

**LIRA MARIA SIVIEIRO GONÇALVES**

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DO CULTIVO DE *Elaeis guineensis* Jacq. EM  
SISTEMA AGROFLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Sílvio Nolasco de Oliveira Neto

Coorientador: Márcio Lopes da Silva

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2021**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de  
Viçosa - Campus Viçosa

T

G632a  
2021  
Gonçalves, Lira Maria Sivieiro, 1992-  
Análise técnica e econômica do cultivo de *Elaeis guineensis* Jacq.  
em sistema agroflorestal / Lira Maria Sivieiro Gonçalves. - Viçosa,  
MG, 2021.

1 dissertação eletrônica (74 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexos.

Orientador: Sílvio Nolasco de Oliveira Neto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Engenharia Florestal, 2021.

Referências bibliográficas: f. 57-62.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.241>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Palmeira oleaginosa. 2. Dendezeiro. 3. Cultivo consorciado. 4.  
Custos. 5. Avaliação de riscos. I. Neto, Sílvio Nolasco de Oliveira,  
1965-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciência  
Florestal. III. Título.

CDO adapt. CDD 634.989263

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fátima Alves CRB6/2578

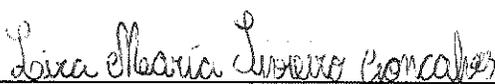
LIRA MARIA SIVIEIRO GONÇALVES

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DO CULTIVO DE *Elaeis guineensis* Jacq. EM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de julho de 2021.

Assentimento:

  
Lira Maria Sivieiro Gonçalves  
Autora

  
Sílvio Nolasco de Oliveira Neto  
Orientador

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Maria das Graças Sivieiro Gonçalves, pelo amor e tempo dedicado a mim, maior incentivadora nos meus estudos, minha eterna professora, quem me permitiu chegar onde estou hoje.

Ao professor Sílvio Nolasco de Oliveira Neto, por acreditar na ideia desde o início, por aceitar ser meu orientador no mestrado e pela atenção com o projeto e comigo ao longo desses anos.

Ao professor Márcio Lopes da Silva, pela cooperação, permitindo melhor elaboração deste trabalho.

À empresa Agropalma S/A, pela oportunidade de desenvolver o projeto, por todo suporte técnico e concessão da bolsa de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado durante o primeiro semestre.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao Ricardo Salles Tinôco, pelas oportunidades durante o estágio e na pesquisa em sequência.

À Ana Carmen, André Borba, Filipe Zonta, Gilson Chia e Juan Patrick por todo suporte técnico durante o período de implantação e coleta de dados.

Aos funcionários da Agropalma S/A, David, Davi Luiz, Gelquinho, Jailson, José Malta, Josivaldo, Juarissandro, Laryssa, Mayana, Paulo, Roberto e Vicente, por toda ajuda e amizade.

Aos funcionários Alexandre e Dilson, da Secretaria de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela constante disponibilidade e ajuda.

Aos meus amigos, Ana, Amanda, Camila, Filipe, Flávia, Gabriel, Ingrid, Jámille, Jéssica, Laura, Lívia, Lucas, Luiz, Mariana, Rafaela, Raul, Renata, Tamara, Warley, Yasmin, pela troca e que de alguma forma me ajudaram a chegar nesse momento.

E a todos que de alguma forma torceram por mim e contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Vem por aqui” - dizem-me alguns com os olhos doces*

*Estendendo-me os braços, e seguros  
De que seria bom que eu os ouvisse  
Quando me dizem: "vem vem por aqui!"  
Eu olho-os com olhos laços,  
(Há, nos olhos meus, ironias e cansaços)*

*E cruzo os braços,  
E nunca vou por ali...  
A minha glória é esta:  
Criar desumanidades!  
Não acompanhar ninguém.  
- Que eu vivo com o mesmo sem-vontade  
Com que rasguei o ventre à minha mãe  
Não, eu não vou por aí! Só vou por onde  
Me levam meus próprios passos...  
Se ao que busco saber nenhum de vós responde  
Por que me repetis: "vem vem por aqui!"?*

