependem de sua estrutura e variam em função da sua dinâmica (VIEIRA et al., 2004; PAN et al., 2013). As florestas da Amazônia comumente possuem altura de dossel entre 25 e 50 metros, podendo estocar  $145 \pm 53$  Mg de carbono por hectare, com emergentes que não passam de 60 m (DALY; MITCHELL, 2000; PAN et al., 2013). Além do carbono, Santos et al. (2012) lista os seguintes serviços ambientais da floresta amazônica: abrigo às outras formas de vida; regulação de cheias e enchentes; controle de erosão; proteção de bacias hidrográficas e áreas de coleta de água; conservação da biodiversidade; oportunidades recreacionais e valores estéticos.

De maneira geral, sabendo das particularidades de cada região, utilizando os resultados de vários estudos sobre estrutura em florestas ombrófilas maduras de terra firme (CAP  $\geq$  30 cm), realizados em diversas localizações da Amazônia, pode-se estimar que em média a densidade de plantas é cerca de 500 ind./ha e a área basal cerca de  $26,5 \text{ m}^2/\text{ha}$ . Ainda com bases nesses estudos, a riqueza média é cerca de 125 espécies/ha, a diversidade Shannon ( $H'$ ) é de 4,34, a equitabilidade Pielou ( $J'$ ) de 0,83, levantando em média cerca de 43 famílias por estudo (SALOMÃO; SILVA; ROSA, 1988; VIEIRA et al., 2004; LEWIS et al., 2004; IVANAUSKAS et al., 2004; KUNZ et al., 2010; SALOMÃO et al., 2007; MALHEIROS; HIGUCHI; SANTOS et al., 2009; PEREIRA; PINTO SOBRINHO; COSTA NETO, 2011; ROLIM et al., 2011; ALMEIDA et al., 2012; CARIM et al., 2013; VEBROVA et al., 2014).

#### 2.1.4 Histórico de ordenamento territorial

Quando se expõe apenas uma visão das belezas cênicas da região Amazônica, fecha-se os olhos para todas as ações colonizadoras e projetos desenvolvimentistas que foram historicamente instaurados às custas dos nativos e daqueles que migraram em busca do sonho da riqueza (OLIVEIRA, 1981; PINTO, 2009; ALMEIDA, 2009; ADEODATO et al., 2011; SANTOS et al., 2012). Dentro dos limites políticos do Brasil, na Amazônia vivem cerca de 25 milhões de brasileiros, descendentes não só de portugueses e índios, mas também de imigrantes africanos, europeus e asiáticos, transformando esse ambiente em algo mais habitado e mais heterogêneo do que se imagina (SANTOS et al., 2012).

Relatos históricos sobre econômica e socioambiental da Amazônia, contribuem para contextualizar a evolução da produção de cacau e gado bovino, relacionados ao processo de ocupação territorial. Por muito tempo, o Pará foi “terra de ninguém”, onde bases militares e comerciais de franceses, holandeses e ingleses foram estabelecidas ao longo do rio Amazonas para negociar com os índios produtos como madeira, castanha e cacau, dentre diversas outras especiarias. Tais “intrusos” foram expulsos pelos portugueses em 1615, quando se construiu um porto militar que gerou o aldeamento de Nossa Senhora de Belém (OLIVEIRA, 1981; AMARAL, 2004).

Sendo assim, instaurou-se um período de instabilidade social e econômica em que, mesmo vinculada à Metrópole lusa, sua condição remota mantinha a região amazônica desconectada do resto da Colônia. Coube às missões jesuíticas promover a disseminação mais explícita de uma cultura estrangeira, cujo sucesso do empreendimento pode ser constatado no ano de 1655, quando já haviam sido criadas 54 comunidades ao longo da bacia amazônica, que foram incentivadas à coleta das especiarias regionais (dentre elas o cacau), cultivo de algodão, mandioca e cana-de-açúcar e à criação do gado, que supreendentemente já chegava a mais de 120 mil cabeças (OLIVEIRA, 1981; AUBERTIN, 2000; ALMEIDA, 2009). Com a ascensão do iluminista Marquês de Pombal nos cargos de governo português, em 1751, o cenário socioeconômico passou a se reconfigurar (OLIVEIRA, 1981; ALMEIDA, 2009).

O período pombalino introduziu seu modo racionalista de projetar o desenvolvimento da região Amazônica, incentivou a ciência e o uso de negros

africanos como escravos, favoreceu o empoderamento das elites sobre os povos locais e a “domesticação” dos indígenas, além de promover as culturas do café, fumo e arroz, e também das antigas produções de cacau, algodão e cana-de-açúcar (OLIVEIRA, 1981; ALMEIDA, 2009; SCHMINK; WOOD, 2012). Após a independência do Brasil, em 1822, tais distorções socioeconômicas favoreceram a revolta popular conhecida como cabanagem (OLIVEIRA, 1981).

A economia retomou o crescimento com o surgimento da industrialização da borracha, trazendo riqueza e trabalho nordestino para a região por cerca de 20 anos, quando, em 1910, o Brasil perdeu o monopólio da borracha, passando a importá-la em 1951 (OLIVEIRA, 1981; AUBERTIN, 2000; SCHMINK; WOOD, 2012). Sem segurança econômica no extrativismo, aqueles trabalhadores passaram a se escorar nas atividades agrícolas e de pecuária. Após a Primeira Guerra Mundial, essa região recebeu a imigração da cultura nipônica e junto com ela o cultivo da pimenta-do-reino (OLIVEIRA, 1981).

Nesse período, o fluxo colonizador promoveu um rápido povoamento do litoral paraense, de Belém a Bragança e a economia sustentou-se principalmente da castanha-do-Brasil, de madeiras de lei, da pesca, da borracha, da pimenta-do-reino e outras especiarias (ex. cacau). A marcha para o oeste, determinada pelo presidente Getúlio Vargas, em 1941, seguida de ambições geopolíticas e militares, passaram a abalar significativamente a Amazônia, pois, assim como na colônia, a essência do plano desenvolvimentista tratava-se de ocupar o território (AUBERTIN, 2000; SCHMINK; WOOD, 2012).

Nas décadas de 1960 e 1970, o Pará foi alvo de diversos investimentos, quando uma série de políticas governamentais foi aplicada para romper com o isolamento da região e torná-la um polo dinâmico (estradas, assentamentos rurais planejados, zona franca, aeroportos, barragens de hidroelétricas e etc) com abundante oferta de recursos naturais e matéria prima para a iniciativa privada (OLIVEIRA, 1981; BARRETO et al., 2005). Esse esforço de modernização fundamentava-se no Plano de Integração Nacional, na implementação do Plano de Valorização Econômica da Amazônia e no projeto Operação Amazônia, de 1966, alicerçado no discurso da segurança nacional (SCHMINK; WOOD, 2012). Tanto o parque industrial como o mercado-porto de Belém foram ganhando mais expressividade. Também nessa época, aflorou o interesse para as riquezas minerais, redescobrimo o potencial ferrífero, os depósitos de bauxita, a cassiterita, o

manganês, o estanho, o diamante, o calcário, o caulim e o sempre desejado ouro (OLIVEIRA, 1981; SCHMINK; WOOD, 2012).

Por meio da recém criada Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (Sudam), a construção de extensas rodovias e importantes subsídios à abertura de pastagens permitiram empresários do sul e sudeste abrirem latifúndios de pecuária (OLIVEIRA, 1981; AUBERTIN, 2000; BARRETO et al., 2005; SCHMINK; WOOD, 2012). Basicamente, de 1964 a 1985, a estratégia militar era povoar a Amazônia, e a pecuária definitivamente se consolidou como uma das principais engrenagens para o motor do desenvolvimento, (em 1973, já se contava com 1,2 milhões de cabeças de gado bovino) intensificando ainda mais as disputas por terras (OLIVEIRA, 1981; SCHMINK; WOOD, 2012; MEIRELLES FILHO, 2014). A produção do cacau cultivado na Amazônia começou a ser efetivamente trabalhada a partir de 1976, com o advento do Plano de Diretrizes para Expansão da Cacaicultura Nacional (PROCACAU) (SILVA NETO et al., 2001).

As rodovias, Belém-Brasília, Transamazônica, Perimetral Norte, BR-316, BR-320, BR-163, são algumas que juntas foram tecendo uma malha viária que expandiu o acesso para atividades predatórias por todo território paraense (OLIVEIRA, 1981). Estima-se que aproximadamente 80% da área total desmatada está localizada em até 30 km de uma estrada oficial (BARRETO et al., 2005; KIRBY et al., 2006; SOUTHWORTH et al., 2011). Em paralelo, na década de 1980 houve a famosa corrida do ouro na Serra Pelada e os intensos conflitos sociais gerados pelo ambicioso Programa Grande Carajás, a cerca de 300 km do centro de São Félix do Xingu (ARAÚJO, 1991; SCHMINK; WOOD, 2012). A fundação da cidade vizinha, Tucumã, pelo projeto de colonização por assentamento privado, da empresa Andrade Gutierrez, também detém interessante história de conflitos sociais relacionados à Ourilândia e Xinguara, interligados pela PA-279, também construída pela empresa (SCHMINK; WOOD, 2012).

Todos esses novos empreendimentos provocam a necessidade de ampliar o fornecimento de energia elétrica. Iniciou-se então a exploração do potencial hidrelétrico com a construção das usinas Curuá-Una e Tucuruí, potencializando as perspectivas de desenvolvimento para toda região Norte de país (OLIVEIRA, 1981; SCHMINK; WOOD, 2012). Desde então, as regiões de fronteira amazônica servem de palco a inúmeros conflitos sociais, envolvendo violência entre pecuaristas, grileiros, garimpeiros, seringueiros, castanheiros, ribeirinhos, povos indígenas e

camponeses em geral, pela disputa dos territórios acessíveis, derivados de maiores interesses dos poderes público e privado (SCHMINK; WOOD, 2012). Entre 1990 e 2003, o rebanho bovino na Amazônia brasileira aumentou de 27 para 64 milhões (BARRETO et al., 2005). Em 2010, São Félix do Xingu liderou o ranking de maior efetivo (2 milhões de cabeças) e, conseqüentemente, também esteve no topo entre os municípios com maior taxa de desmatamento, sofrendo embargo ambiental (IBGE, 2010c; TNC, 2013).

Séculos após Pombal, traços dos tais princípios “racionais” ainda podem ser observados em planos estratégicos e projetos desenvolvimentistas que vêm sendo implementados desde a ditadura militar até o regime democrático. Em muitos casos, as políticas de modernização e as práticas econômicas parecem estar entrelaçadas a uma estratégia engessada de ocupação territorial e exploração insustentável dos recursos naturais, com pontuais avanços socioambientais (OLIVEIRA, 1981; ALMEIDA, 2009; SCHMINK; WOOD, 2012).

### **2.1.5 Fatos do desmatamento**

Sabe-se que as florestas brasileiras vêm sendo rapidamente destruídas, sob justificativa de pouco respaldo técnico, científico e até mesmo econômico. Segue-se um padrão de desenvolvimento insustentável e sob moldes semelhantes às devastações históricas, já relatadas, desde o período colonial (DEAN, 1996). A conversão de florestas amazônicas em outros usos do solo é uma incontestável realidade (BARRETO et al., 2005; FEARNSIDE, 2006; SOUZA; MIZIARA; MARCO JUNIOR, 2013; NEPSTAD et al., 2014). As causas do desmatamento são complexas e dependem de muitos fatores, todavia, costuma haver alguns padrões.

Extensa literatura demonstra que, após a abertura de estradas, o desmatamento na Amazônia normalmente ocorre por meio de queimadas e frequentemente culmina em usos de baixo retorno econômico, geralmente pastagens pouco produtivas, à custa da perda de uma das maiores biodiversidades do planeta (ARIMA et al., 2005; BARRETO; ARIMA; BRITO, 2005; KIRBY et al., 2006; MALHI et al., 2008; RODRIGUES et al., 2009; RIVERO et al., 2009; FERNANDES, 2009; FEARNSIDE, 2009; DECLERCK et al., 2010; LAURANCE, 2010; LAURANCE et al., 2010; MITTERMEIER et al., 2011; BOWMAN et al., 2012;

FERRAZ et al., 2012; WALKER; PATEL; KALIF, 2013; SOUZA; MIZIARA; MARCO JUNIOR, 2013; MEIRELLES FILHO, 2014; LATAWIEC et al., 2014; STRASSBURG et al., 2014; LAPOLA et al., 2014; NEPSTAD et al., 2014).

Em geral, os elevados índices de desmatamento são estimulados por interesses políticos e mercadológicos voltados à comercialização de commodities, tais como grãos, carne, carvão vegetal, açúcar, ferro-gusa e tantas outras (ALMEIDA, 2009). A pecuária é a atividade mais apontada por diversos autores como causa de desmatamento quando se trata de analisar a área territorial de conversão de uso do solo, ilustrada pela Figura 2 (RIVERO et al., 2009; DECLERCK et al., 2010; LAURANCE, 2010; LAURANCE et al., 2010; FERRAZ et al., 2012; MEIRELLES FILHO, 2014; LAPOLA et al., 2014; LATAWIEC et al., 2014; NEPSTAD et al., 2014).



Figura 2 - Área desmatada para introdução da pecuária, São Félix do Xingu

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) indica que as taxas de desmatamento atingiram o ápice de 26.000 km<sup>2</sup> no ano de 2003 e depois reduziram ano após ano até alcançar cerca de 7.000 km<sup>2</sup> em 2010, uma diminuição de 70%. Soares-Filho et al. (2006) projetaram que 40% da floresta amazônica seria desmatada até 2050. De acordo com o INPE (2014), a Amazônia Legal foi desmatada em 5.891 km<sup>2</sup> no ano de 2013, sendo que o desmatamento acumulado já é de 762.979 km<sup>2</sup> (NOBRE, 2014). Estima-se que 20% da floresta amazônica tenham sofrido corte raso e que a remoção de mais 20% poderia desregular o ciclo da chuva e provocar mudanças climáticas significativas a ponto de causar a desertificação da região (NOBRE, 2014), fenômeno que certamente traria

consequências continentais para disponibilidade de água aos centros urbanos (ARRAUT et al., 2012).

A remoção da cobertura florestal ocasiona impactos negativos, como: erosão; assoreamento; eutrofização; perda da fertilidade do solo; perda de biodiversidade; redução das áreas de habitat natural; fragmentação; aumento da concentração de gases do efeito estufa na atmosfera; alterações micro e meso-climáticas (FERRAZ et al., 2012; FERREIRA, 2012). Não se sabe ao certo os custos de recuperação desse passivo ambiental, por causa da falta de um plano concreto de recuperação de áreas degradadas (SANTOS et al., 2012). No fim das contas, o que encontramos na Amazônia é uma complexa interação entre degradação humana, econômica, política, ambiental e social (PINTO, 2009; ALMEIDA, 2009). Diante da complexidade e delicadeza desses assuntos, espera-se que a ciência aplicada possa ser capaz de permear essas esferas de maneira analítica e imparcial, averiguando os fatos e propondo soluções plausíveis.

#### **2.1.6 Oportunidades: RAD, SAF-cacau e Serviços Ambientais**

Em concordância, Lamb et al. (2005) e Vieira, Holl e Peneireiro (2009), apontam que nas últimas décadas, a restauração florestal vem ganhando abordagens inovadoras que buscam associar o retorno econômico e a provisão dos serviços ambientais, incluindo a manutenção da biodiversidade integrada com o mosaico da paisagem. Os SAF's são vistos como uma excelente estratégia para melhorar a qualidade de vida das comunidades rurais e atrair investimentos que promovam a biodiversidade em grande escala (MONTAGNINI et al., 2005; LAMB et al., 2005; AMADOR, 2008; PORRO, 2009).

Sua aplicação bem sucedida em recuperação de áreas degradadas também não é novidade, como é o caso da Venezuela, que empregou os SAF's para a recuperação florestal (PETTIT, 2008). A Costa Rica é outro excelente exemplo, onde são utilizadas diversas espécies florestais para sombrear lavouras de café e cacau, onde também ocorre o pagamento pelos serviços ambientais (MONTAGNINI et al., 2005; DE MELO et al., 2011). Em diversos outros casos, os SAF's são apontados como ferramenta de RAD, exercendo funções ecológicas semelhantes às da floresta



(VIEIRA; HOLL; PENEIREIRO, 2009; FROUFE; SOANE, 2001; CHAZDON, 2008; MULLER; RODRIGUES, 2012; DEHEUVELS et al., 2014; VEBROVA et al., 2014).

Nessas situações, ao saber que o SAF-cacau é uma fonte de renda direta, o produtor passa a ser um importante ator no processo de recuperação, promovendo a manutenção da área e garantindo sua consolidação. Conforme comentado, o produtor pode obter renda mesmo nos primeiros anos, consorciando outras culturas agrícolas (como milho, mandioca e banana, por exemplo), como mostra a Figura 10. No contexto de desmatamento e de serviços ambientais, a recuperação de áreas degradadas torna-se fundamental e pode ser um atrativo quando envolve a aplicação de SAF's, principalmente por estarem associados à manutenção econômica dos produtores familiares (LAMB et al., 2005).



Figura 3 - Plantio recente, primeiro ano, de SAF-cacau consorciado com banana e milho, em área com histórico de pastagem e roça, São Félix do Xingu

Vale ressaltar que a Lei Florestal N 12.651/2012 exige a recuperação florestal das áreas de proteção que foram desmatadas após 2008, dentre elas a área de preservação permanente (APP) e a Reserva Legal (RL), podendo-se utilizar os SAF's em caso de RL e, se pequeno produtor familiar, em APP, de acordo com suas determinadas especificações. Outro amparo legal que fundamenta a utilização de SAF's para RAD é a Lei N 12.854/2013, que fomenta e incentiva essa ação, em casos específicos.

Conforme descrito nas sessões anteriores, o cacau é um produto genuíno da Amazônia que vem sendo cultivado na América, em sinergia com a floresta, desde antes do descobrimento do Brasil (MOTAMAYOR et al., 2002; CLEMENT et al., 2010; MONTEIRO; AHNERT, 2012; SOMARRIBA; LACHENAUD, 2013).

Atualmente, a demanda por suas amêndoas é crescente, assim como o preço de mercado (MIDDLEJ; SANTOS, 2012; WORLD COCOA FOUNDATION, 2014). O Brasil já liderou o cenário de comercialização deste produto, sendo que as atividades visando o desenvolvimento de lavouras na Amazônia tiveram início na década de 70 (SILVA NETO et al., 2001).

Por exemplo, analisando os SAF-cacau na Bahia - “cabruca” - Cassano et al. (2009) ressaltam que já existe fundamentação científica suficiente para realização do manejo e conservação da biodiversidade. Apesar disso, eles concluem que é necessário refinar o conhecimento para recomendações de manejo de sombra, em termos de densidade e composição para melhor aproveitamento econômico. Relativamente às outras culturas agrícolas, SAF-cacau podem suportar altos níveis de diversidade biológica, principalmente se houver um bom manejo das árvores de sombra (RICE; GREENBERG, 2000). O sombreamento arbóreo atribui aspectos de estrutura florestal e diversidade, podendo contribuir para o próprio cacau, por meio da fixação de nitrogênio, ciclagem de nutrientes, controle da erosão, controle do vento, controle biológico de pragas e doenças, polinização, dispersão e outras (MONTAGNINI et al., 2005; PORRO, 2009).

Diversos outros estudos apontam para os serviços ambientais providos pelos SAF's, destacando o carbono e a biodiversidade (MONTAGNINI; NAIR, 2004; WADE et al., 2010; HALL et al., 2011; RICHARDS; MÉNDEZ, 2013). Na América Central, Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) vem sendo estimulados para diversas ações conservacionistas, inclusive para os SAF's. Ademais, no Brasil, a Lei Florestal N 12.651/2012, também prevê o PSA, e casos bem sucedidos como o Programa Conservador das Águas, em Extrema – MG, podem ser tomados como referência (PEREIRA et al., 2010; CASSOLA, 2010; KFOURI; FAVERO, 2011).

Por fim, Porro (2009) expõe diversas dificuldades para a ampliação da implementação dos SAF's na Amazônia, destacando o regime fundiário e a disponibilização de serviços básicos de saúde e de educação. Ele propõe que a articulação entre instituições de pesquisa, organizações não governamentais e organizações comunitárias, poderia ser um facilitador para elaborar planejamentos participativos de desenvolvimento agroflorestal local e regional, em conjunto com políticas públicas e divulgação dos resultados positivos obtidos.

## 2.4 Material e Métodos

### 2.4.1 Usos do solo

Termo amplamente empregado neste estudo (itens 2, 3 e 4), com fins comparativos entre três categorias de uso do solo: Floresta, Pasto e SAF-Cacau. Sendo esta última sub-dividida em outras três, de acordo com a idade e tipo de sombreamento. Vale observar que, ao longo do texto, quando utilizo esses termos com a primeira letra maiúscula, me refiro aos usos do solo em que desenvolvi a pesquisa, relacionados diretamente com a amostragem. A seguir apresento a descrição dessas categorias de uso do solo, vide Figura 4.



Figura 4 - Usos de solo em uma típica pequena propriedade rural de São Félix do Xingu

#### Floresta

Não é o propósito desta pesquisa revisar o conceito de floresta, sabendo de sua múltipla perspectiva e amplo debate. Para fins práticos utilizo o termo Floresta referindo-me às áreas com formação florestal amostradas em campo, sendo estas classificadas como (a) floresta nativa madura, com sinais de degradação. Além desta, outra classificação utilizada, principalmente nas discussões, é a (b) floresta nativa secundária.

*“Floresta - área medindo mais de 0,5 ha com árvores maiores que 5 m de altura e cobertura de copa superior a 10%, ou árvores capazes de alcançar estes parâmetros in situ. Isso não inclui terra que está predominantemente sob uso agrícola ou urbano”.*

**FAO, 2004 - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação**

a. Floresta nativa madura (com sinais de degradação): ecossistemas florestais que possuem sua área maior do que 20 ha, sem se saber a idade precisa, mas certamente com mais de 40 anos, e que não são intactas (Figura 5). Ou seja, sofreram com ações diretas de extração de madeira e/ou queimadas parciais em passado recente de duas décadas. Estão inseridas em um contexto de paisagem cuja matriz é pastagem, ou seja, o tamanho da floresta é limitado pelos recortes do processo de fragmentação.



Figura 5 - Interior de Floresta nativa madura, com sinais de degradação florestal

b. Floresta nativa secundária: formações florestais recentes com menos de 30 anos de abandono após o corte raso (Figura 6). Florestas jovens de sucessão secundária normalmente são caracterizadas por elevada densidade de arvoretas e arbustos, baixa área basal, baixa altura de dossel e baixa diversidade (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001). Considera-se que em situações cujo histórico de uso do solo passou por distúrbios leves ou moderados, em poucas décadas (cerca de 40 anos) a sucessão secundária pode voltar a se equiparar a uma floresta madura em termos de riqueza e diversidade, mas nem sempre em termos de composição (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001).



Figura 6 - Floresta secundária, São Félix do Xingu - PA

### Pasto

Áreas com 10 a 20 anos de idade, entre 10 e 20 ha, onde há o predomínio de gramíneas cultivadas para a atividade de pecuária bovina, podendo haver algumas árvores isoladas, Figura 7.



Figura 7 - Situação de uso do solo com pastagem, São Félix do Xingu - PA

### SAF-cacau

A lavoura de cacau é qualquer área, maior que 0,5 ha, onde haja o plantio e cultivo do cacau. Em São Félix do Xingu, a maior parte das lavouras de cacau ocorre por meio do emprego de SAF's, com tamanho entre 3 e 8 ha, onde há o sombreamento do cacau composto usualmente por "árvores de sombra" e/ou bananas. O sombreamento do cacau tem sido amplamente discutido, na busca de se encontrar o ponto ótimo entre seus impactos positivos e negativos na produção

de amêndoas (BEER et al., 1998; SOMARRIBA et al., 2013). Ao mesmo tempo em que o sombreamento é importante ao desenvolvimento do cacau, ele também promove a melhoria da ciclagem e disponibilização de nutrientes (SOMARRIBA; LACHENAUD, 2013; BEER et al., 1998; ISAAC et al., 2007a; ISAAC; TIMMER; QUASHIE-SAM, 2007).

De acordo com Deheuvels et al. (2012, 2014), os SAF-cacau normalmente são sistemas de alta diversidade de estrutura e composição, podendo associar mais de 30 espécies com o cacau. Para esses autores, essa característica traz bastante argumentação sobre o provimento de serviços ambientais. No entanto, poucos trabalhos têm se dedicado a descrever tal complexidade estrutural e florística. Por meio de estudos com SAF-cacau na Costa Rica, foi desenvolvido um modelo de agrupamento, baseando-se nessas características, o que gerou quatro categorias de classificação: (a) SAF com dossel complexo e denso; (b) SAF com alta densidade de cacau; (c) SAF com alta densidade de banana; (d) SAF com dossel complexo e pouco denso.

Apesar de algumas similaridades, os SAF-cacau encontrados em São Félix do Xingu apresentaram certas divergências descritivas. Ademais, nesta região, o padrão de sombreamento apresenta forte relação com a idade do plantio, determinado pelo manejo. Sendo assim, optei por manter uma classificação específica para este estudo que se mostra mais condizente com a realidade geralmente encontrada naquela região.

Sombra Inicial (SI): áreas com 3 a 5 anos de idade, implantadas após 3 a 13 anos de uso com pastagem, consorciando o cacau com culturas anuais, como milho e mandioca, e culturas perenes, como mamão e banana. Ao mesmo tempo, os produtores vão selecionando algumas árvores regenerantes e conduzindo seu crescimento ao longo do tempo. A esta fase dá-se o nome de sombra inicial (SI), em que há presença expressiva de bananas. Vide Figura 8.



Figura 8 - SAF-Cacau SI, 4 anos de idade, São Félix do Xingu - PA

Sombra secundária (SS): áreas com 6 a 13 anos de idade, podem ter sido implantadas após 4 anos de roça ou após 3 a 15 anos de uso com pastagem. Quando as árvores jovens da regeneração natural (que foram conduzidas assim como descrito na fase de sombra inicial (SI)) atingem o dossel e ultrapassam o cacau, normalmente após o quinto ano, se reduz gradualmente a densidade de bananas e forma-se a sombra secundária (SS). Nesta categoria, já não há mais a presença de bananas (Figura 9).



Figura 9 - SAF-Cacau SS, 9 anos de idade, São Félix do Xingu - PA

Sombra abandonada (A): áreas com 3 a 5 anos de idade, que foram implantadas após uso de 11 anos com pastagem ou 9 anos com roça (Figura 10). Essas áreas foram abandonadas após a implantação em função da alta mortalidade das plantas de cacau e baixa produtividade, possuem alta densidade de regeneração natural ocupando o dossel e sombreando o cacau.



Figura 10 - SAF-Cacau A, 4 anos de idade, São Félix do Xingu - PA

#### **2.4.2 Área de Estudo – São Félix do Xingu, PA**

A área de estudo pertence ao município de São Félix do Xingu, a 1.050 km da capital do Estado do Pará. Localiza-se a uma latitude  $06^{\circ} 38' 41''$  sul e a uma longitude  $51^{\circ} 59' 42''$  oeste, com altitude de 220 metros, sendo a cidade beirada no encontro dos rios Fresco e Xingu. Sua extensão territorial é de 84.213 km<sup>2</sup> e a população estimada de 106.940 habitantes (IBGE, 2013).

Com gentílico xinguense, foi elevado à categoria de município e distrito com a denominação de São Félix do Xingu, pela lei estadual nº 2460, de 29-12-1961, desmembrado de Altamira. Em divisão territorial datada de 2005, o município aparece constituído de 5 distritos: São Félix do Xingu, Taboca, Vila Ladeira Vermelha, Vila Lindoeste e Vila Nereu. (IBGE, 2015). A origem de São Félix do Xingu está relacionada com a produção de borracha, extrativismo de castanha, garimpo, caça e pesca. Nas últimas décadas, com o processo migratório e de colonização, expandiram-se as atividades madeireiras, mineradoras, de agricultura e pecuária (IBGE, 2015).

#### **2.2.1 Geologia**

De acordo com o mapa geológico do IBGE (2010d), em escala de 1:24.000.000, existem 3 principais formações rochosas sendo elas: (1) associações de rochas de origem vulcânica e plutônica de composição félsica até máfica



(posicionadas no final ou após o tectonismo), pertencente à Era Meso-Proterozóica; (2) sequência de rochas verdes, pertencentes ao Eon Arqueano; (3) Gnaisses de origem magmática e/ou sedimentar de médio a alto grau metamórfico e rochas graníticas desenvolvidas durante o tectonismo, pertencentes ao Eon Arqueano.

Considerando o mapa geológico elaborado pelo Projeto RADAM (1973), Folha SB 22 Araguaia-Tocantins, em escala 1:250.000, podemos encontrar as seguintes formações geológicas, formadas no supereon do Pré-Cambriano: (1) Complexo Xingu: granitos, gronodioritos, migmaticos, dioríticos, quartzodioríticos, granulitos ácidos e básicos, anfibólitos, quartzitos, xistos e gnaisses; trends WNW-ESE; pegmatitos e veios de quartzo aurífero; fácies até almandina-anfibólito e granulito. Granitos. (2) Grupo Uatumã: formação Sobreiro: andesitos porfíricos e porfiríticos, augita-hornblenda andesitos; vulcanismo intermediário continental. (3) Grupo Uatumã: formação Iriri: riolitos, ignimbritos, piroclasitos e granófiros; vulcanismo ácido, fissural, explosivo, tufos. (4) Grupo Grão-Pará: jaspilitos-hermáticos, metabasitos espilíticos, quartzitos finos conglomeráticos, ferruginosos, branco a avermelhados, com intercalações de itabiritos; filitos enriquecidos em ferro, fáceis xisto-verde a anfibólito. Além disso, nesse mapa, é possível observar tanto falhas indiscriminadas e fraturas geológicas, como a ocorrência de minerais de alto-valor comercial, tais como ouro (Au), Estanho (Sn), Cobre (Cu) e Ferro (Fe).

Os recentes estudos petrográficos de Fernandes et al., 2006, (Figura 11), confirmaram a existência de vulcanismo bimodal nas proximidades de São Félix do Xingu. Tal atividade vulcânica resultou em diversos tipos de depósitos de lava, pertencentes às Formações Sobreiro e Iriri, do Grupo Uatumã. Nesse estudo, os autores apresentam uma detalhada descrição das rochas e sua natureza, e por fim constatam que provavelmente a associação vulcânica dessa região foi formada entre final de um evento orogênico e o início de uma fase de *rift* intracontinental, alegando que isso pode estar relacionado à tafrogênese de 1,88 Ga registrada em praticamente todo o Cráton Amazônico.

O mapa apresentado por Fernandes et al. (2006), em escala 1:5.000 mostra que a área de estudo desta pesquisa está inserida em duas formações do Arqueano, Grupo São Félix e Complexo Xingu, e em duas formações do Proterozóico, Formação Iriri (riolitos) e Formação Sobreiro (traquibasalto; andesito-basalto; traquiandesito; dacito e traquito).

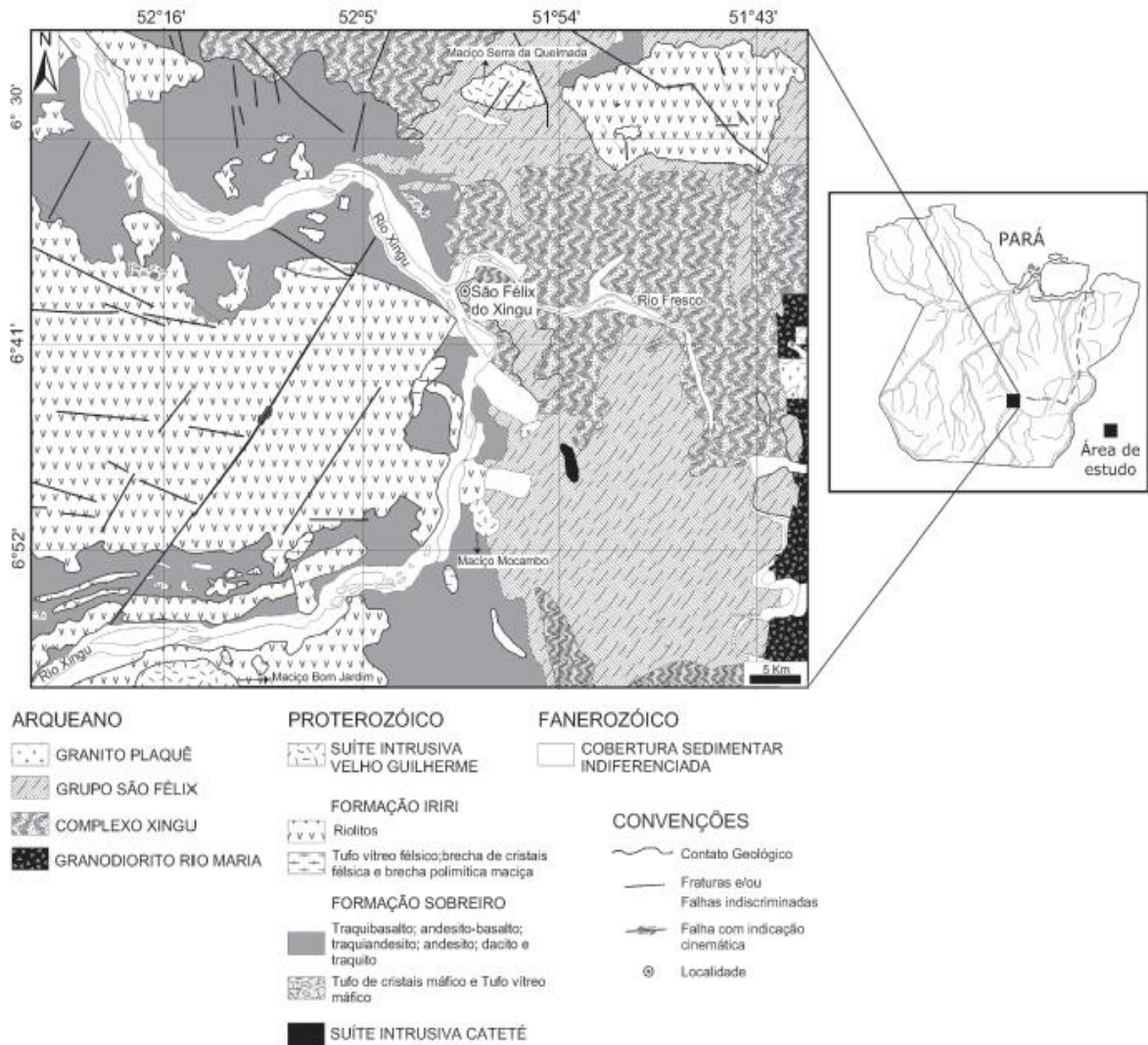


Figura 11 - Mapa geológico da região de São Félix do Xingu, com base na Folha SB-22-Y-B  
 FONTE: Fernandes et al. (2006)

## 2.2.2 Hidrologia

O contexto hidrográfico da região de estudo é marcado pelo encontro das águas do rio Fresco com o rio Xingu, é um rio de águas claras, no geral pobre em sedimentos (AYRES, 1995, apud SALOMÃO et al., 2007). Ele possui suas nascentes no Planalto Central Brasileiro (a oeste da Serra do Roncador e ao norte da Serra Azul, no leste do Mato Grosso) e percorre a extensão de 1.500 km, no rumo sul-norte, até sua foz no rio Amazonas, em paralelo aos rios Tapajós e Tocantins, e após percorrer (SALOMÃO et al., 2007).

A região de São Félix do Xingu ocupa uma área de 25,1% do Estado do Pará. É constituída pela bacia do rio Xingu, englobando como principais drenagens os rios

Xingu, Iriri, Caeté, Chiche, Xinxim, Carajás, Ribeirão da Paz, rio Fresco e Petita, sendo formada pela: Sub-Região Hidrográfica: do rio Fresco; Sub-Região Hidrográfica: do rio Iriri; Sub-Região Hidrográfica: do Baixo Xingu; Sub-Região Hidrográfica: do Alto Xingu, conforme a Figura 12.

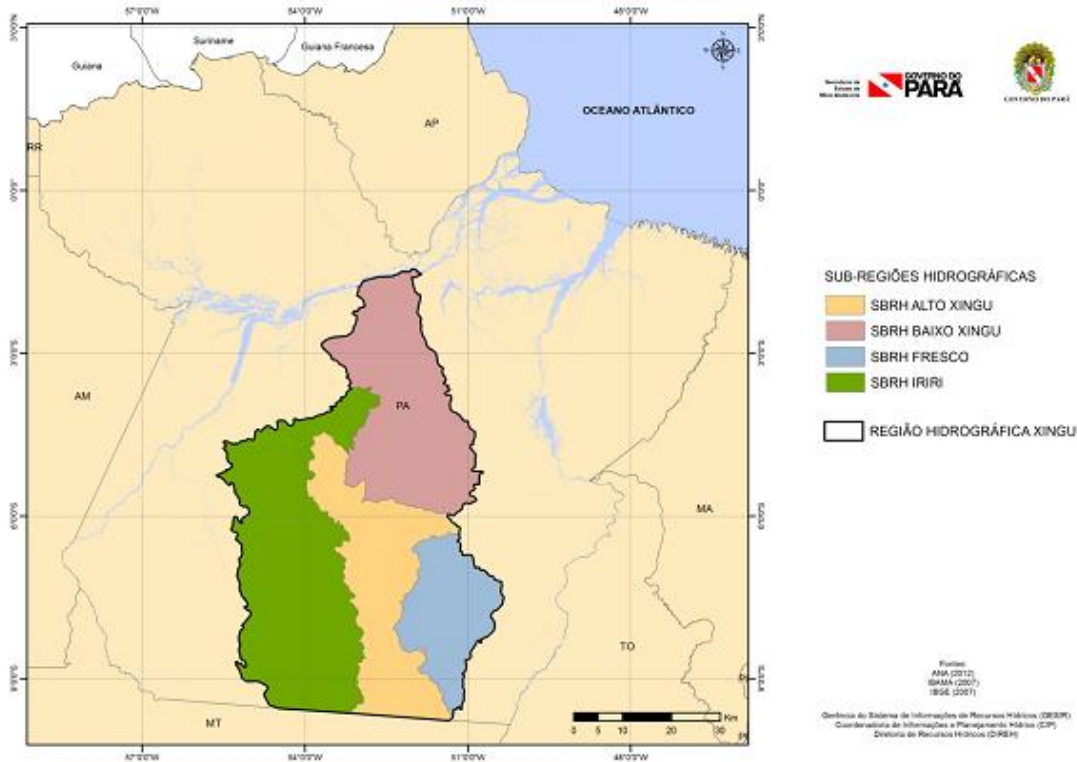


Figura 12 - Bacia hidrográfica do Xingu, no estado do Pará, e suas sub-regiões hidrográficas  
 FONTE: SEMAS-PA (PARÁ, 2015)

### 2.2.3 Clima

De acordo com o Mapa de Clima do Brasil (IBGE, 2002), a zona de clima é Equatorial Quente (média > 18° C todos os meses do ano) e Úmido (com 3 meses secos). Köppen sugere a classificação Am, equatorial sazonal. Conforme os dados analisados diretamente da estação meteorológica de São Félix do Xingu, fornecidos pelo INMET, de 2004 a 2013, a temperatura média foi de 25,4°C, variando entre 16,4°C e 36,0°C e a pluviosidade média de 1622 mm/ano, variando entre 700 e 2377 mm, Figura 13. Vale ressaltar que os dados desta estação possuem certo viés, uma vez que não são tomadas medições regulares e o registro ainda é feito manualmente.

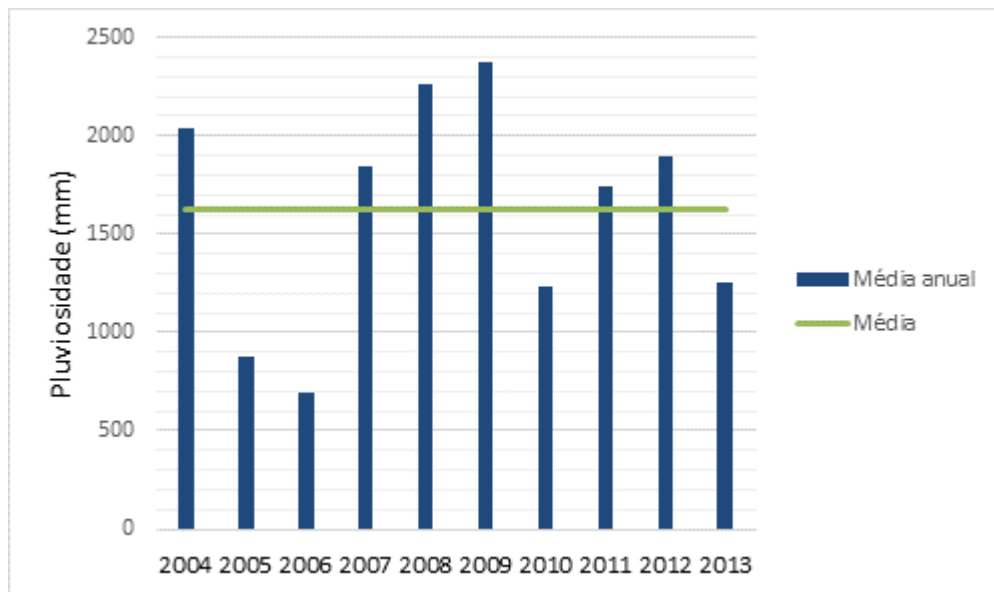


Figura 13 - Pluviosidade anual em São Félix do Xingu, período de 2004 a 2013  
 FONTE: INMET

#### 2.2.4 Relevo e Solos

Segundo o mapa de Unidades de Relevo do Brasil (IBGE, 2010e), de forma ampla, a região apresenta Planaltos Residuais da Amazônia Meridional, Depressão da Amazônia Meridional e Planaltos e Serras da Amazônia Meridional, inseridos no grupo de Crátons Neoproterozóicos. De acordo com os mapas de solos disponíveis, é possível dizer que predominam solos de fertilidade mediana com boas características físicas e/ou morfológicas em relevo plano a suave ondulado, com variação entre cotas de 200 e 500 metros de altitude ao nível do mar (IBGE, 2010f). Através da Base Pedológica da Amazônia Legal – Mapa de solos do Pará (escala 1.250.000), Figura 14 e do mapa exploratório de solos do Projeto RADAM, Folha SB 22, Araguaia/Tocantins (escala 1:1.000.000), podemos dizer predominam os solos:

- Argissolos Vermelhos-Amarelos Distróficos (PVAd): antigamente denominados de Terra Roxa Estruturada, são constituídos por material mineral com argila de alta ou baixa atividade conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico e horizonte B textural imediatamente abaixo do horizonte A ou E, onde ocorre evidente incremento no teor de argila. Possuem profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados. São forte a moderadamente ácidos, coloração vermelho-amarela e de baixa fertilidade, saturação por bases <50%. (SANTOS et al., 2006).

- Nitossolos Vermelhos Distróficos e Eutróficos (NVd e NVe): constituídos por material mineral com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa (teores de argila maiores que 350 g/kg de solo), estrutura em blocos angulares ou subangulares, com cerosidade expressiva nas superfícies dos agregados. Seus perfis devem apresentar aspecto de fendilhamento e normalmente não apresentam policromia acentuada. São profundos, bem drenados, geralmente moderadamente ácidos, com argila de atividade baixa ou caráter alítico. Têm coloração vermelha e de baixa fertilidade, saturação por bases <50%. (SANTOS et al., 2006).
- Neossolos Litólicos Distróficos (RLd): constituídos por material mineral, com menos de 20 cm de espessura, que não apresentam grandes alterações com relação ao material de origem pelo baixo processo pedogenético, seja por maior resistência do material ou por influência dos fatores ambientais de formação. Não possui horizonte B, sendo o horizonte A em contato direto com a rocha. Possuem baixa fertilidade. (SANTOS et al., 2006).

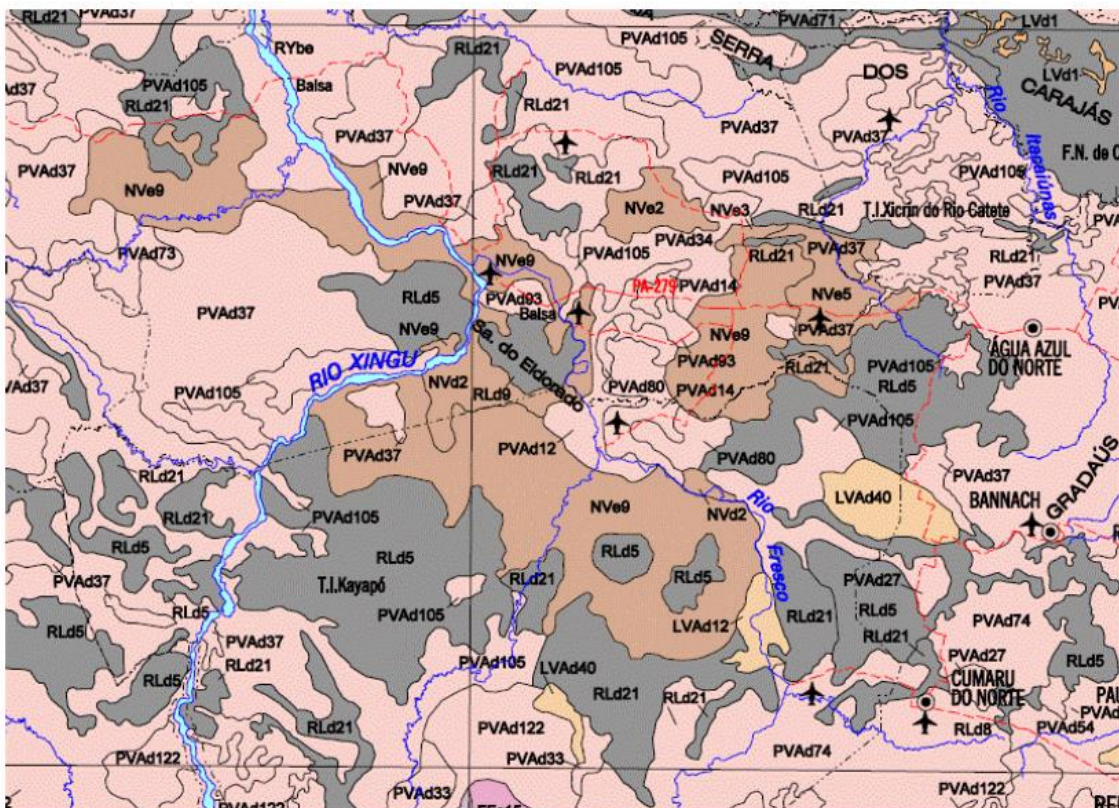


Figura 14 - Base pedológica da Amazônia Legal – Mapa de solos do Pará – Escala 1:250.000

### 2.2.5 Vegetação

O mapa de Vegetação do IBGE (2010a) mostra que essa é uma região pertencente ao Bioma Amazônico e com tipos de Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial) e Floresta Ombrófila Aberta (Faciações da Floresta Ombrófila Densa). De acordo com estudos realizados por Salomão et al. (2007), na região da Volta Grande do Xingu, podem ser encontrados duas fitofisionomias da floresta ombrófila que se assemelham às aquelas observadas em São Félix do Xingu:

a. Floresta ombrófila densa: também conhecida como floresta de *terra firme*, é a fitofisionomia predominante na Amazônia, associada às planícies baixas, mas também ocorre em regiões submontanhosas. É exuberante, sempre-verde, latifoliada, cujo dossel pode alcançar de 30 a 35 m de altura, desenvolvendo-se normalmente sobre latossolo-amarelo, vermelho-amarelo ou plintossolos. (SALOMÃO et al., 2007).

b. Floresta ombrófila aberta com palmeira: caracterizada pela presença marcante de palmeiras altas, até 30 m, destacando espécies como o babaçu (*Attalea speciosa* Mart.), inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart.), paxiúba (*Socratea exorrhiza* (Mart.) H.Wendl.), bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) e, em menor escala, o patauá (*O. bataua* Mart.), além de compartilhar muitas outras espécies da floresta de *terra firme*. A entrada de luz permite a presença de lianas (cipós), arbustos e ervas no sub-bosque. As emergentes podem atingir alturas consideráveis, em torno de 50 m, desenvolvendo-se geralmente sobre latossolos profundos e podzólicos. (SALOMÃO et al., 2007).

### 2.2.6 Histórico e contexto Socioeconômico

A bacia do Xingu é uma região de históricos conflitos indígenas, ressaltando a comunidade Kayapo que sofreu invasões dos seringueiros e posteriormente das iniciativas de colonização, desde 1900 à década de 1960 (SCHIMINK; WOOD, 2012). A emancipação municipal de São Félix do Xingu ocorreu em 1961 e hoje estima-se que existam cerca de 106.940 habitantes na área de 84.212.426 km<sup>2</sup> (IBGE, 2013). O desmatamento em grande escala teve início com o projeto e a

efetivação da rodovia PA-279. Antes dela, as comunidades locais viviam com base na caça, pesca, extrativismo de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), comércio de pele animal e agricultura de subsistência (arroz, milho, feijão, mandioca e etc.), incipiente garimpo de ouro e borracha (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.) (SCHMINK; WOOD, 2012).

Após a estrada, a população cresceu exponencialmente, inúmeros conflitos territoriais foram registrados, a pesca ficou escassa e a economia se sustentou no comércio ilegal de madeira, principalmente o mogno (*Swietenia macrophylla* King), em maiores atividades mineradoras (principalmente ouro e cassiterita), folhas de jaborandi (*Pilocarpus jaborandi* Vahl.) e principalmente o gado bovino. A maioria da população deixou de ser amazônica e tornou-se de origem nordestina e do centro-oeste e, apesar do crescimento, não houve provimento das condições básicas de saneamento, eletricidade, saúde e educação por parte do governo (SCHMINK; WOOD, 2012). Atualmente, a cidade possui um centro comercial (hotéis, bares, restaurantes, igrejas, lojas agropecuárias, lojas para mineração, cerâmicas, padarias, etc.). A mineração consolidou-se e dezenas de vilas compõem a zona rural, movida principalmente pela pecuária, vide a Figura 15, típica família de produtores rurais. O mogno esgotou-se e as atividades de borracha e jaborandi já não fazem mais lucro (SCHMINK; WOOD, 2012).

O município possui a receita de 59 milhões de reais, com despesas de 55 milhões. Atualmente, a economia é pautada pelas atividades de mineração e agropecuárias (IBGE, 2015). O PIB é de aproximadamente 704 mil reais, sendo 47% representado pelas atividades agropecuárias, sendo destas predominantemente a pecuária com 98,5% da produção, o que faz de São Félix do Xingu um dos três municípios detentores do maior rebanho bovino do país (TNC, 2013; IBGE, 2015). Por outro lado, desde 2001, o município também lidera os rankings de maiores taxas de desmatamento, sofrendo embargo ambiental pelo Ministério do Meio Ambiente (TNC, 2013). Por fim, a densidade demográfica é de 1,08 hab./km<sup>2</sup>, o IDH é baixo, de 0,594 e a educação também está abaixo da meta nacional, porém 77% da população é alfabetizada (IBGE, 2015).



Figura 15 – Típica família de produtores rurais, bem como sua moradia e veículo, em São Félix do Xingu, PA

#### **2.4.2 Entrevista: Percepção dos produtores**

Para melhor compreender a percepção socioeconômica e ambiental dos produtores rurais, dentro dos objetivos maiores de aplicação do SAF-cacau como ferramenta de RAD, defini alguns temas centrais a serem abordados pelo questionário, sendo eles: SAF-cacau, pecuária e floresta. Com base na literatura consultada (BORGES, 2000; BARBOSA, 2012; STEENBOCK, 2013), o modo escolhido para a condução deste estudo foi a aplicação de um questionário, em entrevista estruturada, aos produtores de SAF-cacau, na região de Tancredo Neves e Xadá, do município de São Félix do Xingu – PA.

Entrevistei apenas o(a) produtor(a) responsável pelo SAF-cacau de cada propriedade analisada. Por meio de questões fundamentadas na percepção do entrevistado, a fim de identificar o perfil socioeconômico e considerações ambientais, as entrevistas foram aplicadas a todos os produtores de cacau que disponibilizaram suas áreas de cacau, pasto ou floresta para a coleta de dados de solo e vegetação, apresentadas nos itens/capítulos posteriores. Além deles, também abordei alguns outros produtores adjacentes (quando acessíveis), totalizando 16 nas regiões de estudo.



O questionário seguiu roteiro previamente elaborado, no qual foram listadas perguntas abertas e fechadas. Utilizei do palavreado variado na formulação das perguntas, buscando adequar o linguajar adequado para que a comunicação fosse fluída em tom de conversa informal. Dessa forma, foi possível obter respostas mais espontâneas, sem desviar o foco da questão abordada. As respostas foram únicas ou múltiplas, variando com o grau de entendimento e objetividade do produtor, mas foram associadas a temas ou qualificações de maneira mais específica para possibilitar a sistematização das informações para fins comparativos de análise.

As perguntas de percepção visaram coletar informações essenciais para o entendimento da visão dos agricultores no âmbito do estudo, com variáveis que se referiam à opinião dos mesmos sobre o SAF-cacau, aspectos comparativos entre este e a pecuária, a relação entre SAF-cacau e RAD, os aspectos socioeconômicos relativos a essas atividades, bem como mão-de-obra, participação familiar, fonte de renda, custos básicos e etc. O questionário, e as respectivas respostas (analisadas), podem ser apreciados no Anexo A.

Para a elaboração do questionário foram adotados os seguintes procedimentos:

- a) Revisão bibliográfica sobre métodos de entrevistas;
- b) Determinação das perguntas a serem feitas;
- c) Consulta a pesquisadores e técnicos experientes na aplicação deste método;
- d) Seleção do tipo de pergunta e a redação;
- e) Definição da sequência das perguntas e a estrutura geral do questionário.
- f) Revisão por pesquisadores e técnicos experientes na aplicação deste método;
- g) Teste piloto do questionário;
- h) Correções, adaptações e finalização.

O roteiro seguiu uma ordem lógica dividida em partes:

- I. Identificação do produtor
- II. Caracterização socioeconômica
- III. Percepção e caracterização relativa ao SAF-Cacau
- IV. Percepção relativa à pecuária
- V. Caracterização relativa à vegetação do entorno

## 2.5 Resultados e Discussão

Os produtores possuem em média 50 anos de idade e que, em geral, as propriedades possuem sua área total ocupada basicamente por Pasto, Floresta e SAF-Cacau, sendo a maior parte de Pasto (51%) e Floresta (42%) (Tabela 2). Em seguida, disserto sobre os principais resultados extraídos com base nos questionários aplicados.

Tabela 2 - Produtores entrevistados e a área de sua propriedade com os usos do solo de interesse

<b>PRODUTOR</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Cacau (ha)</b>	<b>Pasto (ha)</b>	<b>Floresta (ha)</b>
(A)	40	10	50	40
(B)	46	13	60	18,2
(C)	28	4	23	21
(D)	47	2,6	24	47,9
(E)	25	2,4	25	20,6
(F)	52	13,3	90	14,78
(G)	53	6,8	30	15,2
(H)	57	4,2	144	91,8
(I)	49	4	0	0
(J)	68	4,8	50	7
(K)	65	2	12	36
(L)	64	5	30	15
(M)	59	10	16	146
(N)	39	2,4	0	0
(O)	49	4	30	26
(P)	60	5	80	50
<b>MÉDIA</b>	50,06	5,84	41,50	34,34
<b>DP</b>	12,5	3,71	37,51	37,56

Assim como relatado por Schmink e Wood (2012), houve uma inversão cultural em São Félix do Xingu a partir do processo de colonização, potencializado pela construção da rodovia PA-279, uma vez que a maioria dos produtores entrevistados provém da região sudeste (43,75%), e menos de 1/3 da região norte, sendo destes apenas 12,5% paraenses. Segundo a listagem do Incra, divulgada pela SEMA-PA (PARÁ, 2015), as fazendas são classificadas na categoria de pequena propriedade (menor de 4 módulos fiscais, sendo 75 ha cada módulo neste município) e de agricultura familiar, possuindo cerca de 90 ha em média.