*Prefiro escorregar nos becos lamacentos,  
Redemoinhar aos ventos,  
Feito farrapos, arrastar os pés sangrentos,  
A ir por aí...  
Se vim ao mundo, foi  
Somente para desflorar florestas virgens,  
E desenhar meus próprios pés na areia inexplorada!  
O mais que faço não vale nada.*

*Como, pois, sereis vós  
Que me dareis machados, ferramentas e coragem  
Para eu derrubar os meus obstáculos?...  
Corre, nas vossas veias, sangue velho dos avós,  
E vós amais o que é fácil!  
Eu amo o Longe e a Miragem,  
Amo os abismos, as torrentes, os desertos...*

*Ide! Tendes estradas,  
Tendes tratados, Tendes filósofos, tendes sábios...  
Eu tenho a minha Loucura !  
Levanto-a, como um facho, a arder na noite escura,  
E sinto espuma, e sangue, e cânticos nos lábios...  
Deus e o Diabo é que guiam, mais ninguém!  
Todos tiveram pai, todos tiveram mãe;  
Mas eu, que nunca principio nem acabo,  
Nasci do amor que há entre Deus e o Diabo.*

*Ah, que ninguém me dê piedosas intenções,  
Ninguém me peça definições!  
Ninguém me diga: "vem por aqui!"  
A minha vida é um vendaval que se soltou,  
É uma onda que se alevantou,  
É um átomo a mais que se animou...  
Não sei por onde vou,  
Não sei para onde vou  
Sei que não vou por aí!"*

*José Régio*

## RESUMO

GONÇALVES, Lira Maria Sívieiro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2021. **Análise técnica e econômica do cultivo de *Elaeis guineensis* Jacq. em sistema agroflorestal.** Orientador: Sílvio Nolasco de Oliveira Neto. Coorientador: Márcio Lopes da Silva.

A palma-de-óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) é uma das espécies com maior produtividade de óleo, que apresenta potencial para diversos usos em setores industriais e de consumo. Apesar de elevada produtividade, sua produção inicia-se somente a partir do terceiro ano. Sistemas agroflorestais (SAFs), com culturas de ciclos curtos em sua composição, surgem como oportunidades para amortização de custos de implantação e manutenções iniciais, comumente elevados. O objetivo da pesquisa foi realizar uma análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais com palma-de-óleo, em Tailândia, PA. O experimento foi composto por três modelos de SAFs e monocultivo da palma-de-óleo. No SAF A adotou-se o espaçamento tradicional para a palma-de-óleo (9 x 9 m em triângulo equilátero), sendo a cada 6 linhas retirada uma de modo a compor uma entrelinha de 15,6 m, gerando uma densidade de 127 plantas ha<sup>-1</sup>, onde foram plantadas duas fileiras de cacau (*Theobroma cacao* L.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), tendo nas demais entrelinhas cultivados milho (*Zea mays* L.) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). O SAF B segue o mesmo arranjo, porém excluindo-se duas fileiras de palma-de-óleo, criando uma entrelinha de 23,4 m (110 plantas ha<sup>-1</sup>) para cultivo de três fileiras de cacau e andiroba. O SAF (C) foi planejado com composição mais diversificada de espécies, com palma-de-óleo em espaçamento tradicional sem exclusão de fileiras (142 plantas ha<sup>-1</sup>), com feijão-caupi e cacau + andiroba + margaridão (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray) nas entrelinhas; e cacau, banana (*Musa* spp.) e macaxeira (*Manihot esculenta* Crantz) entre as plantas da palma-de-óleo em suas fileiras. Avaliou-se o desenvolvimento e crescimento da palma-de-óleo nos SAFs em relação ao monocultivo, com mensurações do número total de folhas, número de folhas emitidas a cada medição, diâmetro do coleto e altura das plantas. As produtividades do milho, silagem e grão, foram calculadas a partir do cultivo realizado no ano 2 dos SAFs A e B, e monocultivo. As demais culturas tiveram suas produtividades estimadas, baseando-se na densidade de plantas por área e percentual de áreas cultivadas, com base em registros de pesquisas regionais e da empresa Agropalma S/A (palma-de-óleo). Para análises financeiras e econômicas avaliaram-se os custos de implantação e manutenção dos SAFs e do monocultivo da palma-de-óleo, assim como as receitas. Consideraram-se preços de mercado local, taxa mínima de atratividade (TMA) de 6% e horizonte de 25 anos, para cálculo dos indica-

dores Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE), Relação Benefício/Custo (B/C) e Taxa Interna de Retorno (TIR), assim como para análise de risco de investimento. Observou-se que o crescimento e o desenvolvimento da palma-de-óleo não apresentaram tendências em função do cultivo de milho e dos arranjos agroflorestais. As análises financeiras mostraram que as culturas anuais (milho silagem e feijão-caupi), durante os três primeiros anos, foram importantes para amortização das despesas referentes à implantação e manutenção dos SAFs A (61%), B (54%) e C (45%). Porém, tanto os SAFs quanto o monocultivo apresentaram valor positivo no fluxo de caixa descontado (TMA 6%) somente próximos ao sétimo ano. Os custos de colheita e adubação foram os mais expressivos, sendo que nestes elementos de custos os gastos com mão de obra e insumos apresentaram a maior porcentagem. Os indicadores mostram que os SAFs são economicamente viáveis, assim como o monocultivo da palma-de-óleo, com destaque para o SAF C que apresentou VPL de R\$33.697,96 ha<sup>-1</sup> e VAE de R\$2.636,08 ha<sup>-1</sup>. A análise de risco dos SAFs se mostra coerente com os indicadores financeiros, mostrando viabilidade econômica e nenhum (SAF C) ou muito baixo (SAF A (0,4%) e B (0,1%)) risco de investimento, enquanto o monocultivo possui risco de 7,8% do VPL ser negativo.

Palavras-chave: Palma-de-óleo. Consórcio. Custos. Análise de risco. Amazônia.

## ABSTRACT

GONÇALVES, Lira Maria Siveiro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2021. **Technical and economic analysis of *Elaeis guineensis* Jacq. in agroforestry system.** Adviser: Sílvio Nolasco de Oliveira Neto. Co-adviser: Márcio Lopes da Silva.

The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) is one of the species with the highest oil productivity, which has potential for various uses in industrial and consumer sectors. Despite high productivity, its production only starts after the third year. Agroforestry systems (AFSs), with crops with short cycles in their composition, appear as opportunities to amortize the costs of implementation and initial maintenance, which are usually high. The objective of the research was to carry out a technical and economic analysis of palm oil agroforestry systems in Tailândia, PA. The experiment consisted of three models of AFSs and oil palm monoculture. In AFS A, the traditional spacing was adopted for the oil palm (9 x 9 m in an equilateral triangle), with one removed every 6 lines to form a 15.6 m spacing, generating a density of 127 plants ha<sup>-1</sup>, where two rows of cocoa (*Theobroma cacao* L.) and andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) were planted, with corn (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) being cultivated in the other rows. AFS B follows the same arrangement, but excluding two rows of oil palm, creating a 23.4 m spacing (110 plants ha<sup>-1</sup>) for growing three rows of cocoa and andiroba. The AFS C was designed with a more diversified species composition, with oil palm in traditional spacing without excluding rows (142 plants ha<sup>-1</sup>), with cowpea and cocoa + andiroba + daisy (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray) between the lines and cocoa, banana (*Musa* spp.) and cassava (*Manihot esculenta* Crantz) among the oil palm plants in their rows. The development and growth of oil palm in AFSs in relation to monoculture was evaluated, with measurements of the total number of leaves, number of leaves emitted at each measurement, diameter of the stem and plant height. Maize, silage and grain yields were calculated from the cultivation carried out in year 2 of AFSs A and B, and monoculture. The other crops had their yields estimated, based on the density of plants per area and percentage of cultivated areas, based on records of regional research and the company Agropalma S/A (palm oil). For financial and economic analyses, the costs of implantation and maintenance of the AFSs and the monoculture of oil palm were evaluated, as well as the revenues. Local market prices, Minimum Attractiveness Rate of Return (MARR) of 6% and a 25-year horizon were considered to calculate the Net Present Value (NPV), Equivalent Annual Cost (EAC), Benefit/Cost Ratio (B/C) and Internal Rate of Return (IRR), as well as for investment risk analy-