Os familiares que moram na propriedade costumam trabalhar nela mesma (de 3 a 5 pessoas) o que pode ser considerado um bom indicador para manutenção da

fazenda no futuro. O nível de escolaridade da maioria dos produtores é o ensino fundamental incompleto (62,5%), mas destaco que os filhos de todos os entrevistados tiveram a oportunidade de estudar em alguma fase da vida. O deslocamento da zona rural à cidade é precário, não havendo na maior parte dos casos transporte público disponível, constatando-se que 56,2% dos entrevistados afirmaram se deslocar via moto particular. Os temas levantados como prioridade de investimento apontaram a propriedade rural (40,0%), com agricultura e/ou pecuária, e na melhoria na moradia (27,7%).

As aquisições de terras em São Félix do Xingu começaram a se amplificar significativamente a partir de 1982. Em 1981, 38,5% dos “proprietários de terra” não tinham nenhum tipo de documentação comprobatória legal, e este número subiu para 59,7% em 1984 (SCHMINK; WOOD, 2012). A maioria (93,7%) dos produtores por mim entrevistados possui posse não regulamentada, sem título da terra. Por outro lado, apenas 1 não possui o CAR, um instrumento que, dentre outros benefícios, facilita o processo de certificação das propriedades rurais. Este fato provavelmente está associado ao grande número de instituições não-governamentais que atuam na região, também estimuladas pelo Projeto de cooperação técnica Pacto Municipal para a Redução do Desmatamento em São Félix do Xingu, que visa controlar o desmatamento para desembargar o município.

A grande maioria dos produtores entrevistados (87,5%) já recebeu algum tipo de financiamento do governo, sendo que metade (50,0%) recebeu recurso financeiro de programa social. Os produtores entrevistados possuem mensalmente um custo fixo médio de R\$ 836,00, variando no máximo de R\$ 1.500,00 e mínimo de R\$ 457,00. Em média, o maior gasto fixo mensal refere-se primeiro às despesas com alimentação (R\$ 466,67) e segundo com transporte (R\$ 210,00). Outros gastos também foram citados, tais como: energia elétrica, medicamentos e gás. Vale ressaltar que 62,5% dos entrevistados ainda não possuíam energia elétrica em suas casas, o restante foi beneficiado pelo Programa Luz para Todos, do governo federal. Dentre os entrevistados, 43,7% não possuíam banheiro, dados indicam a precariedade das condições de vida na zona rural.

Sobre as principais atividades geradoras de renda, de acordo com a percepção dos produtores, a maior parte nas propriedades estudadas ainda é a pecuária (40,5%). O cacau representa a segunda renda mais importante para as famílias (32,8%). Destaco que existe certa tendência na redução da prática pecuária,

25,5% dos entrevistados não praticam esta atividade (além da comunicação pessoal com os produtores), e há um crescente aumento na comercialização da polpa de frutas (15,2%), que abastece o mercado local e sustenta-se com apoio do Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae). Esta atividade poderia ser potencializada se incorporada aos SAF's com boas práticas de manejo de sombra. Além dessa fonte de renda, que vem da propriedade, 37,5% dos entrevistados recebem aposentadoria como auxílio de renda.

Os principais motivos que levaram os produtores entrevistados a trabalhar com SAF-cacau foram, em primeiro lugar, o mercado/renda (24,0%) e, em segundo, o prazer/gosto (19,0%) e as boas condições de trabalho (cultura sombreada e perene) (19,0%). Outros motivos foram citados, tais como: conservação do meio ambiente, diversificação da produção e incentivos do governo ou outros produtores. As grandes motivações que fazem os produtores entrevistados manter até hoje a cacauicultura estão no mercado e renda (35,0%), no gosto pela cultura (18,0%) e nas condições de trabalho (13,0%).

Esses resultados concordam com o levantamento realizado por Calvi e Kato (2011), em Medicilândia – PA, cujos resultados apontam que as principais razões que determinaram a adoção de SAF pelos agricultores foram de caráter econômico e produtivo, sendo o sombreamento, a existência de mercado e a fertilidade dos solos os fatores que se destacam para essa adoção. Ademais, eles apontam a insuficiência e baixa qualidade dos serviços de assistência técnica como principal limitação. Esta crítica também ocorre por parte dos produtores de São Félix do Xingu.

É de fundamental importância destacar que a maioria dos entrevistados (62,5%) necessita de mão-de-obra externa para cuidar de sua propriedade, seja com gado ou com o cacau. Lembrando que a idade média dos produtores é de 50 anos, metade dos entrevistados relataram que trabalham em média 8 horas por dia, sendo os extremos mínimo de 3 e máximo de 13 horas. Dos familiares que trabalham na propriedade, em 37,5% dos casos, apenas o produtor é quem se envolve diretamente com a prática da pecuária. Em outros 25,0%, apenas um filho ajuda nesta atividade e apenas duas esposas, ao todo, se envolveram. Já com a lavoura de cacau, 62,5% dos casos envolve outras pessoas além do produtor, sendo que metade das propriedades (50,0%) envolve diretamente as esposas, e em 37,5% das propriedades um ou mais filhos colaboram nesta atividade.

A Tabela 3 expõe a renda líquida baseada na percepção dos produtores sobre a média de custos e renda. Além desta, também estimei a produção a partir de dados coletados em campo pelo método Ceplac adaptado (vide métodos no item 4.2.1). Neste caso, para SAF-Cacau SS, a produção média estimada para safra de 2014 seria de 471,4 ±166,0 kg de amêndoas/ha. Considerando o preço do cacau na região, na época de R\$ 5,90 (hoje em ascensão), o produtor obterá uma renda bruta de R\$ 2.781,26 /ha.ano.

Tabela 3 - Análise dos valores médios de custos e renda bruta (R\$/ha.ano), estimativa baseada na percepção dos produtores, considerando Pasto e SAF-Cacau SI e SS

(R\$/ha.ano)	Custo			Renda Bruta			Renda líquida
	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média	
<b>Pasto</b>	33,33	281,25	91,33	66,67	1248,00	532,46	441,13
<b>SAF-Cacau SI</b>	0,00	500,00	239,49	0,00	1250,00	778,85	539,36
<b>SAF-Cacau SS</b>	0,00	538,46	286,15	400,00	4500,00	2165,29	1879,14

A renda líquida do SAF-cacau pode ser equivalente à pecuária nos primeiros anos. Após o sexto ano, esse valor pode ser de 4 a 6 vezes maior do que o valor da pecuária, considerando os dados de renda líquida média (percepção do produtor e estimativa pelo método Ceplac adaptado). Além disso, a atividade de pecuária necessita ocupar áreas muito maiores, cerca de 7 vezes mais do que o SAF-cacau, lembrando que as propriedades possuem em média 41,5 ha de pastagem e apenas 5,8 ha de SAF-cacau. Assim como descrevem Deheuvels et al. (2012) e Somarriba e Lachenaud (2013), a implantação de SAF-cacau em áreas pequenas é bastante comum, sendo que na América Central ocorrem lavouras 0,25 a 3 ha.

A maioria dos entrevistados (75,0%) considera que o retorno financeiro do cacau é satisfatório perante suas despesas, e metade (50,0%) considera que o valor de R\$ 5,90/kg é razoável, sendo que boa parte dos entrevistados (37,5%) já considera este um bom preço. Para pecuária, também grande parte dos produtores (43,7%) considera que o retorno financeiro da pecuária é satisfatório perante suas despesas, no entanto, boa parte deles considera o contrário (31,2%). Metade dos produtores entrevistados (50,0%) não está satisfeito com os preços da pecuária,

consideram que estão pagando pouco pelo leite e pela venda de animais. 33,0% consideram os preços medianos e apenas 16,7% consideram que está bom.

Outro aspecto a ser considerado é qualidade de vida do trabalhador, uma vez que a pecuária exige trabalho exposto ao sol intenso e, nas pequenas propriedades, a atividade leiteira requer diariamente horas de trabalho manual da madrugada ao amanhecer, em condições pouco ergonômicas e insalubres. Enquanto que com o cacau, trabalha-se na sombra e em períodos temporários, conforme a época de colheita, exigindo também algumas atividades de manejo como roçada e poda. No entanto, conforme a entrevista, a maioria dos produtores entrevistados (56,2%) considera que o cacau é uma cultura que demanda muito trabalho. Uma parte considerável deles considera um trabalho mediano (37,5%) e somente alguns (6,2%) consideram pouco trabalho. A maioria dos produtores entrevistados (58,3%) considera que a pecuária é uma atividade que demanda esforço de trabalho mediano. Apenas 16,7% alegaram ser muito trabalhoso e 25,0% ser medianamente trabalhoso.

Sobre o manejo do cacau, a grande maioria dos produtores entrevistados (81,2%) não fez adubação nos últimos 4 anos e (75%) não utiliza defensivos agrícolas, o que pode abrir portas ao mercado de produtos orgânicos. A metade dos produtores (50,0%) roça o cacau 2 vezes ao ano. Os produtores que roçam apenas 1 vez (25,0%) são os que possuem o cacau mais velho e sombreado. Metade dos produtores entrevistados (50,0%) nunca podou o cacau e 37,5% disseram já fazer uma poda anualmente. No entanto, é possível observar em campo que a maioria dos produtores realmente nunca realizou uma poda. A maioria dos produtores entrevistados (73,3%) faz a desbrota do cacau sempre que vai na área, enquanto realiza outras atividades.

O plantio do cacau em SAF ocorreu em função das recomendações técnicas, em espaçamento 3x3 m, associadas ao solicitado para conseguir financiamento. A maioria (87,5%) possui espaçamento irregular para as árvores de sombra, sendo em todos os casos a condução da regeneração natural. Nenhum tipo de manejo é praticado nas árvores de sombra, segundo 87,5% dos produtores. Os principais critérios na escolha das árvores de sombra são fundamentados na qualidade do sombreamento (23,0%), tipo da madeira (23,0%) e rapidez do crescimento (18,0%). Outros critérios também foram mencionados, tais como: renda, longevidade, beleza e “não prejudica o cacau”. Henkel e Amaral (2008), no nordeste do Pará, também

relataram que os agricultores possuem autonomia para escolha das espécies e florestais que irão compor o sombreamento, cujos os principais critérios de seleção estavam pautados em motivos econômicos e de comportamento social.

Dentre as árvores citadas e verificadas em campo, encontrei a riqueza total de 101 espécies, sendo as mais frequentemente citadas (> 50% das entrevistas): tatarubá (*Pouteria macrophylla* (Lam.) Eyma), embaúba (*Cecropia* sp.), favão (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), ipê-amarelo (*Handroanthus obscurus* (Bureau & K.Schum.) Mattos) e cajá (*Spondias mombin* L.). Outras também mencionadas (entre 25-50% das entrevistas) são: canafístula (*Senna* sp.), tatajuba (*Bagassa guianensis* Aubl.), amarelão (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.), biribá (*Annona mucosa* Jacq.), golosa (*Chrysophyllum cuneifolium*) (Rudge) A. DC.), ingá (*Inga* sp.), goiaba (*Psidium guajava* L.), castanha (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.), jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), manga (*Mangifera indica* L.) e abacate (*Persea americana* Mill.).

Em termos de fertilidade do solo, a maioria dos entrevistados (68,7%) considera que a fertilidade do solo no SAF-Cacau é boa, sendo que 46,7% consideram que o SAF-Cacau melhorou a fertilidade com relação ao uso anterior (seja floresta, pasto ou roça). Entretanto, uma boa parte (40,0%) considera que se manteve igual. Deles, 46,7% acreditam que a fertilidade no SAF-cacau é igual à da floresta e 33,3% consideram pior. Para a pastagem, metade dos produtores (50,0%) acredita que a fertilidade deste seja boa, no entanto, 41,7% acreditam que seja ruim. Neste aspecto, 41,7% consideram que o solo do pasto é pior do que o do SAF-Cacau, no entanto, boa parte deles considera igual (25,0%) ou melhor (33,3%).

A maior parte dos produtores entrevistados trabalha com pecuária devido ao retorno econômico garantido (27,8%) e da tradição (27,8%). Apenas alguns produtores disseram que gostam de trabalhar com a pecuária (16,7%) e outros produtores nunca trabalharam ou já deixaram de trabalhar com a pecuária (22,2%). Os produtores que praticam a pecuária possuem em média 1,6 cabeças de gado por ha, com máximo de 3,1 e mínimo de 0,7. A grande maioria dos pecuaristas (68,7%) disse que mantém a atividade apenas pela questão econômica.

Sobre a questão de fauna silvestre no SAF-cacau, os três grupos de animais com maior frequência de citação (>50,0%) alimentam-se do cacau, sendo eles: macacos, aves e pacas. Além deles, outros que se alimentam deste fruto são: caititu

ou cateto (*Pecari tajacu*), papa-mel ou Irara (*Eira barbara*), pica-pau (família Picidae), veado-mateiro (*Mazama americana*), anta (*Tapirus terrestris*) e quati (*Nasua sp.*). Dentre os animais que não atacam o cacau os mais citados em ordem decrescente foram: aves (em geral), tatu, cotia, raposa, cobras (em geral), jacu e lagartos. Neste aspecto, ressalto que o tema de fauna em SAF-cacau deve ser tratado com maior importância, uma vez que diversos estudos indicam esses sistemas como possibilidade de conservação da biodiversidade e corredores ecológicos (VIEIRA et al., 2009; DEHEUVELS et al., 2014). Todavia, trata-se de uma área produtiva e, sendo assim, existe um grave conflito de interesses entre os produtores e a fauna nativa que consome os frutos de cacau. Nesse aspecto, assim como relatado por Cassano et al. (2014), os cães podem desempenhar um papel importante no declínio dessas populações, uma vez que, além de serem utilizados como instrumento de proteção da propriedade e para caçar, caminham livremente pelas lavouras de cacau acompanhando os trabalhadores.

A maioria dos produtores entrevistados (66,7%) considera que as árvores de sombra do cacau podem influenciar de maneira positiva a conservação das florestas do entorno da paisagem. No entanto, número considerável de entrevistados (33,3%) respondeu que não há relação/influência nenhuma. Com relação à pecuária, metade dos produtores entrevistados (50,0%) considera que o pasto não traz nenhum benefício para o meio ambiente. 25,0% não quiseram responder, 18,7% disseram que depende e apenas 1 produtor acredita que há benefício sim.

A maioria dos produtores entrevistados (81,2%) considera que o SAF-Cacau tem potencial para RAD e 62,5% desejam aumentar sua área produtiva (ninguém pretende reduzir). Por outro lado, um número considerável de produtores (37,5%) respondeu que pretende manter do tamanho que está, muitas vezes em função da falta de mão-de-obra. A maioria dos produtores entrevistados (80,0%) aceitaria até mesmo aumentar o número de árvores de sombra se isso fosse necessário para receber um PSA. Grande parte dos produtores entrevistados (37,5%) considera R\$ 500,00 por ha por ano um valor justo a ser pago. Outra boa parte dos produtores (18,75%) considera justo um PSA entre R\$ 100,00 e R\$ 500,00 por ha por ano.

Aplicando o método gráfico-de-estrela, (STEENBOCK et al., 2012), os produtores atribuíram notas de 1 a 5 para sua lavoura de cacau, quando perguntei sobre palavras-chave (temas) indicadoras de qualidade, Figura 16. A avaliação das notas demonstra que os produtores percebem que o solo está adequado para a atividade



agrícola, que existe alta diversidade de plantas e de animais nas lavouras, e que o retorno financeiro e a produção estão medianos.

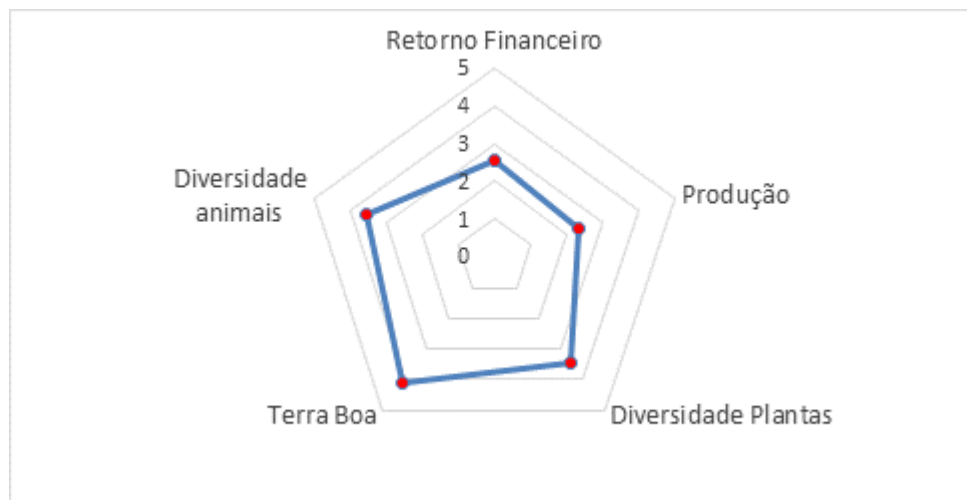


Figura 16 - Percepção dos produtores através da atribuição de notas (1-5) para os temas, indicadores de qualidade, relacionados à o seu SAF-cacau

Por fim, sobre aspectos gerais com relação à floresta, a maioria dos produtores entrevistados (60,0%) só a mantém porque é uma exigência legal. Boa parte dos produtores (33,3%) entende que a floresta é importante de alguma maneira para a manutenção da água, solo e ar (meio ambiente). A maioria (73,3%) acredita que não havia uso da sua floresta antes dele adquirir a propriedade. Porém, 80% dos entrevistados revelam que sua floresta já pegou fogo, ao menos em parte dela, e 73,3% dizem que a utilizam, na maior parte das vezes para lazer, retirada de madeira e caça. 80,0% dos produtores entendem que seu fragmento florestal está conservado.

Essas informações socioeconômicas e ambientais, associadas também aos resultados obtidos nos Capítulos 2 e 3 desta dissertação, convergem com as possibilidades de restauração que atuam em sinergia com conservação da biodiversidade associada ao combate da pobreza rural, apontadas por Lamb et al. (2005). Para isso, pensar na RAD em no contexto da paisagem é fundamental (HARVEY et al., 2008; LEITE et al., 2013; GONTHIER et al., 2014). Outro aspecto seria a implementação de políticas públicas amparadas por instrumentos legais adequados, como demonstra o caso do Estado de São Paulo (BRANCALION et al., 2010). Ademais, investir em pagamentos por serviços ambientais poderia ser mais uma estratégia consistente para reverter o cenário de degradação nos trópicos (LAMB et al., 2005; DECLERCK et al., 2010; BANKS-LEITE et al., 2014).

## 2.6 Conclusões

Apesar do cacau consistir em uma importante entrada renda, a pecuária ainda é a principal atividade econômica das famílias de pequenos produtores rurais, destacando o crescente interesse pela produção de polpa de frutas na região. Por outro lado, em média, o SAF-cacau pode gerar renda líquida de 3 a 6 vezes maior do que a pecuária, por unidade de área, e ainda ocupar uma área até 7 vezes menor. O potencial econômico pode ser melhor aproveitado, através do manejo e uso das espécies de sombra encontradas nos SAF's, com potencial mercadológico de produtos florestais madeireiros e não-madeireiros. Nesse sentido, observo uma sinergia entre o manejo de sombra, a diversificação da produção (como alternativa de renda) e a conservação da diversidade florística.

Apesar do retorno financeiro ser satisfatório, cultura do cacau é considerada trabalhosa, as atividades de manutenção não são implementadas com a frequência adequada segundo as recomendações técnicas. Além disso, o cacau envolve diretamente mais integrantes da família do que a pecuária (maior intensidade na época de colheita), sabendo que, em geral, necessita-se de mão de obra externa para auxiliar tanto na atividade pecuária quanto na produção de cacau. Esses fatores devem ser considerados como possíveis gargalos quando se pensa na expansão da cacauicultura na região.

Mesmo sabendo que os solos da região são férteis, independente do uso do solo, os produtores consideram que o SAF-cacau pode ser utilizado para RAD, entendendo que este traz mais benefícios ao meio ambiente do que a pastagem. Nesse sentido, diversos grupos de animais silvestres frequentam os SAF-cacau, mas quando o consumo dos frutos de cacau pelos animais afeta a produção, este passa a ser um aspecto negativo para o produtor, o que deve ser levado em consideração nas estratégias de uso desse sistema produtivo para a conservação da fauna silvestre, principalmente aves e mamíferos.

## Referências

ADEODATO, S.; VILLELA, M.; BETIO, L. S.; MONZONI, M. **Madeira de ponta a ponta: o caminho desde a floresta até o consumo.** São Paulo: FGV RAE, 2011. 128 p.

ALMEIDA, A.W.B. Biologismos, geografismos e dualismos: notas para uma leitura crítica de esquemas interpretativos da Amazônia que dominam a vida intelectual. In: PORRO, R. **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 53-64.

ALMEIDA, L.S.; GAMA, J.R.V.; OLIVEIRA, F.A.; CARVALHO, J.O.P. de; GONÇALVES, D.C.M.; ARAÚJO, G.C. Fitossociologia e uso múltiplo de espécies arbóreas em floresta manejada, Comunidade Santo Antônio, município de Santarém, Estado do Pará. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n. 2, p. 185–194, 2012.

AMADOR, D.B. Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E. de; MORAES, F.D de; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008. cap. 1, p. 100-150.

AMARAL, R. **Fundação de Belém do Pará**: jornada de Francisco Caldeira de Castelo Branco, em 1615-1616. Brasília, Senado Federal, Conselho Editorial, 2004. 108 p.

ARAÚJO, A.B. Amazônia – desenvolvimento para quem? Desmatamento e conflito social no Programa Grande Carajás (PGC). **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 413-418, 1991.

ARIMA, E.; BARRETO, P.; BRITO, M. **Pecuária na Amazônia**: tendências e implicações para conservação ambiental. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, 2005. 68 p.

ARONSON, J.; DURIGAN, J.; BRANCALION, P.H.S. Conceitos e definições correlatos à ciência e à prática da restauração ecológica. **Instituto Florestal Séries e Registros**, São Paulo, n. 44, 2011, p. 1-38

ARRAUT, J.M.; NOBRE, C.; BARBOSA, H.M.J.; OBREGON, G.; MARENGO J. Aerial rivers and lakes: looking at large-scale moisture transport and its relation to amazonia and to subtropical rainfall in South America. **Journal of Climate, American Meteorological Society**, Boston, v. 25, p. 543–556, 2012.

AUBERTIN, C. A. ocupação da Amazônia: das drogas do sertão à biodiversidade. In: LAURE, E. **A floresta em jogo**. São Paulo: Ed. UNESP, 2000. p. 23-30.

BANKS-LEITE, C.; PARDINI, R.; TAMBOSI, L.R.; PEARSE, W.D.; BUENO, A.A.; BRISCAGIN, R.T.; CONDEZ, T.H.; DIXO, M.; IGARI, A.T.; MARTENSEN, A.C.; METZGER, J.P. Using ecological thresholds to evaluate the costs and benefits of set-asides in a biodiversity hotspot. **Science**, New York, v. 345, p. 1041, 2014.

BARBOSA, M.S. **A percepção de agricultores familiares e formuladores de políticas**: o reuso da água no semiárido baiano. 2012. 285 p. Tese (Doutorado em Administração) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

BARRETO, P.; ARIMA, E.; BRITO, M. **Cattle ranching and challenges for environmental conservation in the Amazon**. Belém: Imazon, 2005. 4 p.

BARRETO, P.; SOUZA JUNIOR, C.; NOGUERÓN, R.; ANDERSON, A.; SALOMÃO, R. **Pressão humana na floresta amazônica brasileira**. Belém: WRI; Imazon, 2005. 86 p.

BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P.Y.; NAVE, A.A.; GANDARA, F.B.; BARBOSA, L.M.; TABARELLI, M. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.

BRASIL. Leis. Decretos, etc. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a medida provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 maio 2012. p. 1-37.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.854, de 26 de agosto de 2013. Fomenta e incentiva ações que promovam a recuperação florestal e a implantação de sistemas agroflorestais em áreas rurais desapropriadas e em áreas degradadas, nos casos que especifica. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 ago. 2013. Seção 1, p. 1.

BOWMAN, M.S.; SOARES-FILHO, B.S.; MERRY, F.D.; NEPSTAD, D.C.; RODRIGUES, H.; ALMEIDA, O.T. Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: a spatial analysis of the rationale for beef production. **Land Use Policy**, South Australia, v. 29, p. 558–568, 2012.

BORGES, M. **A percepção do agricultor familiar sobre o solo e a agroecologia**. 2000. 245 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

BULLOCK, J.M.; ARONSON, J.; NEWTON, A.C.; PYWELL, R.F.; RAYBENAYAS, J.M. Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. **Trends in Ecology and Evolution**, Maryland Heights, v. 26, n. 10, p. 541-549, Oct. 2011.

BUSCHBACHER, R.; UHL, C.; SERRAO, A.E.S. Abandoned pastures in Eastern Amazonia. II. Nutrient stocks in the soil and vegetation. **Journal of Ecology**, Sheffield, v. 76, n. 3, p. 682-699, Sept. 1988.

CALVI, M.F.; KATO, O.R. Agricultores familiares e a adoção de SAF em Medicilândia, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., 2011, Belém. **Anais...** Belém: SBSAF; Embrapa Amazônia Oriental; UFRA; CEPLAC; EMATER; ICRAF, 2011. p. 40-46.

CARIM, M.G.V.; GUILAUMET, J-L.B.; GUIMARÃES, J.L.S.; TOSTES, L.C.L. Composição e Estrutura de Floresta Ombrófila Densa do extremo Norte do Estado do Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 3, n. 2, p. 1-10, 2013.

CASSOLA, R.S. **Implementation of payment for ecosystem services schemes by local governments: the Water Conservation Project of Extrema/Minas Gerais, Brazil.** 2010. Disponível em: <<http://www.teebweb.org>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

CHAZDON, R.L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, New York, v. 320, p. 1458, 2008.

CHAZDON, R.L.; LETCHER, S.G.; BREUGEL, M. van; MARTINEZ-RAMOS; M.; BONGER, F.; FINEGAN, B. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. **Philosophical Transactional of Royal Society B**. London, v. 362, p. 273–289, 2007.

CHAZDON, R.L.; FINEGAN, B.; CAPERS, R.S.; NEGRET-SALGADO, B. CASANOVES, F.; BOUKILI, V.; NORDEN, N. Composition and dynamics of functional groups of trees during tropical forest succession in Northeastern Costa Rica. **Biotropica**, Gainesville, v. 42, n. 1, p. 31–40, 2010.

CASSANO, C.R.; BARLOW, J.; PARDINI, R. Forest loss or management intensification? Identifying causes of mammal decline in cacao agroforests. **Biological Conservation**, Boston, v. 169, p. 14–22, 2014.

CHEPOTE, R.E.; SANTANA, S.O.; ARAUJO, Q.R.; SODRÉ, G.A.; REIS, E.L.; PACHECO, R.G.; MARROCOS, P.C.; SÉRODIO, M.H.C.F.; VALLE, R.R. Aptidão agrícola e fertilidade de solos para a cultura do cacauero. In: VALLE, R.R. **Ciência, tecnologia e manejo do cacauero**. Brasília: CEPLAC; CEPEC; SEFIS, 2012, p. 67-114.

CLEMENT, R.C.; CRISTO-ARAÚJO, M.; EECKENBRUGGE, G.C.; PEREIRA, A.A.; PICANÇO-RODRIGUES, D. Origin and domestication of native Amazonian crops. **Diversity Journal**, Cleveland, v. 2, p. 72-106, 2010.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL. **Protección, restauración y conservación de suelos forestales: manual de obras y prácticas.** 3. ed. Zapopan; Jalisco: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2007. 298 p.

DALY, D.C.; MITCHELL, J.D. Lowland vegetation of tropical South America: an overview. In: LENTZ, D. **Imperfect balance: Landscape transformations in the Pre-Columbian Americas.** New York: Columbia University Press, 2000. p. 391-454.

DE MELO, E.V.F.; ABARCA, S.; CABRERA, J. **Propuesta de pago por servicios ambientales en sistemas agroforestales con café: ampliando prácticas sostenibles como contribución a alternativas de cambios globales.** 2011. Disponível em: <[http://www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/cafnet\\_avances\\_alianza.pdf](http://www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/cafnet_avances_alianza.pdf)>. Acesso em: 09 out. 2011.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história da devastação da Mata Atlântica brasileira.** São Paulo: Cia das Letras, 1996. 484 p.

DeCLERCK, F.A.J.; CHAZDON, R.; HOLL, K.D.; MILDER, J.C.; FINEGAN, B.; SALINAS, A.M.; IMBACH, P.; CANET, L.; RAMOS, Z. Biodiversity conservation in human-modified landscapes of Mesoamerica: past, present and future. **Biological Conservation**, Boston, v. 143, p. 2301–2313, 2010.

DEHEUVELS, O.; AVELINO, J.; SOMARRIBA, E.; MALEZIEUX, E. Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca - Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 149, p.181-188, 2012.

DEHEUVELS, O.; ROUSSEAU, G.X.; QUIROGA, G.S.; FRANCO, M.D.; CERDA, R.; MENDOZA, S.J.V.; SOMARRIBA, E. Biodiversity is affected by changes in management intensity of cocoa-based agroforests. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 88, n. 6, p. 1081-1099, 2014.

ENGEL, V.; PARROTTA, J. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E. de; MORAES, F.D. de; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008. cap. 1, p. 3-26.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em:< <http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 15 dez. 2014.

FEARNSIDE, F.M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 36, n. 3, p. 395–400, 2006.

FEARNSIDE, P.M. Degradação dos recursos naturais na Amazônia Brasileira: implicações para o uso de sistemas agroflorestais. In: PORRO, R. **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 161-170.

FERNANDES, C.M.D.; LAMARÃO, C.N.; TEIXEIRA, N.P. O Vulcanismo Bimodal do tipo Uatumã da Região de São Félix do Xingu (Pa), Província Mineral de Carajás. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 36, n. 3, p. 523-534, set. 2006.

FERNANDES, E.C.M. Agroforestería para paisajes productivos y sostenibles frente al cambio global. In: PORRO, R. **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 53-64.

FERRAZ, J.B.; BASTOS, R.P.; GUIMARÃES, G.P.; REIS, T.S.; HIGUCHI, N. A floresta e o solo. In: HIGUCHI, N.; HIGUCHI, M.I.G. **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental**. 2. ed. Manaus: Edição do Autor, 2012. p. 101-121.

FERREIRA, S.J.F. A floresta e a água. In: HIGUCHI, N.; HIGUCHI, M.I.G. **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental**. 2. ed. Manaus: Edição do Autor, 2012. p. 123-151.

GANDOLFI, S.; JOLY, C.A.; RODRIGUES, R.R. Permeability – impermeability: canopy trees as biodiversity filters. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 4, p. 433-438, 2007.

GONTHIER, D.J.; ENNIS, K.K.; FARINAS, S.; HSIEH, H-Y.; IVERSON, A.L.; RODOLPHI, P.B.J.; TSCHARNTAKE, T.; CARDINALE, B.J.; PERFECTO, I. Biodiversity conservation in agriculture requires a multi-scale approach. **Philosophical Transactional of Royal Society B**. London, v. 281, p. 1-9, 2014.

GUARIGUATA, M.R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, New York, v. 148, p. 185-206, 2001.

HALL, J.S.; ASHTON, M.S.; GAREN, E.J.; JOSE, S. The ecology and ecosystem services of native trees: implications for reforestation and land restoration in Mesoamerica. **Forest Ecology and Management**, New York, v. 261, p. 1553–1557, 2011.

HARVEY, C.A.; KOMAR, O.; FERGUSSON, B.G.; FINEGAN, B.; GRIFFITH, D.M.; MARTINEZ-RAMOS, M.; MORALES, H.; NIGH, R.; SOTO-PINTO, L.; BREUGEL, M.V.; WISHNIE, M. Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the Mesoamerican hotspot. **Conservation Biology**, Boston, v. 22, n. 1, p. 8–15, 2008.

HENKEL, K.; AMARAL, I.D. Análise agrossocial da percepção de agricultores familiares sobre sistemas agroflorestais no nordeste do estado do Pará, Brasil. **Boletim Museu Paraense. Emílio Goeldi**, Ciências Humanas, Belém, v. 3, n. 3, p. 311-327, set./dez. 2008.

HIGUCHI, N.; HIGUCHI, M.I.G. **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões**: uma proposta de educação ambiental. 2. ed. Manaus: Edição do Autor, 2012. 423 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA **Mapa de clima do Brasil**. 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

\_\_\_\_\_. **Censo demográfico**. 2010a. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

\_\_\_\_\_. **Mapa geológico**. 2010b. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

\_\_\_\_\_. **Mapa de solos**. 2010c. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

\_\_\_\_\_. **Mapa de vegetação**. 2010d. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 2010e. v. 38.

\_\_\_\_\_. **Unidades de relevo do Brasil**. 2010f. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

\_\_\_\_\_. **Mapa de clima**. 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

\_\_\_\_\_. **Estimativas de população**. 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

\_\_\_\_\_. **Cidades**, Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em 12 fev. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 12 dez. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **PRODES**: dados desmatamento - 2014. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

ISAAC, M.E.; TIMMER, V.R.; QUASHIE-SAM, S.J. Transfer of knowledge on agroforestry management practices: the structure of farmer advice networks. **Ecology and Society**, Wolfville, v. 12, n. 2, p. 32, 2007a.

ISAAC, M.E.; TIMMER, V.R.; QUASHIE-SAM, S.J. shade tree effects in an 8-year-old cocoa agroforestry System: biomass and nutrient diagnosis of *Theobroma cacao* by vector analysis. **Nutrient Cycling Agroecosystem**, Dordrecht, v. 78, p. 155–165, 2007.

IVANAUSKAS, N.M.; MONTEIRO, R.; RODRIGUES, R.R. Estrutura de um trecho de floresta Amazônica na bacia do alto rio Xingu. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 2, p. 275–299, 2004.

JOHNSON, D.L.; AMBROSE, S.H.; BASSET, T.J.; BOWEN, M.L.; CRUMEY, D.E.; ISAACSON, J.S.; JOHNSON, D.N.; LAMB, P.; SAUL, M.; WINTER-NELSON, A.E. Meanings of environmental terms. **Environ. Qual.** 26:581-589, 1997.

KFOURI, A.; FAVERO, F. **Projeto conservador das águas passo a passo**: uma descrição didática sobre o desenvolvimento da primeira experiência de pagamento por uma prefeitura municipal no Brasil. Brasília: The Nature Conservancy, 2011. 60 p. (Série Água, Clima e Floresta, 4).

KIRBY, K.R.; LAURANCE, W.F.; ALBERNAZ, A.K; SCHROT, G.; FEARNESIDE, P.M.; BERGEN, S.; VENTICINQUE, E.M.; COSTA, C. The future of deforestation in the Brazilian Amazon. **Futures**, Lincoln, v. 38, p. 432–453, 2006.

KOH, L.P.; GARDNER, T.A. Conservation in human-modified landscapes. In: SODHI, N.S.; EHRLICH, P.R. **Conservation biology for all**. Oxford: Oxford University Press, 2010. p. 236-262.

KUNZ, S.H.; MARTINS, S.V.; IVANAUSKAS, N.M.; SILVA, L.; STEFANELLO, D. Estrutura fitossociológica de um trecho de floresta estacional perenifólia, Bacia do Rio das Pacas, Querência – MT. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 115-122, abr./jun. 2010.



LAMB, D.; ERSKINE, P.D.; PARROTTA, J.A. Restoration of degraded tropical forest landscapes. **Science**, New York, v. 310, p. 1628-1632, 2005.

LAPOLA, D.M.; MARTINELLI, L.A.; PERES, C.A.; OMETO, J.P.H.B.; NOBRE, C.A.; AGUIAR, A.P.D.; BUSTAMANTE, M.M.C.; CARDOSO, M.F.; COSTA, M.H.; JOLY, C.A.; LEITE, C.C.; MOUTINHO, P.; SAMPAIO, G.; STRASSBURG, B.B.N.; VIEIRA, I.C.G. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, New York, v. 4, p. 27-35, 2014.

LATAWIEC, A.E.; STRASSBURG, B.B.N.; VALENTIN, J.F.; RAMOS, F.; ALVES-PINTO, H.N. Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. **Animal**, Cambridge, v. 8, n. 8, p. 1255–1263, 2014.

LAURANCE, W.F. Habitat destruction: death by a thousand cuts. In: SODHI, N.S.; EHRLICH, P.R. **Conservation biology for all**. Oxford: Oxford University Press, 2010. p. 73-87.

LAURANCE, W.F.; CAMARGO, J.L.C.; LUIZÃO, R.C.C.; LAURANCE, S.G.; PIMM, S.L.; BRUNA, E.M.; STOUFFER, P.C.; WILLIAMSON, G.B.; BENITEZ-MALVIDO, J.; VASCONCELOS, H.L.; HOUTAN, K. S.V.; ZARTMAN, C.E.; BOYLE, S.A.; DIDHAM, R.K.; ANDRADE, A.; LOVEJOY, T.E. The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. **Biological Conservation**, Boston, v. 144, p. 56–67, 2010.

LEITE, M.L.; TAMBOSI, L.R.; ROMITELLI, I.; METZGER, J.P. Landscape ecology perspective in restoration projects for biodiversity conservation: a review. **Natureza e Conservação**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 108-118, dez. 2013.

LEWIS, S.L.; PHILLIPS, O.L.; BAKER, T.R.; LLOYD, J.; MALHI, Y.; ALMEIDA, S.; HIGUCHI, N.; LAURANCE, W.F.; NEIL, D.A.; SILVA, J.N.M.; TERBORGH, J.; LEZAMA, A.T.; MARTÍNEZ, R.V.; BROWN, S.; CHAVE, J.; KUEBLER, C.; VARGAS, N.P.; VINCETI, B. Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots. **Philosophical Transactional Royal Society B**, London, v. 359, p. 421–436, 2004.

MAGALHÃES, L.M.S.; BLUM, L.W.H.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J. Relações entre o solo e a floresta no estabelecimento de unidades de paisagens florestais, na Amazônia. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 89-103, jan./dez. 1998.

MALHEIROS, A.F.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J. Análise estrutural da floresta tropical úmida do município de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 539–548, 2009.

MALHI, Y.; ROBERTS, J.T.; BETTS, R.A.; KILLEEN, T.J.; LI, W.; NOBRE, C.A. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. **Science**, New York, v. 319, p. 169-172, Jan. 2008.

MARCOUX, A. Population and deforestation. In: MARCOUX, A. **Population and the environment: a review and concepts for population programmes**. Rome: FAO, Sustainable Development Department, 2000. p. 40-78.

MEIRELLES FILHO, J.C.S. É possível superar a herança da ditadura brasileira (1964-1985) e controlar o desmatamento na Amazônia? Não, enquanto a pecuária bovina prosseguir como principal vetor de desmatamento. **Boletim Museu. Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Humanas, Belém, v. 9, n. 1, p. 219-241, 2014.

MIDDLEJ, R.R.; SANTOS, A.M. Economia do cacau. In: VALLE, R.R. **Ciência, tecnologia e manejo do cacau**. Brasília: CEPLAC; CEPEC; SEFIS, 2012. p. 655-672.

MITTERMEIER, R.A. TURNER, W.R.; LARSEN, F.W.; BROOKS, T.M.; GASCON, C. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: ZACHOS, F.E.; HABEL, J.C. **Biodiversity hotspots**. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. p. 3-23.

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

MONTAGNINI, F.; CUSAK, D.; PETIT, B.; KANNINEN, M. Environmental services of native tree plantations and agroforestry systems in Central America. **Journal of Sustainable Forestry**, New Haven, v. 21, n. 1, p. 51-67, 2005.

MONTEIRO, W.R.; AHNERT, D. Melhoramento genético do cacau. In: VALLE, R.R. **Ciência, tecnologia e manejo do cacau**. Brasília: CEPLAC; CEPEC; SEFIS, 2012. p. 11-32.

MOTAMAYOR, J.C.; RISTERUCCI, M.A.; LOPEZ, P.A.; ORTIZ, C.F.; MORENO, A.; LANAUD, C. Cacao domestication. I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. **Nature Heredity**, New York, v. 89, p. 380–386, 2002.

MULLER, I. **Anuário brasileiro do cacau**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2012. 64 p.

NAIR, P.K.R. Classification of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 3, p. 97-128, 1985.

\_\_\_\_\_. State-of-the-art of agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, New York, v. 45, p. 5-29, 1991.

THE NATURE CONSERVANCY. **Fundo para a redução do desmatamento e degradação florestal: a experiência de São Félix do Xingu**. Belém, 2013. 62 p.

NEPSTAD, D.; MacGRATH, D.; STICKLER, C.; ALENCAR, A.; AZEVADO, A.; SWETTE, B.; BEZERRA, T.; DiGIANO, M.; SHIMADA, J.; MOTTA, R.S.; ARMIJO, E.; CASTELLO, L.; BRANDO, P.; HANSEN, M.T.; McGRATH-HORN, M.; CARVALHO, O.; HESS, L. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. **Science**, New York, v. 344, p. 1118, 2014.

NOBRE, A.D. **O futuro climático da Amazônia**: relatório de avaliação científica. São José dos Campos: Articulação Regional Amazonica, 2014. 42 p.

OLIVEIRA, E. **Pará**: o retorno do cacau à sua origem. Brasília: CEPLAC, 1981. 126 p. (Cadernos da Amazônia, 4).

PAN, Y.; BIRDSEY, R.A.; PHILLIPS, O.L.; JACKSON, R.B. The structure, distribution, and biomass of the world's forests. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v. 44, p. 593–622, 2013.

PARÁ. Secretaria do Meio Ambiente. **Módulos fiscais por município do Estado do Pará**. Disponível em: <[http://www.sema.pa.gov.br/download/modulos\\_fiscais.pdf](http://www.sema.pa.gov.br/download/modulos_fiscais.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2015.

\_\_\_\_\_. **Recursos Hídricos (GESIR)**. Disponível em: <<http://www.semas.pa.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos florestais da Amazônia**. Belém: Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia, 2010. 124 p.

PEREIRA, L.A.; PINTO SOBRINHO, F.A.; COSTA NETO, S.V. Florística e estrutura de uma mata de terra firme na reserva de desenvolvimento sustentável rio Iratapuru, Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 113-122, jan./mar. 2011.

PEREIRA, P.H.; CORTEZ, B.A.; TRINDADE, T.; MAZOCH, M.N. **Conservador das águas**. Extrema: Departamento de Meio Ambiente, 2010. 40 p.

PETTIT, A.J. **Una revisión sobre el concepto de agroforestería**. Cali, 2008. Disponível em: <[www.agroforesteriaecologica.com](http://www.agroforesteriaecologica.com)>. Acesso em: 12 out. 2014.

PINTO, L.F. Degradação humana, econômica, política e social na Amazônia. In: PORRO, R. **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 53-64.

PORRO, R. Expectativas e desafios para adoção da alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação. In: \_\_\_\_\_. **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 33-53.

RICHARDS; M.B.; MENDEZ, V.E. Interactions between carbon sequestration and shade tree diversity in a smallholder coffee cooperative in El Salvador. **Conservation Biology**, Boston, v. 00, n. 0, p. 1–9, 2013.

RIVERO, S. ALMEIDA, O.; AVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 41-66, 2009.

RICE, R.A.; GREENBERG, R. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. **Ambio**, Dordrecht, v. 29, n. 3, p. 167-173, May 2000.

RODRIGUES, A.S.L.; EWERS, R.M.; PARRY, L.; SOUZA JUNIRO, C.; VERISSIMO, A.; BALMFORD, A. Boom-and-burst development patterns across the Amazon deforestation frontier. **Science**, New York, v. 324, p. 1435-1437, June 2009.

ROLIM, S.G.; NASCIMENTO, H.E.M.; ASSUNÇÃO, P.A.C.L. Estrutura da floresta ombrófila na Serra do Tiracambu, Amazônia Maranhense. In: FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.; MELO, M.F.; LEONALDO, A.; MEIRA-NETO, J.A.A. (Org.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Viçosa: UFV, 2011. p. 441-459.

SALOMÃO, R.P. VIEIRA, I.C.G.; SUEMITSU, C.; ROSA, N. de A.; ALMEIDA, S.S.; AMARAL, D.D.; MENEZES, M.P.M. As florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazônia Oriental. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi**, Ciências Naturais, Belém, v. 2, n. 3, p. 57-153, set./dez. 2007.

SALOMÃO, R.P.; SILVA, M.M.F.; ROSA, N.A. Inventário ecológico em floresta pluvial tropical de terra firme, Serra Norte, Carajás, Pará. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi**, Botânica, Belém, v. 4, n. 1, p. 1-46, 1988.

SANTOS, H.G. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 305 p.

SANTOS, J. dos; SOUZA, C.A.S. de; SILVA, R.P. da; PINTO, A.C.M.; ÇIMA, A.J.N.; HIGUCHI, N. Amazônia: características e potencialidades. In: HIGUCHI, N.; HIGUCHI, M.I.G. **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental**. 2. ed. Manaus: Edição do Autor, 2012. p. 13-39.

SCHMINK, M.; WOOD, C.H. **Conflitos sociais e a formação da Amazônia**. Belém: Ed. UFPA, 2012. 496 p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Florestas do Brasil em resumo - 2013: dados de 2007-2012**. Brasília, 2013. 188 p.

SILVA, R.P.; SOUZA, C.A.S.; AMARAL, M.R.M.; CARNEIRO, V.M.C.; BARROS, P.C.; MARRA, D.M.; SANDOS, J. dos; HIGUCHI, N. Árvore: crescimento, desenvolvimento e identificação. In: HIGUCHI, N.; HIGUCHI, M. I. G. **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental**. 2. ed. Manaus: Edição do Autor, 2012. p. 71-100.

SILVA NETO, P.J.S.; MATOS, P.G.G.; MARTINS, A.C.S.; SILVA, A. P. **Sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira**. Belém: CEPLAC, 2001. 125p.

SOARES-FILHO, B.S.; NEPSTAD, D.C.; CURRAN, L.M.; CERQUEIRA, G.C.; GARCIA, R.A.; RAMOS, C.A.; VOLL, E.; McDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P. Modeling conservation in the Amazon basin. **Nature**, London, v. 440, p. 363-364, Mar. 2006.

SOMARRIBA, E. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 19, p. 233–240, 1992.

SOMARRIBA, E.; LACHENAUD, P. Successional cocoa agroforests of the Amazon–Orinoco–Guiana shield. **Forests, Trees and Livelihoods**, London, v. 22:1, p. 51-59, 2013.

SOMARRIBA, E.; CERDA, R.; OROZCO, L.; CIFUENTES, M.; DÁVILA, H.; ESPIN, T.; MAVISOY, H.; AVILA, G.; ALVARADO, E.; POVEDA, V.; ASTORGA, C.; SAY, E.; DEHEUVELS, O. Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 173, p. 46–57, 2013.

SOUTHWORTH, J.; MARSIK, M.; QIU, Y.; PERZ, S.; CUMMING, G.; STEVENS, F.; ROCHA, K.; DUCHELLE, A.; BARNES, G. Roads as drivers of change: trajectories across the tri-national frontier in MAP, the Southwestern Amazon. **Remote Sensing**, Basel, v. 3, p. 1047-1066, 2011.

SOUZA, R.A.; MIZIARA, F.; MARCO JUNIOR, P. Spatial variation of deforestation rates in the Brazilian Amazon: a complex theater for agrarian technology, agrarian structure and governance by surveillance. **Land Use Policy**, South Australia, v. 30, p. 915–924, 2013.

STEEGE, H.T.; PITMAN, N.; SABATIER, D.; CASTELLANOS, H.; HOUT, P.V.D.; DALY, D.C.; SILVEIRA, M.; PHILLIPS, O.; VASQUEZ, R.; ANDEL, T.V.; DUIVERVUNDEEN, J.; OLIVEIRA, A.A.; EK, R.; LILWAH, R.; THOMAS, R.; ESSEN, J.V.; BAIDER, C.; MAAS, P.; MORI, S.; TERBORGH, J.; VARGAS, P.N.; MOGOLLON, H.; MORAWETZ, W. A spatial model of tree  $\alpha$ -diversity and tree density for the Amazon. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 12, p. 2255–2277, 2003.

STEENBOCK, W.; SILVA, R. O.; SEOANE, C. E.; FROUFE, L. C. M.; BRAGA, P. C.; SILVA, R.S. Geração e uso de indicadores de monitoramento de agroflorestas por agricultores associados à Cooperafloresta. In: STEENBOCK, W.; VEZZANI, F.M. **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. Curitiba: Kairós, 2013. p. 305–320.

STRASSBURG, B.B.N.; LATAWIEC, A.E.; BARIONI, L.G.; NOBRE, A.C.; SILVA, V.P.; VALENTIN, J.F.; VIANNA, M.; ASSAD, E.D. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, Malden, v. 28, p. 84–97, 2014.

VAAST, P.; SOMARRIBA, E. Trade-offs between crop intensification and ecosystem services: the role of agroforestry in cocoa cultivation. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 88, p. 947–956, 2014.

VEBROVA, H.; LOJKA, B.; HUSBAND, T.P.; ZANS, M.E.C.; DAMME, P.V.; ROLLO, A.; KALOUSOVA, M. Tree diversity in cacao agroforests in San Alejandro, Peruvian Amazon. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 88, p. 1101–1115, 2014.

VIEIRA, A.L.M.; MOURA, P.A.; CAMPELLO, E.F.C.; RESENDE, A.S. **Levantamento florístico e avaliação preliminar de fluxo de fauna em um sistema agroflorestal para conexão de fragmentos de floresta secundária**. Seropédica: EMBRAPA, 2009. 32 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 59).

VIEIRA, D.L.M.; HOLL, K.D.; PENEIREIRO, F.M. Agro-successional restoration as a strategy to facilitate tropical forest recovery. **Restoration Ecology**, Washington, v. 17, n. 4, p. 451–459, 2009.

VIEIRA, S.; CAMARGO, P.B.; SELHORST, D.; SILVA, R.; HUTYRA, L.; CHAMBERS, J.Q.; BROWN, I.F.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; WOFYSY, S.C.; TRUMBORE, S.E.; MARTINELLI, L.A. Forest structure and carbon dynamics in Amazonian tropical rain forests. **Oecologia**, Berlin, v. 140, p. 468–479, 2004.

WADE, A.S.I.; ASASEB, A.; HADLEY, P.; MASON, J.; OFORI-FRIMPONGE, K.; PREECE, D.; SPRINGG, N.; NORRIS, K. Management strategies for maximizing carbon storage and tree species diversity in cocoa-growing landscapes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 138, p. 324–334, 2010.

WALKER, N.F.; PATEL, S.A.; KALIF, K.A.B. From Amazon pasture to the high street: deforestation and the Brazilian cattle product supply chain. **Tropical Conservation Science**, New York, v. 6, n. 3, p. 446–467, 2013. Special issue.

WORLD COCOA FOUNDATION. **Cocoa market update**. Washington, 2014. 11p.



### 3 RECUPERAÇÃO DO SOLO

#### Resumo

Sabe-se que a floresta e o solo mantêm uma relação de interdependência, que provê suporte às interações entre os meios físico, químico e biológico. Sendo assim, o solo é um dos princípios da RAD, pois mesmo que ele não seja o objetivo estrito da recuperação, será nele que se desenvolverão as plantas e outros organismos que promoverão a melhoria das condições ambientais anteriores. Afim de melhor entender o potencial de recuperação das características do solo por sistemas agroflorestais com cacau (SAF-cacau), sob três categorias de sombreamento (sombra inicial (SI), sombra secundária (SS) e sombra abandonada (A)), comparei-os com outras duas situações de uso do solo (Pasto e Floresta), no município de São Félix do Xingu - PA. Para isso, utilizei variáveis que indicassem a fertilidade do solo (macro e micronutrientes, CTC, V%, pH, M.O. e etc.), a sua granulometria (areia, silte e argila) e sua biota de macroinvertebrados (grandes grupos taxonômicos). Concluí que os usos do solo estudados não possuem diferenças de textura. O único nutriente diferente foi o K, maior no Pasto. A Floresta apresentou maior teor de M.O. na camada 20-40 cm do que o Pasto. Sobre os macroinvertebrados, o Pasto foi o único uso do solo que apresentou variação significativa entre as estações e comparado com a Floresta, durante o verão, o Pasto apresentou-se significativamente menor. A Floresta possui a maior densidade de macroinvertebrados, sendo fortemente influenciado pela abundante presença de Isopteras. Os grupos Isoptera, Hymenoptera e Oligochaeta estão presentes e representam a maioria dos indivíduos em todos os usos do solo, possivelmente contribuindo com a melhoria dos atributos físico-químicos, em função do seu reconhecido papel de “engenheiros do ecossistema”. Com as atuais condições de uso do solo, não se pode dizer que o SAF-cacau exerce recuperação dos atributos de fertilidade e riqueza/diversidade de macroinvertebrados do solo na região estudada.

Palavras-chave: SAF-cacau, RAD; Fertilidade; Macroinvertebrados; Solo; Amazônia; São Félix do Xingu – PA

#### Abstract

It is well known that soil and forest keep an interdependent relationship, where there are countless interactions between physical, chemical and biological means. Therefore, the soil is one of the RDL's principles, because even if it is not the strict purpose of recovery, it is the place where plants and other organisms will develop, promoting the improvement of previous environmental conditions. In order to better understand the cacao agroforestry system's (cacao-AFS) potential for recovery of soil characteristics, under three shade categories (initial shade (SI), secondary shade (SS) and abandoned shade (A)), I compared them with two other land use situations (Pasture and Forest), in São Félix do Xingu - PA. To make this, I used variables to indicate soil fertility (macro and micronutrients, CTC, V%, pH, O.M., etc.), its grain size (sand, silt and clay) and its macroinvertebrates biota (large taxonomic groups). The land uses does not presented significant difference in texture, the only different nutrient was K and there was difference in the O.M. at 20-40 cm layer. The potential of Cacao-AFS for recovery of physical and chemical soil properties requires further



studies in São Félix do Xingu. About macroinvertebrates, the seasonal variation in the total density was homogeneous, but the Pasture density was significantly higher in the winter. Among the land use during the summer, the Pasture was significantly lower than the forest. This land use has the largest macroinvertebrate density, strongly influenced by Isoptera abundance. The Isoptera, Hymenoptera and Oligochaeta groups are present and represent the majority of individuals in all land uses, possibly contributing to the improvement of physical-chemical properties, assuming their recognized role as "ecosystem engineers". From the current land use conditions, it cannot be said that the cacao-AFS recovers fertility and richness/diversity of soil macroinvertebrates attributes in the studied region.

Keywords: Cacao-AFS; RDL; Fertility; Macroinvertebrates; Soil; Amazon; Sao Felix do Xingu - PA

### 3.1 Introdução

A literatura sobre o passivo ambiental que a Amazônia vem sofrendo e sobre a importância da recuperação de áreas degradadas (RAD) é extensa (BARRETO et al., 2005; FEARNside, 2006; PINTO, 2009; ALMEIDA, 2009; ADEODATO et al., 2011; SOUZA; MIZIARA; MARCO JUNIOR, 2013; NEPSTAD et al., 2014). O solo é um dos pontos essenciais da RAD. Mesmo que ele não seja o objetivo estrito da recuperação, será nele que se desenvolverão as plantas e outros organismos que promoverão a melhoria das condições ambientais anteriores. O solo serve de palco para interações entre os meios físico, químico e biológico, desde escalas microscópicas ao mosaico de uma paisagem continental. Sua essência se faz tão presente que seria imprudente desconsiderá-lo no contexto deste estudo, cuja compreensão elementar da complexidade do ecossistema é chave para o sucesso da sua recuperação.

Sabe-se que a floresta e o solo mantêm uma relação de interdependência, em que o solo serve de substrato e fonte de nutrientes que alimentam as plantas, as quais contribuem na qualidade das propriedades físico-químico-biológicas do solo (FERRAZ et al., 2012). A complexidade do solo está relacionada à diversidade de organismos, uma característica da Amazônia que, aliada ao relevo e altas temperaturas e precipitações, culminou em grande variação pedológica (SANTOS et al., 2012). Entretanto, apesar das florestas altas e diversas, comumente a fertilidade dos solos nesse bioma é baixa (DAVIDSON et al., 2004; SANTOS et al., 2012). Solos frágeis, quando somado às queimadas, degradam-se em médio prazo e o

desmatamento pode levar à desertificação (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001; FERRAZ et al., 2012; NOBRE, 2014).