sis. It was observed that the growth and development of oil palm did not show trends as a result of corn cultivation and agroforestry arrangements. The financial analyzes showed that the annual crops (corn silage and cowpea), during the first three years, were important for the amortization of expenses related to the implementation and maintenance of AFSs A (61%), B (54%) and C (45%). However, both AFSs and monocultures showed a positive value in the discounted cash flow (MARR 6%) only close to the seventh year. Harvesting and fertilizing costs were the most significant, and in these cost elements expenditure on labor and inputs had the highest percentage. The indicators show that the AFSs are economically viable, as well as the monoculture of oil palm, with emphasis on the AFS C, which presented a NPV of R\$33.697,96 ha<sup>-1</sup> and EAC of R\$2.636,08 ha<sup>-1</sup>. The risk analysis of AFSs is consistent with the financial indicators, there is economic feasibility and none (AFS C) or very low (AFS A (0.4%) and B (0.1%)) investment risk, while the monoculture has a risk of 7.8% of the NPV being negative.

**Keywords:** Oil palm. Consortium. Costs. Risk analysis. Amazon.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	Objetivo geral .....	14
2.2	Objetivos específicos .....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1	Localização e caracterização da área de estudo.....	15
3.1	Caracterização dos sistemas de produção.....	18
3.2	Análise de crescimento e produção.....	22
3.2.1	Análise de desenvolvimento da palma-de-óleo.....	22
3.2.2	Produção das culturas de ciclo curto .....	22
3.2.3	Produção das culturas perenes.....	26
3.3	Análise de custos, receitas e desempenho financeiro .....	26
3.3.1	Fluxo de caixa.....	26
3.3.2	Análise financeira .....	29
3.1.1	Análise de risco de investimento .....	31
4	RESULTADOS .....	32
4.1	Crescimento da palma-de-óleo .....	32
4.2	Produtividade do milho.....	39
4.3	Produtividade do feijão-caupi .....	40
4.4	Análise econômica.....	41
4.4.1	Amortização dos custos de implantação.....	41
4.4.2	Fluxo de caixa.....	41
4.4.3	Custo dos sistemas.....	44
4.4.4	Análise financeira.....	46
4.4.5	Análise de sensibilidade .....	47
5	DISCUSSÃO.....	50

5.1	Crescimento da palma-de-óleo .....	50
5.2	Produtividade do milho.....	51
5.3	Produtividade do feijão-caupi .....	52
5.4	Análise econômica.....	52
5.4.1	Amortização dos custos de implantação.....	52
5.4.2	Fluxo de caixa.....	53
5.4.4	Análise financeira .....	54
5.4.5	Análise de sensibilidade .....	54
6	CONCLUSÕES .....	56
7	REFERÊNCIAS .....	57
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	63
9	ANEXOS .....	64

## 1 INTRODUÇÃO

A espécie *Elaeis guineensis* Jacq., conhecida como palma-de-óleo, pertence à família *Arecaceae*, e tem origem no continente africano, ocorrendo na Nigéria, Nova Guiné, Angola, Gana e Serra Leoa (CORLEY e TINKER, 2009), comumente na região próxima à linha do Equador, associadas às exigências climáticas para seu desenvolvimento.

As maiores demandas da planta referem-se as temperaturas médias mínima e máxima entre 23° e 31° C, respectivamente; precipitação média anual superiores à 2.000 mm, radiação solar em torno de 3,58 Kcal cm<sup>-2</sup>, em períodos de 5 a 7 horas diárias e umidade relativa do ar superior a 85% (HARTLEY, 1988; GOH, 2000).

O uso do fruto é diversificado, sendo os óleos obtidos pelo mesocarpo e amêndoa utilizados na indústria alimentícia, de cosméticos e de combustíveis (BECKER, 2010; RICARDO, 2019), os resíduos gerados na obtenção dos óleos podem ser utilizados na geração de energia, na compostagem e a torta gerada dos frutos, podem ser utilizados na alimentação animal (FURLAN JÚNIOR *et al.*, 2006; GENTIL *et al.*, 2012; REIS, 2019).

A produção mundial do óleo de palma em 2020 foi de 73,67 milhões de toneladas, sendo os maiores produtores a Indonésia, Malásia, Tailândia, Colômbia e Nigéria (USDA, 2021). O Brasil ocupa o 9° lugar no ranking mundial, tendo sua projeção de produção em 2021 de 550 mil toneladas (USDA, 2021), sendo o Pará o maior estado produtor (ALVES *et al.*, 2013; BENTES e HOMMA, 2016; SEDAP, 2020), concentrando 98,47% de toda a produção de cacho de fruto fresco (CFF) (SEDAP, 2020).