Também é de amplo conhecimento que as propriedades do solo afetam o crescimento e a composição das espécies colonizadoras em áreas degradadas (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001). Nesse sentido, grande parte dos projetos de RAD em contexto amazônico deve dedicar cuidadosa atenção aos atributos do solo a ser trabalhado (CHAZDON, 2003; DAVIDSON et al., 2004). Considerando que o cacau é o principal componente vegetal para a RAD no contexto desta pesquisa, estudos indicam que geralmente a maior parte do seu sistema radicular encontra-se na camada de 00-30 cm de profundidade do solo (SILVA NETO et al., 2001; CHEPOTE et al., 2012).

A textura do solo é um fator importante a ser considerado (CHAZDON, 2003). Existem indicativos de que a estrutura florestal está diretamente correlacionada ao teor de argila (LAURANCE et al., 1999). Maiores teores de argila podem favorecer a permanência de nutrientes em longo prazo, bem como sua disponibilização às plantas, desde que haja estruturação adequada. A estruturação é favorecida pela presença de matéria orgânica (M.O.) que também está correlacionada com maiores fertilidades (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001). Vale destacar que, segundo Rovedder et al. (2014), a manutenção dos serviços ambientais depende da cobertura florestal principalmente em regiões de fragilidade, cujo relevo é declivoso, a pedogênese incipiente e o material de origem sedimentar.

Aumentos nos teores de areia e deficiência nutricional proporcionam características edáficas limitantes para o desenvolvimento das plantas na Amazônia (MAGALHÃES et al., 1998; GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001; DAVIDSON et al., 2004; CASTILHO et al., 2006). Chazdon (2003) também aponta a textura e a fertilidade como fatores limitantes para o desenvolvimento da biomassa a cima do solo, considerando que a recuperação da fertilidade do solo é um pré-requisito para recuperação florestal onde os solos foram severamente degradados. Por fim, ressalta-se que a conversão de florestas para pastagens pode ser prejudicial aos futuros processos sucessionais, uma vez que tende a reduzir o teor de argila e de nutrientes (LAURANCE et al., 1999).

Além dos aspectos físicos e químicos, na última década, pesquisadores vem alertando sobre o desafio científico para desvendar as incertezas e avançar no conhecimento da biologia do solo, um sistema de interações complexas,

heterogêneo e extremamente diverso (ANDREN et al., 2008). Sem desprezar a importância do conhecimento microbiológico do solo, este estudo utiliza os macroinvertebrados como bioindicadores e como fator de comparação entre os usos do solo. Segundo Lavelle (1997), a macrofauna compreende invertebrados maiores do que 2 mm, em média. São representados predominantemente por cupins, minhocas e grandes artrópodes, muitas vezes associados ao termo “engenheiros do ecossistema”, aqueles capazes de modificar o ambiente do solo por meio de suas atividades mecânicas (LAVELLE, 1997; LAVELLE et al., 2006; SWIFT; BIGNELL, 2001).

A fauna invertebrada no solo desempenha um papel determinante no processo pedogenético e de crescimento das plantas (LAVELLE, 1997). Em consonância, Fierer et al. (2009) mostram que muitas vezes os solos possuem similaridade de mecanismos ecológicos que governam processos biogeoquímicos. Uma vez que, além das raízes, os invertebrados e microrganismos utilizam estratégias complementares de maneira a influenciar na dinâmica da matéria orgânica e na manutenção da estrutura do solo, eles ocasionam suprimento de água e nutrientes para as plantas (LAVELLE, 1997).

Lavelle et al. (2006) e Velasquez, Lavelle e Andrade. (2007) detalham a sinergia entre macroinvertebrados edáficos e serviços ecossistêmicos, mostrando que os invertebrados podem ser bons indicadores de qualidade do solo. Nesse sentido, Rousseau et al. (2012), estudando SAF-cacau na Costa Rica, constataram o potencial desses organismos como indicadores de qualidade do solo. Segundo Lavelle et al. (2006), a regulação de diversos fluxos de serviços é derivada de milhares de anos da coevolução dos invertebrados e microrganismos. No entanto, a utilização intensiva de químicos convencionais para o controle de pragas, além de selecionar aquelas resistentes, pode esgotar a resiliência do solo e acabar prejudicando a provisão de serviços ecossistêmicos (LAVELLE, 1997).

Alterações nas comunidades do solo podem provocar redução de biodiversidade e desencadear a perda dos seus padrões estruturais ou mecanismos de regulação (LAVELLE, 1997). Considerando as características de estrutura da vegetação, diversidade de espécies e ciclagem de nutrientes, os sistemas agroflorestais podem ser uma potencial ferramenta de RAD. Por exemplo, em estudo realizado em Minas Gerais, Favero, Lovo e Mendonça (2008), constataram a recuperação do solo pelo sistema agroflorestal comparando-o com área de

pastagem e degradada. Outros estudos também apontam os benefícios dos SAF's às propriedades químicas do solo como vantagens para recuperação florestal (VIEIRA; HOLL; PENEIREIRO, 2009; ARCO-VERDE; SILVA; MOURÃO JÚNIOR, 2009).

Nesse sentido, no contexto de São Félix do Xingu, qual o potencial do SAF-cacau para recuperar os atributos químico-biológicos do solo em áreas degradadas? Para melhor entender o uso desse sistema como estratégia de RAD, realizei um diagnóstico de algumas das características do solo em SAF-cacau e comparei com áreas de pastagens e florestas adjacentes. Diante dessa pergunta, minhas principais hipóteses foram: (a) SAF-cacau pode recuperar completamente a fertilidade do solo; (b) SAF-cacau pode recuperar completamente a riqueza/diversidade de grupos de macroinvertebrados.

## **3.2 Material e Métodos**

Para o levantamento das informações de solo, realizei a coleta de dados nas mesmas áreas amostrais onde coletei as informações de estrutura e diversidade florestal (vide capítulo 4), no entanto, sem me restringir àquelas parcelas. Desse modo, obtive o mesmo esforço amostral dos usos do solo: Floresta (4 amostras); Pasto (4 amostras); SAF-Cacau SI (5 amostras); SAF-Cacau SS (5 amostras); e SAF-Cacau A (2 amostras). Cada uma dessas amostras foi estudada em duas perspectivas: aspectos físico-químicos e aspectos biológicos.

### **3.2.1 Aspectos físicos e químicos**

#### Definições e coleta de dados:

Cada amostra pertence a uma propriedade (produtor) e compõe o conjunto de amostras que representa um determinado uso do solo. Neste caso, obtive duas amostras em cada propriedade, retiradas em duas profundidades (00-20 e 20-40 cm) de um mesmo ponto de coleta. Cada uma dessas amostras foi composta por 15 pontos de coleta aleatória por caminhamento em ziguezague (SANTOS et al., 2005). As coletas de solo foram efetuadas com trado holandês (caçamba de 10 cm e diâmetro de 1 1/2"), separadas em baldes etiquetados, de acordo com a camada de

profundidade coletada, e depois embaladas em sacos plásticos devidamente identificados, conforme a Figura 17.



Figura 17 - Amostragem de solo utilizando saco plástico, trado holandês e balde. Diferenças da terra para cada uso do solo e em profundidade 0-20 e 20-40 cm

### 3.2.2 Aspectos biológicos: macroinvertebrados

#### Definições e coleta de dados:

Para fins deste estudo, os aspectos biológicos estão relacionados à presença de macroinvertebrados no solo e sua distinção em grupos taxonômicos, de forma a mostrar aspectos de densidade, riqueza e diversidade. Este conjunto de variáveis, em comparação entre os usos do solo, permitiu fazer inferências e interpretações sobre a conservação do solo na região de estudo (DAMASCENO; GANDARA, 2005; MERLIM, 2005; DORAN; ZEISS, 2000).

Algumas referências da literatura recomendam considerar os invertebrados com diâmetro corporal maior que 2 mm e/ou maiores que 10 mm de comprimento, o que inclui grupos como minhocas, térmitas, diploides, etc. (SWIFT, 1979; CORREIA, 2002). No entanto, em comunicação pessoal com o pesquisador Patrick Lavelle, foi

recomendada a coleta de todo e qualquer invertebrado que seja visível a olho nu e passível de coleta, sendo este o meu critério de inclusão nas amostras.

O levantamento foi efetuado em dois períodos distintos, set-nov/2013 (verão/“seca”) e fev-mar/2014 (inverno/“chuva”), e seguiu as recomendações do Tropical Soil Biology and Fertility (ANDERSON; INGRAM, 1993), com algumas adaptações. Cada amostra de uso do solo foi composta por 3 pontos de coleta, distribuídos aleatoriamente (respeitando o mínimo de 30 metros de distância). Para isso, utilizei o método de coleta de monolito de solo com volume de 25x25x25 cm (CORREIA; OLIVEIRA, 2000), vide Figura 18.



Figura 18 - Monolito (25x25x25cm) em situação de floresta. Materiais: pá de jardinagem, tubo falcon (50ml) e régua de aço 30cm

Em campo, primeiramente marcava o ponto central do monolito no solo e, num raio de 40 cm, coletava os macroinvertebrados presentes na superfície do solo e serapilheira (Figura 19). Para retirada do monolito, escavava ao seu redor, de acordo com dimensões estabelecida, utilizando um enxadão ou cavadeira manual articulada e com auxílio do facão, pá de jardinagem e régua. Em seguida “vestia” o monolito com um saco de fibras e o retirava do solo para posterior triagem dos macroinvertebrados.

Para a triagem, o bloco foi sendo manualmente, e cuidadosamente, descompactado com auxílio de uma pá de jardinagem. A terra foi sendo manuseada gradualmente sobre um saco de rafia branco (60 x 90 cm). Os macroinvertebrados foram coletados com pinça e inseridos em tubo falcon (50 ml) contendo solução de

álcool 70° (LINS-TEIXEIRA, 2007). Observação: No caso de formigas e cupins, quando havia mais de 100 indivíduos, estimei a quantidade por meio de contagem e apenas alguns exemplares foram coletados. Tal procedimento foi adotado em função do tempo disponível e condições de campo limitantes.

Por fim, os tubos foram agrupados, devidamente identificados e guardados em caixa de plástico para posterior armazenamento na geladeira do Laboratório de Agroecologia (ESALQ/USP). A coleta foi triada e identificada em nível de grandes grupos em laboratório, com auxílio de lupa, pincel, régua e chaves de identificação, sendo posteriormente revisada no Departamento de Taxonomia do Museu de Entomologia na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.



Figura 19 - À esquerda, demarcação do ponto central e raio de 40 cm para coleta de macroinvertebrados na superfície do solo. À direita, escavação ao redor do monolito com cavadeira manual

### 3.2.3 Análise de dados

O experimento foi entendido como delineamento inteiramente casualizado, uma vez que as áreas de estudo possuem condições edafoclimáticas semelhantes e as fitofisionomias foram agrupadas em categorias semelhantes (Floresta; Pasto; SAF-Cacau SI; SAF-Cacau SS; e SAF-Cacau A). A análise estatística dos dados consistiu em procedimentos padrões para todas as variáveis estudadas, apenas alguns detalhes foram distintos em função do comportamento dos dados e do objetivo desta pesquisa, seguindo a descrição a diante.

Macroinvertebrados: Após a identificação dos grupos taxonômicos, organizei os resultados em planilhas Excel, estimei a quantidade de indivíduos por m<sup>2</sup>, calculando assim a frequência absoluta (FA), a densidade relativa (DR), a frequência relativa (FR) e, por fim, o índice de valor de importância adaptado ( $IVI = (FR+DR) / 2$ ). Esses dados também me permitiram encontrar o valor de riqueza (S) e calcular os índices de diversidade de Shannon (H') e de Simpson (D) e de equitabilidade de Pielou (J'). Para os macroinvertebrados, os testes estatísticos contemplaram apenas a variável densidade total, sendo esta em função dos usos do solo e das estações (períodos de coleta) denominadas de verão e inverno.

Aspectos físico-químicos: Encaminhei as amostras de solo (cerca de 300g) para o Laboratório de Análise Química para fins de Levantamento de Solo da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), em Piracicaba – SP, onde foram realizadas as análises químicas: (i) Teor de matéria orgânica (Mat.Org. total); (ii) Macronutrientes e acidez do solo (pH, CaCl<sub>2</sub>, P, K, Ca, Mg, H+Al, e os cálculos SB, CTC, V%); e físicas pela determinação dos teores de areia total, silte e argila. Organizei os resultados em planilhas Excel para posterior análise de cada variável em função dos usos do solo e das profundidades estudadas (camadas: 00-20 e 20-40 cm). Optei por realizar as análises em cada uma das variáveis, a fim de obter um entendimento detalhado sobre as possíveis diferenças entre os usos do solo.

Procedimentos gerais: executei as análises estatísticas no software R, onde primeiramente realizei a análise exploratória, gerei resumos das estatísticas descritivas, histogramas e gráficos box-plot. Em seguida, verifiquei a normalidade, por meio da observação do qq-plot e da confirmação dada pelo teste de Anderson-Darling, e a homogeneidade de variâncias para o conjunto de dados, aplicando o teste de Levene.

Após verificar se os pressupostos eram atendidos, para o teste de hipóteses, apliquei o método paramétrico de análise de variâncias (ANOVA), ou o teste de Kruskal-Wallis, método de análise não-paramétrica. Quando o resultado destes testes era significativo ( $p < 0,05$ ), busquei especificar quais usos do solo distinguiam-se um do outro. Para isso, utilizei o teste de Tukey da diferença honestamente significativa (HSD), no caso das análises paramétricas, e utilizei os testes de Wilcoxon, dois a dois, no caso das análises não-paramétricas.



Por último, a fim de verificar a diferença entre as duas camadas de profundidade, apliquei o teste t de Student ou Kruskal-Wallis, também dependendo do método de análise descrito anteriormente, em cada variável analisada. Lembrando que todos os testes desta pesquisa foram considerados no nível de confiança de 95% ( $\alpha = 0,05$ ).

### 3.3 Resultados e Discussões

#### 3.3.1 Aspectos Físico-Químicos

Resumo os resultados obtidos e apresentados na Tabela 4, a seguir.

Tabela 4 - Valores de média e desvio padrão das variáveis de solo, de acordo com cada uso do solo em função da camada de profundidade

Variável	Profund. (cm)	Floresta	Pasto	SAF-Cacau SI	SAF-Cacau SS	SAF-Cacau A	p-valor	Teste
M.O.	00-20	34,7 ±10,8	25,2 ±2,6	32,6 ±7,3	35,0 ±4,5	23,0 ±1,4	0,108	anova
	20-40	29,0 ±9,6	14,5 ±1,7	16,8 ±4,8	18,4 ±3,2	10,5 ±2,1	<b>0,002<sup>s</sup></b>	anova <sup>t</sup>
pH	00-20	4,8 ±1,2	5,4 ±0,7	4,9 ±0,4	5,5 ±0,7	5,1 ±0,6	0,495	anova
	20-40	4,4 ±1,0	5,3 ±0,8	4,9 ±0,6	5,3 ±0,7	5,1 ±0,5	0,423	anova
P	00-20	5,7 ±2,6	4,0 ±0,8	5,2 ±1,9	4,4 ±0,9	4,0 ±1,4	0,550	anova
	20-40	3,0 ±1,6	2,2 ±0,5	1,8 ±0,8	1,2 ±0,4	1,5 ±0,7	0,128	K-W
K	00-20	3,9 ±0,6	6,0 ±3,2	3,1 ±0,8	5,1 ±3,1	2,1 ±0,3	<b>0,039<sup>s</sup></b>	K-W
	20-40	3,4 ±0,4	5,8 ±2,7	2,9 ±1,1	3,5 ±1,1	2,0 ±0,6	<b>0,025<sup>s</sup></b>	anova <sup>t</sup>
Ca	00-20	30,5 ±22,3	30,7 ±12,7	32,6 ±18,9	38,6 ±8,1	29,0 ±21,2	0,927	anova
	20-40	13,7 ±11,1	21,7 ±12,6	19,4 ±12,1	20,2 ±5,2	18,0 ±17,0	0,867	anova
Mg	00-20	8,0 ±5,1	7,0 ±2,2	6,8 ±3,1	8,8 ±2,4	5,5 ±3,53	0,761	anova
	20-40	5,0 ±3,7	6,5 ±3,4	5,4 ±3,7	6,0 ±2,6	4,0 ±2,8	0,899	anova
B	00-20	0,23 ±0,02	0,21 ±0,04	0,23 ±0,06	0,20 ±0,03	0,22 ±0,03	0,778	anova
	20-40	0,22 ±0,09	0,19 ±0,06	0,21 ±0,05	0,16 ±0,09	0,19 ±0,02	0,738	anova
Cu	00-20	8,4 ±7,8	5,5 ±3,3	4,3 ±3,6	4,0 ±2,6	6,7 ±7,6	0,730	K-W
	20-40	6,7 ±6,2	3,6 ±2,2	2,6 ±2,2	2,4 ±1,6	4,5 ±5,7	0,647	anova <sup>t</sup>
Fe	00-20	85,5 ±27,8	50,7 ±15,6	54,4 ±16,5	50,2 ±18,7	46,0 ±5,7	0,077	anova
	20-40	94,5 ±118,4	26,7 ±5,1	27,4 ±4,6	27,8 ±16,0	19,0 ±4,2	0,537	K-W
Mn	00-20	100,1 ±110,21	117,2 ±106,1	76,5 ±64,8	96,6 ±58,4	146,7 ±46,5	0,854	anova
	20-40	57,6 ±81,87	79,5 ±71,0	78,1 ±41,9	50,0 ±45,4	31,3 ±1,2	0,966	anova <sup>t</sup>
Zn	00-20	3,7 ±3,6	2,5 ±2,1	1,7 ±1,4	1,9 ±1,2	3,6 ±3,7	0,889	anova <sup>t</sup>
	20-40	2,3 ±2,6	1,4 ±1,4	0,6 ±0,5	0,6 ±0,4	2,3 ±3,0	0,702	K-W

ANOVA; K-W= Kruskal-Wallis; <sup>s</sup>: valor significativo ( $p < 0,05$ ); <sup>t</sup>=dados transformados ( $\log+1$  ou  $\sqrt{\cdot}$ ); M.O. ( $\text{g}/\text{dm}^3$ ); P ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ); K ( $\text{mmol}/\text{dm}^3$ ); Ca ( $\text{mmol}/\text{dm}^3$ ); Mg ( $\text{mmol}/\text{dm}^3$ ); B ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ); Cu ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ); Fe ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ); Mn ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ); Zn ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )

### 3.3.1.1 Granulometria: Areia, Silte e Argila

Entre os usos do solo, os teores médios de areia, silte e argila não foram significativos, ou seja, não há evidências de que haja diferença granulométrica, tanto na camada de profundidade superficial de 00-20 cm, quanto na camada de profundidade subsuperficial de 20-40 cm, conforme apresentados na Tabela 5. Portanto, as amostras foram coletadas em solos de textura semelhante. As variações podem ser observadas pelas Figuras 20, 21 e 22. Os teores médios dos solos estudados indicam que eles possuem textura argilosa (geralmente mais de 450g/kg), contendo aproximadamente 46% e 51% de argila nas camadas de 00-20 e 20-40cm, respectivamente.

Tabela 5 - Relação dos teores médios (g/kg) de areia, silte e argila para cada uso do solo em função da profundidade. <sup>k</sup>: Kruskal-Wallis, <sup>a</sup>: ANOVA

	Profund. (cm)	Floresta	Pasto	SAF-Cacau SI	SAF-Cacau SS	SAF-Cacau A	P-valor
areia	00-20	230,7 ±135,8	208,7 ±106,0	232,2 ±80,7	272,6 ±106,9	326,0 ±297,0	0,835 <sup>a</sup>
	20-40	205,2 ±139,7	181,7 ±101,9	199,4 ±93,5	236,8 ±96,0	284,0 ±233,3	0,866 <sup>a</sup>
silte	00-20	344,5 ±27,0	443,0 ±224,7	286,2 ±54,2	255,8 ±87,3	205,0 ±165,5	0,111 <sup>k</sup>
	20-40	325,5 ±26,1	291,7 ±63,4	259,4 ±40,8	253,4 ±77,8	197,0 ±140,0	0,237 <sup>a</sup>
argila	00-20	424,7 ±109,5	455,5 ±68,5	481,8 ±65,8	472,0 ±76,7	468,5 ±132,2	0,883 <sup>a</sup>
	20-40	469,0 ±59,1	526,2 ±59,1	541,4 ±67,4	510,2 ±69,9	519,0 ±93,3	0,836 <sup>k</sup>

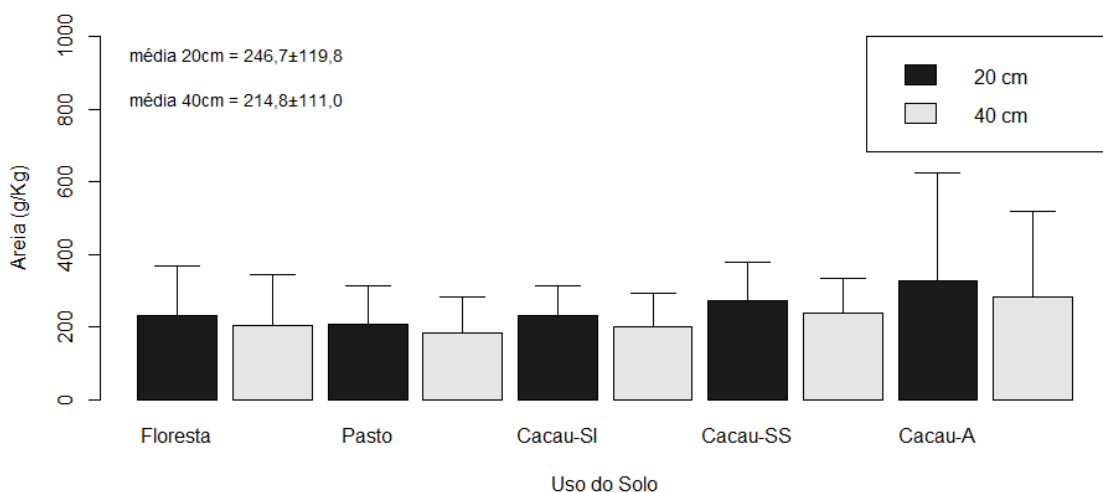


Figura 20 - Teor de areia (g/kg) em função do uso do solo para cada uma das profundidades (00-20 cm e 20-40 cm)

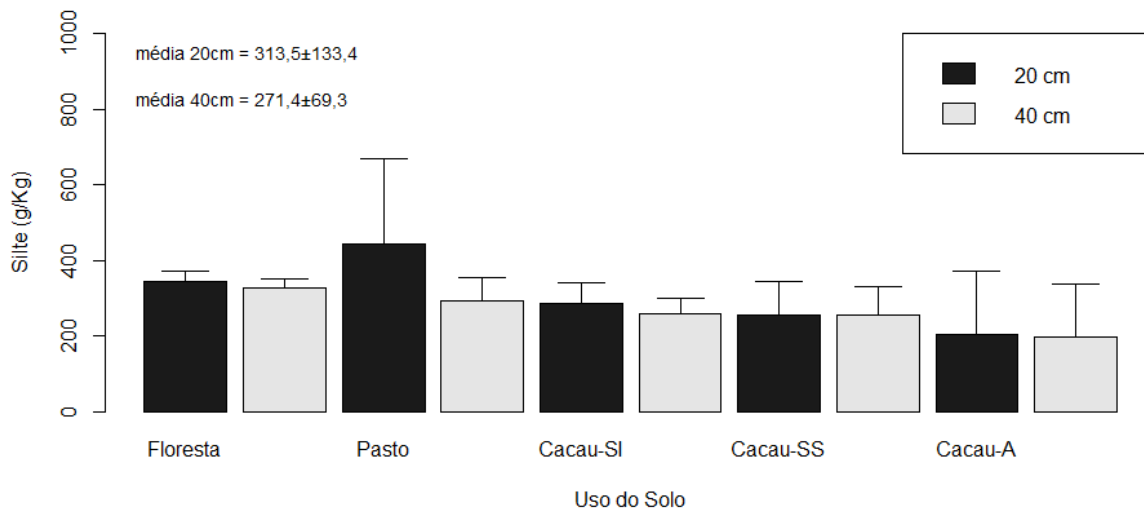


Figura 21 - Teor de silte (g/kg) em função do uso do solo para cada uma das profundidades (00-20 cm e 20-40 cm)

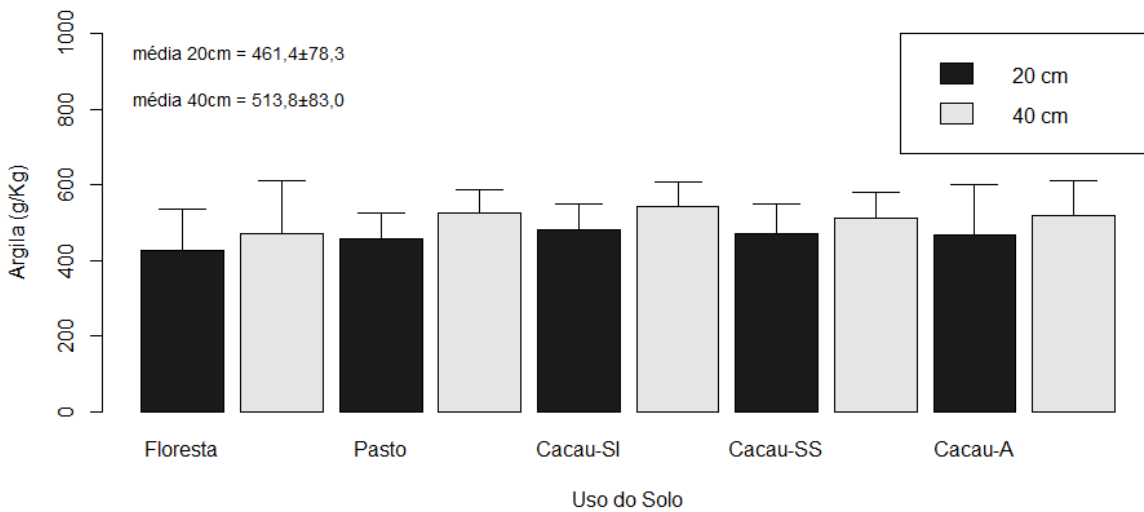


Figura 22 - Teor de argila (g/kg) em função do uso do solo para cada uma das profundidades (00-20 cm e 20-40 cm)

Magalhães et al. (1998) relataram a diferenciação da floresta amazônica em função das características morfológicas do solo e relevo, onde há redução de altura e área basal no sentido do platô, texturas mais argilosas, até as posições mais baixas e arenosas do relevo. Em 2009, Queseda et al. propuseram que a taxa de morte e recrutamento da comunidade florestal estaria relacionada com características físicas do solo. Laurance et al. (1999) sugerem que a argila, comumente associada a outros fatores químicos, pode desempenhar papel

fundamental para proporcionar maior biomassa florestal e que a conversão de florestas para pastagens pode ser prejudicial aos futuros processos sucessionais, pois tende a reduzir o teor de argila e de nutrientes. O desenvolvimento e penetração das raízes do cacau no solo depende das condições texturais, ou seja, da distribuição de areia, silte e argila, sendo esta o fator mais influente (CHEPOTE et al., 2012).

Conforme sugerido pelos autores supracitados, a diferenciação granulométrica da variação dos solos pode exercer papel fundamental na determinação das características da vegetação. No entanto, como os solos estudados nesta pesquisa apresentaram-se semelhantes do ponto de vista dos atributos físicos analisados, considero que o fator de granulometria do solo não foi responsável por possíveis diferenciações das outras variáveis, estudadas nesta pesquisa, entre os usos do solo.

### **3.3.1.2 Matéria Orgânica (M.O.)**

Considerando a profundidade de 00-20 cm, não há evidências de que os usos do solo possuam diferenças significativas de teor de M.O. ( $\text{g}/\text{dm}^3$ ) entre si ( $p$ -valor = 0,108). Na camada de 20-40 cm, o teste de Tukey indicou a diferença entre os usos do solo: Floresta e SAF-Cacau A ( $p$ -valor = 0,002); Floresta e Pasto ( $p$ -valor = 0,008) e; Floresta e SAF-Cacau SI ( $p$ -valor = 0,026). Dado que o teor de M.O. a 20-40 cm de profundidade é diferente entre Floresta e Pasto, esses resultados mostram evidências de que enquanto os SAF-Cacau SI e A podem ser considerados semelhantes ao Pasto e diferentes da Floresta, o SAF-Cacau SS já apresenta maior semelhança à Floresta, mesmo que também não se diferencie do Pasto. As variações apresentadas podem ser visualizadas na Figura 23.

O teste de hipóteses para verificar a diferença no teor de M.O. entre as profundidades foi significativo ( $p$ -valor =  $4,86\text{e-}06$ ), ou seja, há evidências de que os teores de M.O. são diferentes entre as camadas de 00-20 e 20-40 cm. Sendo que, somente no caso da Floresta essa diferença não foi constatada (ANOVA,  $p$ -valor = 0,457).

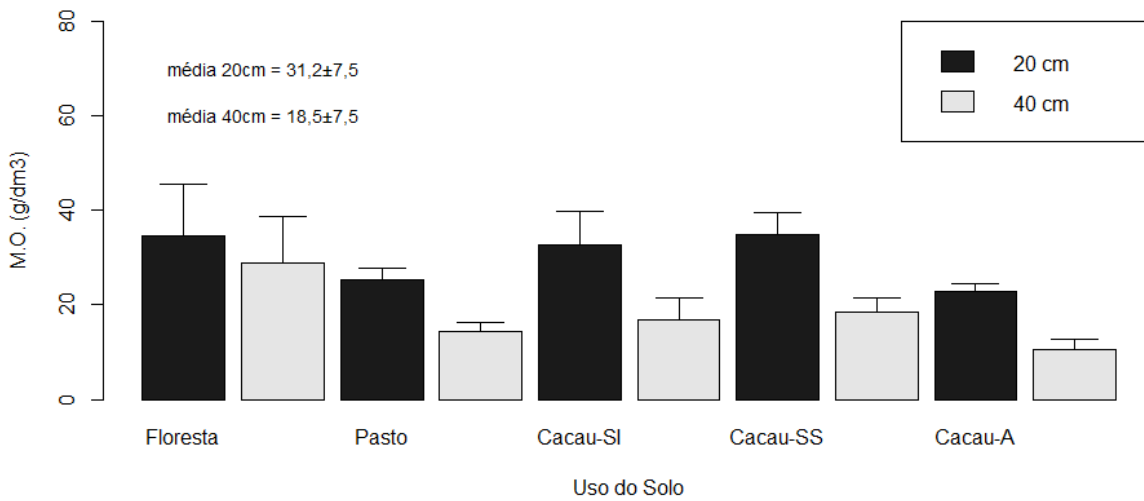


Figura 23 - Teor de matéria orgânica por uso do solo, considerando as profundidades de 00-20 e 20-40 cm

Comparativamente, na Amazônia, Buschbacher, Uhl e Serrão (1988), encontraram cerca de  $50 \text{ g/dm}^3$  de M.O., em profundidade de 00-50 cm, nas pastagens abandonadas. Considerando apenas a camada superficial do solo, 00-15 cm, eles não obtiveram diferença significativa entre pastagem abandonada e floresta. Meus resultados também não foram significativos para camada superficial, no entanto, fica evidente que a principal diferenciação do teor de M.O. está na camada de 20-40 cm de profundidade, tal que somente a Floresta manteve uma proporção semelhante entre as duas camadas. Ademais, o SAF-cacau possivelmente tem o potencial para recuperar esta característica ao longo do tempo (CORREA et al., 2006), uma vez que o teor médio de M.O. no SS pôde ser considerando similar ao da Floresta.

### 3.3.1.3 Acidez (pH)

Os valores médios de pH não obtiveram resultados significativos nos testes de hipóteses, ou seja, não há evidências de que haja diferença na acidez entre os usos do solo, tanto na camada superficial de 00-20 cm, quanto na camada subsuperficial de 20-40 cm, conforme apresentados na Tabela 4. Desse modo, verifico relativa homogeneidade de acidez do solo na região estudada, com média

geral de pH igual a 5,0. As variações apresentadas podem ser visualizadas na Figura 24.

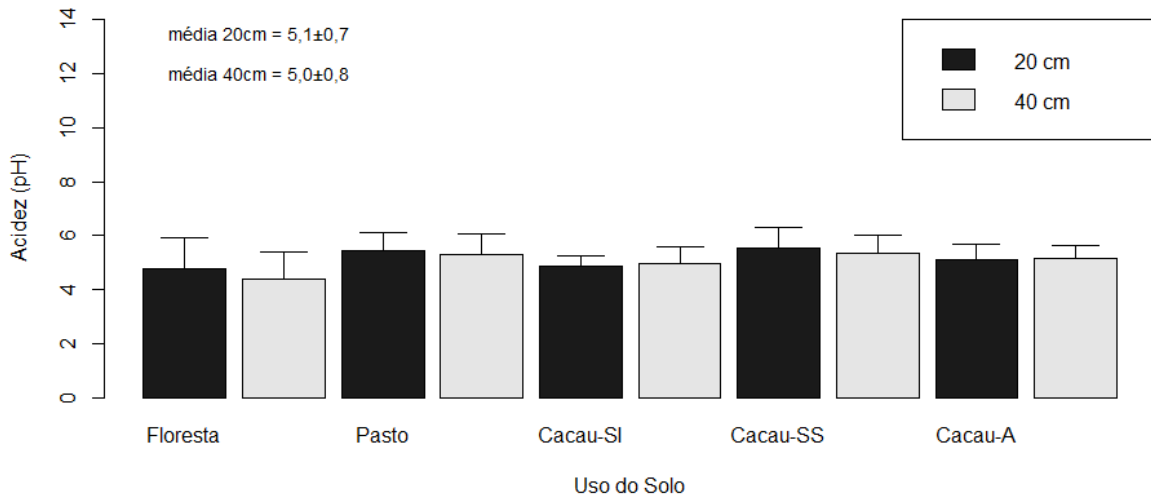


Figura 24 - Acidez do solo por uso do solo, considerando as profundidades de 00-20 e 20-40 cm

Ao realizar o teste de hipóteses para verificar a diferença na acidez do solo entre as profundidades, obtive o resultado do teste não-significativo ( $p$ -valor = 0,573), ou seja, não há evidências de diferenciação de pH entre as camadas de 00-20 e 20-40 cm. Contrariando esses resultados, Buschbacher, Uhl e Serrão (1988) encontraram diferenças ao comparar concentrações de pH de floresta madura e pastagem abandonada na Amazônia, considerando a camada superficial de 00-15 cm, sendo os valores de pH maiores nas áreas de pastagens antigas.

Para implantação de projetos de SAF-cacau para recuperação de áreas degradadas, Chepote et al. (2012) recomenda solos com pH entre 5,5 e 6,5 para o cultivo do cacau. Sendo assim, é importante atentar para a necessidade de correção da acidez a fim de garantir a eficácia do projeto e melhoria da produtividade das lavouras.

### 3.3.1.4 Macronutrientes

#### Fósforo (P)

Não obtive resultados significativos sobre valores médios de P, ou seja, não há diferença nos teores de fósforo entre os usos do solo, tanto na camada superficial de 00-20 cm, quanto na camada subsuperficial de 20-40 cm, conforme apresentados na Tabela 4. Por outro lado, o teor de P é significativamente diferente entre as profundidades estudadas, utilizando o teste de Kruskal-Wallis ( $p$ -valor =  $2.161e-06$ ). As variações apresentadas podem ser visualizadas pela Figura 25.

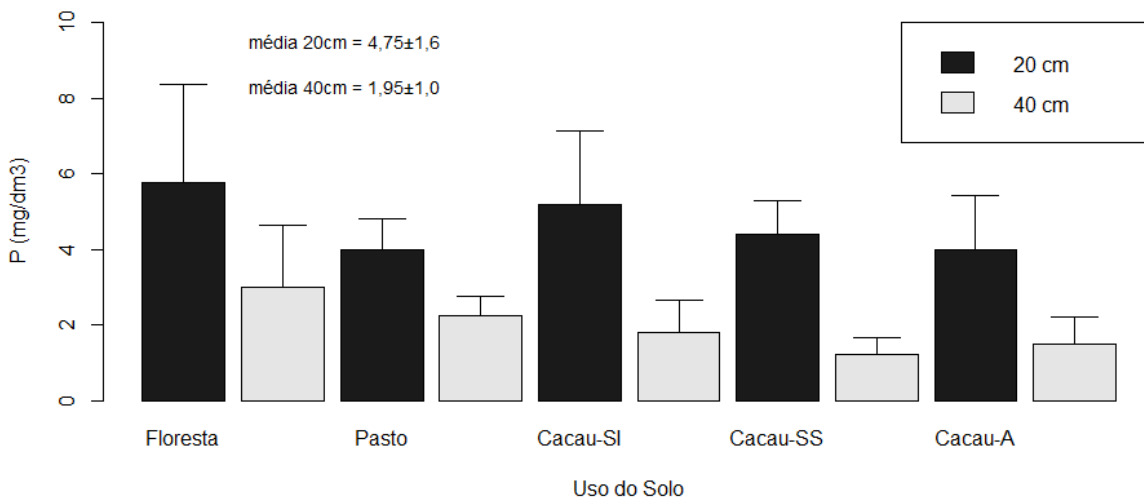


Figura 25 - Teor de fósforo (mg/dm<sup>3</sup>) por uso do solo, considerando as profundidades de 00-20 e 20-40 cm

Em consonância com o resultado deste estudo, Buschbacher, Uhl e Serrão (1988) encontraram que, na profundidade de 00-15 cm, o teor de fósforo da pastagem abandonada é semelhante ao teor da floresta. Em sua pesquisa, os teores de P variaram de 5,5 a 7,5 mg/dm<sup>3</sup>, em profundidade de 00-50 cm, e eles concluíram que pastagem abandonada com histórico de uso intenso possivelmente provoca empobrecimento significativo deste nutriente. Apesar de não haver diferença significativa entre os usos do solo, os teores médios encontrados neste presente estudo indicam a possibilidade de que, ao longo do tempo, estes podem estar proporcionando uma perda sutil de P no solo.

Quesada et al. (2009) estudaram a relação da estrutura e dinâmica florestal e as variações de fertilidade do solo, em gradiente Leste-Oeste da floresta amazônica.

Eles propuseram que o crescimento das árvores está relacionado principalmente com o fósforo disponível no solo. Tal relato é importante quando se pensa em recuperação de áreas degradadas com SAF-cacau, uma vez que, segundo Isaac e Kimaro (2011), o teor fósforo, nutriente mais limitante em SAF-cacau, sofre significativo declínio na medida em que a biomassa do cacau e das árvores de sombra aumenta.

Nesse sentido, a revisão bibliográfica de Hartemink (2005), sobre estoque e ciclagem de nutrientes em plantações de cacau, em profundidade de 00-30 cm, mostra que geralmente o acúmulo de P é relativamente baixo em agroecossistemas com cacau, e que no Brasil (Bahia) pode-se encontrar cerca de  $6 \text{ mg/dm}^3$  nessa camada. Segundo Chepote et al. (2012), o nível crítico de fósforo para a cultura do cacau seria de  $5 \text{ mg/dm}^3$  e o recomendável de  $8 \text{ mg/dm}^3$ . Sabendo que o fósforo é um elemento fundamental para divisão celular e fotossíntese (CHEPOTE et al., 2012), o teor de P (extratível) encontra-se inadequado para a cacauicultura nos solos estudados em da região de São Félix do Xingu, e que a recuperação de área degradadas com SAF-cacau deve ser planejada para aumentar a disponibilidade deste nutriente.

### **Potássio (K)**

Considerando a profundidade de 00-20 cm, os usos do solo possuem diferenças significativas de K entre si ( $p\text{-valor} = 0,039$ ). No entanto, como os dados desta variável não apresentaram distribuição normal, ao aplicar o teste de Wilcoxon e Kolmogorov-Smirnov para os usos do solo dois a dois, nenhum dos resultados foi significativo. Dessa maneira, não foi possível encontrar evidências estatísticas que especificassem quais usos do solo seriam diferentes entre si. Para auxiliar a interpretação, apresento os gráficos de caixas na Figura 26, onde é possível observar a diferenciação de K mencionada, principalmente, entre o Pasto e o SAF-Cacau A.



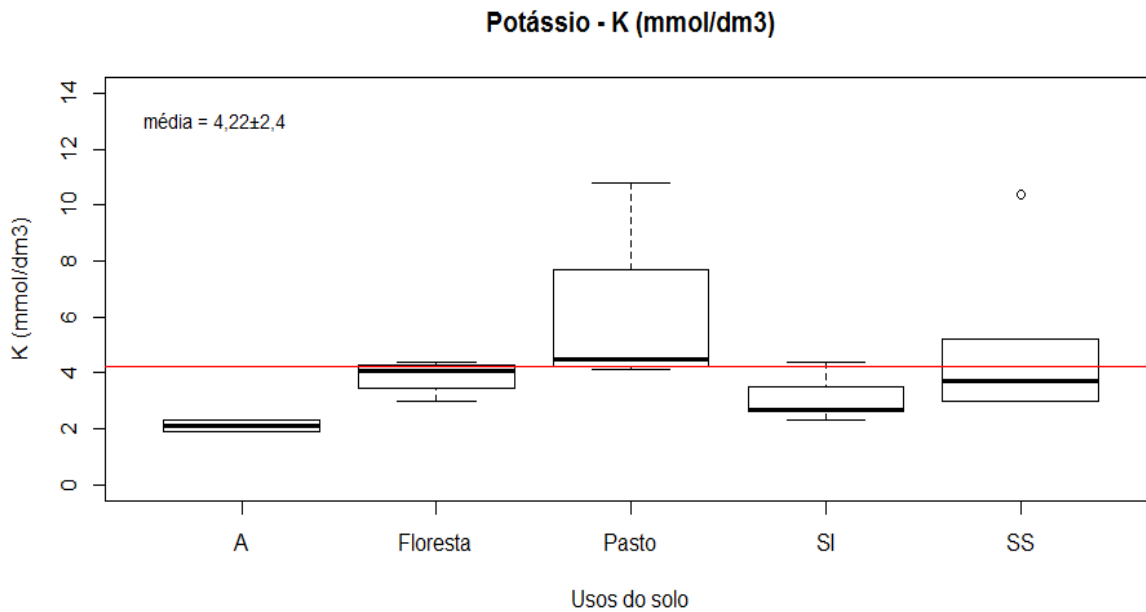


Figura 26 - Variação do teor de potássio (K) na camada 00-20 cm de profundidade, para cada uso do solo

Igualmente analisei os dados de K à 20-40 cm de profundidade, para os quais o teste de Tukey indicou diferenças significativas entre os usos do solo: Pasto e SAF-Cacau A ( $p$ -valor = 0,028) e Pasto e SAF-Cacau SI ( $p$ -valor = 0,043). Ou seja, há evidências de que o Pasto tenha teor de K maior do SAF-Cacau SI e A. Ao realizar o teste de Kruskal-Wallis ( $p$ -valor = 0,473), constatei que não existem evidências de que o teor de K seja significativamente diferente entre as profundidades estudadas. As variações apresentadas podem ser visualizadas pela Figura 28.

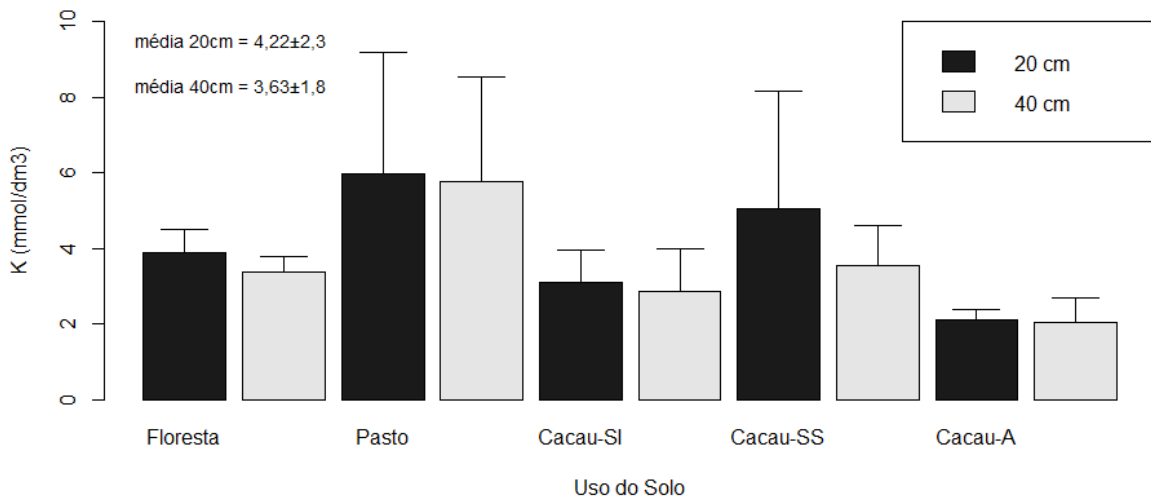


Figura 27 - Teor de potássio (K, mmol/dm<sup>3</sup>) por uso do solo, considerando as profundidades de 00-20 e 20-40 cm

Magalhães et al. (2013), em Rondônia, averiguaram que o estoque de nutrientes possui diferença entre os usos do solo (agroflorestal, silvipastoril, silvicultural, pastagem) e deles com a floresta, sob profundidade de 00-30 cm, encontrando também que o nutriente K foi o menos estocado em todos usos do solo, com variação de 0,2 a 0,6 mmol/dm<sup>3</sup>. Buschbacher, Uhl e Serrão (1988) encontraram teores de K variando de 1,3 a 2,6 mmol/dm<sup>3</sup>, em profundidade de 00-50 cm, e concluiu que pastagem de uso moderado provoca empobrecimento significativo deste nutriente. Em contradição a essas conclusões, encontrei que o Pasto é o uso do solo com maior teor de K - talvez em função do recente desmatamento ou queimadas para reforma da pastagem (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001) - e que nenhum dos usos do solo diferenciam-se significativamente da Floresta. Tratando-se de RAD em áreas de pastagem, esta pode ser uma valiosa informação, até porque, em estudo na Amazônia central, Laurance et al. (1999) apontaram uma correlação positiva entre K, em profundidade de 00-20 cm, e a biomassa florestal a cima do solo.

Pensando no uso do SAF-Cacau para recuperar essas pastagens, é importante lembrar que o potássio é o nutriente que mais se acumula nos tecidos do cacau maduro (HARTEMINK, 2005; CHEPOTE et al., 2012). Segundo Hartemink (2005), normalmente há deficiência deste nutriente em plantações de cacau e seus estoques no solo variam de 1,3 a 5,7 mmol/dm<sup>3</sup>. Chepote et al., (2012) dizem que o

teor adequado de K varia de 1 a 4 mmol/dm<sup>3</sup>. Sabendo que o potássio possui participação em todos os processos metabólicos, colaborando para reduzir a perda de água na planta (CHEPOTE et al., 2012), considero que os solos estudados possuem, no geral, teor de K adequado para os SAF-cacau. Apenas destaco que as médias do SAF-Cacau SS e principalmente do Pasto estão acima do nível indicado.

### Cálcio (Ca)

Os valores médios de Ca não foram significativos, ou seja, não há diferença nos teores de cálcio entre os usos do solo, tanto na camada de profundidade superficial de 00-20 cm, quanto na camada de profundidade subsuperficial de 20-40 cm, conforme apresentados na Tabela 4. Entre as duas camadas de profundidade estudadas, ao realizar o teste de hipóteses, teste de t (p-valor = 0,001), pude constatar evidências de que o teor de Ca apresentou-se significativamente diferente. As variações apresentadas podem ser visualizadas pela Figura 28.

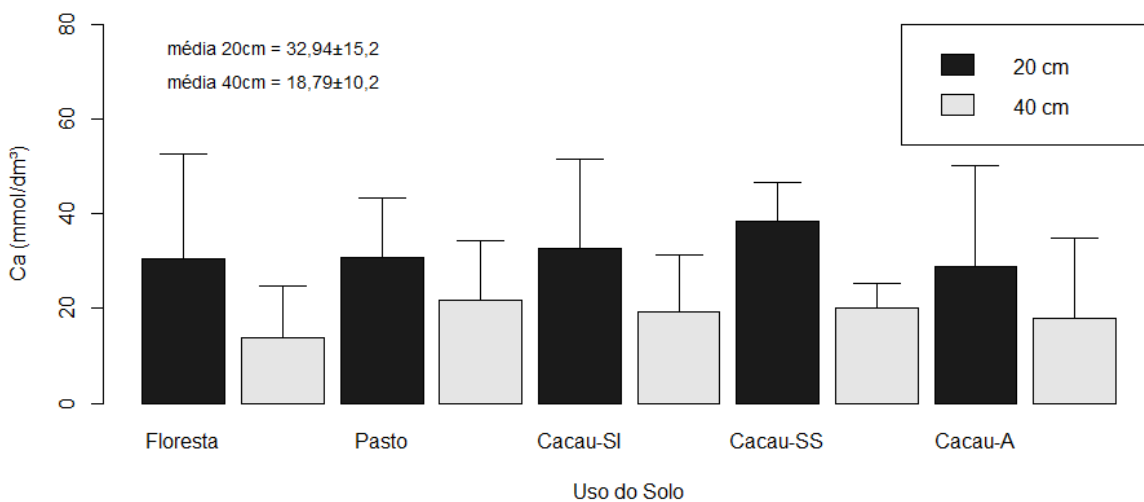


Figura 28 - Teor de cálcio (mmol/dm<sup>3</sup>) por uso do solo, considerando as profundidades de 00-20 e 20-40 cm

Magalhães et al. (2013), em Rondônia, averiguaram que o estoque de nutrientes possui diferença entre os usos do solo (agroflorestal, silvipastoril, silvicultural e pastagem) e deles com a floresta, sob profundidade de 00-30 cm, sendo que o nutriente Ca é o mais estocado em todos usos do solo, variando de 36,3 a 64,7 mmol/dm<sup>3</sup>. Para Buschbacher, Uhl e Serrao (1988), os teores de Ca

variaram de 12,5 a 25 mmol/dm<sup>3</sup>, em profundidade de 00-50 cm, e eles concluíram que pastagem de uso intenso possivelmente provoca empobrecimento significativo deste nutriente.

Nesse sentido, não constatei esse efeito ao comparar Floresta e Pasto e, portanto, o teor de Ca manteve-se estocado nos diferentes usos do solo, comparativamente entre si e tendo a Floresta como referência. Ou seja, não houve perda significativa deste nutriente. Apesar dos teores cálcio não necessitarem de recuperação, em geral, em projetos de RAD com SAF-cacau é fundamental considerar que este nutriente é essencial para o crescimento radicular, e Chepote et al. (2012) indica teores de Ca maiores do que 30 mmol/dm<sup>3</sup> para o cultivo adequado do cacau. Sendo assim, observo que os solos estudados apresentam teores de Ca adequados na camada superficial, mas deficiência na camada subsuperficial.

### **Magnésio (Mg)**

Para os valores médios de Mg não obtive resultados significativos, ou seja, não há diferença nos teores de magnésio entre os usos do solo, tanto na camada de profundidade superficial de 00-20 cm, quanto na camada de profundidade subsuperficial de 20-40 cm, conforme apresentados na Tabela 4. Entre as duas camadas de profundidade estudadas, ao realizar o teste de hipóteses, teste de t (p-valor = 0,057), não houve evidências de que o teor de Mg seja significativamente diferente. As variações apresentadas podem ser visualizadas pela Figura 29.

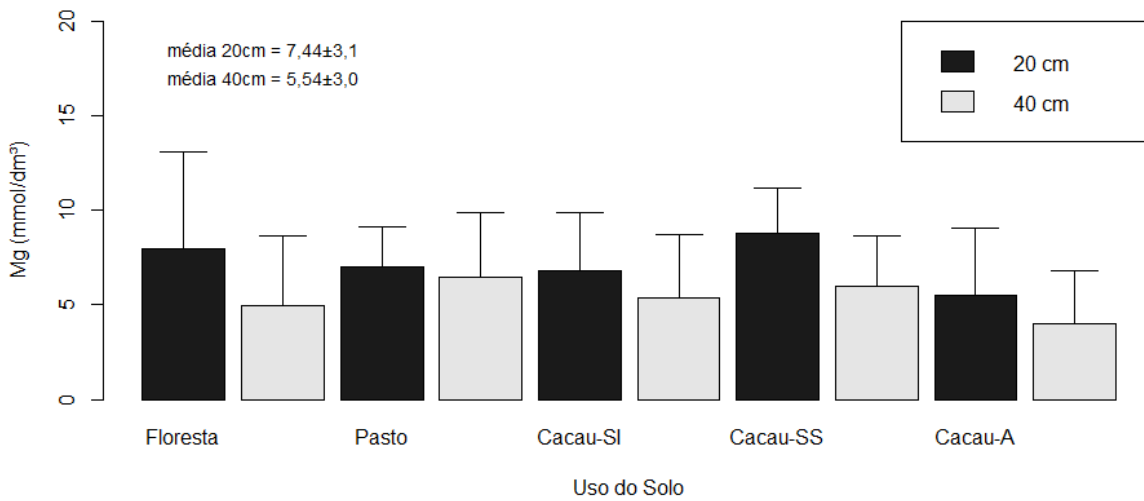


Figura 29 - Teor de magnésio ( $\text{mmol/dm}^3$ ) por uso do solo, considerando as profundidades de 00-20 e 20-40 cm

Em áreas de pastagem abandonada (3 a 8 anos), Buschbacher, Uhl e Serrão (1988) obtiveram teores similares de Mg variando de 5,5 a 7,2  $\text{mmol/dm}^3$ , em profundidade de 00-50 cm. Ao comparar com floresta madura, eles concluíram que o uso intenso de pastagens provoca o empobrecimento deste nutriente. Porém, tal empobrecimento não foi constatado nas áreas estudadas de São Félix do Xingu.

Em estudo na Amazônia central, Laurance et al. (1999) apontaram uma correlação positiva entre a base trocável de Mg, em profundidade de 00-20 cm, e a biomassa florestal a cima do solo. Sabendo que o Mg é indispensável no processo fotossintético e outras atividades metabólicas, Chepote et al. (2012) indica o teor igual ou maior do que 10  $\text{mmol/dm}^3$  para o desenvolvimento adequado do cacau. Sendo assim, apesar do Mg não expressar necessidade significativa de reposição (quando comparado à floresta) para fins de RAD com SAF-cacau, considero que os solos estudados, no geral, possuem deficiência deste nutriente.

### 3.3.1.5 Micronutrientes

#### Boro (B)

Analisando os valores médios de B não obtive resultados significativos nos testes de hipóteses, ou seja, não há evidências de que exista diferença nos teores de boro entre os usos do solo, tanto na camada superficial de 00-20 cm, quanto na

camada subsuperficial de 20-40 cm, conforme apresentados na Tabela 4. Entre as duas camadas de profundidade estudadas, o teste de t ( $p$ -valor = 0,276) indicou que o teor de B não é significativamente diferente. As variações apresentadas podem ser visualizadas pela Figura 30.

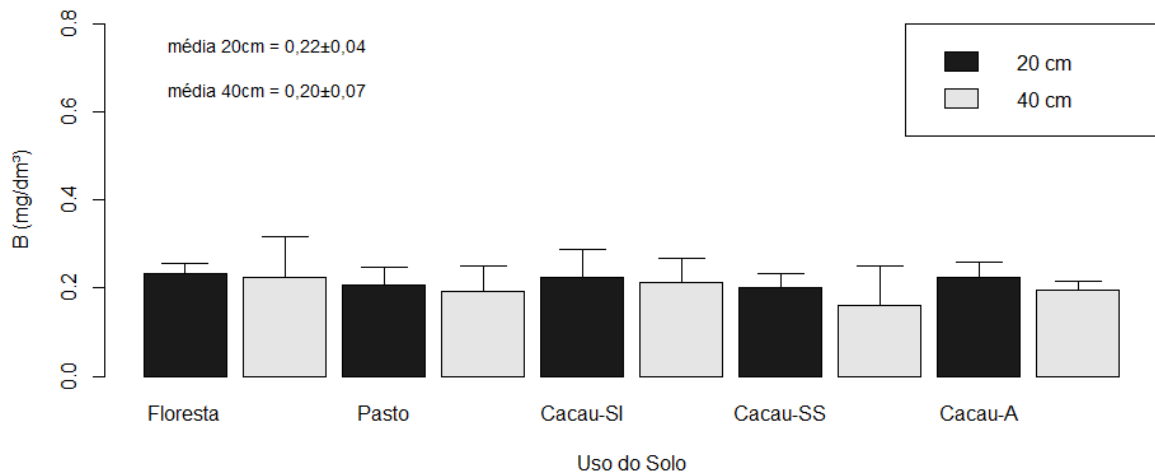


Figura 30 - Teor de boro ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) por uso do solo, considerando as profundidades de 00-20 e 20-40 cm

Mesmo que os valores entre os usos do solo sejam semelhantes, inclusive em relação à Floresta, em caso de RAD com SAF-cacau, segundo Chepote et al. (2012), consideram a faixa de 0,36 a 0,60  $\text{mg}/\text{dm}^3$  um limite intermediário de qualidade deste nutriente para culturas de cacau. A partir desta referência, os teores de B nos solos estudados encontram-se inadequados, sendo classificados como baixo. O Boro é um elemento importante para germinação do grão de pólen, formação de flores, frutos e raízes, bem como na organização dos vasos condutores das plantas (CHEPOTE et al., 2012). Para os projetos de RAD, a interpretação e correção deste nutriente deve ser cuidadosa, uma vez que a diferença entre teor adequado e tóxico é pequena (CHEPOTE et al., 2012).