Houve grande expansão de área destinada a colheita dessa *commodity* no período de 2013 a 2019 no estado, com aumento superior 100 mil ha. Atualmente, a área plantada é cerca de 232 mil ha (SEDAP, 2020), tendo o potencial para cultivo, de acordo com a aptidão agroclimática, próxima de 9 milhões ha (~72 % do estado) (BASTOS *et al.*, 2001).

Apesar da palma-de-óleo ter utilização bem diversa e produtividade maior em relação as outras oleaginosas, como soja, amendoim e girassol (SANTOS, 2010), seu cultivo tradicional é frequentemente foco de discussões, diante países da Ásia e América Latina promoveram extensos desmatamentos para implantação da cultura e, além disso, os modelos de cultivo são associados a danos ao solo e elevação da emissão de gases do efeito estufa (BENTES-GAMA *et al.*, 2005; BECKER, 2010; FURUMO e AIDE, 2017; MENDES OLIVEIRA *et al.*, 2017).

A certificação pela *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO) tem incentivado ações visando a diminuição do desmatamento (CARLSON *et al.*, 2018), colaborando para a

redução de impactos ambientais negativos decorrentes do monocultivo, em busca de produção mais sustentável da palma-de-óleo.

A adoção de sistemas agroflorestais (SAFs) são frequentemente discutidos como práticas agrícolas potenciais para promoção da conservação da biodiversidade, solo e água, estocagem de carbono e, assim, estratégica para uso e ocupação do solo mais sustentáveis (STEENBOCK, 2013; OLIVEIRA, 2018). Esse modelo de agricultura com a palma-de-óleo vem sendo estudado no Brasil, principalmente no bioma Amazônia, e em outros países, como Benin, Camarões e Indonésia (VASCONCELOS *et al.*, 2019; KOUSSIHOUÈDÉ *et al.*, 2019; KHASANAH *et al.*, 2020).

No planejamento de SAFs distintas configurações de arranjos espacial, temporal e de espécies podem ser estabelecidas. Assim, pode-se optar por sistemas menos ou mais complexos, com maior ou menor diversidade, associados, ou não, com a pecuária. Entre as propostas de SAFs para o cultivo da palma-de-óleo, são frequentes as culturas do abacaxi, abóbora, açaí, amendoim, banana, cacau, feijão-guandu, feijão-caupi, inhame, ipê, jatobá, mandioca, milho, pimenta-do-reino, tomate e ucúba (KATO *et al.*, 2011; LOPES *et al.*, 2015; VASCONCELOS *et al.*, 2019; KOUSSIHOUÈDÉ *et al.*, 2019; KHASANAH *et al.*, 2020; NCHANJI *et al.*, 2016; SILVA e NAVEGANTES ALVES, 2017).

A maioria das pesquisas em SAFs com a palma-de-óleo são realizadas nos primeiros anos da cultura, focando o período pré-produtivo (LOPES *et al.*, 2015; NCHANJI *et al.*, 2016), considerando que o CFF começa a ser produzido a partir do terceiro ano de cultivo. Consorciando-se outras espécies durante esse período pode-se promover amortização do valor monetário investido na implantação e manutenções iniciais, considerado elevado. Esta possibilidade está associada à rentabilidade da produção das espécies consorciadas, normalmente de ciclos curtos, assim como pela redução de custos decorrentes do manejo de plantas daninhas (NCHANJI *et al.*, 2016).

Pesquisas sobre SAF com palma-de-óleo, em sua maioria, são focadas em possíveis vantagens ambientais dos sistemas, com destaques para questões relacionadas à mitigação dos gases de efeito estufa (GEE) (VASCONCELOS *et al.* 2019; KHASANAH *et al.* 2020;), à melhoria da qualidade do solo e acúmulo de nutrientes (LOPES *et al.*, 2015), sendo comuns também sobre produtividades, envolvendo arranjos espaciais e densidade de plantas (KHASANAH *et al.*, 2020). Aspectos referentes às interações ecológicas entre espécies e manejo são discutidos por Nchanji *et al.* (2016) e sobre viabilidade econômica ou indicadores econômicos por Lopes *et al.* (2015) e Khasanah *et al.* (2020).

Todavia, diante a peculiaridade que cada SAF apresenta, considerando arranjos espacial e temporal, composição, ambiente e manejo, análises comparativas de resultados de pesquisas podem apresentar limitações. Além disto, considerando que a cultura da palma-de-óleo apresenta ciclo longo, tornam-se estratégicas pesquisas focadas a longo prazo, visando compreender de forma mais coerente as possíveis vantagens do cultivo da palma-de-óleo em sistema agroflorestal (BUDIADI *et al.*, 2019).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Realizar análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais com palma-de-óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), em Tailândia, PA.

### 2.2 Objetivos específicos

Avaliar a produção de milho (*Zea mays* L.), silagem e grãos, e estimar a de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) para análise financeira em SAFs na fase pré-produtiva da palma-de-óleo;

Avaliar o crescimento e desenvolvimento da palma-de-óleo em sistemas agroflorestais e monocultivo;

Realizar análise de viabilidade financeira e econômica de três sistemas agroflorestais.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área de estudo

O experimento foi desenvolvido na empresa Agropalma S/A, no município de Tailândia, PA ( $2^{\circ} 56' 50''$  S  $48^{\circ} 57' 11''$  W). A área experimental está localizada no Departamento I, com 34,66 ha, identificada como D26, de acordo com a Figura 1. A área foi utilizada por 31 anos (1987 a 2018) com cultivo tradicional de palma-de-óleo.

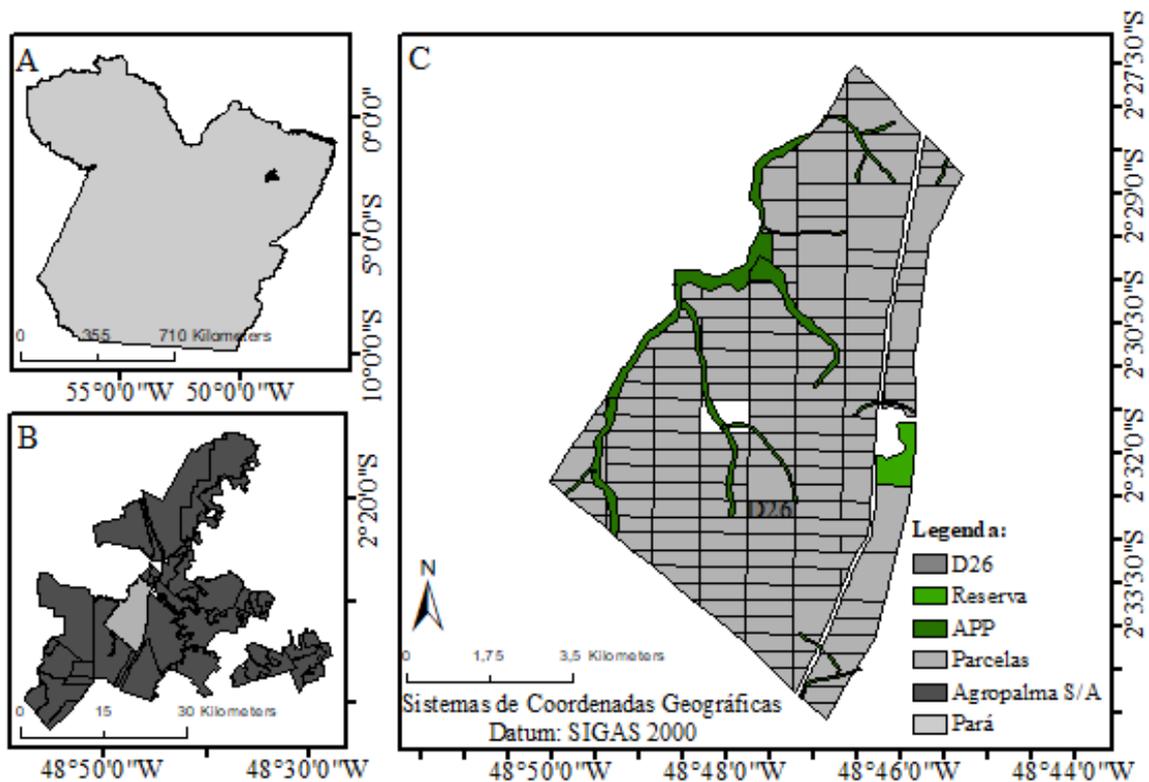


Figura 1: Localização área experimental (D26), Tailândia, Pará, Brasil. A: Pará. B: Agropalma S/A (Departamentos). C: Área experimental (D26) - Departamento I.