### Cobre (Cu)

Os valores médios de Cu não foram significativos, ou seja, não há evidências de que exista diferença nos teores de cobre entre os usos do solo, tanto na camada de profundidade superficial de 00-20 cm, quanto na camada de profundidade

subsuperficial de 20-40 cm, conforme apresentados na Tabela 4. Entre as duas camadas de profundidade estudadas, o teste de hipóteses, Kruskal-Wallis (p-valor = 0,163), mostrou que não há evidências de que o teor de Cu seja significativamente diferente. As variações apresentadas podem ser visualizadas pela Figura 31.

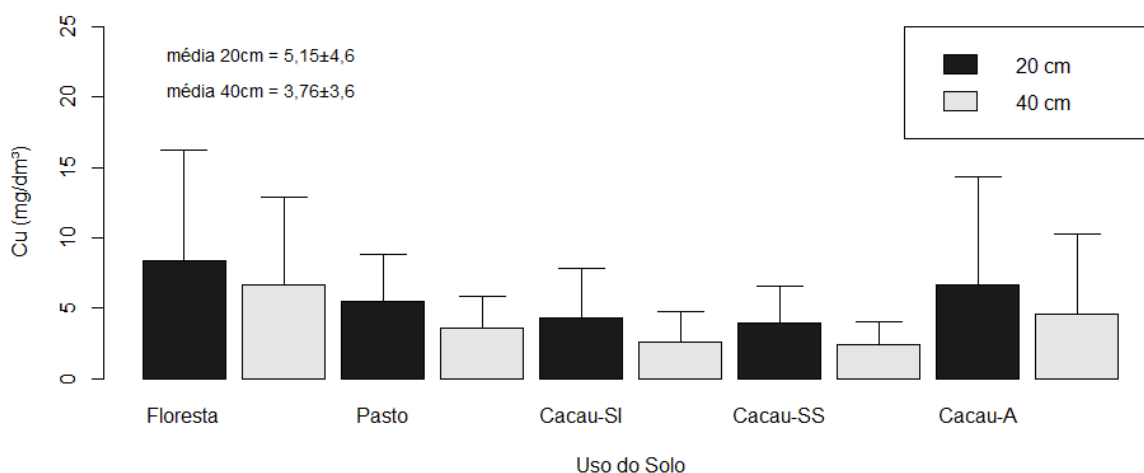


Figura 31 - Teor de cobre ( $\text{mg/dm}^3$ ) por uso do solo, considerando as profundidades de 00-20 e 20-40 cm

Sabendo que o cobre participa efetivamente em processos internos de oxidação e na respiração da planta (CHEPOTE et al., 2012) é importante ressaltar que, apesar de não haver diferença significativa entre os usos do solo, deve-se estar atento à possibilidade de futura escassez deste nutriente, pois é possível observar uma redução no teor de Cu referente aos usos do solo com relação à Floresta. Em caso de utilização de SAF-cacau para RAD, Chepote et al. (2012) considera a faixa de 0,8 a 1,2  $\text{mg/dm}^3$  um limite de qualidade intermediária deste nutriente para culturas agrícolas de cacau. A partir desta referência, verifiquei que o teor de Cu nos solos estudados pode ser classificado como muito alto ( $>1,8 \text{ mg/dm}^3$ ).

## Ferro (Fe)

Analisando os valores médios de Fe não obtive resultados significativos nos testes de hipóteses, ou seja, não há diferença nos teores de ferro entre os usos do solo, tanto na camada de profundidade superficial de 00-20 cm, quanto na camada de profundidade subsuperficial de 20-40 cm, conforme a Tabela 4. Entre as duas

camadas de profundidade estudadas, o teor de Fe também não é significativamente diferente. As variações apresentadas podem ser visualizadas na Figura 32.

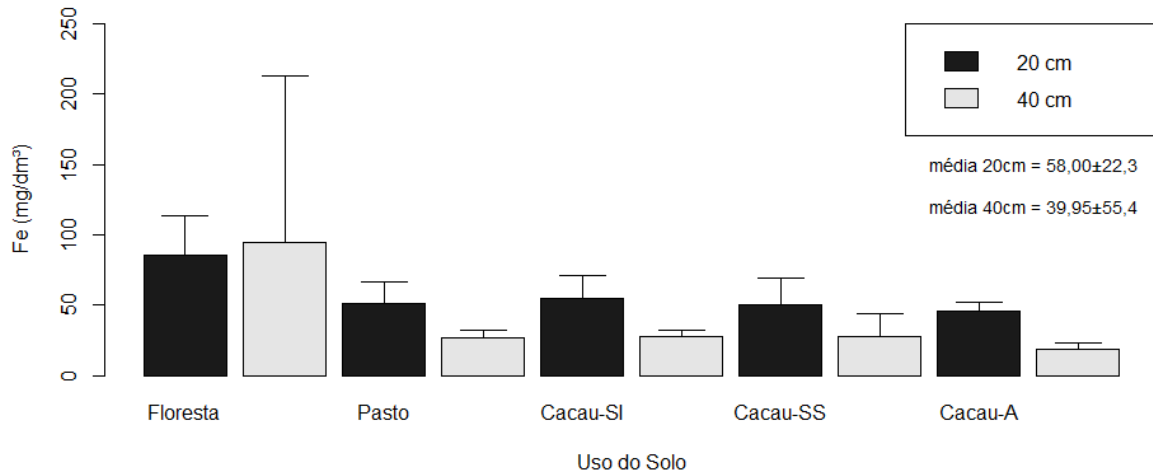


Figura 32 - Teor de ferro (Fe, mg/dm<sup>3</sup>) por uso do solo, considerando as profundidades de 00-20 e 20-40 cm

O elemento ferro está associado à síntese da clorofila e à respiração. Sua carência reduz o crescimento vegetativo (CHEPOTE et al., 2012). Chepote et al. (2012) classificam em qualidade intermediária os teores de Fe entre 19,0 e 30,0 mg/dm<sup>3</sup> para culturas agrícolas de cacau. A partir dessa referência, o teor de ferro nos solos estudados encontra-se na classificação de muito alto (>45,0 mg/dm<sup>3</sup>), sobressaindo-se nas camadas superficiais. Destaco o caso da Floresta, que apresenta valores mais elevados, representado principalmente pelo desvio padrão da camada 20-40 cm, explicada pelo fato de que duas amostras de Floresta obtiveram teores com cerca de 100 mg/dm<sup>3</sup> na camada superficial e em apenas uma delas a camada subsuperficial diagnosticou teor de Fe maior do que a camada superficial, cujo valor foi 226 mg/dm<sup>3</sup>, provocando tal discrepância aos resultados.

### Manganês (Mn)

Para os valores médios de Mn não obtive resultados significativos, ou seja, não há evidências de que exista diferença nos teores de manganês entre os usos do solo, tanto na camada de profundidade superficial de 00-20 cm, quanto na camada de profundidade subsuperficial de 20-40 cm, conforme Tabela 4. Entre as duas camadas de profundidade estudadas, ao realizar o teste de hipóteses, Kruskal-Wallis



(p-valor = 0,028), constatei evidências de que o teor de Mn é significativamente diferente. As variações apresentadas podem ser visualizadas na Figura 33.

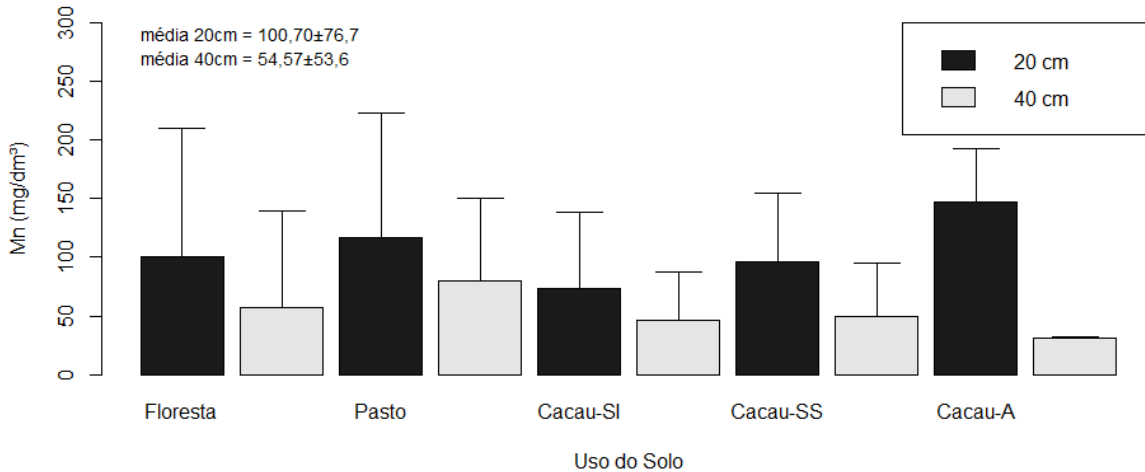


Figura 33 - Teor de manganês (Mg, mg/dm<sup>3</sup>) por uso do solo, considerando as profundidades de 00-20 e 20-40 cm

A princípio, vale considerar que, segundo Chepote et al. (2012) o manganês é um elemento que participa dos processos da respiração e do metabolismo do nitrogênio na planta, bem como é um ativador de muitas enzimas e importante na síntese de proteínas e do ácido ascórbico. Para projetos de RAD com SAF-cacau, classifica-se em qualidade muito alta os teores de Mn maiores do que 12 mg/dm<sup>3</sup> para culturas agrícolas de cacau (CHEPOTE et al., 2012).

## Zinco (Zn)

Tratando-se dos valores médios de Zn, não há evidências de diferença nos teores de zinco entre os usos do solo, tanto na camada superficial de 00-20 cm, quanto na camada subsuperficial de 20-40 cm, conforme Tabela 4. Foram analisados igualmente, os dados de Zn a 20-40 cm de profundidade, em que também obtive que os usos do solo não são diferentes entre si (p-valor = 0,7021). Entre as duas camadas de profundidade estudadas, ao realizar o teste de hipóteses, Kruskal-Wallis (p-valor = 0,028), pude constatar evidências de que o teor de Zn é

significativamente diferente. As variações apresentadas podem ser visualizadas pela Figura 34.

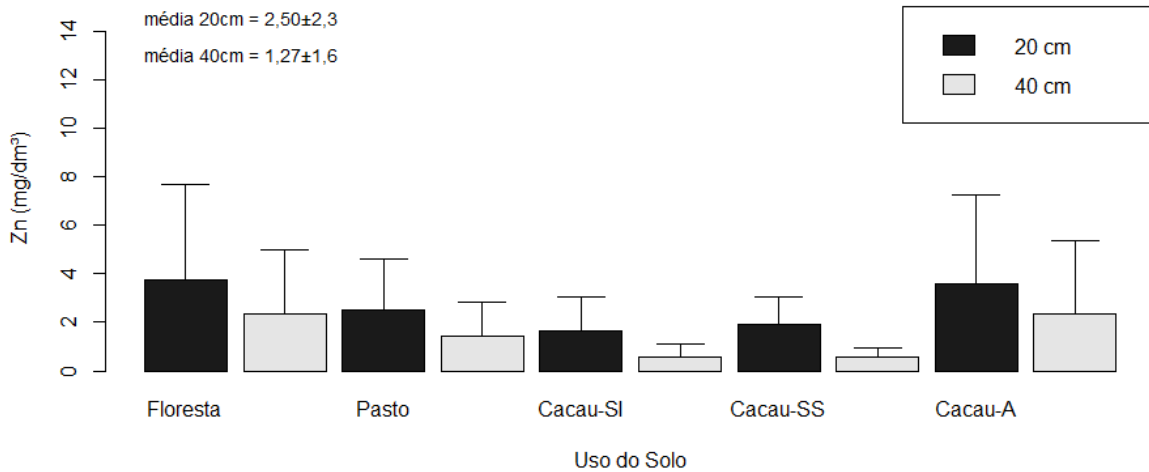


Figura 34 - Teor de zinco (Zn, mg/dm<sup>3</sup>) por uso do solo, considerando as profundidades de 00-20 e 20-40 cm

Sabendo que o zinco é indispensável para a formação do ácido indolacético (AIA), importante para o crescimento e funciona como ativador de enzimas, Chepote et al. (2012), classificam em qualidade muito alta os teores de Zn maiores que 2,2 mg/dm<sup>3</sup> para culturas agrícolas de cacau. A partir desta referência, para o uso de SAF-cacau em RAD, verifico que o teor de zinco nos solos estudados encontra-se em níveis adequados no geral. Vale considerar que, em estudo realizado na Amazônia central, considerando a profundidade de 00-20 cm, Laurance et al. (1999) apontaram uma correlação negativa entre a base trocável de Zn, e a biomassa florestal a cima do solo.

### 3.3.1.6 Indicadores e fertilidade (V%, CTC<sub>7</sub>, SB e H+Al)

Com os resultados da análise laboratorial das amostras de solo, calculei os valores médios do teor de alumínio e hidrogênio (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions ao pH 7 (CTC<sub>7</sub>) e saturação por bases (V%), para cada um dos usos do solo em função das camadas de profundidade estudadas (00-20 e 20-40 cm). A Tabela 6, a seguir, apresenta os valores obtidos.

Tabela 6 - Indicadores de fertilidade para cada uso do solo, em função das profundidades

Uso do solo	Profund.	H+Al	SB	CTC		V%	
		Média	Média	Média	DP ±	Média	DP ±
Floresta	00 - 20 cm	79,2	42,3	121,6	37,4	41,5	31,2
	20 - 40 cm	134,2	21,7	156,0	134,3	28,0	25,8
Pasto	00 - 20 cm	30,0	43,6	73,6	12,4	58,0	15,0
	20 - 40 cm	34,7	33,9	68,7	12,8	49,7	22,8
SAF-Cacau SI	00 - 20 cm	38,4	42,4	80,7	12,5	51,2	19,2
	20 - 40 cm	32,8	27,7	60,5	12,2	44,4	18,1
SAF-Cacau SS	00 - 20 cm	36,8	52,2	89,1	24,9	60,4	14,8
	20 - 40 cm	36,4	29,5	66,1	21,2	47,8	16,2
SAF-Cacau A	00 - 20 cm	31,0	36,2	67,1	20,6	50,5	21,9
	20 - 40 cm	26,5	23,7	49,9	22,7	42,0	22,6

Apliquei as análises para variável saturação por bases (V%), uma vez que ela sintetiza as outras variáveis em sua equação, demonstrando-se um importante indicador de fertilidade do solo. Considerando a camada de 00-20 cm, a análise de variâncias (p-valor = 0,708) mostrou que os usos do solo não apresentam diferenças significativas entre si. Dessa mesma maneira, analisei os dados de V% para a camada de 20-40 cm de profundidade, cujos testes também não foram significativos (ANOVA, p-valor = 0,601). Para verificar se havia diferença entre as camadas de profundidades realizei o teste de t (p-valor = 0,118), constatando que também não há diferença entre as profundidades estudadas. As variações podem ser visualizadas na Figura 35.

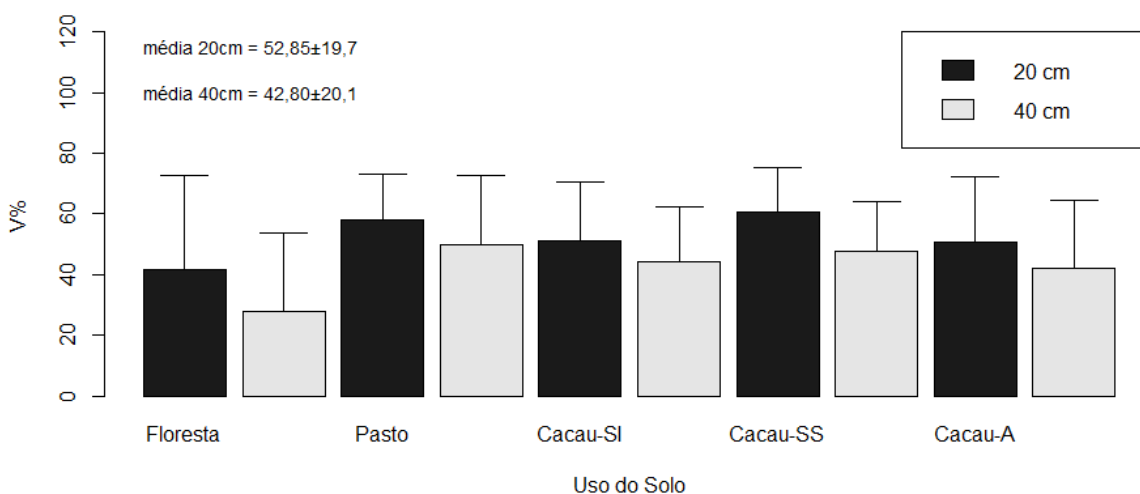


Figura 35 - Saturação por bases (V%) por uso do solo, considerando as profundidades de 00-20 e 20-40 cm

Referindo-me brevemente à CTC, os testes de hipóteses não foram significativos para nenhuma das camadas de profundidade (00-20 cm: ANOVA, p-valor = 0,052, com transformação log +1; 00-40 cm: Kruskal-Wallis, p-valor = 0,268), ou seja, não há evidências de que ela seja diferente entre os usos do solo. No entanto, o resultado da CTC foi significativo entre as profundidades (Kruskal-Wallis, p-valor = 0,012). Considerando o tipo de solo mais adequado para a cultura do cacau, Chepote et al. (2012) indica valores maiores do que  $80 \text{ mmol/dm}^3$  para a CTC e maiores que 40% para o V%.

Para uma abordagem ampla dos atributos físico-químicos, previamente analisados, dentro da temática de fertilidade do solo, sintetizo os principais resultados. Sabendo que a argila pode estar positivamente correlacionada com maior biomassa florestal (LAURANCE et al., 1999), devemos considerar que não há diferença significativa nos teores de argila entre os usos do solo, predominantemente com textura argilosa (Argissolos e Nitossolos). Entre todas as variáveis físico-químicas analisadas na camada 00-20 cm, apenas o K apresentou diferença significativa entre os usos do solo (Pasto > SAF-Cacau A). Na camada de 20-40 cm, somente o K (Pasto > SAF-Cacau SI e; A) e a M.O. (Floresta > Pasto; SAF-Cacau SI e; A) apresentaram diferenciação significativa.

Sendo assim, constato que há pouca diferenciação físico-química entre os usos do solo, podendo ser explicada pelo fato de que as áreas amostradas eram florestas em passado recente, desmatadas para o uso agropecuário, entre 6 a 18 anos atrás. Apesar disso, quando a Floresta é a referência, os valores médios de alguns atributos apresentam uma possível tendência de redução de estoque em função do uso do solo (M.O.; P; Cu; Fe; e Zn). Porém, sem haver a diferenciação significativa entre os usos, não é possível afirmar que exista a real necessidade de recuperar a fertilidade do solo. Quando o Pasto é a referência, observo o potencial de recuperação de determinados atributos edáficos pelo SAF-Cacau (M.O.; P; e Ca). Esses estoques citados precisariam ser melhor estudados ao longo do tempo.

De maneira mais expressiva, outros estudos relataram que a conversão de florestas em pastagens pode provocar sim o empobrecimento do solo, dependendo principalmente da intensidade do histórico de uso, e ser prejudicial aos futuros processos sucessionais (LAURANCE et al., 1999; BUSCHBACHER; UHL; SERRAO,

1989). Magalhães et al. (2013), em Rondônia, averiguaram que o estoque de nutrientes possui diferença significativa entre os usos do solo (agroflorestal, silvipastoril, silvicultural e pastagem) e deles com a floresta, sob profundidade de 00-30 cm.

Em condições tropicais na Nigéria, Adejuwon e Ekanade (1988) compararam propriedades edáficas entre floresta e plantação de cacau, encontrando diferenças significativas de nitrogênio total, matéria orgânica, cálcio, magnésio e CTC. Na região de Minas Gerais, Favero, Lovo e Mendonça (2008) também compararam propriedades químicas do solo entre sistema agroflorestal implantado em área degradada, pastagem e área degradada, concluindo que o sistema agroflorestal proporcionou maior dinâmica de carbono e disponibilidade de nutrientes. É válido indicar que, segundo Silva Neto et al. (2001), a ordem de extração dos nutrientes para plantas de cacau em plena produção, é:  $K > N > Ca > Mg > P > Mn > Zn$ , sendo que, os nutrientes K, Ca e N são removidos em maior quantidade pelo cacauzeiro de 50-87 meses de idade.

Considerando que outros estudos encontraram diferenças significativas entre os usos do solo e que os valores médios de algumas variáveis mostraram tendências de perda de estoque, sugiro que sejam conduzidos em São Félix do Xingu estudos com maior área amostral e com monitoramento ao longo dos anos. Também seria interessante considerar a camada de 00-10 cm de profundidade, em que as variáveis de fertilidade e M.O. poderiam expressar maiores variações entre os usos do solo. Além disso, sugiro que se inclua uma variável que expresse a compactação do solo para verificar a possível variação dos atributos físicos do solo em função do uso, buscando abranger áreas de pastagens mais antigas, categorizadas de acordo com a intensidade do histórico de uso do solo.

### **3.3.2 Aspectos Biológicos: Macroinvertebrados**

Primeiramente, utilizei todo conjunto de dados (transformados:  $\log+1$ ) para comparar as estações chamadas de verão e inverno, em que verifiquei que não há diferença significativa na densidade total de macroinvertebrados (teste t, p-valor = 0,189). Por outro lado, ao analisar os usos do solo um a um, somente pude encontrar diferença significativa entre as estações para o Pasto (Kruskal-Wallis, p-

valor = 0,010), cuja abundância de Hymenoptera foi expressiva durante o inverno. Essa variação pode ser visualizada na Figura 38.

Em contradição, outros estudos relatam diferenças marcantes entre as estações do ano, com resultados que normalmente mostram maior densidade/abundância nas estações chuvosas (BROWN; MASCHIO; FROUFE, 2009; LIMA et al., 2010). Uma possível explicação sobre a indiferença da densidade de macroinvertebrados em função das estações, pode ser dada pelas chuvas intensas durante os períodos de coleta de dados, cuja precipitação provocou enchentes atípicas (ESPINOZA et al., 2014).

Em sequência, busquei averiguar as possibilidades de diferenciação na densidade total entre os usos do solo, separando as estações. No período de verão, houve diferença entre os usos do solo (ANOVA, p-valor = 0,014, transformação: log+1), tal que a única evidência significativa surgiu entre Floresta e Pasto (Tukey HSD, p-valor = 0,006). A mesma análise feita para o inverno mostrou-me que nenhum dos usos do solo apresenta diferença significativa entre si nesta estação (ANOVA, p-valor = 0,088, transformação: log+1).

Ainda assim, observando a Figura 37, a Floresta apresenta densidades mais elevadas, tanto no verão quanto no inverno (demonstrando certo equilíbrio entre as estações), bem como as maiores variações. Considerando o verão, percebe-se um declínio brusco da Floresta para o Pasto, já no inverno esta diferença é mais sutil. Sendo assim, a densidade média de macroinvertebrados seguindo a ordem crescente de uso do solo é: SAF-Cacau SI (924,3); SAF-Cacau A (1037,3); SAF-Cacau SS (1197,9); Pasto (1543,3); Floresta (2915,3).

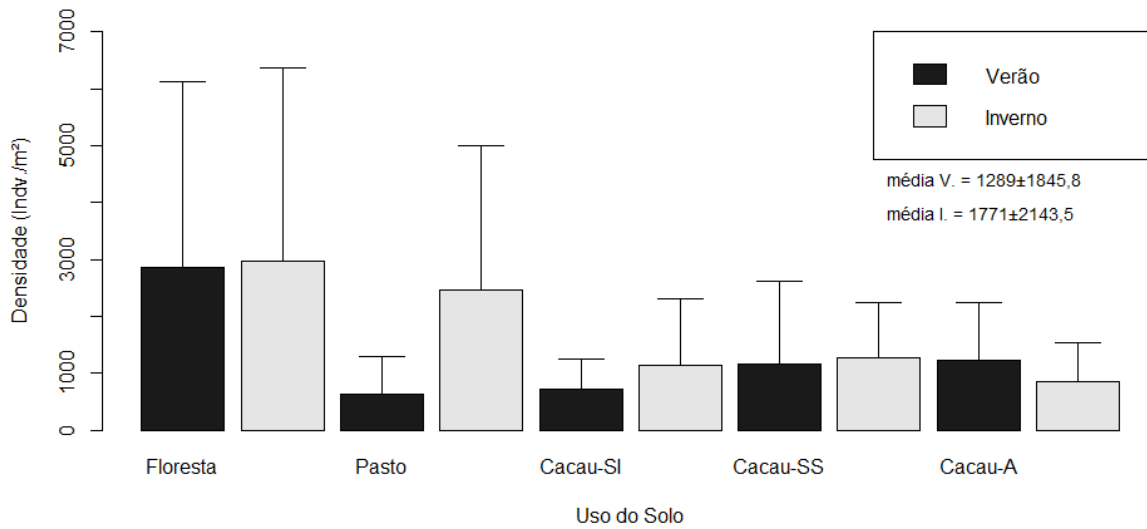


Figura 36 - Densidade média de macroinvertebrados do solo em função do uso do solo, para as estações de verão e inverno

Esses valores de densidade, e outros como de riqueza e diversidade (índices de Shannon, Simpson e Pielou), podem ser vistos nas Tabelas 7 e 8. Tratando-se da variável riqueza, observo que pouca ou nenhuma variação entre as estações de verão e inverno para os usos do solo. No entanto, em ambas as estações, pode observar a riqueza crescente no sentido: Pasto → SAF-Cacau A → SAF-Cacau SI → SAF-Cacau SS → Floresta. Vide a Figura 38.

Tabela 7 - Densidade total de macroinvertebrados (indivíduos por m<sup>2</sup>) e riqueza total de espécies, por uso do solo

Uso do Solo	Densidade (ind./m <sup>2</sup> )			Riqueza (S)		
	Verão	Inverno	MÉDIA	Verão	Inverno	TOTAL
<b>FLORESTA</b>	2866,7	2964,0	2915,3 ±454,3	20	20	22
<b>PASTO</b>	624,0	2462,7	1543,3 ±191,9	13	15	19
<b>SAF-Cacau SI</b>	713,6	1134,9	924,3 ±95,0	16	17	18
<b>SAF-Cacau SS</b>	1129,6	1266,1	1197,9 ±140,3	20	19	22
<b>SAF-Cacau A</b>	1226,7	848,0	1037,3 ±103,4	15	16	17

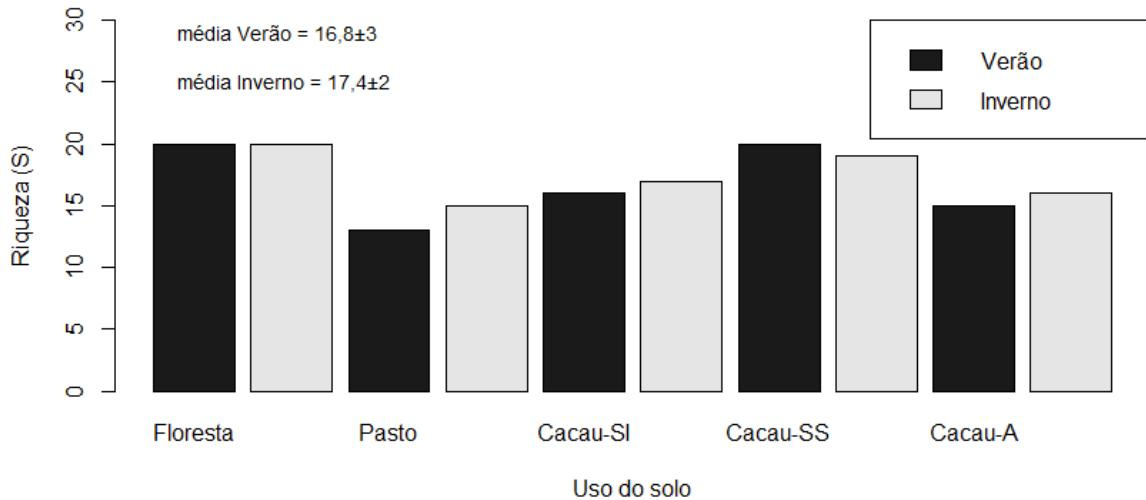


Figura 37 - Riqueza de grupos taxonômicos por uso do solo e por estação do ano (períodos de coleta)

Dentre os índices de diversidade, destaco o Índice de Shannon ( $H'$ ), um dos mais citados pela literatura científica. Para este, observo que não há grandes alterações entre verão e inverno nos usos do solo. Baseado no total, tanto o  $H'$  quanto o índice de Simpson ( $D$ ), seguem o mesmo padrão, sendo que a Floresta mostra-se com a menor diversidade, seguindo a ordem crescente: Floresta (0,79) → Pasto (1,09) → SAF-Cacau SS (1,43) → SAF-Cacau SI (1,57) → SAF-Cacau A (1,67).

Tabela 8 - Índices de diversidade e de equitabilidade para cada uso do solo e estações do ano (períodos de coleta)

Uso do Solo	Shannon ( $H'$ )			Simpson ( $D$ )			Pielou ( $J'$ )		
	Verão	Inverno	TOTAL	Verão	Inverno	TOTAL	Verão	Inverno	TOTAL
<b>FLORESTA</b>	0,56	0,93	0,79	1,26	1,86	1,55	0,19	0,31	0,25
<b>PASTO</b>	1,07	1,05	1,09	1,98	2,35	2,35	0,42	0,39	0,37
<b>SAF-Cacau SI</b>	1,72	1,38	1,57	4,02	2,59	3,31	0,62	0,49	0,54
<b>SAF-Cacau SS</b>	1,39	1,41	1,43	2,40	2,75	2,62	0,47	0,48	0,46
<b>SAF-Cacau A</b>	1,32	1,95	1,67	2,59	4,95	3,49	0,49	0,70	0,59

O índice de Pielou ( $J'$ ), que expressa a equitabilidade, ou seja, a distribuição dos indivíduos entre as espécies amostradas, explica o fato da Floresta ter apresentado menores valores de diversidade de macroinvertebrados do solo. Segundo  $J'$ , observei que a Floresta também apresenta o menor valor (0,25), o que



sugere uma distribuição desigual da densidade nos grupos taxonômicos amostrados. Dessa maneira, constatei que a amostragem da Floresta foi fortemente influenciada pelas abundantes populações de Isoptera (cupins), uma vez que estes representam 79% da densidade relativa e mais de 45% do IVI, como pode ser visto na Figura 38.

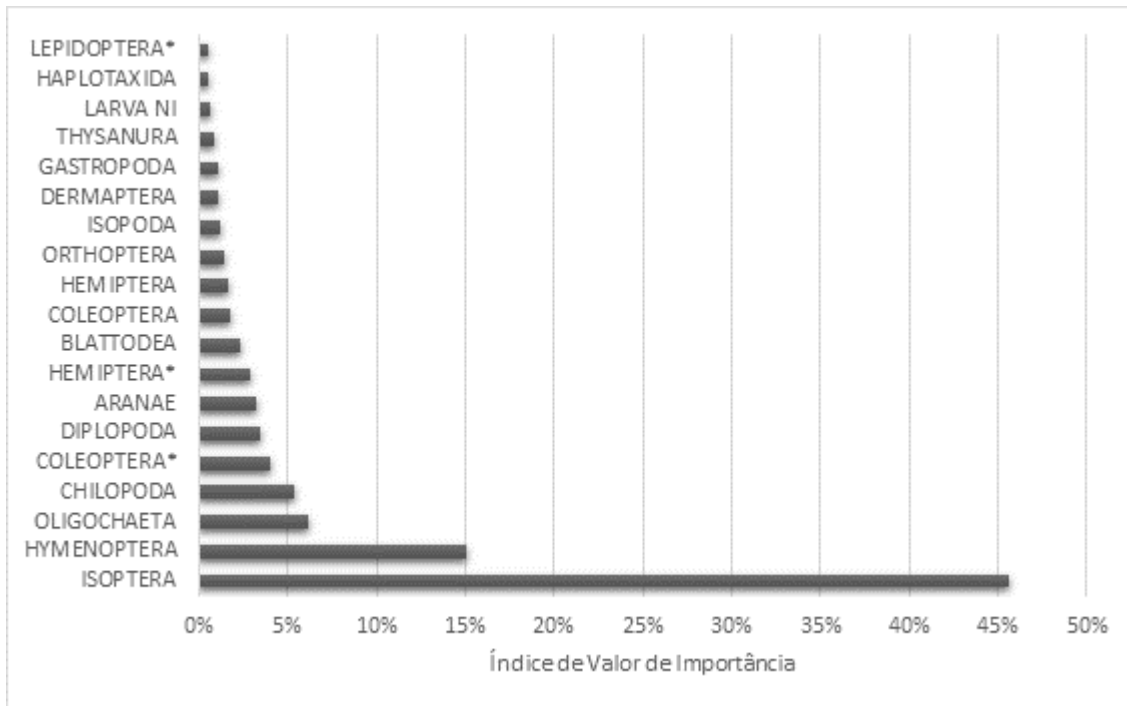


Figura 38 - Índice de Valor de Importância adaptado (%) dos grupos taxonômicos de macroinvertebrados do solo, no uso do solo Floresta. \* indivíduos imaturos, NI = Não-Identificado

O único tipo de uso do solo em que o grupo Isoptera não é predominante é o Pasto. Neste, observei uma importante distinção na composição dos grupos taxonômicos (Figura 40). Para o Pasto, o grupo Hymenoptera representa 52% da densidade relativa.

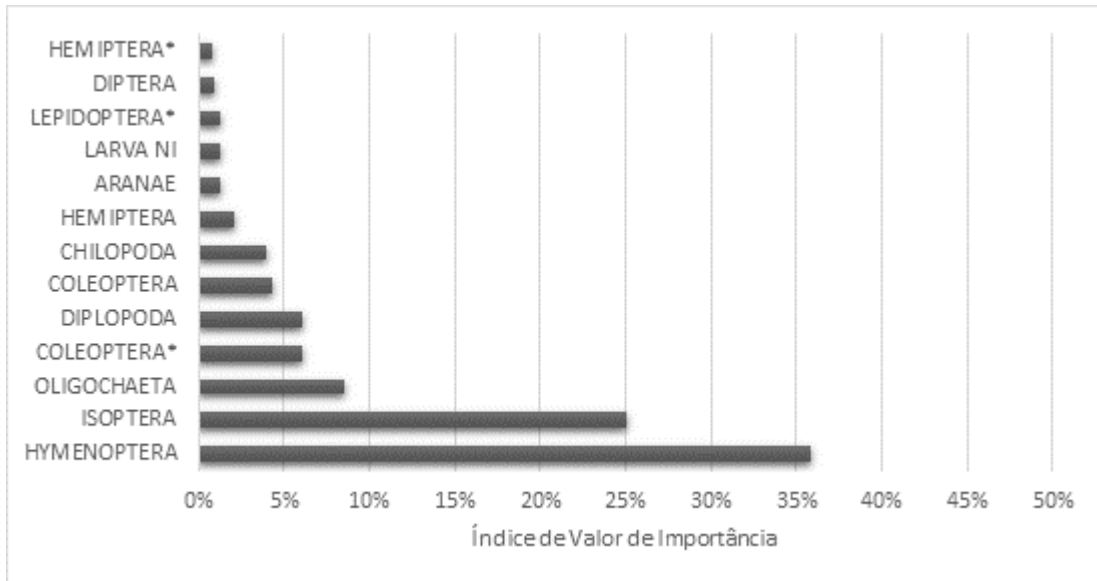


Figura 39 - Índice de Valor de Importância adaptado (%) dos grupos taxonômicos de macroinvertebrados do solo, uso do solo Pasto. \* indivíduos imaturos, NI = Não-Identificado

Para o SAF-Cacau SI (Figura 41), a densidade relativa de Isoptera é de 47% e sua composição pouco difere da composição do SAF-Cacau SS, (Figura 42), em que 56% da densidade relativa pertence aos Isoptera.

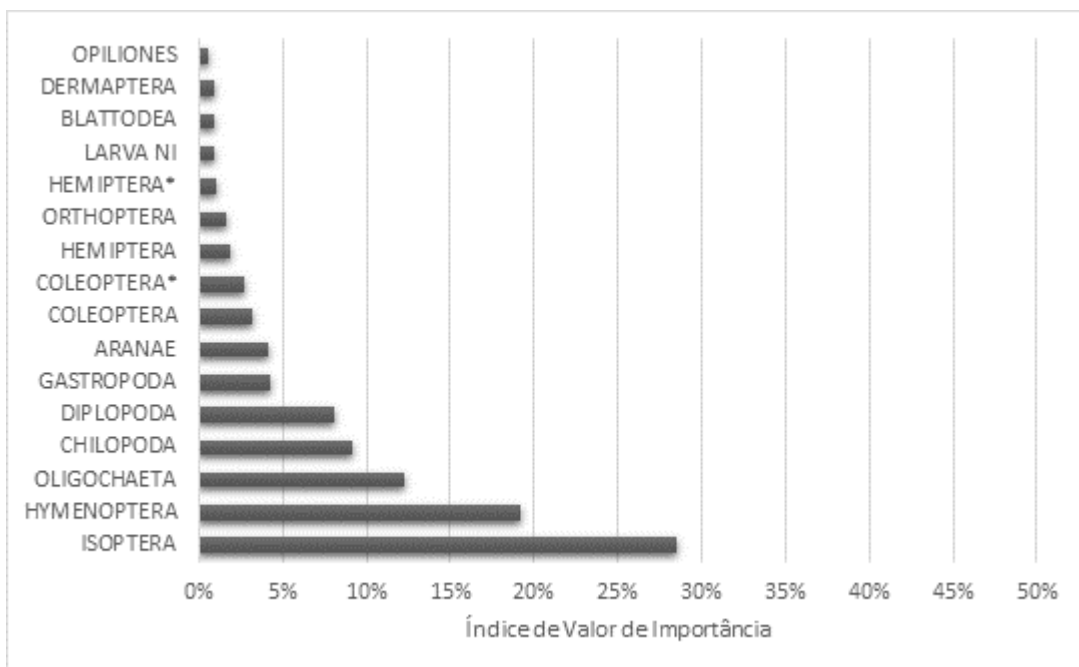


Figura 40 - Índice de Valor de Importância adaptado (%) dos grupos taxonômicos de macroinvertebrados do solo, uso do solo SAF-Cacau SI. \* indivíduos imaturos, NI = Não-Identificado

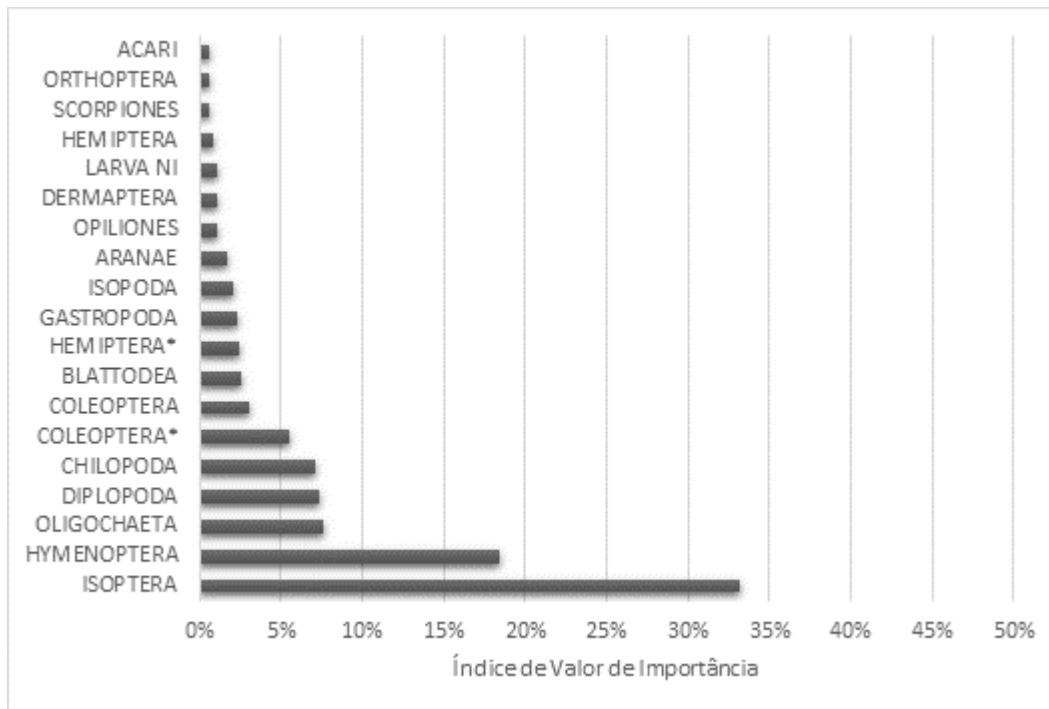


Figura 41 - Índice de Valor de Importância adaptado (%) dos grupos taxonômicos de macroinvertebrados do solo, uso do solo SAF-Cacau SS. \* indivíduos imaturos, NI = Não-Identificado

Os grupos taxonômicos mais representativos no uso do solo SAF-Cacau A, segundo o IVI (>5%), em ordem crescente são: Aranae (5%) = Coleoptera\* (5%) = Blattodea (5%) = Coleoptera (5%) < Hemiptera (6%) < Oligochaeta (10%) < Hymenoptera (22%) < Isoptera (25%). Este uso do solo apresentou a maior quantidade de grupos taxonômicos representativos, além de uma melhor equitabilidade ( $J' = 0,59$ ).

Independente do uso do solo, poucos grupos taxonômicos foram representativos (IVI>5%). Em geral apenas 5 ou 6 grupos. Desses seletos grupos, ressalto que Hymenoptera, Isoptera e Oligochaeta não só estão presentes em todos usos do solo, como também são os mais dominantes em termos de densidade populacional, sendo que os dois primeiros são sempre os mais expressivos. Diversos trabalhos registram esse padrão da biota edáfica (BARROS et al., 2003; LOURENTE et al., 2007; BROWN; MASCHIO; FROUFE, 2009), lembrando que estes três grupos são extremamente relevantes pelo seu papel como “engenheiros do ecossistema”.

Esses organismos comumente possuem relações fundamentais com as plantas de forma direta e indireta, por meio da melhoria dos atributos físicos e disponibilidade de nutrientes no solo (LAVELLE, 1997; VELASQUEZ et al., 2007;

BRUSSAARD et al., 2007; FONTE et al., 2012). As minhocas, por exemplo, contribuem para a estruturação e fertilidade do solo, e também para a produtividade vegetal, podendo ser manejadas e servindo como indicadores de saúde do agroecossistema (BROWN; MASCHIO; FROUFE, 2009). Vale lembrar que, tem-se alertado pelo desequilíbrio populacional da Oligochaeta *Pontoscolex corethrurus* (minhoca “mansa”), uma espécie nativa do Brasil, porém invasora e oportunista, principalmente em ecossistemas antropizados, como pastagens, podendo atuar de forma negativa em determinados atributos do solo (PASHNASI, 2001; BARROS et al., 2001, 2004; BROWN; MASCHIO; FROUFE, 2009).

Para fins comparativos, as informações consultadas podem ser visualizadas no Anexo C. Lima et al. (2010) compararam a densidade (ind./ha) de macroinvertebrados entre usos do solo e relataram que, independente da estação, os SAF's possuem maior abundância, riqueza e diversidade de macroinvertebrados, além de propiciar melhores características químicas do solo. Por fim, concluíram que o manejo agroflorestal também favoreceu a ocorrência de “engenheiros do ecossistema”.

No Mato Grosso do Sul, o trabalho de Lourente et al. (2007) avaliou os diferentes usos do solo e a floresta apresentou a maior riqueza de grupos taxonômicos (9 grupos), sendo os grupos mais abundantes nos seguintes usos do solo: pastagem (Isoptera); pecuária e cultivo anual (Hemiptera, Oligochaeta e Formicidae); e floresta (Coleoptera). Por fim, eles também concluíram que esses organismos não sofreram influência dos aspectos físicos do solo, e que os aspectos químicos possuem algumas propriedades que se correlacionam com a riqueza de grupos.

Brown, Maschio e Froufe (2009) não encontraram diferenças significativas ao comparar SAF's com florestas, em diferentes idades. Eles destacaram que há predomínio de Hymenoptera (32 a 70% do total) nos SAF's, principalmente os sistemas mais novos, sendo que outros grupos no geral apresentaram baixa percentagem (4 a 11%). As florestas reuniram a maior riqueza no período de chuva e os SAF's na seca, e somente nas florestas é que foram encontrados alguns grupos, como Isoptera e outros. Também observaram uma relação negativa entre a idade das florestas e a densidade de cupins ( $R^2 = 0,90$ , linear) e besouros (linear,  $R^2 = 1,0$  para larvas e  $R^2 = 0,96$  para adultos).

No Rio de Janeiro, Dias et al. (2007) relataram efeito positivo de espécies leguminosas na macrofauna do solo, principalmente Oligochaeta e larvas de Coleoptera. Barros et al. (2003) concluíram através de estudos em SAF's na Amazônia Central, que esta cobertura do solo resulta em maiores densidades de macroinvertebrados e que, dependendo da espécie vegetal, as árvores podem favorecer a densidade desses organismos, principalmente as plantas de crescimento rápido. No mesmo local, Barros et al. (2004) obtiveram predomínio dos grupos Isoptera, Hymenoptera e Oligochaeta tanto na (a) floresta como em (b) pasto de 4 anos e (c) pastos abandonados, sendo que sua densidade (ind./m<sup>2</sup>) foi respectivamente de: (a) 3.608 - 2.519 - 136; (b) 941 - 322 - 284; (c) 2.266 - 402 - 0.

Marques et al. (2014) constataram que a mata ciliar possui maior biodiversidade da macrofauna, quando comparada a café e eucalipto, em Minas Gerais. Correia (2002) apresentou revisão bibliográfica para densidade (ind./m<sup>2</sup>) de Fomicidae (Hymenoptera), Isoptera, Oligochaeta e outros macroinvertebrados em áreas de floresta, encontrando respectivamente entre: 340 a 2.394; 110 a 3.570; 0 a 288; e 1.367 a 11.342. A mesma revisão para áreas de pastagem resultou em: 186 a 2.194; 4 a 2.090; 224 a 539; e 1.064 a 2.224.

Comparando os resultados que obtive em São Félix do Xingu com a literatura consultada (Anexos C, H, I, J, K, L, como suporte para a discussão dos resultados), para ecossistemas de floresta secundária, o resultado de densidade em Floresta mostrou-se acima da média, mas ainda dentro da variação, e sua riqueza total está próxima à média. Para pastagens convencionais, o resultado de densidade em Pasto mostrou-se acima da média, mas dentro da variação, e sua riqueza total está acima da média e dentro da variação. Considerando os SAF's, o resultado de densidade em SAF-cacau mostrou-se abaixo da média, mas dentro da variação, e a riqueza total está acima da média e dentro da variação.

Cassano et al. (2009) e Cassano Barlow e Pardini (2014) expõem que os sistemas agroflorestais com cacau na Bahia (cabruca), podem contribuir tanto de maneira positiva quanto negativa na conservação da biodiversidade. No caso dos macroinvertebrados, Cassano et al. (2009) citam o exemplo da formiga *Dinoponera lucida*, espécie ameaçada de extinção, que pode ser encontrada em algumas cabucas. Em contraposição, eles citam o caso da espécie rara de formiga, *Blepharidatta sp.*, que ocorre nas florestas, mas não nas cabucas.

No contexto do uso de SAF-Cacau para RAD, vale lembrar que alguns macroinvertebrados (destacando-se os grupos: Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera e Acari) podem ser prejudiciais ao cultivo do cacau, quando em desequilíbrio populacional, principalmente na fase inicial (NAKAYAMA; ENCARNAÇÃO, 2012). Nesse sentido, considerando a diferença significativa na densidades de macroinvertebrados entre Floresta e Pasto (no verão), e que apenas no Pasto a densidade variou de maneira significativa entre as estações do ano, considero que o SAF-Cacau, assim como a Floresta, pode propiciar melhor equilíbrio dessa variável entre as estações do ano. O que indiretamente pode favorecer o controle biológico e a redução da aplicação de defensivos agrícolas (LAVELLE et al., 2006; FERNANDES et al., 2010).

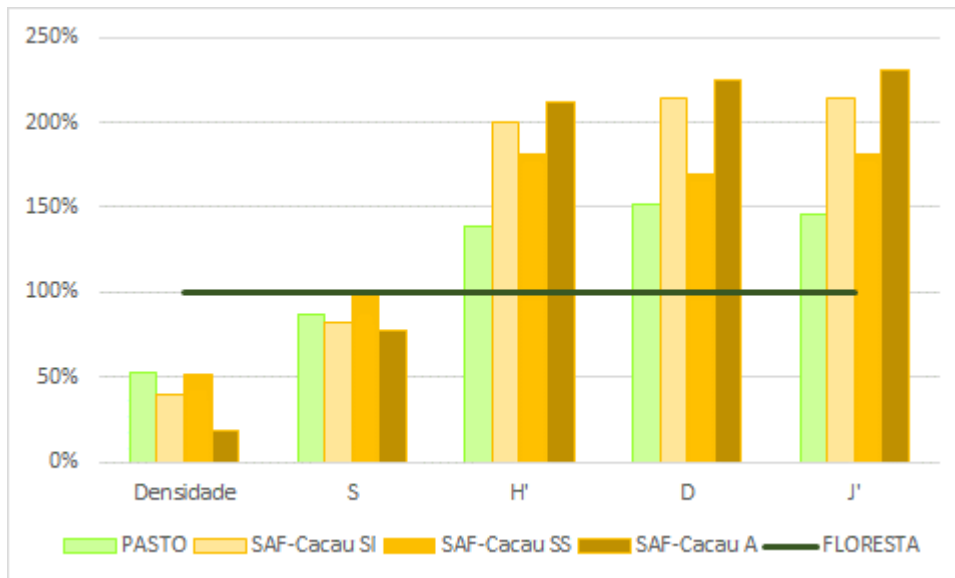


Figura 42 - Valores percentuais das variáveis estudadas em relação à Floresta, como referência

Ainda no mesmo contexto de RAD, vemos que o índice H' e J' apontam maiores diversidade e equitabilidade para os SAF-Cacau (Figura 43). Outro aspecto a ser observado pela Tabela 7, considerando as estações do ano, é a tendência de aumento da riqueza dos grupos taxonômicos, do Pasto para o SAF-Cacau atingindo igualdade com a Floresta. Por outro lado, a diferença de riqueza total do Pasto para a Floresta é de apenas 3 grupos. Os índices de diversidade e equitabilidade estão extrapolando o referencial da floresta em todos os outros usos do solo, o que pode sugerir, ao menos, uma perturbação antrópica.

Dessa forma, de acordo com outros estudos apresentados e com os resultados de macroinvertebrados desta pesquisa, sugiro maiores estudos sobre a real necessidade e sobre o potencial de recuperação desta variável no contexto regional de São Félix do Xingu, considerando amostrar usos do solo com maior idade e maior intensidade de uso.

### 3.4 Conclusões

Os solos estudados são altamente semelhantes nos aspectos físicos e em praticamente todos os aspectos químicos avaliados, não havendo diferenciação de fertilidade entre os usos do solo. O Pasto possui maiores teores de K, o que pode estar relacionado à disponibilização deste nutriente pelas recentes ações de queimadas. Apesar do SAF-cacau apresentar melhoria do aporte de M.O. na camada de 20-40 cm, a hipótese deste sistema produtivo poder recuperar completamente a fertilidade do solo não pode ser comprovada, uma vez que esta característica não foi diferente das áreas de referência nos solos estudados de São Félix do Xingu.

Com relação aos macroinvertebrados, a Floresta possui maior densidade entre os usos do solo, sendo fortemente influenciada pela abundante população de Isoptera (79%). Este grupo também é o mais abundante nos SAF-Cacau SI e SAF-Cacau SS, sendo sua densidade relativa de 47% e 56%, respectivamente. Por outro lado, o Pasto apresentou maior densidade relativa para Hymenoptera (52%). Os grupos Isoptera, Hymenoptera e Oligochaeta estão presentes e representam a maioria dos indivíduos em todos os usos do solo, possivelmente contribuindo com a melhoria dos atributos físico-químicos, em função do seu reconhecido papel como “engenheiros do ecossistema”.

A densidade total de macroinvertebrados entre as estações do ano não apresentou variação significativa. No entanto, entre os usos do solo, apenas a Floresta e o Pasto diferenciaram-se entre si, somente quando comparados no verão. Ademais, o único uso do solo influenciado pela estação do ano foi o Pasto, ou seja, sua densidade de macroinvertebrados aumentou significativamente do verão para o inverno, o que sugere que o SAF-cacau, assim como a floresta, é capaz de manter esta variável mais estável entre as estações do ano. Por fim, não é possível afirmar

a hipótese de que o SAF-cacau pode recuperar a riqueza/diversidade de grupos de macroinvertebrados do solo na região estudada, sendo recomendado maiores estudos em São Félix do Xingu.

## Referências

- ADEJUWON, J.O.; EKANADE, I-I. A comparison of soil properties under different land use types in a part of the Nigerian cocoa belt. **Catena**, Braunschweig, v. 15, p. 319-331, 1988.
- AQUINO, A.M. **Manual para coleta de macrofauna do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 24p. (Documentos, 130).
- ANDREN, O.; KIRCHMANN, H.; KATTERER, T.; MAGID, J.; PAUL, E.A.; COLEMAN, D.C. Visions of a more precise soil biology. **European Journal of Soil Science**, New York, v. 59, p. 380–390, Apr. 2008.
- ARCO-VERDE; M.F.; SILVA, I.C.; MOURÃO JÚNIRO, M. Aporte de nutrientes e produtividade de espécies arbóreas e de cultivos agrícolas em sistemas agroflorestais na Amazônia. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 11-22, jan./mar. 2009.
- BARROS, E.; CURMI, P.; HALLAIRE, V.; CHAUVEL, A.; LAVELLE, P. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. **Geoderma**, Bochum, v. 100, p. 193–213, 2001.
- BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E.C.M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macro fauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia** Leipzig, v. 47, p. 273–280, 2003.
- BARROS, E.; GRIMALD, M.; SARRASIN, M.; CHAUVEL, A.; MITJA, D.; DESJARDISN, T.; LAVELLE, P. Soil physical degradation and changes in macro faunal communities in Central Amazon. **Applied Soil Ecology**, Ames, v. 26, p. 157–168, 2004.
- BROW, G.G.; MASCHIO, W.; FROUFE, L.C.M. **Macrofauna do solo em sistemas agroflorestais e Mata Atlântica em regeneração nos municípios de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 51p.
- BRUSSAARD, L. PULLEMAN, M.M.; OUEDRAOGO, E.; MANDO, A.; SIX, J. Soil fauna and soil function in the fabric of the food web. **Pedobiologia** Leipzig, v. 50, p. 447-462, 2007.



BUSCHBACHER, R.; UHL, C.; SERRAO, A.E.S. Abandoned pastures in Eastern Amazonia. II. Nutrient stocks in the soil and vegetation. **Journal of Ecology**, Sheffield, v. 76, n. 3, p. 682-699, Sept. 1988.

CASSANO, C.R.; BARLOW, J.; PARDINI, R. Forest loss or management intensification? Identifying causes of mammal decline in cacao agroforests. **Biological Conservation**, Boston, v. 169, p. 14–22, 2014.

CASSANO, C.R.; SCHROTH, G.; FARIA, D.; DELABIE, J.H.C.; BEDE, L. Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 18, p. 577–603, 2009.

CASTILHO C.V.; MAGNUSSON, W.E.; ARAÚJO, R.N.O.; LUIZÃO, R.C.C.; LUIZÃO, F.J.; LIMA, A.P.; HIGUCHI, N. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian forest: effects of soil and topography. **Forest Ecology and Management**, New York, v. 234, p. 85–96, 2006.

CHAZDON, R.L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. **Urban and Fischer**, Berlin, v. 6, n. 1/2, p. 51–71, 2003.

CHEPOTE, R.E.; SANTANA, S.O.; ARAUJO, Q.R.; SODRÉ, G.A.; REIS, E.L.; PACHECO, R.G.; MARROCOS, P.C.; SÉRODIO, M.H.C.F.; VALLE, R.R. Aptidão agrícola e fertilidade de solos para a cultura do cacauzeiro. In: VALLE, R.R. **Ciência, tecnologia e manejo do cacauzeiro**. Brasília: CEPLAC; CEPEC; SEFIS, 2012. p. 67-114.

CORRÊA, F.L.O.; RAMOS, J.D.; GAMA-RODRIGUES, A.C. da; MULLER, M.W. Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no estado de Rondônia, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1099-1105, nov./dez. 2006.

CORREIA, M.E.F. **Relações entre a diversidade da fauna do solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. 33p. (Documentos, 156).

CORREIA, M.E.F.; OLIVEIRA, L.C.M. **Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. 30p. (Documentos, 112).

DAMASCENO, A.C.F.; GANDARA, F.B. Macrofauna edáfica em áreas restauradas com diferentes idades no pontal do Paranapanema – SP. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 6., 2005, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Mauricio Balensiefer, 2005. p. 25-33.

DAVIDSON, E.A.; CARVALHO, C.J.R.; VIEIRA, I.C.G.; FIGUEIREDO, R. de .O.; MOUTINHO, P.; ISHIDA, F.Y.; SANTOS, M.T.P.; GUERRERO, J.B.; KALIF, K.; SABÁ, R.T. Nitrogen and phosphorus limitation of biomass growth In a tropical secondary forest. **Ecological Applications**, Washington, v. 14, n. 4, p. 150–163, 2004. Supplement.

DIAS, P.F.; SOUTO, S.M.; CORREIA, M.E.F.; RODRIGUES, K.M.; FRANCO, A.A. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 38-44, mar. 2007.

DORAN, J.W.; ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, Ames, v. 15, p. 3–11, 2000.

ESPINOZA, J.C. MARENGO, J.A.; RONCHAIL, J.; CARPIO, J.M.; FLORES, L.N.; GUYOY, J.L. The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: the role of tropical subtropical South Atlantic SST gradient. **Environment Research Letters**, Bristol, v. 9, p. 102-111, 2014.

FAVERO, C.; LOVO, I.C.; MENDONÇA, E.S. recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. p.861-868, 2008.

FERNANDES, F.L.; PICANÇO, M.C.; FERNANDES, M.E. de S.; XAVIER, V.M.; MARTINS, J.C.; SILVA, V.F. Controle biológico natural de pragas e interações ecológicas com predadores e parasitóides em feijoeiro. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 26, n. 1, p. 6-14, Jan./Feb. 2010.

FERRAZ, J.B.; BASTOS, R.P.; GUIMARÃES, G.P.; REIS, T.S.; HIGUCHI, N. A floresta e o solo. In: HIGUCHI, N.; HIGUCHI, M.I.G. **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões**: uma proposta de educação ambiental. 2. ed. Manaus: Edição do Autor, 2012, p. 101-121.

FIERER, N. GRANDY, A.S.; SIX, J.; PAUL, E.A. Searching for unifying principles in soil ecology. **Soil Biology and Biochemistry**, Queensland, v. 41, p. 2249-2256, 2009.

FONTE, S.J.; QUINTERO, D.C.; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Interactive effects of plants and earthworms on the physical stabilization of soil organic matter in aggregates. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 359, p. 205–214, 2012.

GUARIGUATA, M.R.; OSTERTAG R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, New York, v. 148, p. 185-206, 2001.

HARTEMINK, A.E. nutrient stocks, nutrient cycling, and soil changes in cocoa ecosystems: a review. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 86, p. 227-253, 2005.

ISAAC, M.E; KIMARO, A.A. Diagnosis of nutrient imbalances with vector analysis in agroforestry systems. **Journal of Environmental Quality**, New York, v.40, p. 860–866, 2011.

LAURANCE, W.F. FEARNside, P.M.; LAURANCE, S.G.; DELAMONICA, P.; LOVEJOY, T.E.; MERONA, J.M.R.; CHAMBERS, J.Q.; GASCON, C. Relationship between soils and Amazon forest biomass: a landscape-scale study. **Forest Ecology and Management**, New York, v. 118, p. 127-138, 1999.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil process: adaptive strategies that determine ecosystem function. **Advances in Ecological Researches**, Berkshire, v. 27, p. 94-132, 1997.

LAVELLE, P.; DECAENS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, Braunschweig, v.42, p. 3–15, 2006.

LIMA, S.S.; AQUINO, A.M.; LEITE, L.F.C.; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p.322-331, mar. 2010.

LINS-TEIXEIRA, A.; CORAL, S.C.T.; LUIZÃO, F.J.; MORAIS, J.W.; WANDELLI, E. Macro-invertebrados do solo em capoeiras trituradas usadas como alternativa ao uso do fogo no assentamento Tarumã-mirim, Amazonas. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Ed. Dimensão, 2007. p. 3-15

LOURENTE, E.R.P.; SILVA, R.F.; SILVA, D.A.; MARCHETTI, M.E.; MERCANTE, F.M. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 17-22, 2007.

MAGALHÃES, L.M.S.; BLUM, L.W.H.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J. Relações entre o solo e a floresta no estabelecimento de unidades de paisagens florestais, na Amazônia. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, vol. 5(1), jan./dez., 1998. p.89-103.

MAGALHÃES, S.S.A.; WEBER, O.L.S.; SANTOS, C.H; VALADÃO, F.C.A. Estoque de nutrientes sob diferentes sistemas de uso do solo de Colorado do Oeste-RO. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 43, n. 1, p. 63–72, 2013.

MARQUES, D.M.; SILVA, A.B.; MOREIRA, E.A.; PINTO, G.S. Macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1588-1597, Sept./Oct. 2014.

MERLIM, A.O. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de araucária no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP**. 2005. 89 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

NAKAYAMA, K.; ENCARNAÇÃO, A.M.V. Principais pragas do cacaueteiro e seu controle. In: VALLE, R.R. **Ciência, tecnologia e manejo do cacaueteiro**. Brasília: CEPLAC; CEPEC; SEFIS, 2012. p. 67-114.

NOBRE, A.D. **O futuro climático da Amazônia**: relatório de avaliação científica. São José dos Campos: Articulação Regional Amazonica, 2014. 42p.

PASHANASI, B. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía peruana. **Folia Amazónica**, Loreto, v. 12, p. 75-97, 2001.

QUESADA, C.A.; LLOYD, J.; SCHWARS, M.; BAKER, T.R.; PHILLIPS, O.L.; PATINO, S.; CZIMSCZIK, C.; HODNETT, M.G.; HERRERA, R.; ARNETH, A.; LLOYD, G.; MALHI, Y.; DEZZEO, N.; LUIZÃO, F.J.; SANTOS, A.J.B. Regional and large-scale patterns in Amazon forest structure and function are mediated by variations in soil physical and chemical properties. **Biogeosciences Discussion**, London, v. 6, p. 3993–4057, 2009.

ROUSSEAU, G.X.; DEHEUVELS, O.; ARIAS, I.R.; SOMARRIBA, E. Indicating soil quality in cacao-based agroforestry systems and old-growth forests: the potential of soil macrofauna assemblage. **Ecological Indicators**, Kiel, v. 23, p. 535–543, 2012.

ROVEDDER, A.P.M.ALMEIDA, C.M.; ARAUJO, M.M.; TONETTO, T. de S.; SCOTTI, M.S.V. Relação solo-vegetação em remanescente da floresta estacional decidual na Região Central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 12, p. 2178-2185, dez. 2014.

SANTOS, J.; SANTOS, J. dos; SOUZA, C.A.S. de; SILVA, R.P. da; PINTO, A.C.M.; ÇIMA, A.J.N.; HIGUCHI, N. Amazônia: características e potencialidades. In: HIGUCHI, N.; HIGUCHI, M.I.G. **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental**. 2. ed. Manaus: Edição do Autor, 2012. p. 13-39.

SANTOS, R.D. dos; LEMOS, R.C. de; SANTOS, H.G. dos; KER, J.C.; ANOS, L.H.C. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: SBCS, 2005. 100 p.

SILVA NETO, P.J.S. MATOS, P.G.G.; MARTINS, A.C.S.; SILVA, A.P. **Sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira**. Belém: CEPLAC, 2001. 125p.

SWIFT, M.; BIGNELL, D. **Standard methods for assessment of soil biodiversity and land use practice**. Bogor: International Center for Research in Agroforestry, 2001. 40 p.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Berkeley: University of California Press, 1979. 14p.

VELASQUEZ A.; LAVELLE P.; ANDRADE M. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, Queensland, v. 39, p. 3066–3080, 2007.

VELASQUEZ, A.; PELOSI, C.; BRUNET, D.; RENDEIRO, A.C.; BARRIOS, E.; LAVELLE, P. This ped is my ped: visual separation and near infrared spectra allow determination of the origins of soil macroaggregates. **Pedobiologia** Leipzig, v. 51, p. 75-87, 2007.

VIEIRA, D.L.M.; HOLL, K.D.; PENEIREIRO, F.M. Agro-successional restoration as a strategy to facilitate tropical forest recovery. **Restoration Ecology**, Washington, v. 17, n. 4, p. 451–459, 2009.

## 4 RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO

### Resumo

O avanço do desmatamento na Amazônia provoca, dentre outras transformações, a degradação da vegetação nativa em termos de sua estrutura florestal e diversidade florística. Para responder a pergunta principal desta pesquisa, sobre o potencial de sistemas agroflorestais com cacau (SAF-cacau) na recuperação de áreas degradadas, utilizei áreas de pastagem (Pasto) e de floresta madura (Floresta) como referência e agrupei os SAF-Cacau em três categorias de sombreamento: sombra inicial (SI), sombra secundária (SS) e sombra abandonada (A). Para fins deste estudo, considero os aspectos da estrutura horizontal: densidade de plantas (D); área basal (G); cobertura do dossel (CD); e densidade da regeneração natural (D-RN); cobertura de gramíneas (CG). E da estrutura vertical: altura do dossel (HD); altura do cacau (HC); e estratificação (E). Além disso, também foi estimada a produtividade (P) dos SAF-Cacau. Para determinar a diversidade florística, abordei as variáveis de riqueza de morfoespécies da regeneração natural (S-RN), riqueza de espécies do sombreamento (S), diversidade ( $H'$  e D) e equitabilidade ( $J'$ ). O SAF-Cacau SI sofre forte influência da banana (*Musa sp.*) em sua estrutura e diversidade. O SAF-Cacau SS apresentou melhorias significativas com relação ao Pasto em todos os parâmetros e assemelha-se aos valores de florestas nativas maduras em quase todos, mostrando-se inferior apenas em área basal (G), altura de dossel (HD), riqueza (S) e diversidade ( $H'$ ). Todavia, a tendência dessas variáveis estruturais é crescente e o manejo adequado do sombreamento pode propiciar a melhoria dos indicadores de diversidade. Como forma alternativa de uso do solo à pecuária convencional, os SAF-cacau contribuem com a provisão de diversos serviços ambientais. Sendo assim, considero que os SAF-Cacau consistem em uma potencial ferramenta de recuperação de áreas degradadas, diante dos aspectos estruturais e de diversidade florística, em São Félix do Xingu.

Palavras-chave: SAF-cacau; RAD; Estrutura florestal; Diversidade florística; Amazônia; São Félix do Xingu – PA

### Abstract

The advance of deforestation in the Amazon causes, among other changes, the native vegetation degradation in terms of its forest structure and floristic diversity. In order to answer the main question of this research about the potential of agroforestry systems with cocoa (cocoa-SAF) in the recovery of degraded areas, taking advantages of this approach in order to better understand their differences and resemblances with grazing land (pasture) and mature forest (forest). Grouped the SAF-Cocoa three categories of shading, initial spare (SI), secondary shadow (SS) and abandoned shadow (A). In order to answer the main question of this research, about the potential of agroforestry systems with cacao (AF-cacao) in the recovery of degraded lands, I took advantage of this approach to better understand differences and resemblances with other land uses, as pasture (Pasture) and mature forest (Forest). I also grouped the AF-Cacao three shading categories, initial shade (IS), secondary shade (SS) and abandoned shade (A). For this study, I consider aspects of horizontal structure: plant density (D); basal area (G); canopy cover (CC); and density of natural regeneration (D-NR); grass cover (GC). And the vertical structure: canopy height (CH); height of cocoa (HC); and stratification (E). Moreover, it was also

estimated AF-Cacao productivity (P). To determine the floristic diversity, I discussed the morphospecies richness variables of natural regeneration (S-NR), shading species richness (S), diversity (H' and D) and evenness (J'). I found that the Cacao-AF IS suffers strong influence of banana (*Musa* sp.) in its structure and diversity. Whereas SAF-Cocoa SS showed significant improvements on all parameters when compared to Pasture, and resembles to the Forest values in almost all of them, being second only in basal area (G), canopy height (CH), specie richness (S) and diversity (H'). However, there are an increasing tendency of these structural variables and the appropriate management of shading can improve the diversity indicators. As an alternative land use form for conventional farming, it can be said that the cacao-AF contribute to provide many environmental services. Therefore, I consider that the cacao-AF consist of a potential recovery tool of degraded areas, given its forest structure and floristic diversity in Sao Felix do Xingu.

Keywords: Cacao-AF; RDL; Forest structure; Floristic diversity; Amazon; Sao Felix do Xingu - PA

#### 4.1 Introdução

Para responder à pergunta principal desta pesquisa, sobre o potencial de sistemas agroflorestais com cacau na recuperação de áreas degradadas, busquei entender as distinções e semelhanças deste agroecossistema com áreas de pastagem e de floresta madura, utilizando variáveis de estrutura florestal e a diversidade florística. Estas, são ferramentas de estudo da vegetação, amplamente utilizadas em pesquisas científicas, especialmente quando há interesse na caracterização de fitofisionomias e estudos fitossociológicos ou, por exemplo, quando se pretende estudar a dinâmica e sucessão de florestas (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001; IVANAUSKAS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2004; BREUGEL; RAMOS; BONGERS, 2006; CHAZDON, 2008a; SALOMÃO et al., 2007; PEREIRA; PINTO SOBRINHO; SILVA NETO, 2010; ALMEIDA et al., 2012; VEBROVA et al., 2014; CARIM et al., 2013; KUNZ et al., 2014).

A estrutura florestal constitui a ocupação física e espacial de um ecossistema cujo principal constituinte caracterizador é a comunidade arbórea. Para melhor compreendê-la, seus aspectos estruturais podem ser analisados sob as dimensões horizontal (ex. densidade de plantas, área basal, etc.) e vertical (ex. altura do dossel, estratificação, etc.). E a diversidade florística constitui o conhecimento específico do comportamento dessa determinada comunidade de plantas, através de parâmetros fitossociológicos. Sendo assim, de acordo com Magurran (2013), a diversidade pode ser determinada por meio da variedade e abundância de espécies.

Tanto estudos que visam meramente à descrição estrutural e fitossociológica da floresta, quanto estudos que buscam desenvolver tecnologias alternativas aplicáveis para o melhor uso do solo em sinergia com a conservação biológica, são de fundamental importância no atual contexto de degradação e avanço do desmatamento rumo ao coração da Amazônia (PORRO, 2009; STRASSBURG et al., 2014). Estima-se que até 2050 a Amazônia teria 40% de sua área total desmatada (SOARES-FILHO et al., 2006), o que poderia resultar em desastrosas alterações climáticas e na amplificação das perdas florestais (NOBRE, 2014). O desmatamento, cuja área acumulada já é de 762.979 km<sup>2</sup>, equivalente a três estados de São Paulo (NOBRE, 2014), é principalmente provocado pela pecuária, geralmente pastagens pouco produtivas, associada à abertura de estradas, ao custo da perda de uma das maiores biodiversidades do planeta (WALKER et al., 2000; ARIMA; BARRETO; BRITO, 2005; BARRETO et al., 2005; KIRBY et al., 2006; MALHI et al., 2008; RODRIGUES et al., 2009; RIVERO et al., 2009; FEARN SINDE, 2008; MITTERMEIER et al., 2011; BOWMAN et al., 2012; WALKER et al., 2013; SOUZA et al., 2013; MEIRELLES FILHO, 2014; LATAWIEC et al., 2014; STRASSBURG et al., 2014).

Como detalhado anteriormente, a restauração florestal torna-se fundamental nesse contexto e pode ser muito bem vista quando envolve a aplicação de sistemas agroflorestais (LAMB et al., 2005). Os SAF-cacau podem ser ferramentas interessantes para garantir renda ao produtor e devolver parcialmente ao ecossistema florestal suas condições de estrutura e diversidade precedentes (DEHEUVELS et al., 2012; VEBROVA et al., 2014; DEHEUVELS et al., 2014). Desse modo, os SAF-cacau exercem funções que contribuem com a conservação biológica e a proteção do solo, sendo esses aspectos consideráveis na provisão de serviços ambientais.

Considerando todas as qualificações dos SAF e da sua aplicabilidade como ferramenta de RAD em geral, qual seria o potencial dos SAF-cacau para recuperação da estrutura florestal e da diversidade florística, no contexto de São Félix do Xingu? Para esta pergunta, adotei duas hipóteses, considerando que o SAF-cacau é capaz de recuperar parcialmente: (a) a estrutura florestal; (b) a riqueza/diversidade de plantas.



## 4.2 Material e Métodos

O levantamento de dados teve enfoque nas situações de uso do solo com sistema agroflorestal com cacau (SAF-Cacau), distinguidas em três categorias de sombreamento: sombra inicial (SI), sombra secundária (SS) e sombra abandonada (A). Também amostramos situações de pastagem (Pasto) e de floresta nativa madura (Floresta) como testemunhas, vide as Figuras 3, 4, 6, 7 e 8 da primeira parte (item 2). A amostragem consistiu de: 5 amostras em SAF-Cacau SI, 5 amostras em SAF-Cacau SS, 2 amostras em SAF-Cacau A, 4 amostras em Floresta e mais 4 amostras em Pasto.

Cada amostra corresponde a uma situação de uso do solo dentro de uma determinada propriedade rural, composta por 2 parcelas de 10 x 100 metros (1.000 m<sup>2</sup>). No total foram amostrados 12 produtores e montadas 40 parcelas (24 em cacau, 8 em floresta e 8 em pasto), abrangendo uma área de 4 ha, nas regiões de Tancredo Neves e Xadá do município de São Félix do Xingu – PA. Nelas foram coletados dados referentes à estrutura florestal e à diversidade florística.

Tal amostragem incluiu a coleta das variáveis de CAP, altura do dossel, cobertura de copa, estratificação e, no caso do SAF-Cacau e Pasto, incluiu também a composição florística das espécies sombreadoras. Para a coleta das variáveis de regeneração natural, dentro dessas parcelas foram alocadas 3 sub-parcelas (2x10 m: indivíduos jovens maiores que 130 cm de altura e com CAP < 15 cm) e outras 3 sub-parcelas (2x3 m: plântulas de 30 a 130 cm de altura). Além disso, foram alocadas sistematicamente mais 3 sub-parcelas (1x1 m), no interior das sub-parcelas de 3x2 m, para a coleta da variável de cobertura do solo por gramíneas. Vide a Figura 44, a seguir.

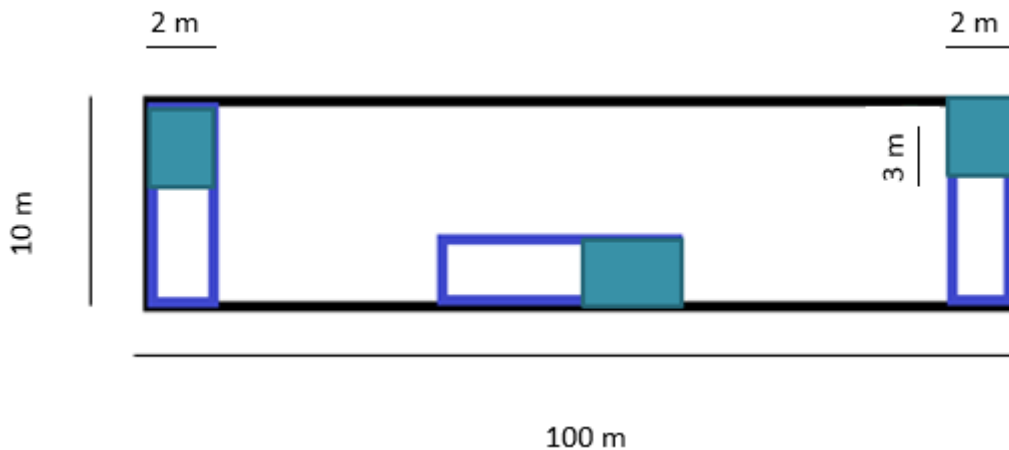


Figura 43 - Parcela (10x100m) e sub-parcelas (2x3m e 2x10m) montadas para a coleta dos dados de dinâmica florestal

As parcelas foram posicionadas de acordo com a disponibilidade do formato da área da situação de cada uso do solo em questão, não sendo possível estabelecer uma orientação prévia. Foram marcados pontos de GPS para localizar cada parcela. Em situações de floresta, por recomendação, não houve a necessidade de montar as parcelas de 10x100 m, sendo que esta coleta foi feita através de um transecto de 100 m, coletando-se os dados a uma distância de 5 m para cada lado. Conforme exemplificado pela Figura 45, a seguir.



Figura 44 - Disposição das parcelas em propriedade rural, abrangendo as três situações de estudo (SAF-cacau, Floresta e Pasto). Obs.: Imagem de satélite anterior ao plantio do talhão de cacau

#### 4.2.1 Estrutura Florestal

Para fins deste estudo, considero os aspectos da estrutura horizontal: densidade de plantas (D); área basal (G); cobertura do dossel (CD); densidade da regeneração natural (D-RN); e cobertura de gramíneas (CG). E da estrutura vertical: altura do dossel (HD); altura do cacau (HC); e estratificação (E). Além disso, também foi estimada a produtividade (P) dos SAF-Cacau. Essas são variáveis quantitativas que expressam a caracterização da estrutura florestal das situações de uso do solo em questão. A seguir apresento em detalhes as coletas de dados.

Densidade (D): expressa a quantidade de indivíduos/plantas por unidade de área (ind./ha). Para estima-la, utilizei as parcelas de 10 x 100 m e contabilizei todas as plantas de cacau (distinguidas em:  $CAP \geq 15\text{cm}$  e  $CAP < 15\text{cm}$ ), além das outras árvores e das bananas com  $CAP \geq 15\text{ cm}$ , conforme mostra a Equação 1.

$$D = N * 10 \quad (1)$$

Onde:

N = número de indivíduos de plantas em uma parcela (1.000 m<sup>2</sup>)

Área basal (G): expressa a somatória das áreas seccionais de cada indivíduo/planta por unidade de área (m<sup>2</sup>/ha). Para estima-la, utilizei as parcelas de 10 x 100 m e coletei o perímetro da circunferência da árvore na altura do peito (1,30 m) (CAP), de todas as plantas de cacau (distinguidas em:  $CAP \geq 15\text{ cm}$  e  $CAP < 15\text{ cm}$ ), além das outras árvores e das bananas com  $CAP \geq 15\text{ cm}$ . Esses valores obtidos foram transformados, conforme mostra as Equações 2 e 3, para obter G em função de cada parcela.

$$g = \frac{CAP^2}{4\pi} \quad (2)$$

$$G = \frac{\sum g_i}{10000} * 10 \quad (3)$$

Onde:

$G$  = área basal total ( $m^2/ha$ )

$g_i$  = área seccional de um indivíduo ( $cm^2$ )

CAP = circunferência à altura do peito (cm)

Cobertura do dossel (CD): foi avaliada através de métodos indiretos de estimativas em função da cobertura das copas, aplicando o método da interseção na linha, onde visualizei a projeção das copas sobre uma das linhas laterais de cada parcela de 100 metros, contabilizando o percentual de cobertura de copa. (MELO; DURIGAN, 2007; BELLOTTO et al., 2009). Para ilustrar, vide Figura 46.



Figura 45 - Representação fotográfica da diferenciação encontrada na cobertura de copa das situações de uso do solo

Altura do dossel (HD): indica o crescimento da vegetação, podendo gerar informações de dominância na competição por luz, exercendo influência na quantidade de energia radiante que atinge o sub-bosque (WRIGHT; VAN SCHAIK, 1994). O dossel foi considerado como o “teto” da vegetação florestal em questão, a mais alta camada da estratificação. A coleta de dados se deu através da estimativa visual da altura total das plantas do dossel. Em cada parcela foram verificados 5 pontos, sendo 4 nos vértices e 1 no centro, onde altura do dossel foi visualmente estimada considerando a altura total (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2006). Para as análises foi adotada a média dessas alturas por parcela.

Altura do cacau (HC): a altura total das plantas de cacau foi visualmente estimada nos mesmos pontos de coleta da HD. Para as análises foi considerada a média dessas alturas por parcela.

Estratificação: representa a subdivisão vertical da floresta em níveis aparentes de altura, podendo representar a dominância de algumas populações sobre outras na competição por luz da comunidade vegetal. Pode-se adotar quatro tipos de estratos: estrato superior, estrato médio, estrato inferior e sub-bosque. Nesse sentido, foi contado de 1 a 4 o número de estratos, para fins de caracterização.

Densidade da regeneração natural (D-RN): expressa a ocorrência da sucessão ecológica. Consideram-se as plantas que estão na fase inicial do crescimento dentro do processo de estabelecimento/recrutamento de novos indivíduos. Para a coleta dessa variável, dentro das parcelas, aloquei sistematicamente 3 sub-parcelas (10x2 m: indivíduos maiores que 130 cm de altura e com  $CAP < 15$  cm) e mais 3 sub-parcelas (3x2 m: plântulas de 30 a 130 cm de altura). Nessas sub-parcelas fiz a contagem das morfoespécies.

Cobertura de gramíneas (CG): expressa a intensidade da presença de gramíneas. Para coletar os dados da cobertura de gramíneas, no interior de parcela principal (10 x 100 m), utilizei sub-parcelas (1 x 1 m), no interior das sub-parcelas de 3x2 m, a fim de estimar visualmente o percentual de cobertura do solo por gramíneas, em 4 categorias, sendo elas: (1) 0-25%; (2) 26-50%; (3) 51-75%; (4) 76-100%.

Produção (P): foi feita uma adaptação do método utilizado pela Ceplac no Pará, para estimar as safras anuais através de contagem de frutos em diversos estágios de maturação. A Ceplac costuma amostrar apenas 5 indivíduos por amostra, pois considera que 95% das plantas que fazem parte dos plantios de cacau são híbridos conhecidos, portanto com variância mínima, através do caminhar sistematizado na lavoura.

Nesta pesquisa, em cada amostra de SAF-Cacau, subdividi a área da lavoura em três partes proporcionais e aleatoriamente amostrarei uma linha com 4 plantas de cacau em cada uma dessas partes, totalizando 12 indivíduos por amostra. Apliquei o

formulário simplificado, sugerido pela Ceplac, e fiz a checagem de campo para responder questões como: Área com cacauzeiros (ha) e número de pés produzindo; aspecto vegetativo das plantas (bom, regular e ruim); nível de infecção das plantas com a doença vassoura-de-bruxa; percentual de perdas na produção com as doenças vassoura-de-bruxa e podridão parda; produção de cacau colhida no ano anterior à pesquisa de campo. Por fim, realizei a contagem de frutos em cada árvore amostrada por estágio de maturação, sendo 5 categorias: bilros, frutos pequenos, frutos médios, frutos adultos e frutos maduros. O cálculo para estimar a produção foi feito pela Equação X, sendo descontado 10% de perdas, normalmente causadas por (podridão parda, vassoura-de-bruxa, insetos e outros estragos).

$$P_i [0,033 * \sum (MNF_{pi})] * NPha * \%P$$

Onde:

P = produção em peso de amêndoas secas por unidade de área (kg/ha).

i (1, 2, 3, 4, 5) = refere-se a cada um dos estágios do fruto.

1= bilro (< 3 cm).

2 = fruto pequeno (3 a 7 cm).

3= fruto médio (7 a 15 cm).

4 = fruto adulto (> 15 cm e verde).

5 = fruto maduro (se for o caso, deverá ser anotado a produção que já foi colhida até a tomada de dados).

0,033 = valor que converte 1 fruto em quilos de amêndoas secas (a taxa de conversão de frutos em amêndoas secas foi de 25 frutos para 1 quilograma).

$MNF_{pi}$  = média do número de frutos por planta segundo cada um de seus estágios de desenvolvimento (bilro, fruto pequeno, fruto médio, fruto adulto e fruto maduro).

$NP_{ha}$  = número de plantas por hectare.

$\%P$  = 1 - percentagem de perdas na produção.

#### 4.2.2 Diversidade Florística

Para fins deste estudo, considero diversidade florística como a variedade e abundância de espécies botânicas (MAGURRAN, 2013). Utilizada para caracterização florestal (dos elementos arbóreos, palmeiras e bananas), no que tange aspectos da regeneração natural e do sombreamento dos usos do solo em

questão, sendo aqui abordado indicadores comumente utilizados em levantamentos fitossociológicos.

*Diversidade florística do sombreamento do cacau:*

Para esta análise, os materiais botânicos foram coletados nas mesmas parcelas de 10 x 100 metros utilizadas na coleta de dados da estrutura florestal. Em função de limitações de campo não houve coleta na Floresta, apenas nos outros usos do solo (Pasto, 4 amostras; SAF-Cacau SI, 5 amostras; SAF-Cacau SS, 5 amostras; SAF-Cacau A, 2 amostras). Após a coleta, o material botânico foi identificado com nome popular, alocado entre folhas de jornal e papelão e pressionado com prensa de madeira e corda, para posterior secagem ao calor do sol e/ou ao calor gerado por lâmpadas incandescentes (quando havia energia elétrica), conforme a Figura 47. Sendo assim, a seguir apresento em detalhes os conceitos e as coletas de dados.

- Composição: espécies e famílias botânicas.
- Frequência (F): quantidade de ocorrência de determinada espécie nas parcelas amostrais.
- Frequência relativa (FR%): percentual de ocorrência de determinada espécie em relação ao total de parcelas amostradas ( $N_p$ )

$$FR = \frac{F}{N_p} * 100 \quad (4)$$

- Abundância (A): número total de indivíduos de uma determinada espécie amostrada.
- Abundância relativa (AR%): percentual obtido pela relação entre o número de indivíduos de uma determinada espécie e o número total de indivíduos de todas as espécies encontradas ( $N_{sp}$ ).

$$AR\% = \frac{A}{N_{sp}} * 100 \quad (5)$$

- Dominância relativa (DoR%): percentual obtido pela razão da área basal de cada espécie ( $G_{sp}$ ), pela área basal total de todas as espécies (G).

$$DoR = \frac{G_{sp}}{G} * 100 \quad (6)$$

- Índice valor de importância (IVI%): indicador baseado na frequência relativa (FR), abundância relativa (AR) e na dominância relativa (DoR). Para fins didáticos, ao analisar o IVI, calculei sua média para representa-lo em escala de 0 a 100% (IVI\*).

$$IVI = FR\% + AR\% + DoR\% \quad (7)$$

$$IVI^* = \frac{IVI}{3} \quad (8)$$

- Riqueza (S): número total de espécies.
- Índice de Diversidade de Shannon (H'): uma estatística de informação que tende a enfatizar o componente riqueza de espécies. É baseado no entendimento de que a diversidade pode ser calculada através da amostragem aleatória de indivíduos de uma comunidade infinitamente grande, sendo que todas as espécies seriam representadas pela amostra. Este índice costuma apresentar valores entre 1,5 a 3,5, raramente ultrapassa 4,5 para logaritmo neperiano (SHANNON; WIENER, 1949; MARGALEF, 1968; MAGURRAN, 2013).

$$H' = - \sum AR_i * \ln AR_i \quad (9)$$

- Índice de Diversidade de Simpson (D): índice ponderado pela abundância da espécie mais comum, podendo ser referido como medida de dominância ou de uniformidade. É calculado pela probabilidade de que dois indivíduos sejam da mesma espécie ao serem aleatoriamente retirados de uma comunidade (SIMPSON, 1949; MAGURRAN, 2013).

$$D = \sum \frac{A_i(A_i - 1)}{N_{sp}(N_{sp} - 1)} \quad (10)$$

- Índice de Equitabilidade de Pielou (J'): expressa a distribuição dos indivíduos entre as espécies amostradas (PIELOU, 1975).

$$J' = \frac{H'}{\ln S} \quad (11)$$





Figura 46 - Material botânico coletado, prensado e secado em campo

#### Riqueza da regeneração natural (S-RN):

Expressa a riqueza de espécies da sucessão ecológica. Consideram-se as plantas que estão na fase inicial do crescimento dentro do processo de estabelecimento/recrutamento de novos indivíduos. Para a coleta dessa variável, dentro das parcelas, aloquei sistematicamente 3 sub-parcelas (10x2 m: indivíduos maiores que 130 cm de altura e com  $CAP < 15\text{cm}$ ) e mais 3 sub-parcelas (3x2 m: plântulas de 30 a 130 cm de altura). Nessas sub-parcelas fiz a contagem das morfoespécies, como ilustra a Figura 48. Distinguindo-se a riqueza total de regenerantes apenas entre as amostras e não para todo o conjunto de amostras.



Figura 47 - Classificação de morfoespécies para regeneração natural

### 4.2.3 Análise estatística

Entendido este como um experimento inteiramente casualizado, uma vez que as áreas de estudos foram consideradas homogêneas em termos edafoclimáticos e as fitofisionomias foram agrupadas em categorias semelhantes (Floresta; Pasto; SAF-Cacau SI; SAF-Cacau SS; e SAF-Cacau A). A análise estatística dos dados consistiu em procedimentos padrões para todas as variáveis estudadas, apenas alguns detalhes foram distintos em função do comportamento dos dados e do objetivo desta pesquisa, seguindo a descrição a diante.

Primeiramente realizei a análise exploratória, gerei resumos das estatísticas descritivas, histogramas e gráficos box-plot. Em seguida, verifiquei a normalidade, através da observação do qq-plot e da confirmação dada pelo teste de Anderson-Darling, e a homogeneidade de variâncias para o conjunto de dados, aplicando o teste de Levene. Quando necessário, fiz a transformação dos dados utilizando  $\log + 1$  ou  $\sqrt{\cdot}$ .

Para o teste de hipóteses, quando atendidas as pressuposições estatísticas, apliquei o método paramétrico de análise de variâncias (ANOVA), seguido de Tukey HSD, se o resultado foi significativo ( $p < 0,05$ ). Ou quando não atendidas as pressuposições, apliquei o método de análise não-paramétrica, o teste de Kruskal-Wallis, seguido de Wilcoxon (dois a dois), se o resultado foi significativo ( $p < 0,05$ ).

Ressaltando que todos os testes desta pesquisa foram considerados ao nível de confiança de 95% ( $\alpha = 0,05$ ).

### 4.3 Resultados e Discussão

#### 4.3.1 Estrutura Florestal

Para a análise da estrutura florestal, as variáveis foram mensuradas em campo dentro de parcelas de 10 x 100 metros. Veja na Tabela 9 os resultados obtidos para cada uma das variáveis sob o aspecto comparativo entre os usos do solo considerados neste estudo. Vide Anexo B como suporte para discussão dos resultados a seguir.

Tabela 9 - Média e desvio padrão de cada uso do solo para as variáveis estudadas, bem como o respectivo resultado do teste de hipóteses (p-valor)

	Floresta	Pasto	SAF-Cacau SI	SAF-Cacau SS	SAF-Cacau A	p-valor	Teste
<b>D</b>	1007,5 ±212,9	17,5 ±28,6	1606,0 ±456,8	1085,0 ±449,1	1075,0 ±139,6	1,17e-10 <sup>s</sup>	anova
<b>G</b>	36,4 ±16,9	0,33 ±0,6	12,6 ±6,6	14,8 ±7,1	9,0 ±1,9	1,22e-05 <sup>s</sup>	K-W
<b>CD</b>	91,5 ±8,5	1,9 ±3,5	61,8 ±15,0	92,7 ±6,2	81,1 ±15,8	3,8e-06 <sup>s</sup>	K-W
<b>HD</b>	17,9 ±6,5	-	4,8 ±1,7	8,6 ±6,1	7,6 ±2,7	2,2e-16 <sup>s</sup>	K-W
<b>HC</b>	-	-	2,3 ±0,9	3,9 ±0,9	1,2 ±0,8	2,0e-16 <sup>s</sup>	anova
<b>D-RN<sup>1</sup></b>	5354,2 ±3862,1	687,5 ±985,8	1466,7 ±1529,1	5100,0 ±8657,8	4333,3 ±838,9	1,8e-02 <sup>s</sup>	anova <sup>†</sup>
<b>D-RN<sup>2</sup></b>	4666,7 ±3214,5	666,7 ±1101,9	9133,3 ±14744,9	8650,0 ±7117,8	1708,3 ±497,7	8,28e-03 <sup>s</sup>	K-W
<b>R-RN<sup>1</sup></b>	21,7 ±7,5	3,2 ±3,3	6,2 ±5,2	10,6 ±11,4	21,5 ±6,4	1,43e-02 <sup>s</sup>	anova <sup>†</sup>
<b>R-RN<sup>2</sup></b>	20,2 ±6,6	4,0 ±4,0	12,0 ±9,8	12,8 ±9,3	11,0 ±2,8	1,22e-01	anova
<b>P</b>	-	-	122,9 ±125,7	471,4 ±166,0	0,3 ±0,4	0,003 <sup>s</sup>	anova
<b>CG</b>	15,6 ±8,8	87,5 ±0,0	25,8 ±16,3	12,5 ±0,0	27,1 ±10,5	9,71e-06 <sup>s</sup>	K-W

Variáveis: D: Densidade (indv./ha); G: Área basal (m<sup>2</sup>/ha); CD: Cobertura de copa (%); HD: Altura do dossel (m); HC: Altura do cacau (m); D-RN: Densidade Regeneração Natural (indv./ha); R-RN: Riqueza Regeneração Natural (N Spp.); P: Produção (kg/ha); CG: Cobertura de gramínea (%); <sup>1</sup>: Sub-parcela 10x2m (H>1,30m); <sup>2</sup>: Sub-parcela 3x2m (H<1,30m).

Estatística: K-W: Kruskal-Wallis; anova: análise de variâncias; <sup>s</sup>: resultado significativo (p<0,05); <sup>†</sup>: dados transformados (log +1 ou  $\sqrt{\phantom{x}}$ )

## Densidade (D)

Para estimar a densidade de indivíduos (D), contabilizei todas as plantas de cacau (distinguidas em: CAP  $\geq$  15cm e CAP < 15cm) e das outras árvores com CAP  $\geq$  15 cm, incluindo as bananas, nas parcelas de 10 x 100 m. Evidentemente, encontrei que D é diferente entre os usos do solo ( $p < 0,05$ ), vide Tabelas 9 e 10.

Tabela 10 - Testes para comparação da densidade entre os usos do solo ( $\alpha=0,05$ )

<i>Uso do Solo (p-valor)</i>	Floresta	Pasto	SAF- Cacau SI	SAF- Cacau SI*	SAF- Cacau SS	SAF- Cacau A
Floresta	---	TukeyHSD	TukeyHSD	TukeyHSD	TukeyHSD	TukeyHSD
Pasto	<b>0,000</b>	---	TukeyHSD	TukeyHSD	TukeyHSD	TukeyHSD
SAF-Cacau SI	<b>0,006</b>	<b>0,000</b>	---	Teste t	TukeyHSD	TukeyHSD
SAF-Cacau SI*	0,999	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	---	TukeyHSD	TukeyHSD
SAF-Cacau SS	0,989	<b>0,000</b>	<b>0,013</b>	0,999	---	TukeyHSD
SAF-Cacau A	0,997	<b>0,000</b>	0,086	0,958	0,999	---

\* densidade calculada sem incluir a banana

O Pasto praticamente não possui densidade de árvores e quando comparado com os outros gerou resultados significativos. A Floresta possui densidade semelhante ao SAF-Cacau SS, A e SI\* (sem considerar a banana), mas significativamente menor do que o SAF-Cacau SI (considerando a banana). Ressalto que a presença da banana provoca alterações importantes de densidade, como podemos ver ao comparar o SAF-Cacau SI com o SAF-Cacau SI\*. É possível observar que os SAF-Cacau apresentam os maiores desvios padrão, e que o SAF-Cacau SI possui maior densidade. A Figura 49 a seguir, ilustra esses resultados e simula como seria se removêssemos os indivíduos de banana.

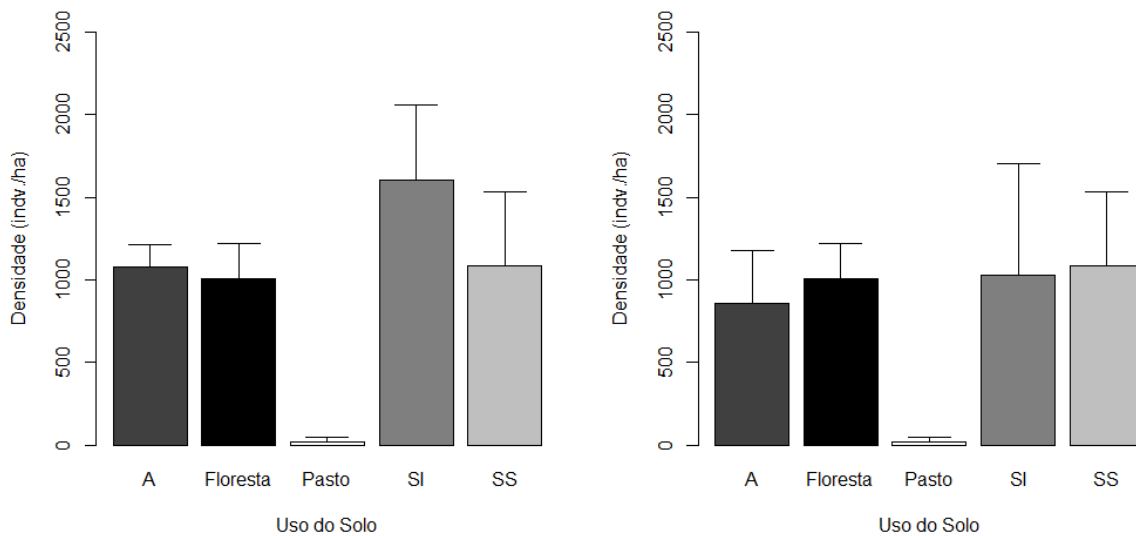


Figura 48 - Densidade de plantas (CAP  $\geq$  15cm) em função do uso do solo. Comparativo de SAF-Cacau com banana (à esquerda) e sem contabilizar as bananas (à direita)

O SAF-Cacau SS possui apenas 8% de cacau com menor circunferência, enquanto que 62% das plantas de cacau do SAF-Cacau SI possuem menor circunferência. Já o SAF-Cacau A apresentou 92% de plantas de cacau com menor circunferência. Vide Figura 50.

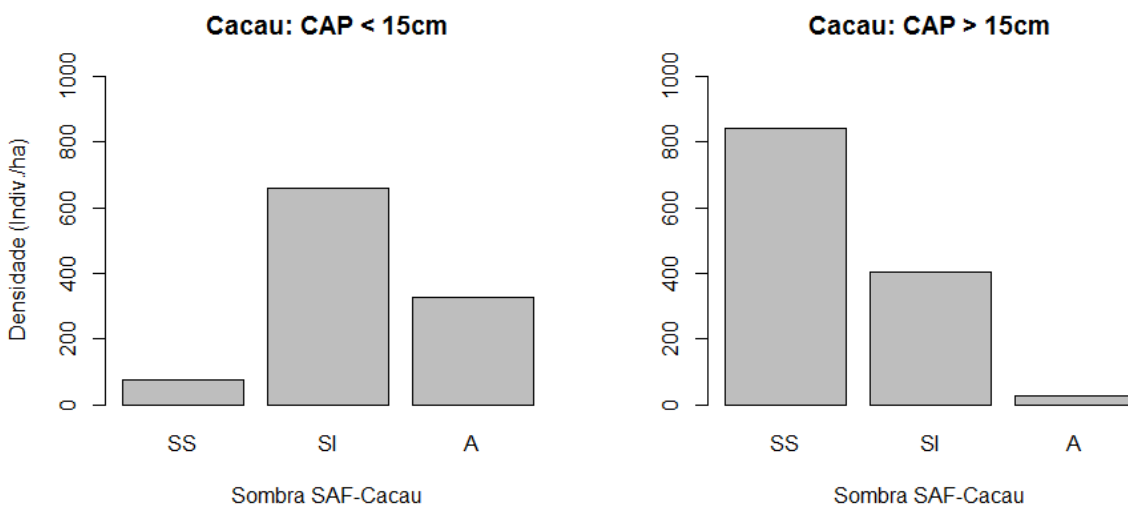


Figura 49 - Densidade do cacau, CAP < 15 cm e CAP  $\geq$  15 cm, nas categorias de sombra

A variação estrutural em florestas tropicais é comum, bem como relataram Vieira et al. (2004) ao descreverem a estrutura florestal de Oeste a Leste da Amazônia Legal. Como mostra o Anexo B, estudos que abrangem desde o norte do

Mato Grosso até o Amapá, considerando a região do leste amazônico, CAP  $\geq 31,4$  cm, relatam que a densidade média de ind./ha varia em torno de 370 a 760 (SALOMÃO et al., 1988; RIBEIRO et al., 1999; IVANAUSKAS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2004; SALOMÃO et al., 2007; ROLIM et al., 2007; PEREIRA; PINTO SOBRINHO; SILVA NETO, 2010; KUNZ et al., 2010, 2014; ALMEIDA et al., 2012; CARIM et al., 2013).

Quando considerado o CAP  $\geq 15,7$  cm, também em florestas amazônicas daquela região, a densidade média mais que duplica, variando de 1.200 a 2.000 ind./ha (IVANAUSKAS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2004; ALVINO; SILVA; RAYOL, 2005; CARIM; SCHWARTZ; SILVA, 2007; KUNZ et al., 2009). Considerando o CAP  $\geq 31,4$  cm, Salomão et al. (2007) desenvolveram levantamento fitossociológico na região da Volta Grande do Xingu, onde distinguiram quatro fitofisionomias de floresta ombrófila, sendo suas respectivas densidades: (a) floresta ombrófila densa, entre 314 a 532 ind./ha; (b) floresta ombrófila aluvial, entre 322 a 550 ind./ha; (c) floresta ombrófila aberta com palmeira, 140 ind./ha; e (d) floresta ombrófila aberta com cipós e palmeiras, entre 119 a 128 ind./ha.

Na Serra dos Carajás, Salomão et al. (1988) relataram 484 ind./ha (CAP  $\geq 30$  cm). Posteriormente, Ribeiro et al. (1999) estudaram duas áreas florestais, uma em Carajás e outra em Marabá, com CAP  $\geq 60$  cm, e obtiveram respectivamente as densidades de 132 e 128 ind./ha. Em concordância com os valores normalmente encontrados para as florestas amazônicas, obtive densidades variando de 610 a 1.310 ind./ha (CAP  $\geq 15$  cm) para as amostras em Floresta.

Para áreas de pastagens abandonadas com 25-35 anos, em Porto Rico, Aide et al. (2000) constatou densidades entre 8.000 e 10.000 ind./ha, onde o solo teve uso pouco intenso e com remanescentes florestais próximos. Esquivel et al. (2008) contabilizaram a densidade de árvores em 46 ha de pastagem na Nicarágua, identificando 40 ind./ha (CAP  $\geq 31,4$  cm). Em áreas de pastagem no Panamá, Griscom, Griscom e Ashton (2009) relataram que a presença do gado e a aplicação de herbicida possuem efeito negativo na densidade de árvores com CAP  $\geq 18,8$  cm, sendo encontrado pouco menos de 20 ind./ha. Este valor se assemelha com o observado em São Félix do Xingu (17,5 ind./ha).

Assim como o padrão encontrado em São Félix do Xingu, Smiley e Kroschel (2008) descreveram a densidade de cacau nas agroflorestas da Indonésia com 1.111 ind./ha, em espaçamento 3 x 3 m. Esse modelo de espaçamento é

recomendado pela CEPLAC na Amazônia (SILVA NETO et al., 2001). Somarriba et al. (2013) encontraram baixa densidade média de cacau,  $548 \pm 192$  ind./ha, na América Central. Para as árvores de sombra, Beer et al. (1990) relatou que a densidade em SAF-cacau ou café na América Central, geralmente, varia de 100 a 300 ind./ha. No âmbito dos SAF's, na Mata Atlântica do Estado de São Paulo estudos registraram densidades totais de 1.500 ind./ha, quando  $CAP \geq 15$  cm (FROUFE; SEOANE, 2011) e 7.500 ind./ha, quando contabilizadas todas as plantas (STEENBOCK et al., 2013).

Em condições similares de SAF, na Amazônia peruana, Vebrova et al. (2014) compararam as densidades ( $CAP \geq 30$  cm) de árvores de sombra em SAF-cacau (20 fazendas, 4 a 12 anos) com floresta secundária (5 remanescentes, 10 a 15 anos) e primária (5 remanescentes), obtendo densidade do SAF-cacau significativamente menor do que as referências florestais, respectivamente de 204,8, 406,4 e 502,4 ind./ha. Santos et al. (2004) levantaram dados estruturais de sete sistemas SAF-cacau, com aproximadamente 12 anos, em várzeas no Pará, encontrando densidades de 2.040 a 3.536 ind./ha ( $CAP \geq 10$  cm).

Segundo a Ceplac (SILVA NETO et al., 2001) e os diversos modelos agroflorestais apresentados por Muller e Gama-Rodrigues (2012) e por Lobão et al. (2012), recomenda-se que o cacau seja implantado com densidade de 450-1111 ind./ha e as árvores de sombra de 17-473 ind./ha. Essa ampla variação relatada ocorre de acordo com a recomendação de cada SAF. Considerando os SAF-Cacau SS, cuja densidade já está melhor estabelecida, encontrei o cacau variando de 240 a 1.220 ind./ha e as árvores de sombra de 80 a 640 ind./ha, sendo a média total de 1.395 ind./ha. Tais valores concordam com os estudos anteriores e, por fim, referenciando à densidade média de apenas 17,5 ind./ha em Pasto, identifiquei que o SAF-Cacau pode ser uma útil ferramenta para recuperação da densidade de plantas em áreas degradadas.

### **Área Basal (G)**

Para cada parcela (10 x 100 m) obtive a área basal (G) de todas as plantas de cacau (distinguindo  $CAP \geq 15$ cm e  $CAP < 15$ cm) e das outras árvores com  $CAP \geq 15$  cm, incluindo a banana. Encontrei evidências de que G é diferente entre os usos do

solo ( $p < 0,05$ ). A seguir, na Tabela 11, apresento o resultado dos testes aplicados dois a dois.

Tabela 11 - Testes para comparação da área basal entre os usos do solo ( $\alpha = 0,05$ )

Uso do Solo (p-valor)	Floresta	Pasto	SAF-Cacau SI	SAF-Cacau SI*	SAF-Cacau SS	SAF-Cacau A
Floresta	---	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon
Pasto	<b>0,001</b>	---	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon
SAF-Cacau SI	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	---	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon
SAF-Cacau SI*	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>	<b>0,021</b>	---	Wilcoxon	Wilcoxon
SAF-Cacau SS	<b>0,003</b>	<b>0,000</b>	0,481	<b>0,005</b>	---	Wilcoxon
SAF-Cacau A	<b>0,004</b>	<b>0,007</b>	0,453	0,240	0,142	---

\* Sombra Inicial sem considerar a área basal da banana.

Não há evidências de que as áreas basais dos SAF-Cacau sejam diferentes entre si. No entanto, ao remover a banana obtive resultado significativo, o que ressalta a diferenciação provocada pela banana na área basal do sistema agroflorestal. No SAF-Cacau-SI, posso observar que quase metade da área basal corresponde às plantas de banana, uma vez que, ao remover este componente da análise, a média e desvio padrão caem para  $5,7 \pm 3,5$ , o que representa cerca de 45% da sua área basal total. Evidentemente, ocorre aumento de biomassa do SAF-Cacau SI para o SAF-Cacau SS, uma vez que a banana pouco se expressa em biomassa, vide Figura 51.

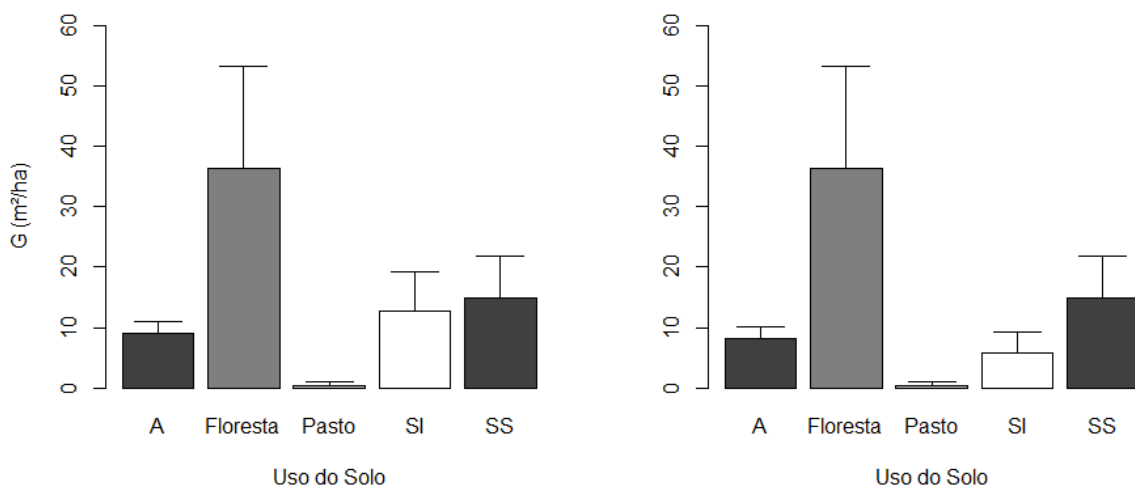


Figura 50 - Área Basal média por uso do solo, comparativo entre SAF-Cacau SI com banana (à esquerda) e SAF-Cacau SI sem banana (à direita)



Por fim, em comparação da área basal das plantas de cacau, Figura 52, podemos visualizar a diferença entre os tipos de sombra. Em termos de proporção de área basal no sistema agroflorestal (considerando somente os CAP  $\geq 15$  cm), o cacau representa 55%, 16%, 7% e apenas 1% para os SAF-Cacau SS, SI sem banana, SI com banana e A, respectivamente.

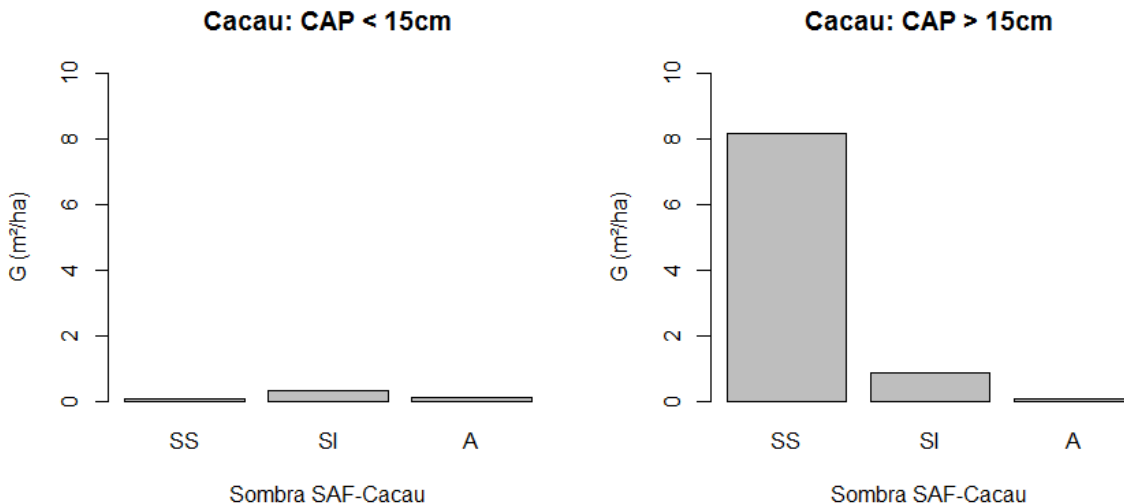


Figura 51 - Área Basal média de cacauzeiros em cada categoria de sombra dos sistemas agroflorestais

Estudos que abrangem desde o norte do Mato Grosso até o Amapá, considerando a região da Amazônia Oriental, CAP  $\geq 31,4$  cm, relatam que a área basal varia em torno de 21 a 36 m<sup>2</sup>/ha, como pode ser visto no Anexo B (SALOMÃO et al., 1988, 2007; RIBEIRO et al., 1999; IVANAUSKAS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2004; ROLIM et al., 2011; PEREIRA; PINTO SOBRINHO; COSTA NETO, 2011; ALMEIDA et al., 2012; CARIM et al., 2013). Quando considerado o CAP  $\geq 15,7$ , em áreas distintas da mesma região, a G variou de 17 a 28 m<sup>2</sup>/ha (IVANAUSKAS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2004; ALVINO; SILVA; RAYOL, 2005; CARIM; SCHWARTZ; SILVA, 2007; KUNZ et al., 2009).

Salomão et al. (2007) ressaltou que a maior e menor área basal encontrada nas florestas primárias da região do Xingu de foram, 31,21 e 16,85 m<sup>2</sup>/ha, em Altamira e em Vitória do Xingu, respectivamente. Por exemplo, na serra dos Carajás, Salomão et al. (1988) relataram 21,6 m<sup>2</sup>/ha (CAP  $\geq 31,4$  cm). Ribeiro et al. (1999) estudaram duas áreas florestais (CAP  $\geq 60$  cm), uma em Carajás e outra em Marabá, obtendo respectivamente 15,4 e 17,3 m<sup>2</sup>/ha. A G média encontrada para a

Floresta neste estudo é de 36,4 m<sup>2</sup>/ha, dentro dos padrões observados para a região, podendo ser considerado um valor dentro da variação das florestas da região.

Para áreas de pastagens abandonadas, em Porto Rico, Aide et al. (2000) constatou que a área basal alcança a média de 30 m<sup>2</sup>/ha com 35-40 anos, onde o solo teve uso pouco intenso e com remanescentes florestais próximos. Em pasto do Panamá, Griscom, Griscom e Ashton (2009) relataram que a presença do gado e a aplicação de herbicida possuem efeito negativo na área basal. Com gado, o valor médio foi de 1,3 m<sup>2</sup>/ha e sem gado foi de 2,6 m<sup>2</sup>/ha. Onde houve aplicação de herbicida, a área basal foi de 1,4 m<sup>2</sup>/ha e sem aplicação de 2,6 m<sup>2</sup>/ha. Estes valores foram maiores do que o observado em São Félix do Xingu (0,33 m<sup>2</sup>/ha), porém, vale lembrar que incluem desde as árvores regenerantes maiores do que 1 metro.

Para SAF's, em região de floresta ombrófila densa do Estado de São Paulo, é possível encontrar G média de 15,5 m<sup>2</sup>/ha, CAP ≥ 15 cm (FROUFE; SEOANE, 2011). Em várzeas no norte do Pará, CAP ≥ 10 cm, Santos et al. (2004) encontraram G variando de 31,3 a 45,8 m<sup>2</sup>/ha. Vebrova et al. (2014) compararam a área basal (CAP ≥ 30 cm) das árvores de sombra em SAF-cacau (4 a 12 anos) com floresta secundária (10 a 15 anos) e primária, obtendo G média do SAF-cacau significativamente menor do que a floresta primária, sendo respectivamente 17,48, 18,95 e 36,31 m<sup>2</sup>/ha.

A literatura consultada indica que os resultados obtidos neste estudo para SAF-Cacau SI e SS, possuem baixa G, em média 13,7 m<sup>2</sup>/ha, o que representa menos da metade da área basal da Floresta. No entanto, os SAF-Cacau possuem área basal significativamente maior do que o Pasto (apenas 0,33 m<sup>2</sup>/ha), e considerando a tendência crescente de G nos SAF-Cacau, este sistema pode ser uma ferramenta potencial para recuperação desta variável de estrutura horizontal.

### **Cobertura do Dossel (CD)**

Para cada parcela (10 x 100 m), obtive o percentual da cobertura de copa. Encontrei evidências de que CD possui diferença significativa entre os usos do solo ( $p < 0,05$ ). A fim de especificar quais usos do solo são diferentes entre si, realizei a análise dois a dois, onde obtive os resultados apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Resultados dos testes de hipóteses para comparação de médias de cobertura de dossel

<i>Uso do Solo (p-valor)</i>	Floresta	Pasto	SAF- Cacau SI	SAF- Cacau SS	SAF- Cacau A
Floresta	---	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon
Pasto	<b>0,001</b>	---	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon
SAF-Cacau SI	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	---	Wilcoxon	Wilcoxon
SAF-Cacau SS	0,929	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	---	Wilcoxon
SAF-Cacau A	0,202	<b>0,007</b>	<b>0,047</b>	0,202	---

Como esperado, o uso do solo Pasto praticamente não possui cobertura de copa e por isso quando comparado com os outros teve resultados significativos, mostrando-se evidentemente diferente. Existem evidências de que a Floresta possui cobertura de dossel semelhante ao SAF-Cacau SS e SAF-Cacau A, mas diferente do SAF-Cacau SI. Entre os sistemas agroflorestais podemos constatar evidências de que o SAF-Cacau A possui cobertura de dossel semelhante ao SS, porém diferente do SI, ao mesmo tempo que estes dois possuem cobertura de dossel diferente um do outro. Na Figura 53 fica claro que, com exceção do Pasto, todos os usos do solo possuem cobertura de copa a cima de 50%, mostrando o aumento de 31% do SAF-Cacau SI para o SAF-Cacau SS.

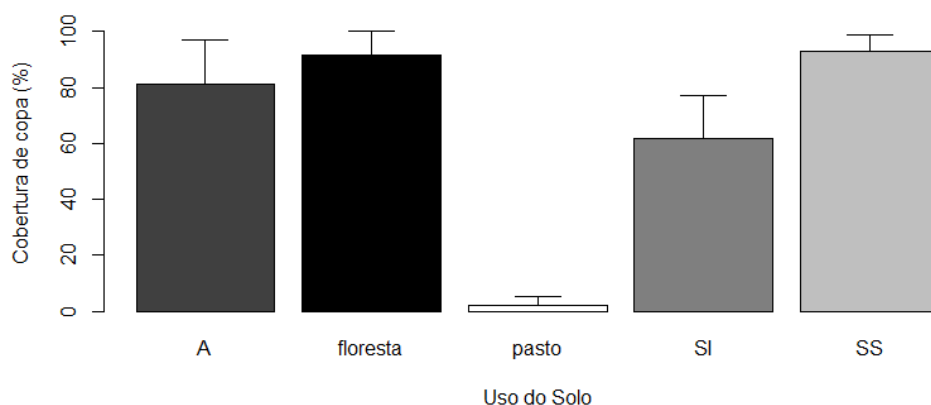


Figura 52 - Cobertura de copa em função do uso do solo

Sabe-se que o sombreamento é um fator abiótico determinante para o estabelecimento e desenvolvimento das plantas em ambientes tropicais (DENSLOW, 1987), e que inclusive a composição do dossel pode afetar a composição do sub-bosque, sob efeito de filtro, como sugere Gandolfi et al. (2007). Apesar de diversos

estudos aplicados (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001), ainda se busca um consenso sobre o método mais adequado que possa associar a eficácia das medições com a praticidade no campo (MELO; DURIGAN, 2007; MONTE et al., 2007; CHAVES et al., 2007; SUGANUMA et al., 2008; BELLOTTO et al., 2009).

Segundo Guariguata e Ostertag (2001), espera-se que a luz seja um fator limitante abaixo do dossel denso, observando que em florestas jovens existe alta densidade de plantas e pode haver menos clareiras. Sabendo que a luminosidade afeta o crescimento das plântulas de sub-bosque, Denslow e Guzman (2000) descrevem que áreas com maior luminosidade favorecem a ocorrência de plântulas, mas luminosidade por si só não explica as grandes variações de densidade de regenerantes.

Carnevale e Montagnini (2002) relataram que florestas de plantio misto ou homogêneo (ambos 7 anos) possuem maior cobertura de copa do que floresta secundária (15-18 anos). Zahawi et al. (2013), na Costa Rica relataram a cobertura de dossel em áreas de restauração adensada 3x2 m (95,4%), restauração com nucleação (73%) e floresta secundária (56,6%). No Estado de São Paulo, Pinheiro e Durigan (2012) avaliaram a cobertura de copa pelo método de linha em três fitofisionomias de cerrado, obtendo: 47,9% (cerrado típico), 69,8% (cerrado denso) e 86,5% (cerradão). Utilizando outro método, estimativa do diâmetro médio de copa para avaliação de cobertura (projeção de copas sobre o terreno, em porcentagem). Pelo método da interseção de linhas, Melo e Durigan (2007) relataram que áreas de restauração florestal em matas ciliares com mais de três anos já recobrem o terreno em mais de 100%.

Ignácio, Attanasio e Toniato (2007) encontraram que áreas de restauração com 3 anos possuem CD variando de 3,1 a 52,9% e áreas com 4 anos variam de 14,1 a 97,7%, indicando que as grandes variações no desenvolvimento estrutural da vegetação podem estar relacionadas a particularidades ambientais, dificuldades de manutenção e idade dos plantios. Verifico que o SAF-Cacau SI atinge em média 61,8% e o SS atinge 92,7%, promovendo aumento significativo da cobertura de copa em relação ao Pasto (1,9%), de maneira a cumprir com papel similar aos plantios de restauração florestal. Sendo assim, considero que esse sistema seria uma potencial ferramenta de recuperação da cobertura de copa em áreas degradadas.

## Altura (H)

Dentro das parcelas (10 x 100 m) estimei as medidas de altura do dossel e altura do cacau. Após analisar os dados considerando cada amostra para cada uso do solo, apresento a seguir os resultados pertinentes à comparação da altura do dossel e da altura do cacau entre os usos do solo.

### Altura do Dossel (HD)

Encontrei evidências de que a altura do dossel é diferente entre os usos do solo ( $p < 0,05$ ). A Tabela 13 mostra quais deles são diferentes entre si. O uso do solo Pasto não possui dossel e por isso nenhum teste pôde ser aplicado com ele. Existem evidências de que todos os usos do solo possuem diferença significativa de dossel entre si, com exceção do SAF-Cacau SS e do SAF-Cacau A. Passo a observar que os SAF-Cacau possuem médias de HD próximas, enquanto que a Floresta destaca-se superior, vide Figura 54.

Tabela 13 - Resultados dos testes de hipóteses para comparação de médias de altura do dossel

<i>Uso do Solo (p-valor)</i>	Floresta	Pasto	SAF- Cacau SI	SAF- Cacau SS	SAF- Cacau A
Floresta	---	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon
Pasto	-	---	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon
SAF-Cacau SI	<b>0,000</b>	-	---	Wilcoxon	Wilcoxon
SAF-Cacau SS	<b>0,000</b>	-	<b>0,002</b>	---	Wilcoxon
SAF-Cacau A	<b>0,000</b>	-	<b>0,000</b>	0,607	---

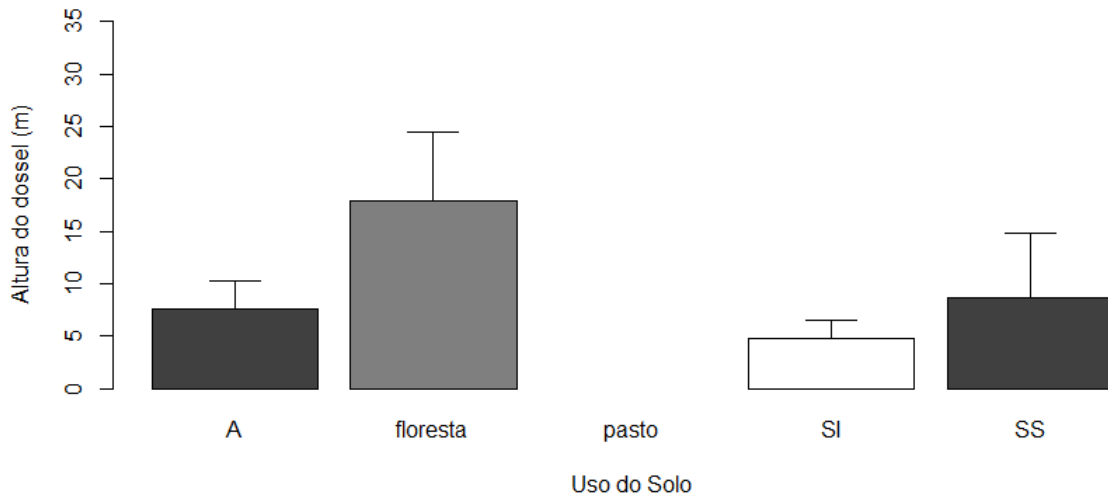


Figura 53 - Altura do dossel em função do uso do solo

Liebsch et al. (2007) compararam a estrutura de três florestas ombrófilas densas no Paraná (20, 80 e 120 anos), constatando que, em todos os sítios, a maior proporção de indivíduos ocorreu na classe de altura até 5 m, em torno de 60% da abundância relativa. Sabe-se que a altura de dossel das florestas da Amazônia varia entre 20 e 50 metros, sendo em florestas de terra firme geralmente de 25 a 35 m (MAGALHÃES et al., 1998; SALOMÃO et al., 2007; SOUZA et al., 2012; PAN et al., 2013). Contudo, estudando a serra dos Carajás, Salomão et al. (1988) relataram a média da altura total com 17,3 metros.

Na região da Volta Grande do Xingu, a maior altura estimada por Salomão et al. (2007) foi de 40 m. Nesta mesma região, a altura total média das árvores, em florestas primárias, foi de 11,2 m  $\pm$  5,6 m, observando que mais da metade das árvores (50,4%) estavam abaixo deste limite. Nas áreas de Floresta amostradas nesta pesquisa, encontrei a altura de dossel variando de 12,6 a 28,8 m, mostrando-se ligeiramente maior do que o registrado por Salomão et al. (2007), mas dentro dos padrões relatados para esta fitofisionomia em outras literaturas (SOUZA et al., 2012; PAN et al., 2013).

Relacionando ao contexto de RAD, Melo e Durigan (2007), avaliaram plantios jovens de restauração florestal no Estado de São Paulo em diferentes idades. Com 3 anos a altura do dossel variou de 5,3 a 6,1 m. De 7 a 13 anos a altura variou de 6,3 a 7,9 m. Froufe e Seoane (2011) estudando SAF's no estado de São Paulo,

encontraram a altura média de  $5,1 \pm 3,0$  metros. Na Amazônia peruana, Vebrova et al. (2014) compararam a altura do dossel em SAF-cacau (20 fazendas, 4 a 12 anos) com floresta secundária (5 remanescentes, 10 a 15 anos) e primária (5 remanescentes), obtendo a média do SAF-cacau significativamente menor do que a floresta primária, sendo respectivamente 9,5, 20,0 e 15,0 metros. Santos et al. (2004) levantaram dados estruturais de sete sistemas agroflorestais com cacau, com aproximadamente 12 anos, em várzeas no Pará, e encontraram alturas de 6,3 a 10,5 metros.

Observo que os SAF-Cacau SI desta pesquisa possuem altura média do dossel variando de 1,5 a 3 m e os SAF-Cacau SS entre 3,3 e 5,5 m. Comparando essas referências (Anexo B), considero que a HD dos SAF-Cacau em geral estão um pouco abaixo da média esperada, mas dentro da variação. Outro aspecto é que o SAF-Cacau SS não possui diferença significativa da Floresta e futuramente, com o crescimento das árvores de sombra, pode até alcançar a média das florestas da região. Com isso, considero que o SAF-Cacau pode ser uma ferramenta interessante para recuperação da altura de dossel, mas necessita de estudos que considerem amostras com maior idade.

### Altura do Cacau (HC) e Estratificação

As médias de altura de cacau são todas diferentes entre si ( $p < 0,05$ ), vide a Tabela 14. Essa diferença pode ser visualizada com auxílio das Figura 55, cujas médias em ordem crescente são: SAF-Cacau A (1,2) < SAF-Cacau SI (2,3) < SAF-Cacau SS (3,9). A média total das alturas do cacau considerando todas as amostras estudadas para os sistemas agroflorestais com cacau é  $2,8 \pm 1,3$  m. Os SAF-Cacau SS podem alcançar até 6,5 m de altura, no entanto, ressalto que o manejo de poda é uma atividade levada pouco à prática pelos produtores de São Félix do Xingu.

Tabela 14 - Resultados dos testes de hipóteses para comparação de médias de Altura do Cacau

<i>Uso do Solo</i> <i>(p-valor)</i>	SAF- Cacau SI	SAF- Cacau SS	SAF- Cacau A
SAF-Cacau SI	---	Tukey HSD	Tukey HSD
SAF-Cacau SS	0,000	---	Tukey HSD
SAF-Cacau A	0,000	0,000	---

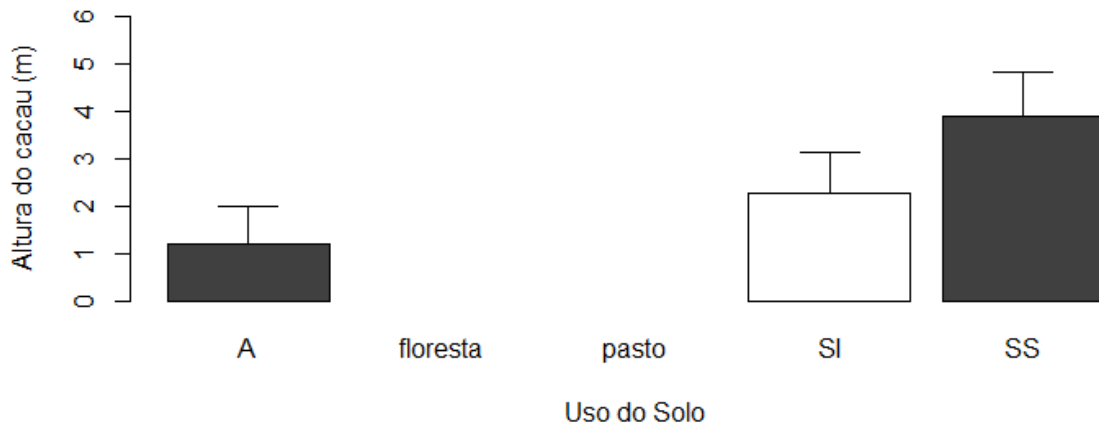


Figura 54 - Comparação entre as alturas médias do cacau para os diferentes tipos de sombra

Para fins comparativos de estratificação dos SAF's, apresento a Figura 56. A altura do cacau pode representar a estratificação do sub-bosque, uma vez que o dossel das árvores de sombra vai se estabelecendo ao longo do tempo. Nesse sentido, foi observado em campo a estratificação entre os usos do solo SAF-Cacau SI (1 a 2 estratos), SAF-Cacau SS (2 a 3 estratos) e Floresta (2 e 4 estratos), de maneira a representar que o SAF-Cacau também pode contribuir com a recuperação da estratificação florestal.

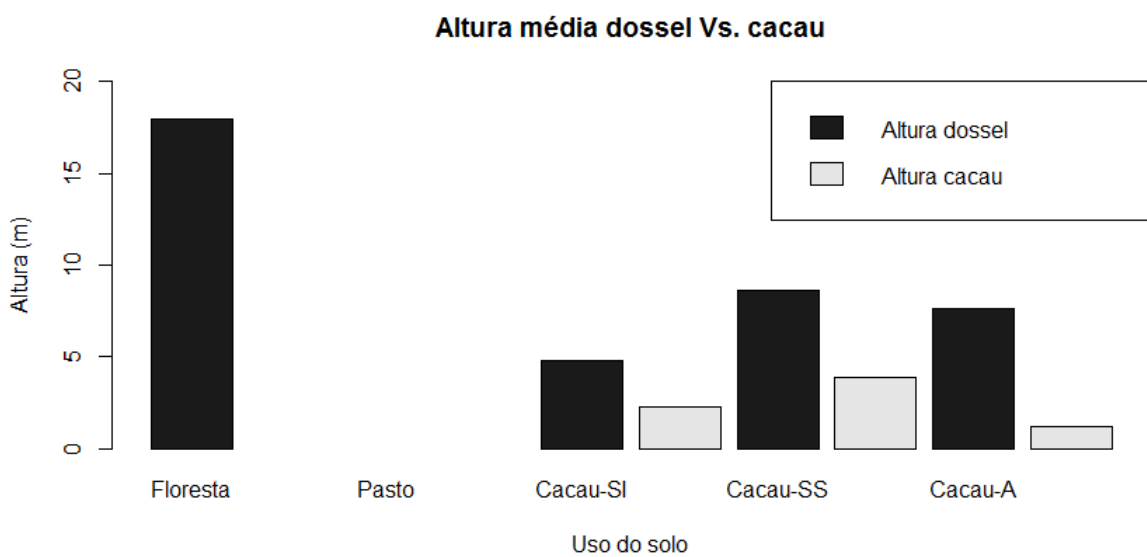


Figura 55 - Altura do dossel e altura do cacau nos usos do solo, estratificação dos sistemas agroflorestais



### Densidade da Regeneração Natural (D-RN)

Conforme descrito anteriormente, a Regeneração Natural foi dividida em duas categorias, respectivamente denominadas de “H > 1,30 m” e “H < 1,30 m”. A densidade da regeneração natural H > 1,30 m é diferente apenas entre os usos do solo ( $p < 0,05$ ) de Floresta e Pasto, vide Tabela 15.

Tabela 15 - Resultados dos testes de hipóteses para comparação de médias de densidade da Regeneração Natural H > 1,30m

<i>Uso do Solo (p-valor)</i>	Floresta	Pasto	SAF- Cacau SI	SAF- Cacau SS	SAF- Cacau A
Floresta	---	Tukey HSD	Tukey HSD	Tukey HSD	Tukey HSD
Pasto	<b>0,028</b>	---	Tukey HSD	Tukey HSD	Tukey HSD
SAF-Cacau SI	0,115	0,930	---	Tukey HSD	Tukey HSD
SAF-Cacau SS	0,771	0,232	0,625	---	Tukey HSD
SAF-Cacau A	0,999	0,153	0,391	0,948	---

Para a outra categoria de regeneração natural, H < 1,30 m, a Floresta possui maior densidade de regenerantes do que o Pasto e o SAF-Cacau A. Já os SAF-Cacau SI e SS são significativamente maiores do que o Pasto, e o SAF-Cacau A é menor do que a Floresta. Conforme mostra a Tabela 16 e a Figura 57, de forma comparativa entre as categorias de RN (H > 1,30 m e H < 1,30 m).

Tabela 16 - Resultados dos testes de hipóteses para comparação de médias de densidade da Regeneração Natural H < 1,30m

<i>Uso do Solo (p-valor)</i>	Floresta	Pasto	SAF- Cacau SI	SAF- Cacau SS	SAF- Cacau A
Floresta	---	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon
Pasto	<b>0,004</b>	---	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon
SAF-Cacau SI	0,350	<b>0,017</b>	---	Wilcoxon	Wilcoxon
SAF-Cacau SS	0,460	<b>0,006</b>	0,495	---	Wilcoxon
SAF-Cacau A	<b>0,011</b>	0,067	0,723	0,202	---

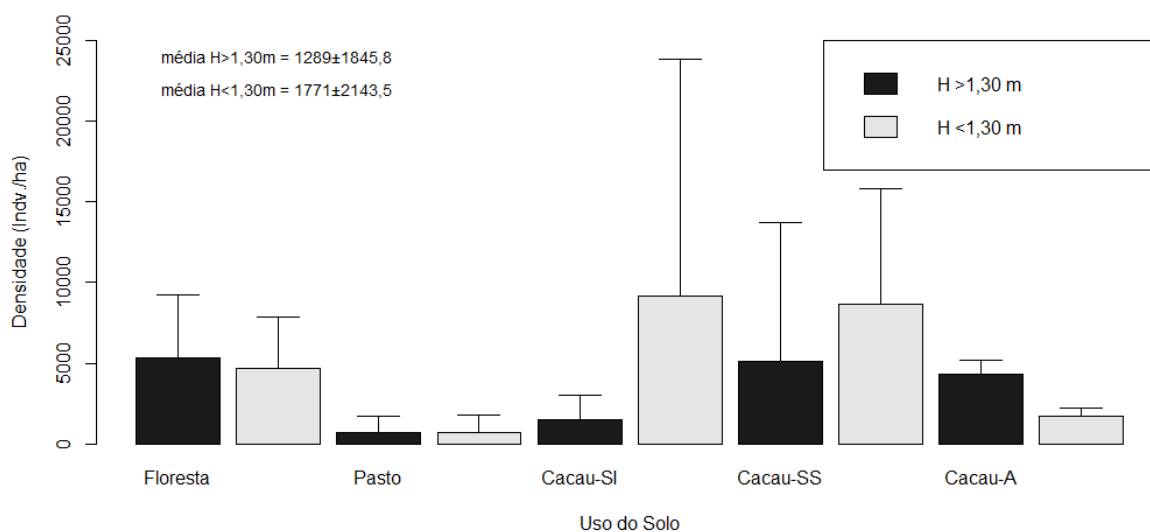


Figura 56 - Densidades das categorias de regeneração natural ( $H > 1,30m$  e  $H < 1,30m$ ) em função dos usos do solo

Em todos os usos do solo, exceto a Floresta, pude encontrar o valor mínimo de densidade igual a 0 para ambas categorias, o que torna explícita a ação de manejo para controlar a regeneração natural. Nesse sentido, observo que boa parte dos produtores amostrados não realiza a prática de roçada com a frequência adequada, de acordo com Silva Neto et al. (2001) e com o questionário aplicado, dificultando o próprio caminhar no interior da lavoura. Ressalto que, além da frequência de manejo nos SAF-Cacau e Pasto, a idade do desmatamento, banco de sementes, e da proximidade de fragmentos, são outros fatores que podem contribuir para explicar a variação na densidade da regeneração natural (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001; CHAZDON et al., 2007). Vale ressaltar que a Floresta, ambiente sem manejo, mantém certo equilíbrio de densidade entre as duas categorias estudadas.

Denslow e Guzman (2000) descrevem que a ocorrência de plântulas é favorecida por áreas com maior luminosidade, no entanto, a disponibilidade de luz não explica a grande variação na densidade desses indivíduos. Esquivel et al. (2008) analisaram a regeneração natural em áreas de pastagem abandonada na Nicarágua, cuja área amostral foi de 46 ha, obtendo as densidades de 10.630 plântulas/ha (10 a 30 cm de altura) e 354 mudas/ha ( $>30$  cm de altura e  $CAP \leq 31,4$  cm). Ao levantar a regeneração natural em floresta ombrófila da Amazônia Central, entre 0,5 m e  $CAP < 3,0$  cm, Oliveira e Amaral (2005) relataram a densidade de 48.680 ind./ha.

Considerando áreas degradadas, Carnevale e Montagnini (2002) comentam que a regeneração de espécies nativas pode ser facilitada pelo plantio de árvores, favorecedoras das condições do micro-sítio. Neste estudo, elas compararam a regeneração natural, dividida em 3 classes de altura (a: 0,15-1m; b: 1,05-2m; c: >2,0m) sob quatro plantios homogêneos com um plantio heterogêneo de espécies nativas na Costa Rica, todos com 7 anos de idade. O plantio heterogêneo obteve a maior e a floresta secundária (15-18 anos) a menor densidade, 10.156 e 703 ind./ha, respectivamente. Os plantios homogêneos obtiveram 7.891, 5.703, 4.219, 1.448 ind./ha. O plantio heterogêneo também apresentou maior proporcionalidade entre os regenerantes das diferentes categorias, sendo “a” e “b” as classes de maior abundância (aproximadamente 4.000 e 3.700 ind./ha, respectivamente).

Em áreas de pastagem no Panamá, Griscom, Griscom e Ashton (2009) relataram que a presença do gado e a aplicação de herbicida possuem efeito negativo na densidade de regenerantes com altura  $\geq 100$  cm, sendo encontrado cerca de 1.000 ind./ha nessas áreas. No caso de recuperação de áreas de mineração, em região de floresta ombrófila no Mato Grosso, Rodrigues, Martins e Barros (2004) encontraram a densidade de aproximadamente 3.300 ind./ha aos 18 meses de idade. Eles também apontaram que esta diminui conforme a distância do fragmento aumenta, o que também foi relatado por Pereira, Oliveira e Torezan (2013). Vieira e Gandolfi (2006) encontraram a densidade variando de 53.200 a 63.700 ind./ha, em plantio misto com 19 anos no Estado de São Paulo.

Observo que a densidade de regenerantes é um fator que possui alta variação entre os estudos encontrados na literatura, sendo esta, muito provavelmente, em função das distintas metodologias de coleta de dados e das diferentes condições ambientais dos estudos. As médias encontradas para São Félix do Xingu estão dentro dessas variações e representam uma significativa ( $p < 0,05$ ) melhoria do Pasto para o SAF-Cacau SI e SS, sendo estes semelhantes à Floresta ( $p > 0,05$ ). Mesmo tratando-se de agroecossistemas manejados, ou seja, não há garantia de manutenção desta variável, os SAF-Cacau constituem uma potencial ferramenta para recuperação da densidade de regenerantes, porém, ressalvo acompanhamento por períodos mais longos para evidenciar tal afirmação.

Outro aspecto a ser considerado entre SAF-Cacau e Pasto, é que os SAF-Cacau possivelmente possuem mais atrativos de propágulos e menos filtros ecológicos para o estabelecimento de indivíduos regenerantes, uma vez que a

riqueza e a densidade de árvores adultas no Pasto é muito menor. Pressupõe-se que as chances de predação são maiores, além deste possuir a gramínea como principal limitante, competindo por nutrientes e impedindo a eficácia da germinação/estabelecimento das plântulas (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001; REID; HOLL, 2013).

### Cobertura de Gramíneas (CG)

O percentual de cobertura do solo por gramíneas foi estimado em 4 categorias (1= 0-25%; 2: 26-50%; 3: 51-75%; 4: 76-100%). Com base nos valores médios analisei os dados encontrei evidências de que a CG é diferente entre os usos do solo ( $p < 0,05$ ). O Pasto apresentou maior cobertura de gramíneas que todos os outros usos do solo, sendo o único a se diferenciar da Floresta. Vide a Tabela 17 e a Figura 58.

Tabela 17 - Testes para comparação da cobertura de gramíneas entre os usos do solo ( $\alpha=0,05$ )

<i>Uso do Solo (p-valor)</i>	Floresta	Pasto	SAF- Cacau SI	SAF- Cacau SS	SAF- Cacau A
Floresta	---	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon
Pasto	<b>0,000</b>	---	Wilcoxon	Wilcoxon	Wilcoxon
SAF-Cacau SI	0,130	<b>0,000</b>	---	Wilcoxon	Wilcoxon
SAF-Cacau SS	0,314	<b>0,000</b>	<b>0,015</b>	---	Wilcoxon
SAF-Cacau A	0,084	<b>0,002</b>	0,882	<b>0,004</b>	---

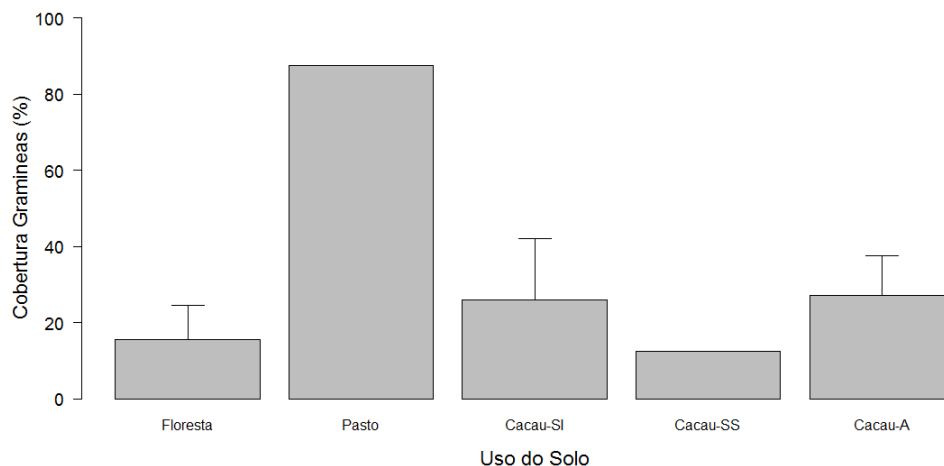


Figura 57 - Percentual médio de cobertura do solo por gramíneas por situação de uso do solo

Segundo Reid e Holl (2013), onde há maior presença de gramíneas há menor chance de estabelecimento de plântulas e recrutamento de novos indivíduos. Zahawi et al., 2013, na Costa Rica relataram a cobertura de gramíneas negativamente correlacionada com a cobertura de dossel, concluindo também que mais de 80% das sementes germinaram em condições com menos de 25% de gramíneas. Meus resultados mostram uma estimativa da cobertura média de gramíneas, onde evidentemente o Pasto possui o maior percentual (entre 75-100%) e a Floresta e o SAF-Cacau SS os menores (entre 0-25%). Destaco que o Pasto e o SAF-Cacau não possuem variações nos dados, pois a medida foi sempre a mesma em todas as amostras.

### Produção (P)

Há evidências de que a produção é diferente entre os usos do solo ( $p < 0,05$ ), Tabela 18, revelando que o SAF-Cacau SS possui produção significativamente maior do que os SAF-Cacau SI e A, enquanto que o SAF-Cacau SI não apresenta diferença de produção quando comparado ao SAF-Cacau A, conforme mostra Tabela 18 e a Figura 59.

Tabela 18 - Resultado para diferenciação da produção (kg amêndoa/ha) de uma safra entre os tipos de sombra do cacau (SI, SS e A)

<i>Uso do Solo</i> <i>(p-valor)</i>	SAF- Cacau SI	SAF- Cacau SS	SAF- Cacau A
SAF-Cacau SI	---	Tukey HSD	Tukey HSD
SAF-Cacau SS	<b>0,008</b>	---	Tukey HSD
SAF-Cacau A	0,563	<b>0,007</b>	---

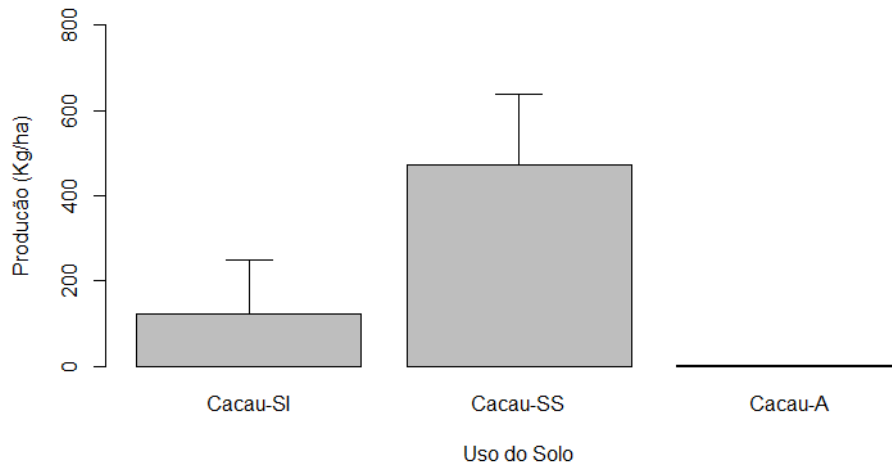


Figura 58 - Produção de amêndoas de cacau (kg/ha) em cada tipo de sombreamento de cacau

Deheuvels et al. (2012) e Somarriba et al. (2013) descrevem que a produção de cacau em pequenas lavouras (0,25 a 3 ha) da América Central, produzem cerca de 250 kg de amêndoa seca/ha.ano, sem aplicação de insumos inorgânicos. Eles também dizem que a produção do cacau é inversamente proporcional ao aumento de sombra. No Peru, a produção de amêndoas é estimada em 670 kg/ha.ano (VEBROVA et al., 2014). Segundo Silva Neto et al. (2001), através de boas práticas de manejo é possível produzir entre 800 a 1000 kg de amêndoa/ha.ano em lavouras de cacau na Amazônia. De acordo com Vaast e Somarriba (2014), utilizando o banco de dados da FAO (2014), as lavouras de cacau tipicamente possuem entre 0,25 a 5 ha, sendo a produção média entre 300-600 kg/ha.ano para África e América e 500-700 kg/ha.ano na Ásia, vide Figura 60. Sendo assim, considero que a média estimada para as lavouras de São Félix do Xingu está dentro do padrão esperado e pode ser considerada mediana.

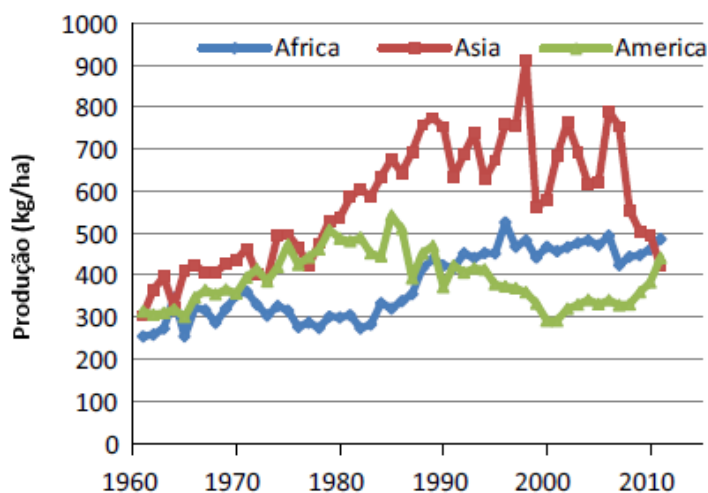


Figura 59 - Produção de amêndoas de cacau (kg/ha). FONTE: Vaast e Somarriba, 2014, baseado nos dados da FAO (2014)

## 4.3.2 Diversidade Florística

### 4.3.2.1 Riqueza da Regeneração Natural (S-RN)

Conforme os métodos descritos anteriormente, a Regeneração Natural foi dividida em duas categorias, respectivamente denominadas de “H > 1,30 m” e “H < 1,30 m”. Ao realizar o teste de hipóteses encontrei evidências de que a riqueza da regeneração natural H > 1,30 m é maior entre os usos do solo Floresta e Pasto ( $p < 0,05$ ), sem haver diferenciação significativa dos outros usos do solo, Tabela 19.

Tabela 19 - Resultados dos testes de hipóteses para comparação de médias de riqueza da Regeneração Natural H > 1,30m

Uso do Solo (p-valor)	Floresta	Pasto	SAF- Cacau SI	SAF- Cacau SS	SAF- Cacau A
Floresta	---	Tukey HSD	Tukey HSD	Tukey HSD	Tukey HSD
Pasto	0,026	---	Tukey HSD	Tukey HSD	Tukey HSD
SAF-Cacau SI	0,055	0,976	---	Tukey HSD	Tukey HSD
SAF-Cacau SS	0,239	0,615	0,888	---	Tukey HSD
SAF-Cacau A	0,999	0,09	0,169	0,458	---

Observe que a comparação Floresta e SAF-Cacau SI possui p-valor fracamente não significativo. Os valores médios que encontrei para os usos do solo em ordem crescente são: Pasto (3,2); SAF-Cacau SI (6,2); SAF-Cacau SS (10,6); SAF-Cacau A (21,5); Floresta (21,7). Considerando a categoria de regeneração

natural  $H < 1,30$  m, há evidências de que a riqueza não difere significativamente entre os usos do solo ( $p > 0,05$ ). Por outro lado, conforme a Tabela 20, posso observar que os únicos usos do solo que não possuem fortes evidências de semelhança entre si são a Floresta com o Pasto ( $p$ -valor = 0,066). Os valores médios que encontrei para os usos do solo em ordem crescente são: Pasto (4,0); SAF-Cacau A (11,0); SAF-Cacau SI (12,0); SAF-Cacau SS (12,8); Floresta (20,2). A Figura 61 expressa-se de forma comparativa entre as categorias de RN ( $H > 1,30$ m e  $H < 1,30$ m).

Tabela 20 - Resultados dos testes de hipóteses para comparação de médias da riqueza da Regeneração Natural  $H < 1,30$ m

<i>Uso do Solo</i> <i>(p-valor)</i>	Floresta	Pasto	SAF- Cacau SI	SAF- Cacau SS	SAF- Cacau A
Floresta	---	Tukey HSD	Tukey HSD	Tukey HSD	Tukey HSD
Pasto	0.066	---	Tukey HSD	Tukey HSD	Tukey HSD
SAF-Cacau SI	0.536	0.564	---	Tukey HSD	Tukey HSD
SAF-Cacau SS	0.626	0.476	0.999	---	Tukey HSD
SAF-Cacau A	0.658	0.837	0.999	0.999	---

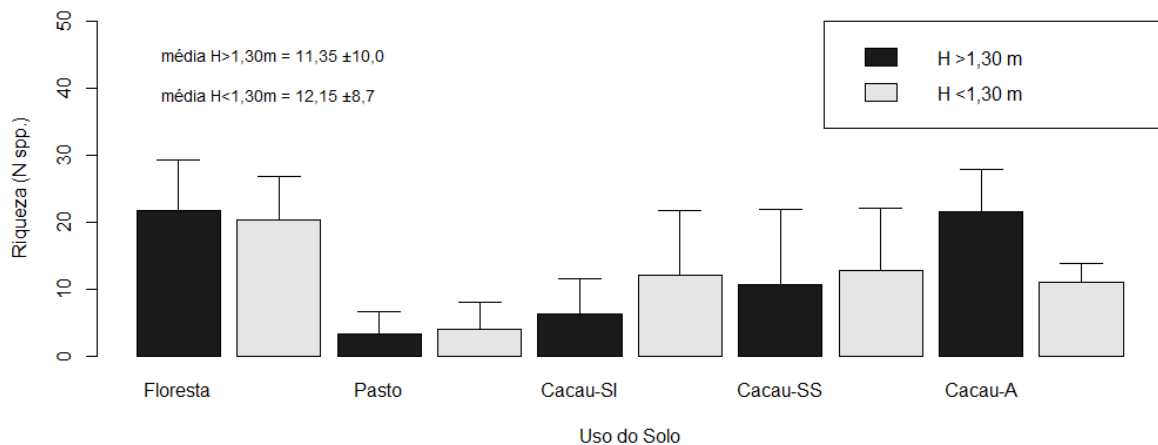


Figura 60 - Riqueza em função dos usos do solo, para cada categoria de regeneração natural ( $H > 1,30$ m;  $H < 1,30$ m)

Analisando os valores de riqueza mínima e máxima, pude encontrar, respectivamente: Floresta (14-32); Pasto (1-8); SAF-Cacau SI (0-13); SAF-Cacau SS (2-29); SAF-Cacau A (17-26). Este resultado mostra que os SAF-Cacau tanto podem ter poucas/nenhuma assim como muitas espécies, o que depende do manejo, pois alguns produtores haviam roçado sua lavoura de cacau recentemente. Aproveito



para ressaltar que os usos do solo Floresta e SAF-Cacau SS demonstram certo equilíbrio proporcional entre as duas categorias estudadas.

Denslow e Guzman (2000) encontraram que a riqueza de plântulas em florestas tropicais primárias e secundárias variou em função da densidade de plântulas. Além disso, elas relataram que a proximidade com fragmentos, a chegada eficiente de propágulos e condições apropriadas para o estabelecimento de plântulas, são características favoráveis à maior riqueza de espécies na sucessão inicial de florestas. Outro fator que pode ser considerado é o efeito de filtro provocado pela composição das árvores do dossel, de forma a influenciar a composição das espécies regenerantes, sugerido por Gandolfi et al. (2007).

Oliveira e Amaral (2005) amostraram o sub-bosque de floresta ombrófila no Amazonas, em quatro categorias: C1 (altura  $\geq 0,5$  m), C2 ( $0,5 < \text{altura} \leq 1,5$  m), C3 ( $1,5 < \text{altura} \leq 3,0$  m) e C4 (altura  $> 3$  m e CAP  $< 0,3$  m). Eles levantaram 2.434 indivíduos, pertencentes a 67 famílias, 163 gêneros e 355 espécies. As famílias mais ricas em espécies foram: Fabaceae (27), Mimosaceae (22), Lauraceae (21), Caesalpiniaceae e Rubiaceae (18). Em relação ao número de indivíduos, as famílias Marantaceae (209), Chrysobalanaceae (198), Mimosaceae (191), Burseraceae (175), Annonaceae (172) e Arecaceae (137) foram as mais representativas.

Após 3 anos de estudos de regeneração em áreas de pastagem no Panamá, Griscom, Griscom e Ashton (2009) relataram que a presença de 53 espécies (altura  $\geq 1$  m) em zona ripária. Em área amostral de 46 ha, Esquivel et al. (2008) analisaram a regeneração natural em áreas de pastagem abandonada na Nicarágua, identificando que mesmo com a prática de manejo das pastagens, permite-se a regeneração de 50% da riqueza de espécies que regeneraria sem tais práticas. Na Costa Rica, Carnevale e Montagnini (2000) observaram a riqueza de espécies em área amostral de 32 m<sup>2</sup>, encontrando: 11 em plantio misto (7 anos); 3 a 7 em plantios homogêneos (7 anos); e apenas 1 em floresta secundária (15-18 anos).

Em regeneração natural de áreas de mineração, floresta ombrófila no Mato Grosso, Rodrigues, Martins e Barros (2004) encontraram 56 espécies aos 18 meses de idade, sendo que a riqueza diminuiu conforme a distância do fragmento aumentou, o que também foi relatado por Pereira, Oliveira e Torezan (2013), os quais relataram a riqueza de 80 espécies em 13.766 plantas em fragmentos florestais e seu entorno, na Mata Atlântica. Vieira e Gandolfi (2006) encontraram a

riqueza de 62 espécies no total de 90 m<sup>2</sup>, em plantio misto com 19 anos no Estado de São Paulo.

Ao levantar a regeneração natural de floresta ombrófila densa em Manaus, considerando indivíduos entre 0,5 m de altura e CAP < 3,0 cm, Oliveira e Amaral (2005) relataram a riqueza de 355 espécies e 67 famílias, para os 2.434 indivíduos levantados nos 500 m<sup>2</sup> amostrais. Destacando-se as famílias com maior riqueza: Fabaceae, Lauraceae, e Rubiaceae. Em termos de abundância, destacaram-se: Marantaceae, Chrysobalanaceae, Mimosaceae, Burseraceae, Annonaceae e Arecaceae.

Como neste presente estudo não foi possível diferenciar as morfoespécies entre as amostras dos usos do solo, não pude obter o valor de riqueza total de espécies e apenas obtive a riqueza média das amostras. Este fato somado às diferenças de métodos amostrais das pesquisas tornam difíceis as comparações com outras literaturas consultadas. Mesmo que o resultado do teste de diferenciação entre Pasto e SAF-Cacau SI ou SS não tenha sido significativo, ressalto que o SAF-Cacau possui no mínimo o dobro de espécies do que o Pasto, podendo ultrapassar o triplo em ambas categorias. Mesmo tratando-se de agroecossistemas manejados, ou seja, não há previsão de manutenção desta variável, considero que os SAF-Cacau constituem uma potencial ferramenta para recuperação da riqueza de regenerantes, porém, ressalvo acompanhamento por períodos mais longos para evidenciar tal afirmação.

#### **4.3.2.2 Sombreamento**

A Tabela 21 apresenta os resultados, bem como o Anexo B as principais referências citadas na discussão. Em sequência, os resultados da análise das principais famílias e principais espécies encontradas, para cada uso do solo, e por fim abordo a descrição comparativa entre eles. A lista de espécies por uso do solo, bem como os índices utilizados nas análises podem ser encontrados na íntegra nos Anexos D, E, F e G.

Tabela 21 - Índices de riqueza (S), índices de diversidade, de Shannon (H') e de Simpson (D), e de equitabilidade (J')

	Floresta	Pasto	SAF-Cacau SI	SAF-Cacau SS	SAF-Cacau A
S	-	6	27	59	50
H'	-	0,842	1,353	3,219	2,554
D	-	4,333	2,489	12,330	7,039
J'	-	0,523	0,410	0,789	0,653

## Floresta

Apesar de não ter realizado coleta do material de Floresta em São Félix do Xingu, apresento uma breve revisão da literatura para melhor entender os aspectos florísticos da região estudada. De acordo com Salomão et al. (2007), na Amazônia Oriental há cerca de 450 árvores/hectare contendo entre 130 a 140 espécies (DAP  $\geq$  10 cm), sendo que normalmente 1/3 destas ocorrem com apenas um indivíduo por hectare. Kunz et al. (2010) alegou que a área de um hectare é insuficiente para amostrar a vegetação amazônica com devida representatividade. Apesar disso, ele comenta que amostragens inferiores são comumente empregadas e devem ser valorizadas por acrescentar conhecimento florístico e estrutural dessas comunidades.

Analisando dados disponibilizados pela literatura científica sobre florestas tropicais da Costa Rica, secundárias e maduras, encontrei a riqueza variando de 62 a 106, a diversidade (H') entre 1,78 a 2,78 e a equitabilidade (J') variando de 0,64 a 0,85 (FINEGAN; DELGADO, 2000; KALACSKA et al., 2004). Em florestas ombrófilas densas secundárias (<30 anos) do bioma Mata Atlântica, encontrei a riqueza variando de 9 a 54, a diversidade (H') entre 1,05 a 3,34 e a equitabilidade (J') variando de 0,47 a 0,88 (FROUFE; SEOANE, 2011; MELO; DURIGAN, 2007; LIEBSCH et al., 2007). No mesmo bioma, mas em florestas maduras a riqueza variou de 56 a 172, a diversidade (H') entre 3,22 a 3,85 e a equitabilidade (J') variando de 0,75 a 0,80 (GUILHERME et al., 2004; MELO; DURIGAN, 2007; LIEBSCH et al., 2007) Vide Anexo B.

Em florestas ombrófilas densas maduras da Amazônia Central e Ocidental, encontrei a riqueza variando de 71 a 232, a diversidade (H') entre 4,02 a 4,67 e a equitabilidade (J') variando de 0,86 a 0,87 (VIEIRA et al., 2004; LIMA et al., 2007; VEBROVA et al., 2014). Na mesma tipologia florestal, mas para a região da

Amazônia Oriental (abrangendo apenas o noroeste do Pará) encontrei a riqueza variando de 93 a 265, a diversidade ( $H'$ ) entre 4,03 a 4,39 e a equitabilidade ( $J'$ ) variando de 0,78 a 0,85 (VIEIRA et al., 2004; ALVINO; SILVA; RAYOL, 2005; CARIM; SCHWARTZ; SILVA, 2007; PEREIRA; PINTO SOBRINHO; SILVA NETO, 2010; ROLIM et al., 2011; ALMEIDA et al., 2012; CARIM et al., 2013).

Ainda mantendo a mesma tipologia florestal, mas para a região da Amazônia abrangendo apenas o noroeste do Mato Grosso, encontrei a riqueza variando de 53 a 110, a diversidade ( $H'$ ) entre 3,38 a 3,86 e a equitabilidade ( $J'$ ) variando de 0,72 a 0,86 (IVANAUSKAS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2004; MALHEIROS et al., 2009; KUNZ et al., 2010, 2014). Por fim, considerando a literatura disponível para florestas ombrófilas do município de São Félix do Xingu e seu entorno, encontrei a riqueza variando de 85 a 433, a diversidade ( $H'$ ) entre 3,66 a 5,28 e a equitabilidade ( $J'$ ) variando de 0,79 a 0,91 (SALOMÃO et al., 1988, 2007; RIBEIRO et al., 1999; CARNEIRO et al., 2012).

Estudos que compreendem diversas localizações da Amazônia expressam que as famílias mais comuns em suas florestas ombrófilas maduras são: Fabaceae, Lauraceae, Lecythidaceae, Sapotaceae, Moraceae, Arecaceae, Malvaceae, Humiriaceae, Myristicaceae, Olacaceae, Chrysobalanaceae, Burseraceae, Icacinaceae, Vochysiaceae, Apocynaceae, Moraceae, Euphorbiaceae, Melastomataceae e Annonaceae (IVANAUSKAS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2004; SALOMÃO et al., 2007, 2012; ROLIM et al., 2011; SILVA et al., 2012).

Em São Félix do Xingu e região de entorno, a família Fabaceae é incontestavelmente a mais predominante, mas também recebem destaque as famílias Burseraceae, Moraceae, Lecythidaceae, Sapotaceae, Vochysiaceae, Arecaceae, Meliaceae e Lauraceae (SALOMÃO et al., 1988, 2007; RIBEIRO et al., 1999; CARNEIRO et al., 2012). Sobre floresta secundária, dez anos após corte-queima, em Manaus, Lima et al. (2007) listaram as principais famílias botânicas Annonaceae, Arecaceae, Burseraceae, Urticaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lecythidaceae, Melastomataceae, Sapindaceae e Malvaceae.

Sobre os gêneros, a composição do dossel florestal na Amazônia é fortemente representada por *Pouteria*, *Protium*, *Eschweilera*, *Ocotea*, *Swartzia* e *Dinizia* (CARNEIRO, 2004 apud SILVA et al., 2012). Segundo Carneiro et al. (2012), os gêneros mais ricos em São Félix do Xingu são: *Protium*, *Astrocaryum*, *Attalea*, *Euterpe*, *Cordia*, *Eschweilera*, *Heliconia*, *Sorocea*, *Theobroma* e *Trichilia*. Na serra

dos Carajás, Salomão et al. (1988) relataram que as espécies que mais se destacaram foram *Erismia uncinatum* e *Neea* sp. Para Ribeiro et al. (1999), também em Carajás, as espécies de maior destaque foram: *Protium* sp., *Cenostigma* sp., *Attalea speciosa*, *Inga heterophylla*, *Neea* sp., *Bertholetia excelsa*, *Guarea* sp., *Pityrocarpa pterivolada*, *Micropholis williamii* e *Virola* sp. Em Marabá foram as espécies: *Protium* sp. (Breu vermelho), *Inga heterophylla*, *Guarea* sp., *Bertholetia excelsa*, *Mabea* sp., *Eschweilera* sp., *Sterculia* sp., *Protium* sp. (Breu), *Guatteria* sp., *Ravenala* sp. e *Sapium marmieri* (RIBEIRO et al., 1999).

Em São Félix do Xingu, Carneiro et al. (2012) listaram as espécies mais abundantes: *Euterpe precatória* Mart., *Ficus pertusa* L.f. e *Heisteria duckei* Sleumer (12). Na volta grande do Xingu, Salomão et al. (2007) destacaram as espécies *Alexa grandiflora* e *Voucapoua americana* (ambas Fabaceae) e citaram a frequente presença de outras como: *Bertholletia excelsa* (Lecythidaceae), *Attalea speciosa* (Arecaceae), *Sterculia speciosa* (Malvaceae), *Hevea brasiliensis* (Euphorbiaceae), *Tachigalia myrmecophila* (Fabaceae), *Apuleia mollaris* (Fabaceae), *Inga alba* (Fabaceae), *Licania egleri* (Chrysobalanaceae), *Pouteria lasiocarpa* (Sapotaceae), *Guatteria poeppigiana* (Annonaceae), *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Fabaceae), *Aspidosperma araracanga* (Apocynaceae), *Theobroma speciosum* (Malvaceae), *Tabebuia serratifolia* e *T. impetiginosa* (Bignoniaceae), *Astronium gracile* e *A. lecointei* (Anacardiaceae), *Gustavia augusta* (Lecythidaceae), *Bagassa guianensis* (Moraceae).

Essas informações levantadas correspondem com as expectativas desta pesquisa, uma vez que tratam de uma visão geral da Amazônia e de regiões relativamente próximas à área de estudo, havendo certa similaridade com as observações empíricas feitas nas áreas de Floresta. Ademais, todas as famílias amostradas foram relatadas pela literatura, incluindo diversos gêneros (*Cecropia*, *Guarea*, *Handroanthus*, *Spondias*, *Cenostigma*, *Inga*, *Eschweilera*, *Apuleia*, *Tachigalia*, *Pouteria*, *Protium* e etc), assim como algumas espécies (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, *Theobroma speciosum*, *Bagassa guianensis*, *Sterculia speciosa*, *Attalea speciosa*, *Bertholletia excelsa*, *Gustavia augusta* e etc). Dessa forma, apresentam-se indícios de concordância com as coletas botânicas realizadas em São Félix do Xingu.

## Pasto

Amostrei o total de 0,8 ha em áreas de pastagem, obtendo a abundância total de apenas 14 indivíduos, dos quais pude identificar 6 espécies e 5 famílias, sendo Bignoniaceae (43%) e Rubiaceae (29%) as famílias com maior representatividade por densidade relativa. Destaco que todas as famílias tiveram riqueza igual a 1, conforme a Tabela 22. Observando as poucas espécies que ocorrem no Pasto, ressalto a importância apontada pelo IVI para duas delas: *Handroanthus obscurus* (Bureau; K.Schum.) Mattos (37%) e *Jenipa americana* L. (36%).

Tabela 22 - Famílias encontradas no Pasto, em ordem decrescente de Abundância (A). Riqueza de espécies (S) e Abundância Relativa (AR) por Família. NI: Não identificadas

Famílias	Riqueza	Abundância	Dens. Relativa
Bignoniaceae	1	6	43%
Rubiaceae	1	4	29%
Rutaceae	1	1	7%
Fabaceae	1	1	7%
Myrtaceae	1	1	7%
NI	1	1	7%
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>

Em situações tropicais de floresta desmatada e cujo histórico de uso do solo passou por distúrbios leves ou moderados e ainda há certa proximidade com os remanescentes florestais, como é o caso das áreas amostradas em São Félix do Xingu, uma área de pastagem provavelmente poderia se recuperar em poucas décadas, cerca de 40 anos (FINEGAN; DELGADO, 2000; GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001; CHAZDON, 2008a; LETCHER; CHAZDON, 2009). Neste caso, em curto prazo, a sucessão secundária pode voltar a se equiparar à uma floresta madura em termos de estrutura, riqueza e diversidade, no entanto, dificilmente em termos de composição (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001; CHAZDON, 2008b).

Para áreas de pastagens na Nicarágua, Esquivel et al. (2008) contabilizaram a riqueza de árvores em 72 espécies (CAP  $\geq$  31,4 cm), sendo a composição predominantemente por espécies pioneiras. Finegan e Delgado (2000) relataram a predominância de espécies iniciais da sucessão em pastagem abandonada há 30 anos na Costa Rica, bem como a riqueza de 100 espécies em 2,4 ha amostrados.

Para áreas de pastagens abandonadas em Porto Rico, Aide et al. (2000) constatou que a riqueza pode alcançar entre 20 e 25 espécies com 35-45 anos, no entanto são consideradas de rápido crescimento e ampla ocorrência. Destaco que a segunda espécie mais comum foi *Tabebuia heterophylla*, mesmo gênero que também ocorre em abundância nos pastos de São Félix do Xingu. No entanto, a riqueza do Pasto, conforme a Tabela 22, apresentou-se abaixo desses valores, apesar de haver um viés amostral entre os estudos.

### **SAF-Cacau**

Ao todo amostrarei 2,4 ha em SAF-Cacau, divididos em três categorias de sombreamento (SI, SS e A), detalhadas posteriormente. Considerando apenas as lavouras de cacau produtivo (SI e SS, 2 ha) pude encontrar a abundância de 664 indivíduos arbóreos e 575 plantas de banana (totalizando 1239 indivíduos). Respectivamente para SI e SS, pude identificar 27 e 59 espécies em 15 e 22 famílias, com diversidade ( $H'$ ) de 1,35 e 3,22, e a equitabilidade ( $J'$ ) de 0,41 e 0,79. Como pode ser observado pela Tabela 21.

De acordo com características estruturais, Deheuvels et al. (2012) descreveu quatro categorias de SAF-cacau na Costa Rica, cuja diversidade ( $H'$ ) variou de 1,59 a 2,54. Em SAF's situados tanto na Amazônia como na Mata Atlântica, vide Anexo B, encontrei a riqueza variando de 16 a 49, a diversidade ( $H'$ ) entre 1,37 a 2,73 e a equitabilidade ( $J'$ ) variando de 0,44 a 0,79 (SANTOS et al., 2004; FROUFE; SEOANE, 2011; STEENBOCK et al., 2013; VEBROVA et al., 2014). A partir dessas informações, verifico que os SAF-Cacau em São Félix do Xingu possuem valores de riqueza, diversidade e equitabilidade dentro da variação encontrada para os SAF's, inclusive podendo apresentar maiores valores médios.

Na sequência, apresento os detalhamentos florísticos para cada sombreamento do SAF-Cacau.

### **Sombra Inicial (SI)**

Ao todo amostrarei 1 ha em SAF-Cacau SI, onde pude encontrar a abundância de 416 indivíduos arbóreos e 575 plantas de banana (totalizando 991 indivíduos), dos quais identifiquei 27 espécies e 15 famílias. Sendo assim, quando consideramos

a banana (*Musa sp.*) as outras famílias têm sua representatividade extremamente diminuída em termos de densidade relativa, predomínio da família Musaceae (58%). Em função disso, apresento uma comparação entre os resultados “com a banana” e “sem a banana” na Tabela 23 e Figura 62.

Tabela 23 - Famílias encontradas no SAF-Cacau SI, em ordem decrescente de Abundância (A). Riqueza de espécies (S) e Abundância Relativa (AR) por família. NI: Não identificadas

Família	Com <i>Musa sp.</i>			Sem <i>Musa sp.</i>	
	S	A	AR	A	AR
Musaceae	1	575	58.02%	-	-
Caricaceae	1	243	24.52%	243	58.41%
Cannabaceae	1	56	5.65%	56	13.46%
Urticaceae	1	43	4.34%	43	10.34%
Moraceae	1	18	1.82%	18	4.33%
Fabaceae	5	12	1.21%	12	2.88%
Anacardiaceae	1	9	0.91%	9	2.16%
Meliaceae	2	8	0.81%	8	1.92%
Bignoniaceae	1	5	0.50%	5	1.20%
Myrtaceae	1	2	0.20%	2	0.48%
Euphorbiaceae	2	2	0.20%	2	0.48%
Arecaceae	1	1	0.10%	1	0.24%
Rubiaceae	1	1	0.10%	1	0.24%
Hypericaceae	1	1	0.10%	1	0.24%
Malvaceae	1	1	0.10%	1	0.24%
NI	6	14	1.41%	14	3.37%
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>991</b>	<b>100.00%</b>	<b>416</b>	<b>100.00%</b>

As famílias com maior representatividade ( $A \geq 10$ ) em ordem crescente são: Fabaceae (1,2%) < Moraceae (1,8%) < Urticaceae (4,3%) < Cannabaceae (5,6%) < Caricaceae (24,5%) < Musaceae (58,0%). Por outro lado, a família Fabaceae (S = 5) é a única representada por mais de 2 espécies. Também se revela importante a família Meliaceae, destacada por suas espécies segundo o IVI. Observando as espécies que ocorrem no SAF-Cacau SI, ressalto a importância apontada pelo IVI para oito delas: *Musa sp.* (29%); *Carica papaya* L. (17%); *Swietenia macrophylla* King (6%); *Guarea guidonia* (L.) Sleumer (6%); *Cecropia sp.* (6%); *Trema micrantha* (L.) Blume (6%); *Mauritia flexuosa* L.f. (5%).



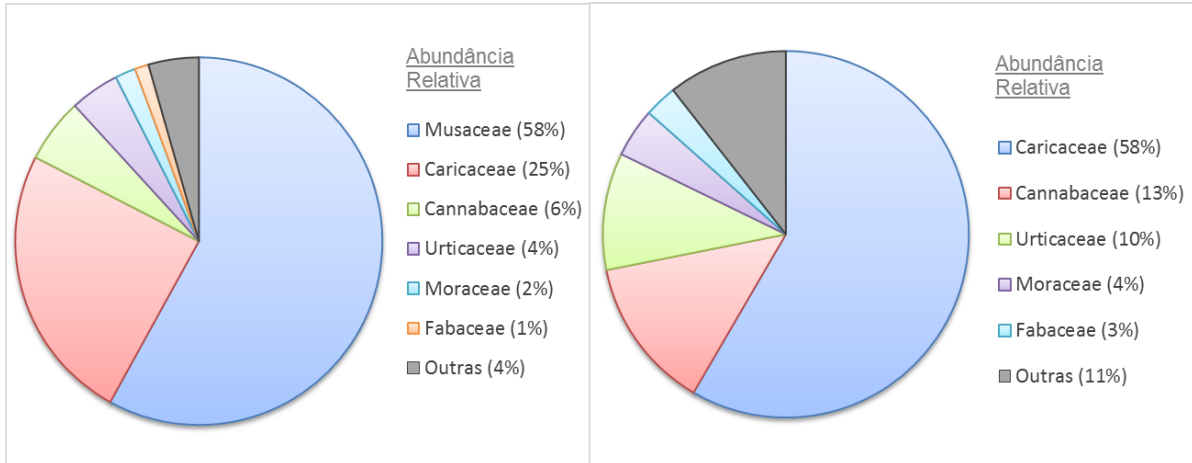


Figura 61 - Representação da Abundância Relativa (AR) das famílias amostradas em SAF-cacau SI. À direita AR considerando Musaceae, à esquerda AR sem considerar Musaceae

### Sombra Secundária (SS)

No SAF-Cacau SS também amostramos 1 ha, onde encontrei a abundância de 248 indivíduos arbóreos, dos quais pude identificar 59 espécies e 22 famílias. As famílias com maior representatividade ( $A \geq 10$ ) em ordem crescente são: Hypericaceae (4%) < Myrtaceae (7%) = Sapotaceae (7%) < Rhamnaceae (8%) < Fabaceae (22%) < Urticaceae (25%). As famílias Fabaceae ( $S = 19$ ) e Moraceae ( $S = 6$ ) apresentaram as maiores riquezas. A seguir, apresento a Tabela 24 e a Figura 63, com as especificações.

Tabela 24 - Lista de Famílias encontradas no SAF-Cacau SS, em ordem decrescente de Abundância (A). Riqueza de espécies (S) e Abundância Relativa (AR) por Família. NI: Não identificadas

Família	S	A	AR
Urticaceae	1	60	24.19%
Fabaceae	19	54	21.77%
Rhamnaceae	1	20	8.06%
Sapotaceae	3	18	7.26%
Myrtaceae	1	18	7.26%
Hypericaceae	1	11	4.44%
Ebenaceae	1	9	3.63%
Bignoniaceae	1	9	3.63%
Moraceae	6	8	3.23%
Malvaceae	2	8	3.23%
Euphorbiaceae	3	7	2.82%
Lecythidaceae	1	5	2.02%
Rutaceae	2	4	1.61%
Sapindaceae	2	2	0.81%
Meliaceae	2	2	0.81%
Arecaceae	2	2	0.81%
Annonaceae	1	1	0.40%
Clusiaceae	1	1	0.40%
Cannabaceae	1	1	0.40%
Apocynaceae	1	1	0.40%
Lauraceae	1	1	0.40%
Melastomataceae	1	1	0.40%
NI	5	5	2.02%
<b>TOTAL</b>	<b>59</b>	<b>248</b>	<b>100.00%</b>

Observando as espécies que ocorrem no SAF-Cacau SS, ressalto a importância apontada pelo IVI para seis delas: *Cecropia* sp. (12%); *Colubrina glandulosa* Perkins (8%); *Psidium guajava* L. (4%); *Pouteria macrophylla* (Lam.) Eyma (4%); *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (4%); *Vismia bacífera* (L.) Triana & Planch. (4%).

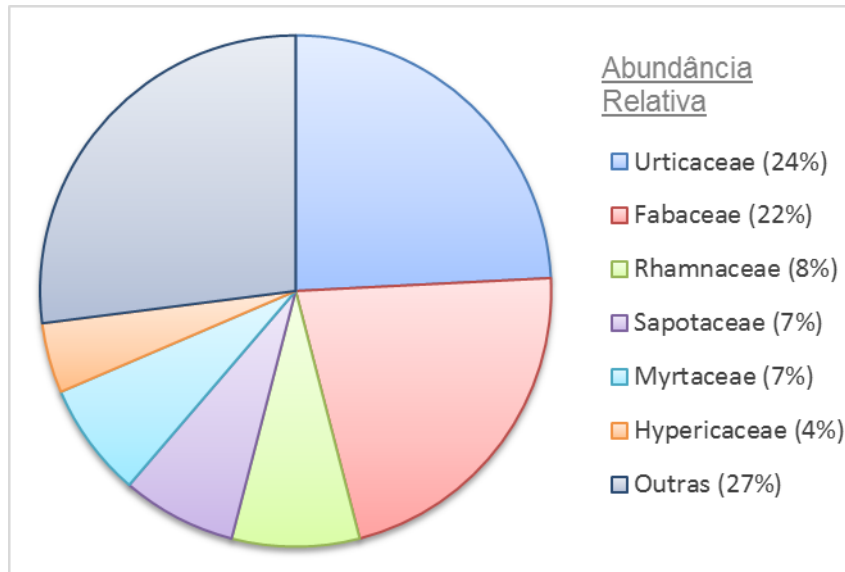


Figura 62 - Representação da Abundância Relativa (AR) das famílias amostradas em SAF-cacau SS

### Sombra Abandonada (A)

Para o SAF-Cacau A, amostrei apenas 0,4 ha, onde encontrei a abundância de 331 indivíduos arbóreos, dos quais pude identificar 50 espécies e 17 famílias. As famílias com maior representatividade ( $A \geq 10$ ) em ordem crescente são: Rutaceae (3%) < Malvaceae (4%) = Annonaceae (4%) < Urticaceae (9%) < Fabaceae (29%) < Myrtaceae (34%). As famílias Fabaceae ( $S = 9$ ), Moraceae ( $S = 3$ ) e Malvaceae ( $S = 3$ ) apresentaram as maiores riquezas. A seguir, apresento a Tabela 25, com as especificações.

Tabela 25 - Lista de Famílias encontradas no SAF-Cacau A, em ordem decrescente de Abundância (A). Riqueza de espécies (S) e Abundância Relativa (AR) por Família. NI: Não identificadas

Família	S	A	AR
Myrtaceae	1	114	34.44%
Fabaceae	9	96	29.00%
Urticaceae	1	31	9.37%
Annonaceae	2	15	4.53%
Malvaceae	3	12	3.63%
Rutaceae	2	10	3.02%
Moraceae	3	6	1.81%
Bignoniaceae	1	6	1.81%
Euphorbiaceae	1	5	1.51%
Anacardiaceae	1	4	1.21%
Hypericaceae	1	4	1.21%
Sapotaceae	1	3	0.91%
Lecythidaceae	2	2	0.60%
Rubiaceae	1	1	0.30%
Rhamnaceae	1	1	0.30%
Piperaceae	1	1	0.30%
Bixaceae	1	1	0.30%
NI	18	19	5.74%
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>331</b>	<b>100.00%</b>

Observando as espécies que ocorrem no SAF-Cacau A, resalto a importância apontada pelo IVI para seis delas: *Psidium guajava* L. (14%); *Senna multijulga* (Rich.) H.S. Irwin & Barneby (11%); *Musa sp.* (8%); *Cassia fastuosa* Willd. ex Benth. (6%); *Cecropia sp.* (6%); *Spondias Mombin* L. (5%).

### Comparações entre Usos do Solo

Com relação aos resultados supracitados, fica clara a evolução na complexidade de famílias entre os sistemas Pasto → SAF-Cacau SI → SAF-Cacau SS. Ademais, os usos do solo possuem predominância de famílias distintas entre si. Nesse sentido, ocorrem basicamente duas famílias com abundância relativa (AR) acima de 20% em cada um deles: Pasto (Bignoniaceae e Rubiaceae); SAF-Cacau SI (Musaceae e Caricaceae); SAF-Cacau SS (Urticaceae e Fabaceae); SAF-Cacau A (Myrtaceae e Fabaceae). Todavia, a família Urticaceae, representada pela *Cecreopia sp.*, mostra-se relevantemente presente em todos os sistemas agroflorestais. Assim como nas florestas da região, a família sempre presente nos

SAF-Cacau é Fabaceae, que além de possuir considerável abundância de indivíduos apresentou-se com maior riqueza de espécies.

A composição de espécies predominantes é distinta entre os usos do solo. Se considerarmos o IVI > 5% a única espécie que se destaca em todos os sistemas agroflorestais é *Cecropia sp.*. Entre as espécies pouco abundantes e com IVI < 5 %, apenas duas ocorrem nesses quatro usos do solo estudados, são elas: *Handroanthus obscurus* (Bureau & K.Schum.) Mattos e *Psidium guajava* L.. A espécie *Jenipa americana* L. apenas não ocorre no SAF-Cacau SS.

Ainda considerando as espécies pouco abundantes e com IVI < 5 %, cito aquelas que ocorrem em todos os sistemas agroflorestais (SI, SS e A): *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.; *Cassia fastuosa* Willd. ex Benth.; *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.; *Croton urucurana* Baill.; *Maclura trinatoria* (L.) D. Don ex Steud.; *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose; *Senna multijulga* (Rich.) H.S. Irwin & Barneby; *Vismia bacífera* (L.) Triana & Planch.; *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.. Se considerarmos apenas os SAFs-Cacau SI e SS, além das espécies supracitadas, a única que ocorre apenas nestes dois é a *Trema micrantha* (L.) Blume.

Para uma análise comparativa com enfoque apenas no SAF-Cacau SI e SAF-Cacau SS, os quais possuem mesmo número amostral (5 amostras cada), encontrei 13 espécies presentes em ambos, 11 exclusivas do SI e 45 exclusivas do SS. Sendo assim, utilizei os índices de Jaccard (Sj) e Sorensen (Ss) para analisar a similaridade entre eles, cujos resultados comprovam a baixa similaridade florística entre esses usos do solo. Vide Tabela 26.

Tabela 26 - Índices de Similaridade Jaccard (Sj) e Sorensen (Ss) para SAF-Cacau SI e SS

	Sj	SAF-Cacau SI	SAF-Cacau SS
Ss			
SAF-Cacau SI			<b>0,302</b>
SAF-Cacau SS	<b>0,317</b>		

É importante considerar os acréscimos de 350% e 111% da riqueza de espécies do Pasto para o SAF-Cacau SI e deste para o SAF-Cacau SS, respectivamente. Os índices de diversidade (H' e D), assim como o de equitabilidade (J'), expressaram-se da seguindo o mesmo padrão, porém através de cálculos distintos. Em função disso e também do amplo uso pela literatura científica, baseei-me o índice de Shannon (H') para comparação da diversidade de espécies.

O SAF-Cacau SI possui maior diversidade ( $H'$ ) do que o Pasto e apresenta tendência crescente para o SAF-Cacau SS, sendo este inferior à média dos ecossistemas de floresta madura, relatados pela literatura (SALOMÃO et al., 1988; RIBEIRO et al., 1999; SALOMÃO et al., 2007; CARNEIRO et al., 2012). Vale lembrar que, tanto esta análise, quanto a de similaridade, incluem os indivíduos de banana (*Musa sp.*), e que sua elevada bundância no SAF-Cacau SI reduz o valor de equitabilidade ( $J'$ ). Quando removo a banana dos cálculos, os valores de riqueza ( $S$ ), diversidade ( $H'$ ) e equitabilidade ( $J'$ ) são alterados para 26, 1,60 e 0,49 respectivamente.

Os indicadores de riqueza, diversidade e equitabilidade encontrados para o SAF-Cacau SS podem ser equiparados às florestas secundárias e em alguns casos até alcançar florestas maduras. Sendo assim, considero que o SAF-Cacau pode ser uma potencial ferramenta de recuperação florestal desses indicadores. Todavia, concordo com a ressalva de Vebrova et al. (2014), composição de espécies no SAF-cacau possui indicativos divergentes dos ecossistemas de floresta nativa, necessitando maiores estudos. Mesmo assim, os SAF-cacau possuem grande potencial de conservação florística, podendo haver melhoria deste atributo através do planejamento e manejo do sombreamento, sem implicar em perda de produtividade do cacau (DEHEUVELS et al., 2012).

#### **4.3.3 Estado da Arte: SAF-Cacau e RAD**

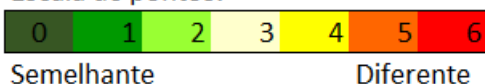
A fim de melhor compreender o potencial do SAF-Cacau para recuperação da estrutura florestal, reorganizei as informações obtidas anteriormente, de maneira a sintetizar os resultados significativos das 6 variáveis estruturais, passíveis de comparação entre os usos do solo (D; G; CD; HD; D-RN<sub>H>1,30</sub>; D-RN<sub>H<1,30</sub>). Para isso, desenvolvi a Figura 64, tornando esses resultados mais visíveis e comparáveis. Nela, incluí uma escala de similaridade variando de 0 a 6 pontos, onde cada resultado significativo corresponde a 1 ponto, de maneira que 0 mostra que não há nenhuma diferença e 6 que há completa diferença de estrutura florestal entre os usos do solo, de acordo com as variáveis estudadas nesta pesquisa.

	FLORESTA	PASTO	SAF-Cacau SI	SAF-Cacau SS	SAF-Cacau A
FLORESTA		6	4	2	4
PASTO	D G CD HD RN <sub>H&gt;</sub> RN <sub>H&lt;</sub>		5	5	4
SAF-Cacau SI	D G CD HD	D G CD HD RN <sub>H&lt;</sub>		3	3
SAF-Cacau SS	G HD	D G CD HD RN <sub>H&lt;</sub>	D CD HD		0
SAF-Cacau A	G CD HD RN <sub>H&lt;</sub>	D G CD HD	D CD HD		

Figura 63 - Diferenciação da estrutura florestal entre os usos do solo em função da quantidade de resultados significativos, considerando as variáveis estruturais estudadas

### Estrutura da vegetação

Escala de pontos:



De forma complementar, apresento a seguir, tópicos resumindo os principais resultados para o objetivo de RAD visado nesta pesquisa e as Figuras 67 e 68:

- Densidade – D (Ind./ha):
  - Pasto (17,5) < Floresta (1007,5) < A (1075,0) < SS (1089,0) < SI (1395,0);
  - SAF-Cacau SS possui densidade maior que o Pasto (**p<0,05**) e supera a Floresta em até 1%, ou seja, alcançou a semelhança em D (**p>0,05**).
- Área Basal – G (m<sup>2</sup>/ha):
  - Pasto (0,33) < A (9,0) < SI (12,6) < SS (14,8) < Floresta (36,4);
  - SAF-Cacau SS possui área basal maior que o Pasto (**p<0,05**) e atinge apenas 41% da Floresta, ou seja, não alcançou a semelhança em G. (**p<0,05**).
- Cobertura de Dossel – CD (%):
  - Pasto (1,9) < SI (61,8) < A (81,1) < Floresta (91,5) < SS (92,7);
  - SAF-Cacau SS possui a cobertura de dossel maior do que o Pasto (**p<0,05**) e supera a Floresta em até 1%, ou seja, alcançou a semelhança em CD (**p>0,05**).
- Altura do Dossel – HD (m):
  - Pasto (0,0) < SI (4,8) < A (7,6) < SS (8,6) < Floresta (17,9);
  - SAF-Cacau SS atinge a altura de dossel da Floresta em apenas 48%, ou seja, não alcançou a semelhança em HD (**p<0,05**).

- Cobertura de Gramíneas – CG (%):
  - SS (12,5) < Floresta (15,6) < SI (25,8) < A (27,1) < Pasto (87,5);
  - SAF-Cacau SS possui cobertura de gramíneas menor do que o Pasto (**p<0,05**) e assemelha-se à Floresta (**p>0,05**).
- Dens. Regeneração Natural – D-RN<sub>H>1,30</sub> (Ind./ha):
  - Pasto (687,5) < SI (1466,7) < A (4333,3) < SS (5100,0) < Floresta (5354,2);
  - SAF-Cacau SS possui regeneração natural maior do que Pasto, porém sem evidências significativas (**p>0,05**), e atinge a da Floresta em até 95%, ou seja, alcançou a semelhança em D-RN<sub>H>1,30</sub> (**p>0,05**).
- Dens. Regeneração Natural – D-RN<sub>H<1,30</sub> (Ind./ha):
  - Pasto (666,7) < A (1.708,3) < Floresta (4.666,7) < SS (8.650,0) < SI (9.133,3);
  - SAF-Cacau SS possui regeneração natural maior do que o Pasto (**p<0,05**) e ultrapassa a da Floresta em até 85%, ou seja, alcançou a semelhança em D-RN<sub>H<1,30</sub> (**p>0,05**).
- Riq. Regeneração Natural – S-RN<sub>H>1,30</sub> (Ind./ha):
  - Pasto (3,2) < SAF-Cacau SI (6,2) < SAF-Cacau SS (10,6) < SAF-Cacau A (21,5) < Floresta (21,7);
  - SAF-Cacau SS possui regeneração natural maior do que Pasto, porém sem evidências significativas (**p>0,05**), e atinge a da Floresta em até 49%, sendo estatisticamente semelhante em S-RN<sub>H>1,30</sub> (**p>0,05**).
- Riq. Regeneração Natural – S-RN<sub>H<1,30</sub> (Ind./ha):
  - Pasto (4,0) < SAF-Cacau A (11,0) < SAF-Cacau SI (12,0) < SAF-Cacau SS (12,8) < Floresta (20,2);
  - SAF-Cacau SS possui regeneração natural maior do que o Pasto, porém sem evidências significativas (**p>0,05**), e atinge a Floresta em até 63%, sendo estatisticamente semelhante em S-RN<sub>H<1,30</sub> (**p>0,05**).
- Riqueza (S), Diversidade (H') e Equitabilidade (J'):
  - (S): Pasto (6) < SI (27) < A (50) < SS (59) < floresta\* (277);
  - (H'): Pasto (0,82) < SI (1,35) < A (2,58) < SS (3,22) < floresta\* (4,47);
  - (J'): SI (0,41) < Pasto (0,52) < A (0,65) < SS (0,79) < floresta\* (0,84);



- SAF-Cacau SS possui indicadores de biodiversidade maiores do que o Pasto e menores do que a floresta, alcançando-a em até 21% (S), 72% (H') e 94% (J').

\* valor médio a partir de fontes secundárias.

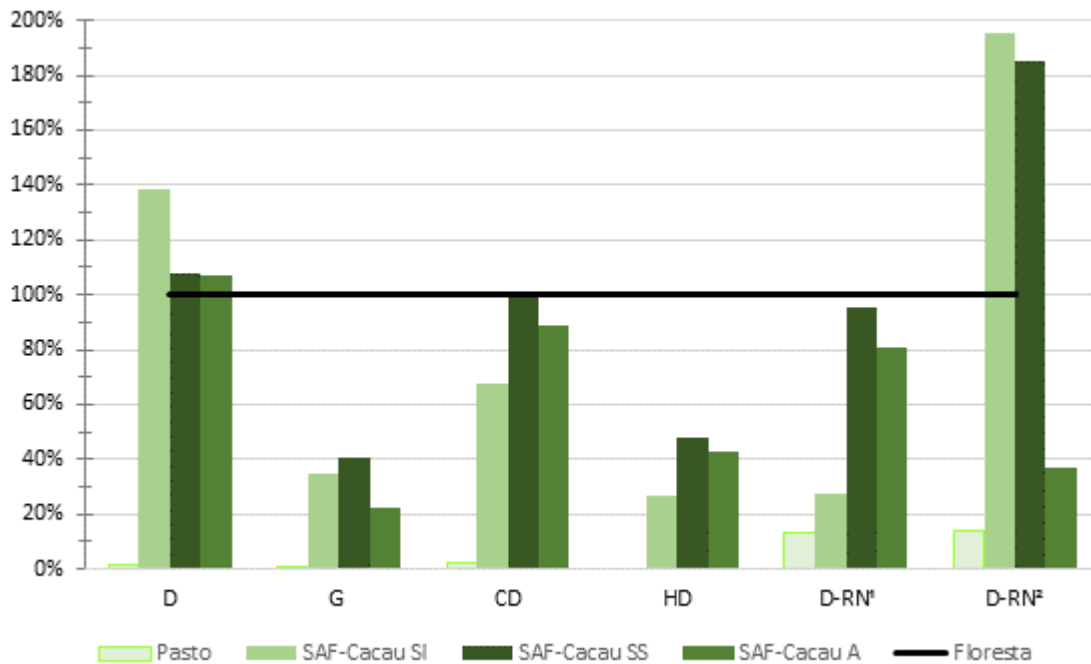


Figura 64 - Comparativo percentual dos usos do solo em relação à Floresta (100%) para as variáveis de estrutura florestal: Densidade (D); Área Basal (G); Cobertura de Dossel (CD); Altura de Dossel (HD); Densidade de Regenerantes (D-RN). <sup>1</sup> = H>1,30 m e <sup>2</sup> = H<1,30 m

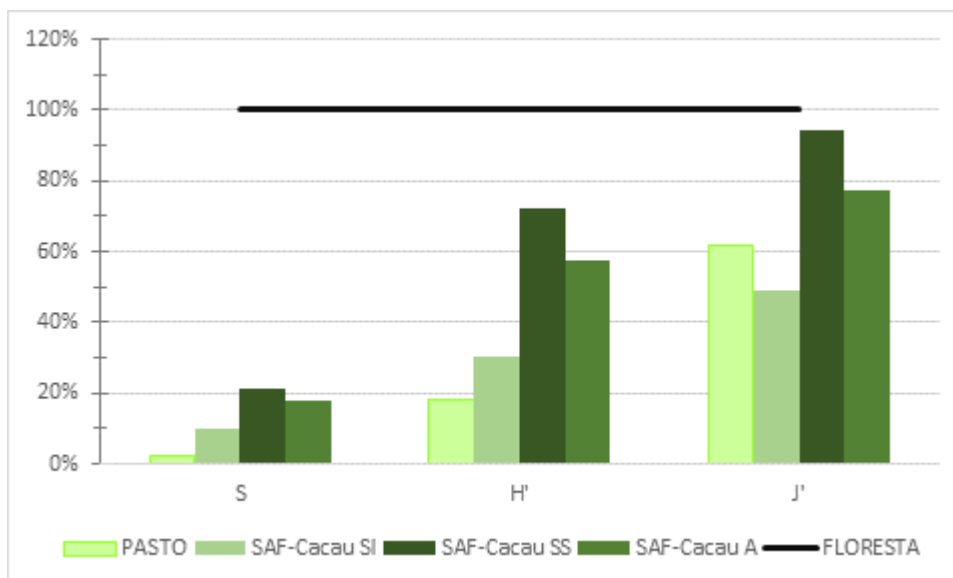


Figura 65 - Comparativo percentual dos usos do solo em relação à Floresta (100%) para as variáveis de riqueza (S), diversidade (H') e equitabilidade (J')

Através desses resultados, verifico que o SAF-Cacau pode alcançar a similaridade de estrutura florestal da Floresta para a maioria das variáveis D, CD,  $D-RN_{H>1,30}$  e  $D-RN_{H<1,30}$ . Ademais, observo que as variáveis G e HD possuem tendência crescente e podem futuramente alcançar a Floresta. Destaco que a única variável estrutural em que o SAF-Cacau SS se assemelha ao Pasto é a  $D-RN_{H>1,30}$ , porém sua média manifesta-se 7,4 vezes maior. Considerando que, nos trópicos, dependendo da intensidade dos distúrbios antecedentes, uma área de pastagem abandonada pode formar floresta secundária com características estruturais semelhantes às de floresta madura a partir dos 30 anos de sucessão (AIDE et al., 2000; FINEGAN; DELGADO, 2000; GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001; LETCHER; CHAZDON, 2009), o SAF-Cacau é uma ferramenta potencialmente eficaz para RAD em termos de estrutura florestal.

A cobertura de gramíneas (CG) teve uma redução significativa do Pasto para o SAF-Cacau SS, sendo este semelhante à Floresta, da mesma como inversamente ocorreu para a cobertura de copa (CC). A riqueza da regeneração natural (S-RN) no SAF-Cacau SS, em ambas categorias, atingiu cerca da metade do valor encontrado na Floresta, mas foi expressivamente maior do que os valores do Pasto. Resultados esses que se mostram positivos na adoção do SAF-Cacau para RAD.

O sombreamento do SAF-Cacau SS apresenta valores de riqueza, diversidade e equitabilidade consideravelmente maiores do que o Pasto. No entanto, com relação aos valores médios dos ecossistemas de floresta madura, ele é pobre em riqueza (S), possui cerca de 70% de sua diversidade ( $H'$ ) e assemelha-se em termos de equitabilidade ( $J'$ ). Assim como Vebrova et al. (2014), questiono a eficácia de recuperação da composição florestal e recomendo maiores estudos. Por fim, considero que, através do manejo de sombra, os SAF-Cacau possuem alto potencial para a conservação da biodiversidade associada à RAD dentro do contexto de São Félix do Xingu, ressaltando que eles não devem ser considerados substitutos de ecossistemas florestais (CHAZDON, 2008b; DEHEUVELS et al., 2014).

#### 4.4 Conclusões

Durante a fase de Sombra Inicial (SI), a banana (*Musa sp.*) é um componente do SAF-Cacau que possui influências significativas, tanto nas variáveis de estrutura florestal (D e G), quanto nas de fitossociologia (AR e IVI). Em média ela representa cerca de: 36% da D; 55% da G; 58% da AR; e 29% do IVI. Sendo assim, para fins comparativos, este componente deve ser interpretado considerando-se que esta não é uma espécie arbórea, possui pouca representatividade em termos de biomassa e permanece no sistema apenas durante os primeiros anos.

As plantas de cacau dos SAF-Cacau SI e SS, considerando apenas árvores com CAP  $\geq 15$  cm, representam 16% e 55% da área basal (G), e 48% e 45% da altura do dossel (HD), respectivamente. As estimativas de produção média (P) podem ser consideradas mediana-baixas, dependendo do referencial, mas ainda dentro dos padrões esperados.

A regeneração natural caracteriza-se por grande variação, tanto da densidade quanto da riqueza, em ambas as categorias estudadas. Fato este que, provavelmente, está relacionado com as características ambientais da paisagem associadas à intensidade do manejo no uso do solo. Ainda assim, é possível constatar o potencial dos SAF-Cacau na recuperação dessas variáveis.

Considerando os aspectos de estrutura florestal e de diversidade florística deste estudo, o SAF-Cacau SS apresentou melhorias significativas com relação ao Pasto em todos os parâmetros e assemelha-se aos valores de florestas nativas maduras em quase todos, mostrando-se inferior apenas em área basal (G), altura de dossel (HD), riqueza (S) e diversidade (H'). Todavia, a tendência dessas variáveis estruturais é crescente e o manejo adequado do sombreamento pode propiciar a melhoria dos indicadores de diversidade, futuramente tornando os SAF-Cacau ainda mais próximos dos ecossistemas florestais nativos. Sendo assim, considero que os SAF-Cacau consistem em uma potencial ferramenta de recuperação de áreas degradadas, tendo como verdadeiras as hipóteses de que esse sistema produtivo é capaz de recuperar parcialmente os aspectos de estrutura florestal e de diversidade florística, em São Félix do Xingu.

Como forma alternativa de uso do solo à pecuária convencional, os SAF-cacau contribuem com a provisão de serviços ambientais, dentre eles: a proteção do solo; a manutenção e/ou recuperação da biodiversidade florística e o estoque de

biomassa. Por fim, considerando a riqueza da composição florística das florestas do entorno, o SAF-cacau pode ampliar o uso de espécies nativas no sombreamento. Nesse sentido, ressaltamos a importância de maiores estudos sobre o seu manejo e, principalmente, com enfoque na manutenção da biodiversidade através da melhoria da composição de espécies arbóreas, valorizando seu potencial econômico e ecológico.

## Referências

- AIDE, T.M. ZIMMERMAN, J.K.; PASCARELLA, J.B.; RIVERA, L.; MARCANO-VEGA, H. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology. **Restoration Ecology**, Washington, v. 8, n. 4, p. 328–338, 2000.
- ALMEIDA, L.S.; GAMA, J.R.V.; OLIVEIRA, F.A.; CARVALHO, O.P. de; GONÇALVES, D.C.M.; ARAÚJO, G.C. Fitossociologia e uso múltiplo de espécies arbóreas em floresta manejada, Comunidade Santo Antônio, município de Santarém, Estado do Pará. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n. 2, p. 185–194, 2012.
- ALVINO, F.B.; SILVA, M.F.F.; RAYOL, B.P. Potencial de uso das espécies arbóreas de uma floresta secundária, na Zona Bragantina, Pará, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 4, p. 413–420, 2005.
- ARIMA, E.; BARRETO, P.; BRITO, M. **Pecuária na Amazônia: tendências e implicações para conservação ambiental**. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, 2005. 68 p.
- BARRETO, P.; SOUZA JUNIOR, C.; NOGUERÓN, R.; ANDERSON, A.; SALOMÃO, R. **Pressão humana na floresta amazônica brasileira**. Belém: WRI; Imazon, 2005. 86 p.
- BEER, J.; BONNEMANN, A.; CHAVES, W.; FASSBENDER, H.W.; IMBACH, A.C.; MARTEL, I. Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) or poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 12, p. 229-249, 1990.
- BELLOTTO, A.; VIANI, R.A.G.; NAVE, A.G.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para definição metodológica. In: RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.B.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. Piracicaba: ESALQ, LERF; São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009. p. 132 -150.

- BOWMAN, M.S.; SOARES-FILHO, B.S.; MERRY, F.D.; NEPSTAD, D.C.; RODRIGUES, H.; ALMEIDA, O.T. Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: a spatial analysis of the rationale for beef production. **Land Use Policy**, South Australia, v. 29, p. 558–568, 2012.
- BREUGEL, M.; RAMOS, M.M.; BONGERS, F. Community dynamics during early secondary succession in Mexican tropical rain forests. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 22, p. 663-674, 2006.
- CARNEIRO, V.M.C.; SABLAYROLLES, P.J.L.; OLIVEIRA, S.G. de; SABLAYROLLES, M.G.P. Composição e diversidade florística de remanescentes florestais presentes em lotes de agricultores na área de proteção ambiental triunfo do Xingu, Pará, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1783, 2012.
- CARNEVALE, L.J.C.; MONTAGNINI, F. Facilitating regeneration of secondary forests with the use of mixed and pure plantations indigenous tree species. **Forest Ecology and Management**, New York, v. 163, p. 217-227, 2002.
- CARIM, M.G.V.; GUILAUMET, J-L.B.; GUIMARÃES, J.L.S.; TOSTES, L.C.L. Composição e estrutura de floresta ombrófila densa do extremo Norte do Estado do Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 3, n. 2, p. 1-10, 2013.
- CARIM, S.; SCHWARTZ, G.; SILVA, M.F.F. Riqueza de espécies, estrutura e composição florística de uma floresta secundária de 40 anos no leste da Amazônia. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 293-308, 2007.
- CHAVES, R.A.; REIS, M.G.F.; REIS, G.G.; PEZZOPANE, J.E.M.; XAVIER, A.; MONTE, M.A. Dinâmica de cobertura de dossel de povoamentos de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex-Maiden submetidos a desrama artificial e desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 989-998, 2007.
- CHAZDON, R.L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, New York, v. 320, p. 1458, 2008a.
- \_\_\_\_\_. Change and determinism in tropical forest succession. In: CARSON, W.P.; SCHNITZER, S.A. **Tropical forest community ecology**. Oxford: Blackwell, 2008b. chap. 23, p. 384-408.
- CHAZDON, R.L.; LETCHER, S.G.; BREUGEL, M. van; MARTINEZ-RAMOS; M.; BONGER, F.; FINEGAN, B. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. **Philosophical Transactional of Royal Society B**. London, v. 362, p. 273–289, 2007.
- DEHEUVELS, O.; AVELINO, J.; SOMARRIBA, E.; MALEZIEUX, E. Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca - Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 149, p. 181-188, 2012.

DEHEUVELS, O.; ROUSSEAU, G.X.; QUIROGA, G.S.; FRANCO, M.D.; CERDA, R.; MENDOZA, S.J.V.; SOMARRIBA, E. Biodiversity is affected by changes in management intensity of cocoa-based agroforests. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 88, n. 6, p. 1081-1099, 2014.

DENSLOW, J.S. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 18, p. 431-451, 1987.

DENSLOW, J.S.; GUZMAN, G.S. Variation in stand structure, light and seedling abundance across a tropical moist forest chronosequence, Panama. **Journal of Vegetation Science**, New York, v. 11, p. 201-212, 2000.

ESQUIVEL, M.J.; HARVEY, C.A.; FINEGAN, B.; CASANOVES, F.; SKARPE, C. Effects of pasture management on the natural regeneration of Neotropical trees. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 45, p. 371–380, 2008.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 15 dez. 2014.

FEARNISIDE, P. The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. **Ecology and Society**, Wolfville, v. 13, n. 1, p. 23-55, 2008.

FINEGAN, B.; DELGADO, D. Structural and floristic heterogeneity in a 30 - year-old Costa Rican rain forest restored on pasture through natural secondary succession. **Restoration Ecology**, Washington, v. 8, n. 4, p. 380–393, 2000.

FROUFE, L.C.M.; SEOANI, C.E.S. Levantamento fitossociológico comparativo entre sistema agroflorestal multistrato e capoeiras como ferramenta para a execução da reserva legal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 67, p. 203-225, 2011.

GANDOLFI, S.; JOLY, C.A.; RODRIGUES, R.R. Permeability – impermeability: canopy trees as biodiversity filters. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 4, p. 433-438, 2007.

GRISCOM, H.P.; GRISCOM, B.W.; ASHTON, M.S. Forest regeneration from pasture in the dry tropics of panama: effects of cattle, exotic grass, and forested riparia. **Restoration Ecology**, Washington, v. 17, n. 1, p. 117–126, 2009.

GUARIGUATA, M.R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, New York, v. 148, p. 185-206, 2001.

GUILHERME, F.A.G.; MORELLATO, L.P.C.; ASSIS, M.A. Horizontal and vertical tree community structure in a lowland Atlantic Rain Forest, Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 725-737, out./dez. 2004.

IGNACIO, E.D.; ATTANASIO, C.M.; TONIATO, M.T.Z. Monitoramento de plantios de restauração de florestas ciliares: microbacia do ribeirão São João, Mineiros do Tietê, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 137-148, 2007.

IVANAUSKAS, N.M.; MONTEIRO, R.; RODRIGUES, R.R. Estrutura de um trecho de floresta Amazônica na bacia do alto rio Xingu. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 2, p. 275–299, 2004.

KALACSKA, M.; SANCHES-AZOFEIFA, G.A.; CALVO-ALVARADO, J.C.; QUESADA, M.; RIVARD, B.; JANZEN, D.H. Species composition, similarity and diversity in three successional stages of a seasonally dry tropical forest. **Forest Ecology and Management**, New York, v. 200, p. 227–247, 2004.

KIRBY, K.R. The future of deforestation in the Brazilian Amazon. **Futures**, Brayford Pool, v. 38, p. 432–453, 2006.

KUNZ, S.H.; IVANAUSKAS, N.M.; MARTINS, S.V.; SILVA, E.; STAFELLO, D. Análise da similaridade florística entre florestas do Alto Rio Xingu, da Bacia Amazônica e do Planalto Central. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 725-736, out./dez. 2009.

KUNZ, S.H.; MARTINS, S.V.; IVANAUSKAS, N.M.; SILVA, L.; STEFANELLO, D. Estrutura fitossociológica de um trecho de floresta estacional perenifólia, Bacia do Rio das Pacas, Querência – MT. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 115-122, abr./jun. 2010.

KUNZ, S.H.; MOREAU, J.; SPADETO, C.; MARTINS, S.V.; STAFELLO, D.; IVANAUSKAS, N.M. Estrutura da comunidade arbórea de trecho de floresta sempre-verde e similaridade florística na Região Nordeste do Mato Grosso, Brasil. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 429-440., out./dez. 2014.

LATAWIEC, A.E.; STRASSBURG, B.B.N.; VALENTIN, J.F.; RAMOS, F.; ALVES-PINTO, H.N. Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. **Animal**, Cambridge, v. 8, n. 8, p. 1255–1263, 2014.

LAMB, D.; ERSKINE, P.D.; PARROTTA, J.A. Restoration of degraded tropical forest landscapes. **Science**, New York, v. 310, p. 1628-1632, 2005.

LETCHER, S.G.; CHAZDON, R.L. Rapid recovery of biomass, species richness, and species composition in a forest chronosequence in Northeastern Costa Rica. **Biotropica**, Gainesville, v. 41, n. 5, p. 608–617, 2009.

LIEBSCH, D.; GOLDENBERG, R.; MARQUES, M.C.M. Florística e estrutura de comunidades vegetais em uma cronosequência de Floresta Atlântica no Estado do Paraná, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 983-992, 2007.

LIMA, A.J.N.; TEIXEIRA, L.M.; CARNEIRO, V.M.C.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de uma floresta secundária da região de Manaus AM, dez anos após corte raso seguido de fogo. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 1, p. 49–54, 2007.

LOBÃO, D.E.; SETENTA, W.C.; LOBÃO, E.S.P.; CURVELO, K.; VALLE, R.R. Cacaueira: sistema agrossilvicultural tropical. In: VALLE, R.R. **Ciência, tecnologia e manejo do cacauero**. Brasília: CEPLAC; CEPEC; SEFIS, 2012. p. 467-506.

MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A.F. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapava: UNICENTRO, 2006. 140 p.

MAGALHÃES, L.M.S.; BLUM, L.W.H.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J. Relações entre o solo e a floresta no estabelecimento de unidades de paisagens florestais, na Amazônia. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 89-103, jan./dez. 1998.

MAGURRAN, A.E. **Medindo a diversidade biológica**. Curitiba: Ed. UFPR, 2012. 261 p.

MALHEIROS, A.F.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J. Análise estrutural da floresta tropical úmida do município de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 539-548, 2009.

MALHI, Y.; ROBERTS, J.T.; BETTS, R.A.; KILLEEN, T.J.; LI, W.; NOBRE, C.A. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. **Science**, New York, v. 319, p. 169-172, Jan. 2008.

MARGALEF, R. **Perspectives in ecological theory**. Chicago: University of Chicago Press, 1968. 112 p.

MEIRELLES FILHO, J.C.S. É possível superar a herança da ditadura brasileira (1964-1985) e controlar o desmatamento na Amazônia? Não, enquanto a pecuária bovina prosseguir como principal vetor de desmatamento. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Humanas, Belém, v. 9, n. 1, p. 219-241, 2014.

MELO, A.C.G.; DURIGAN, G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 73, p. 101-111, mar. 2007.

MITTERMEIER, R.A.; TURNER, W.R.; LARSEN, F.W.; BROOKS, T.M.; GASCON, C. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: ZACHOS, F.E.; HABEL, J.C. **Biodiversity hotspots**. Berlin; Heidelberg; Springer-Verlag, 2011. p. 3-23.

MONTE, M.A.; REIS, M.G.F.; REIS, G.G.; LEITE, H.G.; STOCKS, J.J. Métodos indiretos de estimação da cobertura de dossel em povoamentos de clone de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 769-775, jun. 2007.

MULLER, M.W.; GAMA-RODRIGUES, A.C. Sistemas agroflorestais com cacauero. In: VALLE, R.R. **Ciência, tecnologia e manejo do cacauero**. Brasília: CEPLAC; CEPEC; SEFIS, 2012. p. 407-436.



NOBRE, A.D. **O futuro climático da Amazônia**: relatório de avaliação científica. São José dos Campos: Articulação Regional Amazonica, 2014. 42 p.

OLIVEIRA, A.N.; AMARAL, I.L. Aspectos florísticos, fitossociológicos e ecológicos de um sub-bosque de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 1, p. 1–16, 2005.

PAN, Y.; BIRDSEY, R.A.; PHILLIPS, O.L.; JACKSON, R.B. The structure, distribution, and biomass of the world's forests. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v. 44, p. 593–622, 2013.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos florestais da Amazônia**. Belém: Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia, 2010. 124 p.

PEREIRA, L.A.; PINTO SOBRINHO, F.A.P.; COSTA NETO, S.V. Florística e estrutura de uma mata de terra firme na reserva de desenvolvimento sustentável rio Iratapuru, Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 113-122, jan./mar. 2011.

PEREIRA, L.C.S.M.; OLIVEIRA, C.C.C.; TOREZAN, J.M.D. Woody species regeneration in Atlantic forest restoration sites depends on surrounding landscape. **Natureza e Conservação**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 138-144, Dec. 2013.

PIELOU, E.C. **Ecological diversity**. New York: J. Wiley, 1975. 403 p.

PINHEIRO, E.S.; DURIGAN, G. Diferenças florísticas e estruturais entre fitofisionomias de cerrado em Assis, SP, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 181-193, 2012.

PORRO, R. Expectativas e desafios para adoção da alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação. In: \_\_\_\_\_. **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 33-53.

REID, J.L.; HOLL, K.D. Arrival ≠ survival. **Restoration Ecology**, Washington, v. 21, n. 2, p. 153–155, 2013.

RIBEIRO, R.J.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; AZEVEDO, C.P. Estudos fitossociológicos na região de Carajás e Marabá – Pará, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 29, n. 2, p. 207-222, 1999.

RODRIGUES, A.S.L.; EWERS, R.M.; PARRY, L.; SOUZA JUNIRO, C.; VERISSIMO, A.; BALMFORD, A. Boom-and-burst development patterns across the Amazon deforestation frontier. **Science**, New York, v. 324, p. 1435-1437, June 2009.

RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; BARROS, L.C. Tropical rain forest regeneration in an area degraded by mining in Mato Grosso State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, New York, v. 190, p. 323–333, 2004.

ROLIM, S.G.; NASCIMENTO, H.E.M.; ASSUNÇÃO, P.A.C.L. Estrutura da floresta ombrófila na serra do Tiracambu, Amazônia Maranhense. In: FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.; MELO, M.F.; LEONALDO, A.; MEIRA-NETO, J.A.A. (Org.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Viçosa: UFV, 2011. p. 441-459.

SAGANUMA, M.S. TOREZAN, J.M.D.; CAVALEIRO, A.L.; VANZELA, A.L.L.; BENATO, T. Comparando metodologias para avaliar a cobertura do dossel e a luminosidade no sub-bosque de um reflorestamento e uma floresta madura. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 377-385, 2008.

SALOMÃO, R.P.; SANTANA, A.C.; COSTA NETO, S.V. Construção de índices de valor de importância de espécies para análise fitossociológica de floresta ombrófila através de análise multivariada. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 115–128, jan./mar. 2012.

SALOMÃO, R.P.; SILVA, M.M. F.; ROSA, N.A. Inventário ecológico em floresta pluvial tropical de terra firme, Serra Norte, Carajás, Pará. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi**, Botânica, Belém, v. 4, n. 1, p. 1-46, 1988.

SALOMÃO, R.P.; VIEIRA, I.C.G.; SUEMITSU, C.; ROSA, N.A.; ALMEIDA, S.S.; AMARAL, D.D.; MENEZES, M.P.M. As florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazônia Oriental. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, Belém, v. 2, n. 3, p. 57-153, set./dez. 2007.

SANTOS, S.R.M.; MIRANDA, I.S.; TOURINHO, M.M. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 1, p. 1- 8, 2004.

SHANNON, C.E.; WIENER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949. 117 p.

SILVA, R.P.; SOUZA, C.A.S.; AMARAL, M.R.M.; CARNEIRO, V.M.C.; BARROS, P.C.; MARRA, D.M.; SANDOS, J. dos; HIGUCHI, N. **Árvore: crescimento, desenvolvimento e identificação**. In: HIGUCHI, N.; HIGUCHI, M.I.G. **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental**. 2. ed. Manaus: Edição do Autor, 2012. p. 71-100.

SILVA NETO, P.J.S.; MATOS, P.G.G.; MARTINS, A.C.S.; SILVA, A.P. **Sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira**. Belém: CEPLAC, 2001. 125 p.

SIMPSON, E.H. Measurement of diversity. **Nature**, London, v. 163, p. 688, 1949.

SMILEY, G.L.; KROSCHEL, J. Temporal change in carbon stocks of cocoa–glicírcia agroforests in Central Sulawesi, Indonesia. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 73, p. 219–231, 2008.

SOARES-FILHO, B.S.; NEPSTAD, B.C.; CURRAN, L.M.; CERQUEIRA, G.C.; GARCIA, R.A.; RAMOS, C.A.; VOLL, E.; MACDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P. Modeling conservation in the Amazon basin. **Nature**, London, v. 440, p. 363-364, Mar. 2006.

SOMARRIBA, E.; CERDA, R.; OROZCO, L.; CIFUENTES, M.; DÁVILA, H.; ESPIN, T.; MAVISOY, H.; AVILA, G.; ALVARADO, E.; POVEDA, V.; ASTORGA, C.; SAY, E.; DEHEUVELS, O. Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 173, p. 46–57, 2013.

SÖRENSEN, T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species contents. **Biologiske Skrifter**, Copenhagen, v. 5, n. 4, p. 1-34, 1943.

SOUZA, C.A.S.; SILVA, R.P.; BARROS, P.C.; DURGANTE, F.M.; AMARAL, M.R.M.; SILVA, N.M.C.; SANDOS, J. dos; HIGUCHI, N. A floresta amazônica: conceitos fundamentais. In: HIGUCHI, N.; HIGUCHI, M. I. G. **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões**: uma proposta de educação ambiental. 2. ed. Manaus: Edição do Autor, 2012. p. 41-70.

SOUZA, R.A.; MIZIARA, F.; MARCO JUNIOR, P. Spatial variation of deforestation rates in the Brazilian Amazon: A complex theater for agrarian technology, agrarian structure and governance by surveillance. **Land Use Policy**, South Australia, vol. 30, 2013. p. 915– 924.

STEENBOCK, W.; SILVA, R.O.; SEOANE, C.E.; FROUFE, L.C.M.; BRAGA, P.C.; SILVA, R.S. Geração e uso de indicadores de monitoramento de agroflorestas por agricultores associados à Cooperafloresta. In: STEENBOCK, W.; VEZZANI, F.M. **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. Curitiba: Kairós, 2013. p. 305–320.

STRASSBURG, B.B.N.; LATAWIEC, A.E.; BARIONI, L.G.; NOBRE, A.C.; SILVA, V.P.; VALENTIN, J.F.; VIANNA, M.; ASSAD, E.D. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, Malden, v. 28, p. 84–97, 2014.

VAAST, P.; SOMARRIBA, E. Trade-offs between crop intensification and ecosystem services: the role of agroforestry in cocoa cultivation. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 88, p. 947–956, 2014.

VEBROVA, H.; LOJKA, B.; HUSBAND, T.P.; ZANS, M.E.C.; DAMME, P.V.; ROLLO, A.; KALOUSOVA, M. Tree diversity in cacao agroforests in San Alejandro, Peruvian Amazon. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 88, p. 1101–1115, 2014.

VIEIRA, D.C.M.; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasileira Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 541-554, 2006.

VIEIRA, S.; CAMARGO, P.B.; SELHORST, D.; SILVA, R.; HUTYRA, L.; CHAMBERS, J.Q.; BROWN, I.F.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; WOFSEY, S.C.; TRUMBORE, S.E.; MARTINELLI, L.A. Forest structure and carbon dynamics in Amazonian tropical rain forests. **Oecologia**, Berlin, v.140, p. 468–479, 2004.

WALKER, N.F.; PATEL, S.A.; KALIF, K.A.B. From Amazon pasture to high street: deforestation and the Brazilian cattle product supply chain. **Tropical Conservation Science**, New York, v. 6, n. 3, p. 446-467, 2013. Special Issue,

WALKER, R.; MORAN, E. ANSELIN, L. Deforestation and cattle ranching in the Brazilian Amazon: external capital and household processes. **World Development**, Michigan, v. 28, n. 4, p. 683-699, 2000.

WRIGHT, S.J.; VAN SCHAIK, C.P. Light and the phenology of tropical trees. **American Naturalist**, Chicago, v. 143, p. 192-199, 1994.

ZAHAWI, R.Z.; HOLL, K. D.; COLE, R.J.; REID, J.L. Testing applied nucleation as a strategy to facilitate tropical forest recovery. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 50, p. 88–96, 2013.



**ANEXOS**



## Anexo A - Questionário aplicado para entrevista de levantamento socioeconômico e ambiental

### **(I) Caracterização socioeconômica**

1. Qual é a sua região de origem?

R: A maioria dos produtores entrevistados veio da região sudeste (43,75%) e menos de 1/3 já era da região norte, sendo destes apenas 12,5% paraenses.

2. Quantas pessoas compõem a família que atua na propriedade?

R: A maioria dos produtores (63,0%) disseram que de 3 a 5 pessoas da família atuam no trabalho rural, sendo que a maioria dos integrantes da família que mora na propriedade acaba trabalhando nela mesma.

3. Qual o meio de transporte mais utilizado pela família?

R: A maioria dos produtores (56,2%) utiliza transporte particular, sendo a moto o veículo predominante.

4. Qual é o seu nível de escolaridade?

R: A maioria dos produtores entrevistados (62,5%) possui ensino fundamental incompleto como escolaridade, sendo que alguns fizeram parte do ensino médio (12,5%) e outros são analfabetos (18,75%). Apenas 1 produtor entrevistado alegou ter concluído o ensino fundamental.

5. Quantos filhos estão estudando ou estudaram?

R: Todos os filhos de produtores ao menos tiveram a oportunidade de estudar em alguma fase da vida.

6. Atualmente, qual seria a maior necessidade (prioridade de investimento) da família?

R: A maioria dos produtores entrevistados (40,0%) priorizam investimentos na propriedade (com agricultura e/ou pecuária), no entanto a melhoria na moradia também foi bastante recorrente (27,7%). Vale ressaltar que, além desses, outra



parte dos entrevistados (20,0%) disseram priorizar agricultura/pecuária e moradia, de forma associada.

7. Já recebeu algum financiamento para atividades agropecuárias?

R: A grande maioria dos produtores entrevistados (87,5%) já recebeu algum financiamento do governo.

8. Alguém da família participa de algum programa social do governo?

R: Entre os produtores entrevistados, metade (50,0%) já recebeu recurso financeiro de programa social do governo.

9.a. Os documentos da propriedade estão adequados? (Título)

R: Entre os produtores entrevistados, apenas 1 possui o título de posse da terra, ou seja, a maioria (93,7%) possui posse não regulamentada.

9.b. Os documentos da propriedade estão adequados? (Cadastro Ambiental Rural, CAR)

R: Entre os produtores entrevistados, apenas 1 não possui o CAR, ou seja, a maioria (93,7%) já obteve este documento.

10. Há quanto tempo (anos) o Sr. pratica pecuária nesta propriedade?

R: entre os produtores entrevistados, 25,5% não pratica pecuária, 25,5% pratica a 10 anos ou menos, e os outros 50,0% praticam entre 11 e 23 anos

11. Há quanto tempo o Sr. planta cacau?

R: entre os produtores entrevistados, 43,7% cultiva cacau há menos de 10 anos e outros 43,7% entre 11 a 15 anos. O restante (12,5%) entre 16 a 20 anos.

12. Qual é a principal atividade geradora de renda na propriedade? Em proporção?

R: De acordo com a percepção dos produtores, a maior parte da renda nas propriedades estudadas ainda é a pecuária (40,5%). O cacau representa a segunda renda mais importante para as famílias (32,8%). Destaco que existe uma certa tendência na redução da prática pecuária, observada nas conversas com os

produtores familiares, e um aumento importante na comercialização da polpa de frutas (15,2%).

13. Possui alguma outra fonte de renda durante o ano?

R: Grande parte dos produtores entrevistados (37,5%) recebe aposentadoria como auxílio de renda. Alguns deles (18,7%) dizem não possuir outra fonte de renda além das citadas na questão 12.

14. Para realizar as atividades diárias da propriedade (gado e/ou cacau), é necessário mão-de-obra externa?

R: A maioria dos entrevistados (62,5%) necessita de mão-de-obra externa para cuidar de sua propriedade, seja com gado ou com o cacau.

15. Quantas horas o Sr. trabalha por dia?

R: Metade dos produtores entrevistados (50,0%) trabalham em média 8 horas por dia, sendo os extremos mínimo de 3 e máximo de 13 horas.

16. Quantas pessoas da família trabalham diretamente com o pecuária?

R: Em 25,0% das propriedades não há prática de pecuária. Em 37,5% dos casos, apenas o produtor é quem se envolve com esta atividade. Em outros 25,0%, apenas um filho ajuda nessa atividade. Apenas 2 mulheres ao todo se envolveram com a pecuária.

17. Quantas pessoas da família trabalham diretamente com o cacau?

R: Em 37,5% dos casos as atividades do cacau envolvem mais pessoas da família além do produtor. Sendo que metade das propriedades (50,0%) envolve as mulheres e em 37,5% das propriedades, um ou mais filhos colaboram nesta atividade.

18. Quais são as ferramentas/insumos necessários para a manutenção da pecuária?

R: As ferramentas/insumos listadas foram: foice, corda, herbicida, sal, cavadeira, espichadeira, arame, mourão, vacinas, vermífugo, carrapaticida, balde, bomba costal, esmeril, banquinho.

19. Você costuma anotar as atividades, os custos e os gastos em caderno de anotação?

R: A grande maioria dos produtores entrevistados (81,2%) não faz as anotações de custos e gastos de suas atividades agropecuárias.

20. Quanto é o gasto anual relativo à criação do gado?

R: Considerando a percepção de gastos dos produtores entrevistados, gasta-se em média 91,33 R\$/ha de pasto por ano para se manter a pecuária na propriedade. Este valor pode atingir os valores máximo e mínimo de 281,25 e 33,33 R\$/ha.ano.

21. Quanto é a renda bruta anual relativa à criação do gado?

R: Considerando a percepção da renda dos produtores entrevistados, ganha-se em média 532,46 R\$/ha de pasto por ano para se manter a pecuária na propriedade. Este valor pode atingir os valores máximo e mínimo de 1.248,00 e 66,67 R\$/ha.ano.

22. Quais são as ferramentas/insumos necessários para a manutenção do SAF-cacau?

R: As ferramentas/insumos listadas foram: foice, moto-poda, pulverizador costal, carrinho-de-mão, facão, podão, serrote, tesoura, luva, lime, moto-carreto, roçadeira, lona de plástico, enxada, banquinho, herbicida.

23. Quanto é o gasto anual relativo ao SAF-Cacau?

R: Considerando a percepção de gastos dos produtores entrevistados, gasta-se em média 244,99 R\$/ha de SAF-Cacau por ano para se manter a lavoura de cacau na propriedade. Este valor pode atingir os valores máximo e mínimo de 538,46 e 0,00 R\$/ha.ano.

24. Quanto é a renda bruta anual relativa ao SAF-cacau?

R: Considerando a percepção de renda dos produtores entrevistados, ganha-se em média 1.637,12 R\$/ha de SAF-Cacau por ano. Este valor pode atingir os valores máximo e mínimo de 4.500,00 e 400,00 R\$/ha.ano.

25. Descreva as despesas fixas de sua família (por mês):

R: Os produtores entrevistados possuem mensalmente um custo fixo médio de R\$ 836,00, variando no máximo de R\$ 1500,00 e mínimo de R\$ 457,00. Em média o maior gasto fixo mensal refere-se primeiro às despesas com alimentação (R\$ 466,67) e segundo com transporte (R\$ 210,00). Outros gastos também foram citados, tais como: energia elétrica, medicamentos e gás.

## **(II) Caracterização do cacau**

26. Por que o Sr. decidiu começar a trabalhar com cacau?

R: Os principais motivos que levaram os produtores entrevistados a trabalhar com cacau foram: em primeiro lugar o mercado/renda (24,0%) e em segundo o prazer/gosto (19,0%) e as boas condições de trabalho (cultura sombreada e perene) (19,0%). Outros motivos foram citados, tais como: conservação do meio ambiente, diversificação da produção e incentivos do governo ou outros produtores.

27. Qual motivo faz você manter a produção de cacau até hoje?

R: As grandes motivações que fazem os produtores entrevistados manter até hoje a cacauicultura estão no mercado e renda (35,0%), no gosto pela cultura (18,0%) e nas condições de trabalho (13,0%).

28. Utilizou algum adubo industrial nos últimos 4 anos?

R: A grande maioria dos produtores entrevistados (81,2%) não fez adubação industrial nos últimos 4 anos. A maioria também diz nunca ter feito adubação industrial desde a implantação. Apenas alguns (2) aplicaram a biocalda como fertilizante alternativo.

29. Utiliza algum defensivo agrícola no cacau?

R: A grande maioria dos produtores entrevistados (75%) não utiliza defensivos agrícolas.

30. Anulada.

31.a Qual era o uso do solo antes do SAF-Cacau? (nas áreas pesquisada)

R: Para fins desta pesquisa, foi priorizado estudar os sistemas agroflorestais implantados em área de pastagem. Sendo assim, nas áreas onde alocamos as parcelas, 73,0% possui o histórico de pastagem e 27,0% de roça (com no mínimo 3 anos de uso).

31.b. Qual era o uso do solo antes do SAF-Cacau? (em outras áreas além das pesquisadas)

R: Obtive 88,0% das respostas dizendo que o histórico imediatamente antes do SAF-Cacau era de floresta. Conversando com outros produtores e técnicos da cidade, a realidade da região mostra o fato de que a maioria das áreas onde o SAF-cacau foi implantado era de floresta.

32. Porque você escolheu plantar cacau com outras árvores?

R: Todos os produtores entrevistados mantêm outras árvores associadas ao cacau por recomendação técnica de que esta cultura precisa de sombreamento. No entanto, observo que não há planejamento adequado de uso múltiplo da lavoura de cacau. As árvores de sombra poderiam ter outras funções, sejam de uso econômico para diversificação da renda, ou sejam para beneficiar a manutenção da produção de cacau com a própria ciclagem de nutrientes.

33. Onde o Sr. adquiriu as mudas de cacau?

R: A grande maioria dos produtores entrevistados (81,2%) adquiriu mudas da Ceplac.

34. Qual o espaçamento do cacau?

R: a grande maioria dos produtores entrevistados (81,2%) plantou no espaçamento 3x3m, em função das orientações técnicas para região

35. Qual o espaçamento das árvores de sombra?

R: A minoria dos produtores entrevistados (12,5%) fez algum planejamento de espaçamento para as árvores de sombra. A maioria (87,5%) possui espaçamento irregular para as árvores de sombra.

36. As árvores do SAF são de regeneração natural ou foram plantadas?

R: Todos os produtores entrevistados fizeram a condução da regeneração natural para compor o sombreamento secundário (SS) do cacau. Alguns deles (3) também plantaram algumas mudas, mas apenas um produtor conciliou a regeneração com o plantio de mudas de forma sistematizada, planejada durante a fase de sombra inicial (SI).

37. Como o Sr. escolhe as árvores que permanecerão no SAF-cacau?

R: A maioria dos produtores entrevistados utiliza a sombra (23,0%), a madeira (23,0%) e o crescimento rápido (18,0%) como principais critérios na escolha das árvores que permanecerão no sombreamento definitivo do cacau. Outros critérios também foram mencionados, tais como: renda, longevidade, beleza e “não prejudica o cacau”.

38. Liste as espécies que você tem no SAF-Cacau:

R: Dentre as árvores citadas encontrei a riqueza de 101 espécies, sendo as espécies frequentemente citadas (em mais de 50% das entrevistas): tatarubá (*Pouteria macrophylla*), embaúba (*Cecropia sp.*), favão (*Schizolobium parahyba var. amazonicum*), ipê-amarelo (*Handroanthus obscurus*) e cajá (*Spondias mombin*). Outras também mencionadas (entre 25-50% das entrevistas) são: canafístula (*Senna sp.*), tatajuba (*Bagassa guianensis*), amarelão (*Apuleia leiocarpa*), biribá (*Annona mucosa*), golosa (*Chrysophyllum cuneifolium*), ingá (*Inga sp.*), goiaba (*Psidium guajava*), castanha (*Bertholletia excelsa*), cumaru (*Dipteryx odorata*), jaca (*Artocarpus heterophyllus*), manga (*Mangifera indica*) e abacate (*Persea americana*).

39. Você pratica ou praticou algum manejo nas árvores?

R: a grande maioria dos produtores entrevistados (87,5%) não pratica nenhum tipo de manejo nas árvores de sombra.

40. Você pretende aumentar, manter ou diminuir a quantidade de árvores no SAF?

R: Existe um equilíbrio (33,3%) entre os produtores entrevistados que desejam aumentar, manter e diminuir o sombreamento do cacau. É provável que parte dos produtores que desejam aumentar sombreamento do cacau, deve-se ao fato de que estes vão passar do sombreamento inicial para o secundário.

41. Por ano, quantas vezes o Sr. roça o cacau??

R: A metade dos produtores (50,0%) roça o cacau 2 vezes ao ano. Os produtores que roçam apenas 1 vez (25,0%) são os que possuem o cacau mais velho e sombreado. 12,5% nunca roçou o cacau e outros 12,5% roça 3 vezes ao ano.

42. Por ano, quantas vezes o Sr. poda o cacau?

R: Metade dos produtores entrevistados (50,0%) nunca podou o cacau e 37,5% diz já fazer uma poda anualmente. No entanto, é possível observar em campo que a maioria dos produtores realmente nunca realizou uma poda.

43. Por ano, quantas vezes o Sr. faz a desbrota o cacau?

R: A maioria dos produtores entrevistados (73,3%) faz a desbrota do cacau sempre que vai na área, enquanto realiza outras atividades.

44. Você recebeu capacitação técnica para manejar o SAF-Cacau?

R: Metade dos produtores entrevistados (50,0%) não recebeu capacitação técnica para trabalhar com cacau.

45. O SAF-Cacau lhe dá pouco, médio ou muito trabalho?

R: A maioria dos produtores entrevistados (56,2%) considera que o cacau é uma cultura que demanda muito trabalho. Uma parte considerável deles considera um trabalho mediano (37,5%) e somente alguns (6,2%) consideram pouco trabalho.

46. De acordo com suas despesas, o retorno econômico do SAF-Cacau lhe é satisfatório?

R: A maioria dos produtores entrevistados (75,0%) considera que o retorno financeiro do cacau é satisfatório perante suas despesas.

47. O preço do cacau está bom, médio ou ruim (R\$ 5,90)?

R: Metade dos produtores entrevistado (50,0%) considera que o preço de R\$ 5,90/kg é um valor razoável, sendo que boa parte dos entrevistados (37,5%) já consideram este um bom preço.

48. Qual o melhor indicador de qualidade para o SAF-cacau?

R: Grande parte dos produtores (37,0%) considera aspectos de poda/copa os mais importantes como indicadores de qualidade da lavoura. Aspectos relacionados à qualidade dos frutos/produzitividade também foram bastante citados (19,0%). Outros aspectos como limpeza da área (11,0%) e qualidade da folhagem (11,0%) também foram levantados algumas vezes. Curiosamente, apesar da grande maioria considerar a poda e a formação da copa aspectos importantes para a qualidade da lavoura, constatei anteriormente que a maioria nunca realizou esta atividade.

49. Em termos de fertilidade, o que você acha sobre o solo do SAF-Cacau? (Ruim/Médio/Bom)

R: A maioria dos produtores entrevistados (68,7%) considera que a fertilidade do solo no SAF-Cacau é boa.

50. Pra você, o solo do cacau é melhor, pior ou igual do que o solo da floresta? (Igual/ Melhor/ Pior)

R: Grande parte dos produtores entrevistados (46,7%) considera que a fertilidade do solo no SAF-Cacau é igual a da floresta, no entanto, um número considerável diz que é pior. Por outro lado, 33,3% considera o solo do SAF-Cacau pior do que a Floresta.

51. Ele melhorou, piorou ou continua igual com relação ao uso do solo anterior?

R: Grande parte dos produtores entrevistados (46,7%) considera que a fertilidade do solo no SAF-Cacau melhorou com relação ao uso anterior (seja floresta, pasto ou roça). Entretanto, uma boa parte (40,0%) considera que se manteve igual e apenas dois acham que piorou.

52. O SAF-Cacau pode ser algo bom, ruim ou indiferente para os animais da região?

R: quase a maioria dos produtores entrevistados (93,7%) considera que o SAF-Cacau pode beneficiar os animais da região.

53. É possível observar animais silvestres no SAF-Cacau? Esses animais se alimentam do cacau?



R: Os três grupos de animais com maior frequência de citação (>50,0%) alimentam-se do cacau, sendo eles: macacos, aves e pacas. Além deles, outros que se alimentam deste fruto são: caititu, papa-mel, pica-pau, veado, anta e quati. Dentre os animais que não atacam o cacau os mais citados em ordem decrescente foram: aves (em geral), tatu, cotia, raposa, cobras (em geral), jacu e lagartos.

54. As árvores de sombra do cacau podem ter alguma relação/influência positiva ou negativa para as matas que existem no entorno de sua propriedade?

R: A maioria dos produtores entrevistados (66,7%) considera que as árvores de sombra do cacau podem influenciar de maneira positiva a conservação das florestas do entorno da paisagem. No entanto, número considerável de entrevistados (33,3%) respondeu que não há relação/influência nenhuma.

55. Na sua interpretação geral, o SAF-Cacau é capaz de recuperar uma pastagem degradada?

R: A maioria dos produtores entrevistados (81,2%) considera que o SAF-Cacau tem potencial para RAD.

56. Considerando sua visão sobre o SAF-Cacau, você gostaria de aumentar, manter ou reduzir a área produtiva?

R: A maior parte dos produtores entrevistados (62,5%) deseja aumentar a área produtiva com SAF-Cacau, ninguém pretende reduzir. Por outro lado, um número considerável de produtores (37,5%) respondeu que pretende manter o tamanho com está, muitas vezes em função da falta de mão-de-obra.

57. Você estaria disposto a aumentar ou manter o número de árvores com cacau se o governo lhe pagasse? Qual valor o Sr. Acharia justo a ser pago por alqueire por ano?

R: A maioria dos produtores entrevistados (80,0%) aceitaria até mesmo aumentar o número de árvores de sombra se isso fosse necessário para receber um PSA. Grande parte dos produtores entrevistados (37,5%) considera R\$500,00 por ha por ano um valor justo a ser pago. Outra boa parte dos produtores (18,75%) considera justo um PSA entre R\$100 e 500,00 por ha por ano.

### **(III) Caracterização da pecuária**

58. Por que trabalha com pecuária?

R: A maior parte dos produtores entrevistados trabalha com pecuária por causa da renda (27,8%) e da tradição (27,8%). Apenas alguns produtores disseram que gostam de trabalhar com a pecuária (16,7%) e outros produtores nunca trabalharam ou já deixaram de trabalhar com a pecuária (22,2%).

59. Você recebeu capacitação para praticar pecuária?

R: A maioria dos produtores entrevistados (62,5%) não recebeu capacitação adequada para trabalhar com pecuária.

60. Quantas cabeças de gado você tem?

R: Em média os produtores entrevistados possuem 1,6 cabeças de gado por ha, podendo atingir um máximo de 3,1 e mínimo de 0,7.

61. Qual motivo faz você manter o gado até hoje?

R: A grande maioria dos produtores entrevistados (68,7%) mantém a atividade de pecuária apenas pela questão econômica. Somente 1 produtor alegou que a pecuária contribui para manter a posse da terra.

62. Quais as práticas de manejo você aplica para a pecuária?

R: Basicamente os produtores em geral responderam que praticam a roçada e reforma do pasto e alguns citaram os cuidados com o gado, como alimentação e vacinas, e com a cerca, como reforma de mourões.

63. Qual a frequência que o pasto precisa ser roçado?

R: normalmente os produtores roçam o pasto de 1 a 2 vezes por ano (56,2%).

64. Faz alguma prática de conservação do solo?

R: A maioria dos produtores entrevistados (75,0%) não faz nenhum tipo de prática de conservação de solos.

65. Utiliza algum adubo no pasto?

R: A maioria dos produtores entrevistados (75,0%) não faz nenhum tipo de aplicação de adubo no pasto, sendo que o restante (25,0%) não trabalha com pecuária.

66. Utiliza algum defensivo agrícola no pasto?

R: A maioria dos produtores entrevistados (62,5%) faz aplicação de algum defensivo agrícola no pasto, apenas 12,5% não aplica defensivos e o restante (25,0%) não trabalha com pecuária.

67. A pecuária lhe dá pouco, médio ou muito trabalho?

R: A maioria dos produtores entrevistados (58,3%) considera que a pecuária é uma atividade que demanda esforço de trabalho mediano. Apenas 16,7% alegaram ser muito trabalhoso e 25,0% ser muito trabalhoso.

68. Considerando suas despesas, o retorno econômico da pecuária é satisfatório?

R: Grande parte dos produtores entrevistados (43,7%) considera que o retorno financeiro da pecuária é satisfatório perante suas despesas, no entanto boa parte deles considera o contrário (31,2%). O restante (25,0%) não trabalha com pecuária.

69. O preço que lhe pagam pelos produtos da pecuária está bom, mediano ou ruim?  
(Bom/Médio/Ruim)

R: Metade dos produtores entrevistados (50,0%) não está satisfeito com os preços da pecuária, consideram que estão pagando pouco pelo leite e pela venda de animais. 33,0% consideram os preços medianos e apenas 16,7% consideram que está bom.

70. Você costuma observar a presença de animais no pasto? Quais?

R: Dentre os animais que mais foram citados por serem avistados no pasto temos em ordem decrescente: caititu, tatu, raposa, veado, tamanduá, arara, outras aves em geral, paca, capivara, cobra, jacu, anta, guaxinim (mão-pelada) e quati.

71. Em termos de fertilidade, o que você acha do solo da pastagem?  
(Ruim/Bom/Normal)

R: Metade dos produtores que possuem pasto (50,0%) acredita que a fertilidade deste seja boa, no entanto, 41,67% acredita que seja ruim.

72. Anulada

73. Comparado com o SAF-Cacau, ele é melhor, igual ou pior?

R: Grande parte dos produtores entrevistados (41,7%) considera o solo do pasto pior do que o do SAF-Cacau, no entanto boa parte deles considera igual (25,0%) ou melhor (33,3%).

74. Você acha que a pastagem pode ter algum benefício para o meio ambiente?

R: Metade dos produtores entrevistados (50,0%) considera que o pasto não traz nenhum benefício para o meio ambiente. 25,0% não quis responder, 18,7% disse que depende e apenas 1 produtor acredita que há benefício sim.

#### **(IV) Caracterização da floresta**

75. Por que você mantém as matas na sua propriedade?

R: A maioria dos produtores entrevistados (60,0%) só mantém a floresta porque é uma exigência legal. Boa parte dos produtores (33,3%) entende que a floresta é importante de alguma maneira para a manutenção da água, solo e ar (meio ambiente).

76. Você sabe se havia algum uso da floresta antes do Sr. ser o proprietário?

R: A maioria dos produtores entrevistados (73,3%) acredita que não havia uso da sua floresta antes dele adquirir a propriedade.

77. Sabe se a floresta já pegou fogo alguma vez?

R: A maioria dos produtores entrevistados (80,0%) diz que sua floresta já pegou fogo ao menos em parte dela.

78. O Sr. utiliza a mata para alguma coisa?

R: A maioria dos produtores entrevistados (73,3%) diz que utiliza sua floresta, sendo na maior parte das vezes para lazer, madeira e caça.

79. Para o Sr., essa floresta está bem conservada ou degradada?

R: A maioria dos produtores entrevistados (80,0%) acredita que seu fragmento florestal está conservado.

80. É possível observar a animais silvestres no fragmento?

R: Os produtores disseram, em geral, que na floresta é possível ver todos os animais citados anteriormente, sendo que alguns deles acrescentavam variedades de pássaros, cobras e macacos.

81. Atribua notas de 1 a 5 para sua lavoura de cacau, com relação à:

- Retorno financeiro: 2,6 (média); 5,0 (máx.); 1,0 (mín.)
- Produção: 2,4 (média); 5,0 (máx.); 0,0 (mín.)
- Qualidade da terra: 4,1(média); 5,0 (máx.); 0,0 (mín.)
- Diversidade de plantas: 3,4 (média); 5,0 (máx.); 1,0 (mín.)
- Diversidade de animais: 3,6 (média); 5,0 (máx.); 1,0 (mín.)

Anexo B – Referências Bibliográficas e respectivos dados para discussão de estrutura florestal e diversidade florística (continua)

<b>Referência</b>	<b>Ref. N.</b>	<b>Referência</b>	<b>Ref. N.</b>	<b>Referência</b>	<b>Ref. N.</b>
Vieira et al., 2004	1	Ribeiro et al., 1999	11	Kalacska et al., 2004	21
Carim et al., 2013	2	Froufe e Soane, 2011	12	Lima et al., 2007	22
Carim et al., 2007	3	Vebrova et al., 2014	13	Steenbock et al., 2013	23
Rolim et al., 2011	4	Pereira et al., 2010	14	Santos et al., 2004	24
Ivanauskas et al., 2004	5	Almeida et al., 2012	15	Deheuvels et al., 2012	25
Alvino et al., 2005	6	Melo e Durigan, 2007	16		
Kunz et al., 2010	7	Liebsch et al., 2007	17		
Kunz et al., 2014	8	Guilherme et al., 2004	18		
Salomão et al., 2007	9	Malheiros et., 2009	19		
Salomão et al., 1988	10	Finegan e Delgado, 2000	20		

Lista de referências bibliográficas e numeração, complementar à Tabela seguinte

Anexo B – Referências Bibliográficas e respectivos dados para discussão de estrutura florestal e diversidade florística (conclusão)

uso do solo	Idade (anos)	Área amostral (ha)	N.Indv	CAP (cm)	HD (m)	CC (%)	D (ind./m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)	(H')	(1-D)	(J')	N Spp.	Localização	Ref.
FNM	-	10	-	> 31.4	-	-	626	-	4.67	0.98	0.86	164	AC	1
FNM	-	3	-	≥ 31.4	-	-	466	-	4.42	0.98	0.87	232	MN	1
FNM	-	20	-	≥ 31.4	-	-	460	-	4.37	0.96	0.78	265	PA	1
FNM	-	3.4	1804	≥ 33.0	-	-	530	31.64	4.39	-	-	93	AP	2
FNS	40	1.5	2934	≥ 15.7	-	-	1956	17.4	4.03	-	-	154	PA	3
FNEM	-	6	2608	≥ 31.4	-	-	434.7	22.2	-	-	-	286	MA	4
FNM	-	3	-	≥ 30.0	-	-	546	21.05	3.86	-	0.72	110	MT	5
FNM	-	3	-	15.0 - 30.0	-	-	654	6.99	3.62	-	0.77	11	MT	5
FNS	30	1.5	-	≥ 15.7	-	-	1961	17.7	-	-	-	103	PA	6
FNM	-	0.98	-	≥ 31.4	-	-	761	25.8	3.38	-	0.85	53	MT	7
FNM	-	1.05	1687	≥ 15.7	-	-	1607	22.94	3.67	-	0.86	67	MT	8
FNM	-	7.9	2952	≥ 31.4	-	-	374	26	5.283	0.99	0.87	433	PA	9
FNM	-	3.9	1705	≥ 31.4	-	-	437	22.37	4.247	0.97	0.799	203	PA	9
FNM	-	1	486	≥ 31.4	-	-	486	21.2	4.418	0.98	0.894	140	PA	9
FNM	-	3	1421	≥ 31.4	-	-	474	24.67	4.81	0.99	0.863	264	PA	9
FNM	-	2	878	≥ 31.4	-	-	439	21.47	4.232	0.97	0.838	159	PA	9
FNM	-	1	484	≥ 31.4	17.3	-	484	21.59	-	-	-	122	PA	10
FNM	14	7	2549	≥ 62.8	-	-	132	15.41	3.66	-	-	130	PA	11
FNM	8,8	4.4	1555	≥ 62.8	-	-	128	17.35	3.71	-	-	122	PA	11
FNS	-	0.225	217	≥ 15.0	-	-	1408.9	24.5	3.34	0.95	0.84	54	SP	12
FNS	10 a 15	3.12	127	≥ 31.4	19.96	-	406.4	18.95	1.83	0.72	-	16	Peru	13
FNM	-	3.12	157	≥ 31.4	14.96	-	502.4	36.31	4.02	0.98	-	71	Peru	13
FNM	-	1.1	623	≥ 31.4	-	-	566	36.19	-	-	-	101	AP	14
FNMEM	-	-	1227	≥ 31.4	-	-	571	33.64	4.39	-	0.85	175	PA	15
FNS	23	0.05	-	≥ 3.1	-	184.3	1640	15.05	2.43	-	-	16	SP	16
FNM	-	0.05	-	-	-	215	1087	27	3.77	-	-	68	SP	16
FNS	20	0.1	189	≥ 4.8	-	-	1890	21.5	1.05	-	0.47	9	PR	17
FNM	80	0.15	451	≥ 4.9	-	-	3006	34.8	3.2	-	0.77	63	PR	17
FNM	120	0.15	242	≥ 4.10	-	-	1600	40.1	3.22	-	0.8	56	PR	17
FNS	5	0.075	113	≥ 15.00	7.5	-	1507	19	2.63	0.88	0.8	27	SP	12
FNS	20	0.075	96	≥ 15.00	8.4	-	1280	19.7	2.88	0.93	0.88	26	SP	12
FNS	30	0.075	108	≥ 15.00	9.2	-	1440	34.7	2.68	0.91	0.72	26	SP	12
FNM	-	0.99	3708	≥ 15.7	-	-	1555	34.6	3.85	-	0.75	172	SP	18
FNM	-	2	1101	≥ 31.4	-	-	550	26.3	-	-	-	68	MT	19
FNS	30	2.4	-	≥ 31.4	-	-	525	17.7	-	-	-	100	Costa Rica	20
FNS	-	1	1125	≥ 15.7	7.5	-	112	11.7	1.77	-	0.64	62	Costa Rica	21
FNS	-	1	1137	≥ 15.7	10.3	-	130	21.4	2.88	-	0.85	92	Costa Rica	21
FNM	-	0.6	751	≥ 15.7	15	-	107	30.1	2.75	-	0.83	92	Costa Rica	21
FNS	10	0.4	459	≥ 15.7	-	-	-	-	-	-	-	53	AM	22
FNM	-	0.4	532	≥ 15.7	-	-	-	-	-	-	-	138	AM	22
AA	-	0.225	90	≥ 15.0	-	-	400	3.1	0.06	0.02	0.09	2	SP	12
AP	-	0.075	90	≥ 15.00	4.3	-	1200	9.2	0.06	0.02	0.09	2	SP	12
RAD	1	0.05	-	> 0.0	2.98	77.4	1320	4.39	2.73	-	-	32	SP	16
RAD	1	0.05	-	> 0.0	1.55	16.8	1240	0.51	1.64	-	-	11	SP	16
RAD	1	0.05	-	> 0.0	2.26	53.1	1320	1.75	2.34	-	-	26	SP	16
RAD	3	0.05	-	> 0.0	5.26	291.2	2200	16.23	2.91	-	-	41	SP	16
RAD	3	0.05	-	> 0.0	6.07	180.4	1280	15.36	1.75	-	-	12	SP	16
RAD	3	0.05	-	> 0.0	5.95	159.2	1580	15.12	2.37	-	-	29	SP	16
RAD	7	0.05	-	> 0.0	7.68	159.8	1300	17.26	2.28	-	-	26	SP	16
RAD	9	0.05	-	> 0.0	6.31	146.8	1700	17.32	2.29	-	-	22	SP	16
RAD	13	0.05	-	> 0.0	7.18	257.1	1688	23.32	2.55	-	-	29	SP	16
SAF	-	0.225	341	≥ 15.0	-	-	1515.6	15.5	2.39	0.77	0.62	48	SP	12
SAF	4 a 9	0.4	-	≥ 00.0	-	-	7.408	-	-	-	-	45	SP	23
SAF	10 a 15	0.3	-	≥ 00.0	-	-	7.055	-	-	-	-	49	SP	23
SAF	4 a 12	1.25	256	≥ 31.4	9.54	-	204.8	17.48	2.47	0.85	-	33	Peu	13
SAF	-	-	21060	≥ 31.4	7.9	-	3009	40	1.37	-	0.44	22	PA	24
SAF	4	0.075	105	≥ 15.00	4.7	-	1400	17.1	1.72	0.69	0.62	16	SP	12
SAF	8	0.075	115	≥ 15.00	4.4	-	1533	14.2	1.58	0.64	0.53	20	SP	12
SAF	16	0.075	121	≥ 15.00	6.2	-	1613	15.2	2.73	0.89	0.79	32	SP	12
SAF	18	0.9	-	> 0.0	-	-	936	2.21	2.06	-	-	-	Costa Rica	25
SAF	19	0.9	-	> 0.0	-	-	940	2.54	1.54	-	-	-	Costa Rica	25
SAF	31	0.9	-	> 0.0	-	-	822	1.59	1.41	-	-	-	Costa Rica	25
SAF	22	0.9	-	> 0.0	-	-	853	2.22	2.03	-	-	-	Costa Rica	25

## Anexo C - Referências Bibliográficas para discussão de macroinvertebrados do solo

uso do solo	Idade (anos)	Monolito (cm)	densidade (ind./m <sup>2</sup> )		Shannon (H')		Pielou (J')		Riqueza (S)		Localização	Referência
			Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca		
P	20	25x25x30	479	-	-	-	-	-	6	-	Maracaju, MT	Lourente et al., 2007
P	25	25x25x30	1882	-	-	-	-	-	6	-	Maracaju, MT	Lourente et al., 2007
P	30	25x25x30	657	-	-	-	-	-	22	-	Yurimaguas, Peru	Pashanasi, 2001
P	15	25x25x30	914	-	-	-	-	-	23	-	Yurimaguas, Peru	Pashanasi, 2001
P	-	25x25x30	1034	-	-	-	-	-	18	-	Pucallpa, Peru	Pashanasi, 2001
PCA	5	25x25x30	1661	-	-	-	-	-	7	-	Maracaju, MT	Lourente et al., 2007
PCP	3	25x25x25	13217	-	-	-	-	-	15	-	Manaus, AM	Barros et al., 2003
PCP	3	25x25x25	20912	-	-	-	-	-	15	-	Manaus, AM	Barros et al., 2003
CA	3	25x25x10	384	16	1,99	0,27	0,63	0,17	9	3	Esperantina, PI	Lima et al., 2010
CA	19	25x25x30	518	-	-	-	-	-	8	-	Maracaju, MT	Lourente et al., 2007
CA	-	25x25x30	397	-	-	-	-	-	25	-	Yurimaguas, Peru	Pashanasi, 2001
CA	-	25x25x30	382	-	-	-	-	-	19	-	Pucallpa, Peru	Pashanasi, 2001
CA	-	25x25x30	574	-	-	-	-	-	19	-	Pucallpa, Peru	Pashanasi, 2001
CA	-	25x25x30	362	-	-	-	-	-	15	-	Pucallpa, Peru	Pashanasi, 2001
CA	-	25x25x30	557	-	-	-	-	-	21	-	Pucallpa, Peru	Pashanasi, 2001
CAE	3	25x25x10	1372	93	2,68	2,04	0,64	0,64	18	9	Esperantina, PI	Lima et al., 2010
CP	9	25x25x30	582	-	-	-	-	-	4	-	Maracaju, MT	Lourente et al., 2007
CP	-	25x25x20	160	40	1,23	1,32	0,63	0,95	1	3	Campos Gerais, MG	Marques et al., 2014
CP	-	25x25x20	275	175	0,98	1,54	0,55	0,74	2	2	Campos Gerais, MG	Marques et al., 2014
SAF	6	25x25x10	1946	150	2,56	3,3	0,63	0,92	17	12	Esperantina, PI	Lima et al., 2010
SAF	10	25x25x10	1258	64	2,87	2,38	0,69	0,85	18	7	Esperantina, PI	Lima et al., 2010
SAF	4	25x25x20	1469	867	-	-	-	-	11	16	Barra do Turvo, SP	Brown et al., 2009
SAF	8	25x25x20	2154	843	-	-	-	-	12	20	Barra do Turvo, SP	Brown et al., 2009
SAF	16	25x25x20	995	397	-	-	-	-	13	13	Barra do Turvo, SP	Brown et al., 2009
SAF	3	25x25x25	3631	-	-	-	-	-	11	-	Manaus, AM	Barros et al., 2003
SAF	3	25x25x25	7306	-	-	-	-	-	10	-	Manaus, AM	Barros et al., 2003
SAF	15	25x25x30	900	-	-	-	-	-	32	-	Yurimaguas, Peru	Pashanasi, 2001
SAF	-	25x25x30	557	-	-	-	-	-	31	-	Yurimaguas, Peru	Pashanasi, 2001
SAF	-	25x25x30	560	-	-	-	-	-	22	-	Pucallpa, Peru	Pashanasi, 2001
SAF	-	25x25x30	2896	-	-	-	-	-	25	-	Pucallpa, Peru	Pashanasi, 2001
FNS	-	25x25x10	541	358	1,76	0,7	0,49	0,27	12	6	Esperantina, PI	Lima et al., 2010
FNS	15	25x25x30	1364	-	-	-	-	-	9	-	Maracaju, MT	Lourente et al., 2007
FNS	5	25x25x20	1912	1467	-	-	-	-	15	12	Barra do Turvo, SP	Brown et al., 2009
FNS	20	25x25x20	978	1285	-	-	-	-	14	15	Barra do Turvo, SP	Brown et al., 2009
FNS	>30	25x25x20	707	91	-	-	-	-	17	11	Barra do Turvo, SP	Brown et al., 2009
FNS	3	25x25x25	12736	-	-	-	-	-	14	-	Manaus, AM	Barros et al., 2003
FNS	-	25x25x20	710	480	0,82	1,77	0,4	0,77	5	4	Campos Gerais, MG	Marques et al., 2014
FNS	-	25x25x30	446	-	-	-	-	-	25	-	Yurimaguas, Peru	Pashanasi, 2001
FNS	20	25x25x30	806	-	-	-	-	-	30	-	Yurimaguas, Peru	Pashanasi, 2001
FNS	10	25x25x30	703	-	-	-	-	-	20	-	Yurimaguas, Peru	Pashanasi, 2001
FNS	3	25x25x30	485	-	-	-	-	-	29	-	Yurimaguas, Peru	Pashanasi, 2001
FNS	5	25x25x30	838	-	-	-	-	-	29	-	Yurimaguas, Peru	Pashanasi, 2001
FNS	-	25x25x30	181	-	-	-	-	-	18	-	Yurimaguas, Peru	Pashanasi, 2001
FNS	-	25x25x30	382	-	-	-	-	-	25	-	Pucallpa, Peru	Pashanasi, 2001
FNS	-	25x25x30	853	-	-	-	-	-	26	-	Pucallpa, Peru	Pashanasi, 2001
FNS	-	25x25x30	523	-	-	-	-	-	28	-	Pucallpa, Peru	Pashanasi, 2001
FNS	-	25x25x30	338	-	-	-	-	-	20	-	Pucallpa, Peru	Pashanasi, 2001



Anexo D - Composição florística do sombreamento em SAF-Cacau SI, São Félix do Xingu – PA

Família	Gênero	Espécie	Autor	A	FA %	FR %	DR %	DoR %	IVI %
Anacardiaceae	<i>Spondias</i>	<i>mombin</i>	L.	9	20	3,5	0,9	1,1	1,85
Arecaceae	<i>Mauritia</i>	<i>flexuosa</i>	L.f.	1	10	1,8	0,1	14,1	5,31
Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i>	<i>obscurus</i>	(Bureau & K.Schum.) Mattos	5	30	5,3	0,5	1,4	2,40
Cannabaceae	<i>Trema</i>	<i>micrantha</i>	(L.) Blume	56	50	8,8	5,7	2,6	5,68
Caricaceae	<i>Carica</i>	<i>papaya</i>	L.	243	60	10,5	24,5	15,3	16,78
Euphorbiaceae	<i>Ricinus</i>	<i>communis</i>	L.	1	10	1,8	0,1	0,6	0,80
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>urucurana</i>	Baill. (Vogel) J.F. Macbr.	1	10	1,8	0,1	0,7	0,84
Fabaceae	<i>Apuleia</i>	<i>leiocarpa</i>	Willd. ex Benth.	2	10	1,8	0,2	0,2	0,71
Fabaceae	<i>Cassia</i>	<i>fastuosa</i>	(Rich.) H.S. Irwin & Barneby	5	20	3,5	0,5	0,7	1,56
Fabaceae	<i>Senna</i>	<i>multijuga</i>	(DC.) Britton & Rose	2	20	3,5	0,2	0,7	1,46
Fabaceae	<i>Senegalia</i>	<i>polyphylla</i>		2	20	3,5	0,2	0,6	1,45
Fabaceae	<i>Zanthoxylum</i>	<i>sp.</i>		1	10	1,8	0,1	0,1	0,65
Hypericaceae	<i>Vismia</i>	<i>sp.</i>		1	10	1,8	0,1	0,2	0,68
Malvaceae	<i>Ceiba</i>	<i>pentandra</i>	(L.) Gaertn.	1	10	1,8	0,1	0,1	0,65
Meliaceae	<i>Guarea</i>	<i>guidonia</i>	(L.) Sleumer	1	10	1,8	0,1	16,1	5,98
Meliaceae	<i>Swietenia</i>	<i>macrophylla</i>	King (L.) D. Don ex Steud.	7	20	3,5	0,7	14,6	6,26
Moraceae	<i>Maclura</i>	<i>tinctoria</i>		18	20	3,5	1,8	4,6	3,31
Musaceae	<i>Musa</i>	<i>sp.</i>		575	80	14,0	58,0	15,4	29,17
Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>guajava</i>	L.	2	20	3,5	0,2	0,3	1,33
Rubiaceae	<i>Jenipa</i>	<i>americana</i>	L.	1	10	1,8	0,1	3,9	1,93
Urticaceae	<i>Cecropia</i>	<i>sp.</i>		43	50	8,8	4,3	4,4	5,84
NI1				4	20	3,5	0,4	0,3	1,42
NI2				1	10	1,8	0,1	0,1	0,66
NI3				3	10	1,8	0,3	0,6	0,88
NI5				2	10	1,8	0,2	0,5	0,81
NI6				2	10	1,8	0,2	0,5	0,80
NI7				2	10	1,8	0,2	0,4	0,78
TOTAL				991	-	100	100	100	100

Anexo E - Composição florística do sombreamento em SAF-Cacau SS, São Félix do Xingu – PA (continua)

Família	Gênero	Espécie	Autor	A	FA %	FR %	DR %	DoR %	IV %
Annonaceae	<i>Annona</i>	<i>exsucca</i>	DC.	1	10	1,1	0,4	0,8	0,1
Apocynaceae	<i>Lacmellea</i>	<i>arborescens</i>	(Müll. Arg.) Markgr.	1	10	1,1	0,4	0,1	0,1
Arecaceae	<i>Astrocaryum</i>	<i>aculeatum</i>	G.Mey.	1	10	1,1	0,4	1,3	0,1
Arecaceae	<i>Astrocaryum</i>	<i>vulgare</i>	G. Mey.	1	10	1,1	0,4	2,0	1,1
Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i>	<i>obscurus</i>	(Bureau & K.Schum.) Mattos	9	30	3,3	3,6	2,2	3,0
Cannabaceae	<i>Trema</i>	<i>micrantha</i>	(L.) Blume	1	10	1,1	0,4	0,1	0,1
Clusiaceae	<i>Garcinia</i>	<i>brasiliensis</i>	Mart.	1	10	1,1	0,4	0,2	0,1
Ebenaceae	<i>Diospyros</i>	<i>carbonaria</i>	Benoist	9	20	2,2	3,6	0,5	2,1
Euphorbiaceae	<i>Sapium</i>	<i>glandulosum</i>	(L.) Morong	1	10	1,1	0,4	0,4	0,1
Euphorbiaceae	<i>Margaritaria</i>	<i>nobilis</i>	L.f.	2	10	1,1	0,8	0,4	0,1
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>urucurana</i>	Baill.	4	10	1,1	1,6	0,6	1,1
Fabaceae	<i>Apuleia</i>	<i>leiocarpa</i>	(Vogel) J.F. Macbr.	1	10	1,1	0,4	0,3	0,1
Fabaceae	<i>Samanea</i>	<i>tubulosa</i>		1	10	1,1	0,4	1,1	0,1
Fabaceae	<i>Cassia</i>	<i>fastuosa</i>	Willd. ex Benth.	2	20	2,2	0,8	3,0	2,1
Fabaceae	<i>Senna</i>	<i>multijuga</i>	(Rich.) H.S. Irwin & Barneby	2	10	1,1	0,8	1,9	1,1
Fabaceae	<i>Stryphnodendron</i>	<i>sp.</i>		2	10	1,1	0,8	1,8	1,1
Fabaceae	<i>Stryphnodendron</i>	<i>guianense</i>	(Aubl.) Benth.	10	10	1,1	4,0	3,3	2,1
Fabaceae	<i>Schizolobium</i>	<i>parahyba var. amazonicum</i>	(Huber ex Ducke) Barneby	3	20	2,2	1,2	8,1	3,1
Fabaceae				2	20	2,2	0,8	1,2	1,1
Fabaceae	<i>Inga</i>	<i>sp.</i>		3	30	3,3	1,2	1,6	2,1
Fabaceae	<i>Inga</i>	<i>edulis</i>	Mart.	3	10	1,1	1,2	5,1	2,1
Fabaceae	<i>Inga</i>	<i>bourgonii</i>	(Aubl.) DC.	1	10	1,1	0,4	4,1	1,1
Fabaceae	<i>Inga</i>	<i>laurina</i>	(Sw.) Willd.	1	10	1,1	0,4	0,4	0,1
Fabaceae	<i>Senegalia</i>	<i>polyphylla</i>	(DC.) Britton & Rose	2	20	2,2	0,8	0,9	1,1
Fabaceae	<i>Bauhinia</i>	<i>cupulata</i>	Benth.	3	20	2,2	1,2	1,0	1,1
Fabaceae	<i>Bauhinia</i>	<i>sp.</i>		6	10	1,1	2,4	3,4	2,1
Fabaceae	<i>Erythrina</i>	<i>verna</i>	Vell.	3	20	2,2	1,2	2,4	1,1
Fabaceae	<i>Zanthoxylum</i>	<i>sp.</i>		6	30	3,3	2,4	0,8	2,1
Fabaceae	<i>Bauhinia</i>	<i>sp.</i>		2	10	1,1	0,8	1,7	1,1

Anexo E - Composição florística do sombreamento em SAF-Cacau SS, São Félix do Xingu – PA (conclusão)

Família	Gênero	Espécie	Autor	A	FA %	FR %	DR %	DoR %	IVI %
Fabaceae	<i>Cenostigma</i>	<i>tocantinum</i>	Ducke	1	10	1,1	0,4	0,1	0,54
Hypericaceae	<i>Vismia</i>	<i>baccifera</i>	(L.) Triana & Planch.	11	20	2,2	4,4	4,1	3,60
Lauraceae	<i>Persea</i>	<i>sp.</i>	Mill.	1	10	1,1	0,4	1,9	1,15
Lecythidaceae	<i>Gustavia</i>	<i>augusta</i>	L.	5	10	1,1	2,0	3,8	2,31
Malvaceae	<i>Guazuma</i>	<i>ulmifolia</i>	Lam.	7	30	3,3	2,8	1,8	2,66
Malvaceae	<i>Ceiba</i>	<i>pentandra</i>	(L.) Gaertn.	1	10	1,1	0,4	0,5	0,68
Melastomataceae				1	10	1,1	0,4	0,4	0,64
Meliaceae				1	10	1,1	0,4	2,7	1,41
Meliaceae				1	10	1,1	0,4	0,1	0,53
Moraceae	<i>Maclura</i>	<i>tinctoria</i>	(L.) D. Don ex Steud.	1	10	1,1	0,4	0,4	0,64
Moraceae	<i>Perebea</i>	<i>guianensis</i>	Aubl.	2	20	2,2	0,8	0,3	1,12
Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>sp.</i>		1	10	1,1	0,4	1,4	0,97
Moraceae	<i>Brosimum</i>	<i>acutifolium</i>	Huber	1	10	1,1	0,4	0,2	0,58
Moraceae	<i>Brosimum</i>	<i>acutifolium</i>	Huber	1	10	1,1	0,4	0,1	0,54
Moraceae	<i>Bagassa</i>	<i>guianensis</i>	Aubl.	2	20	2,2	0,8	0,7	1,26
Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>guajava</i>	L.	18	40	4,4	7,3	1,8	4,51
Rhamnaceae	<i>Colubrina</i>	<i>glandulosa</i>	Perkins	20	20	2,2	8,1	14,7	8,32
Rutaceae	<i>Metrodorea</i>	<i>flavida</i>	K. Krause	2	10	1,1	0,8	0,6	0,82
Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i>	<i>rhoifolium</i>	Lam.	2	20	2,2	0,8	1,8	1,61
Sapindaceae	<i>Cupania</i>	<i>latifolia</i>	Kunth	1	10	1,1	0,4	1,1	0,88
Sapindaceae	<i>Talisia</i>	<i>megaphylla</i>	Sagot ex Radlk.	1	10	1,1	0,4	0,8	0,77
Sapotaceae	<i>Pouteria</i>	<i>pariry</i>	(Ducke) Baehni	1	10	1,1	0,4	0,3	0,62
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum</i>	<i>cuneifolium</i>	(Rudge) A. DC.	2	10	1,1	0,8	0,5	0,82
Sapotaceae	<i>Pouteria</i>	<i>macrophylla</i>	(Lam.) Eyma	15	50	5,6	6,0	1,1	4,23
Urticaceae	<i>Cecropia</i>	<i>sp.</i>		60	50	5,6	24,2	6,6	12,10
NI8				1	10	1,1	0,4	0,6	0,69
NI9				1	10	1,1	0,4	0,2	0,59
NI10				1	10	1,1	0,4	0,2	0,58
NI11				1	10	1,1	0,4	0,2	0,56
NI12				1	10	1,1	0,4	0,1	0,55
TOTAL				248	-	100	100	100	100

Anexo F - Composição florística do sombreamento em SAF-Cacau A, São Félix do Xingu –  
PA (continua)

Família	Gênero	Espécie	Autor	A	FA %	FR %	DR %	DoR %	IVI %
Anacardiaceae	<i>Spondias</i>	<i>mombin</i>	L.	4	50	2,9	1,0	12,5	5,45
Annonaceae	<i>Annona</i>	<i>mucosa</i>	Jacq.	2	25	1,4	0,5	0,2	0,72
Annonaceae	<i>Annona</i>	<i>cuspidata</i>	(Mart.) H. Rainer	13	75	4,3	3,1	4,7	4,04
Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i>	<i>obscurus</i>	(Bureau & K.Schum.) Mattos	6	50	2,9	1,4	1,2	1,84
Bixaceae	<i>Bixa</i>	<i>orelleana</i>	L.	1	25	1,4	0,2	0,4	0,68
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>urucurana</i>	Baill.	5	25	1,4	1,2	0,8	1,14
Fabaceae	<i>Apuleia</i>	<i>leiocarpa</i>	(Vogel) J.F. Macbr.	2	50	2,9	0,5	0,1	1,15
Fabaceae	<i>Cassia</i>	<i>fastuosa</i>	Willd. ex Benth.	25	50	2,9	6,0	10,3	6,36
Fabaceae	<i>Senna</i>	<i>multijuga</i>	(Rich.) H.S. Irwin & Barneby	48	50	2,9	11,5	18,9	11,07
Fabaceae	<i>Stryphnodendron</i>	<i>sp.</i>	Mart.	14	50	2,9	3,3	3,0	3,06
Fabaceae	<i>Inga</i>	<i>sp.</i>	Mill.	2	25	1,4	0,5	1,8	1,24
Fabaceae	<i>Inga</i>	<i>laurina</i>	(Sw.) Willd.	1	25	1,4	0,2	1,5	1,07
Fabaceae	<i>Senegalia</i>	<i>polyphylla</i>	(DC.) Britton & Rose	2	25	1,4	0,5	0,7	0,87
Fabaceae	NI17	-		1	25	1,4	0,2	1,2	0,96
Fabaceae	<i>Cenostigma</i>	<i>tocantinum</i>	Ducke	1	25	1,4	0,2	5,3	2,31
Hypericaceae	<i>Vismia</i>	<i>baccifera</i>	(L.) Triana & Planch.	4	25	1,4	1,0	1,2	1,21
Lecythidaceae	<i>Bertholletia</i>	<i>excelsa</i>	Bonpl.	1	25	1,4	0,2	0,5	0,73
Lecythidaceae	NI18	-		1	25	1,4	0,2	0,1	0,60
Malvaceae	<i>Theobroma</i>	<i>speciosum</i>	Willd. ex Spreng.	1	25	1,4	0,2	0,4	0,69
Malvaceae	<i>Guazuma</i>	<i>ulmifolia</i>	Lam.	8	50	2,9	1,9	3,1	2,61
Malvaceae	<i>Ceiba</i>	<i>pentandra</i>	(L.) Gaertn.	3	75	4,3	0,7	0,6	1,87
Moraceae	<i>Maclura</i>	<i>trinctoria</i>	(L.) D. Don ex Steud.	3	25	1,4	0,7	1,3	1,16
Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>maxima</i>	Mill.	2	25	1,4	0,5	2,9	1,60
Moraceae	<i>Sorocea</i>	<i>sp.</i>		1	25	1,4	0,2	0,4	0,69
Musaceae	<i>Musa</i>	<i>sp.</i>		88	50	2,9	21,0	1,3	8,40
Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>guajava</i>	L.	114	75	4,3	27,2	9,2	13,55
Piperaceae	<i>Piper</i>	<i>sp.</i>		1	25	1,4	0,2	0,6	0,77

Anexo F - Composição florística do sombreamento em SAF-Cacau A, São Félix do Xingu – PA (conclusão)

Família	Gênero	Espécie	Autor	A	FA %	FR %	DR %	DoR %	IVI %
Rhamnaceae	<i>Colubrina</i>	<i>glandulosa</i>	Perkins	1	25	1,4	0,2	0,6	0,76
Rubiaceae	<i>Jenipa</i>	<i>americana</i>	L.	1	25	1,4	0,2	0,2	0,64
Rutaceae	<i>Citrus</i>	<i>sp.</i>		2	25	1,4	0,5	0,5	0,81
Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i>	<i>rhoifolium</i>	Lam.	8	50	2,9	1,9	0,8	1,87
Sapotaceae	<i>Pouteria</i>	<i>macrophylla</i>	(Lam.) Eyma	3	50	2,9	0,7	0,6	1,38
Urticaceae	<i>Cecropia</i>	<i>sp.</i>		31	100	5,7	7,4	4,3	5,82
NI19	-	-		1	25	1,4	0,2	0,1	0,59
NI20	-	-		1	25	1,4	0,2	0,2	0,61
NI21	-	-		1	25	1,4	0,2	0,4	0,70
NI22	-	-		1	25	1,4	0,2	0,7	0,80
NI23	-	-		1	25	1,4	0,2	0,2	0,61
NI24	-	-		1	25	1,4	0,2	0,2	0,61
NI25	-	-		1	25	1,4	0,2	0,1	0,59
NI26	-	-		1	25	1,4	0,2	0,5	0,71
NI27	-	-		1	25	1,4	0,2	0,2	0,61
NI28	-	-		1	25	1,4	0,2	0,5	0,71
NI29	-	-		1	25	1,4	0,2	0,6	0,76
NI30	-	-		2	25	1,4	0,5	1,3	1,08
NI31	-	-		1	25	1,4	0,2	0,4	0,69
NI32	-	-		1	25	1,4	0,2	0,7	0,78
NI33	-	-		1	25	1,4	0,2	1,0	0,90
NI34	-	-		1	25	1,4	0,2	0,2	0,61
NI35	-	-		1	25	1,4	0,2	1,0	0,89
NI36	-	-		1	25	1,4	0,2	0,2	0,63
TOTAL				419	-	100	100	100	100

Anexo G - Composição florística do sombreamento em Pasto, São Félix do Xingu –  
PA

Família	Gênero	Espécie	Autor	A	FA %	FR %	DR %	DoR %	IVI %
Rutaceae	<i>Metrodorea</i>	<i>flavida</i>	K. Krause (Benth.)	1	12.5	7.1	7.1	7.2	7.16
Fabaceae	<i>Samanea</i>	<i>tubulosa</i>	Barneby & J.W.Grimes	1	12.5	7.1	7.1	3.2	5.83
Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>guajava</i>	L. (Bureau & K.Schum.)	1	12.5	7.1	7.1	3.1	5.79
Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i>	<i>obscurus</i>	K.Schum.) Mattos	6	37.5	42.9	42.9	26.9	37.53
Rubiaceae	<i>Jenipa</i>	<i>americana</i>	L.	4	12.5	28.6	28.6	52.1	36.41
NI37	-	-		1	12.5	7.1	7.1	7.6	7.30
TOTAL				14	-	100	100	100	100