Os tipos de solos que predominam na região são Latossolo Amarelo argiloso e Podzólico Amarelo plúntico argiloso (MIKLÓS, 1998). Em 2018 foi realizada a análise de solo da área experimental antes da derrubada da palma-de-óleo (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1: Análise granulométrica de amostras de solo da área experimental antes da derrubada da palma-de-óleo

Profundidade (cm)	Granulometria ( $\text{g kg}^{-1}$ )			
	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila Total
0-20	333	361	59	247
20-40	260	307	93	340

Após a derrubada da palma-de-óleo e enleiramento do material vegetal residual, a área experimental foi gradeada a 40 cm e as linhas de plantio da palma-de-óleo subsolada a uma profundidade de até 80 cm. Em novembro de 2018 foi realizada a calagem, com aplicação de 3,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico de PRNT 85%.

Tabela 3 são apresentados os resultados das análises de amostras solo obtidas em 2019, após a realização da calagem. Verifica-se após o preparo de área, um aumento na quantidade de matéria orgânica na profundidade de 0 a 20 cm, maior disponibilidade do nutriente fósforo (P) de 0 a 40 cm e também cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Os indicadores capacidade de troca catiônica (CTC) total e efetiva, saturação por base (V%) e saturação por alumínio (m%) mostram uma melhoria na qualidade do solo, aspecto importante para o bom crescimento e desenvolvimento das culturas.

Tabela 2: Análise química de amostras de solo da área experimental antes da derrubada da palma-de-óleo

Profundidade	C	MO	N	N	Relaç	K	Na	P	Al	Ca	Ca+Mg	pH	H+Al	SB	CTC		Saturação		
															Total	Efetiva	Base	Alumínio	
cm	g dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	%	g dm <sup>-3</sup>	C/N	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	V%	m%									
0-20	6,88	11,87	0,05	0,456	25,87	39	7	24	0,60	0,56	1,01	5,12	3,71	1,14	4,85	1,74	23,78	34,45	
20-40	5,11	8,81	0,04	0,383	23,00	31	5	7	0,84	0,40	0,78	4,85	3,61	0,88	4,49	1,72	19,78	49,06	

C = Carbono; MO = Matéria orgânica; N = Nitrogênio; K = Potássio; Na = Sódio; P = Fósforo; Al = Alumínio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; H = Hidrogênio; SB = Saturação por bases; CTC = Capacidade de troca catiônica.

Tabela 3: Análise química de amostras de solo da área experimental após preparo do solo e calagem

Profundidade	MO	K	Na	P	Al	Ca	Ca+Mg	pH.	H+Al	SB	CTC		Saturação		
											Total	Efetiva	Base	Alumínio	
cm	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	V%	m%									
0-20	13,13	0,8	1,3	29,6	0,28	1,40	1,85	5,93	1,88	1,93	3,81	2,21	50,76	12,66	
20-40	8,75	1,1	1,4	14,1	0,35	0,86	1,24	5,64	1,76	1,35	3,11	1,70	43,31	20,63	

MO = Matéria orgânica; K = Potássio; Na = Sódio; P = Fósforo; Al = Alumínio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; H = Hidrogênio; SB = Saturação por bases; CTC = Capacidade de troca catiônica.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Am (NASCIMENTO e HOMMA, 1984; NORONHA; 2015), sendo as médias anuais da precipitação total e temperatura de 2.532 mm e 26,6 °C, conforme monitoramento durante o período de 1995 a 2020 (AGROPALMA, 2021). O período experimental transcorreu entre dezembro de 2018 a março de 2021, sendo as informações referentes à precipitação e temperatura média mensal apresentadas na Figura 2.

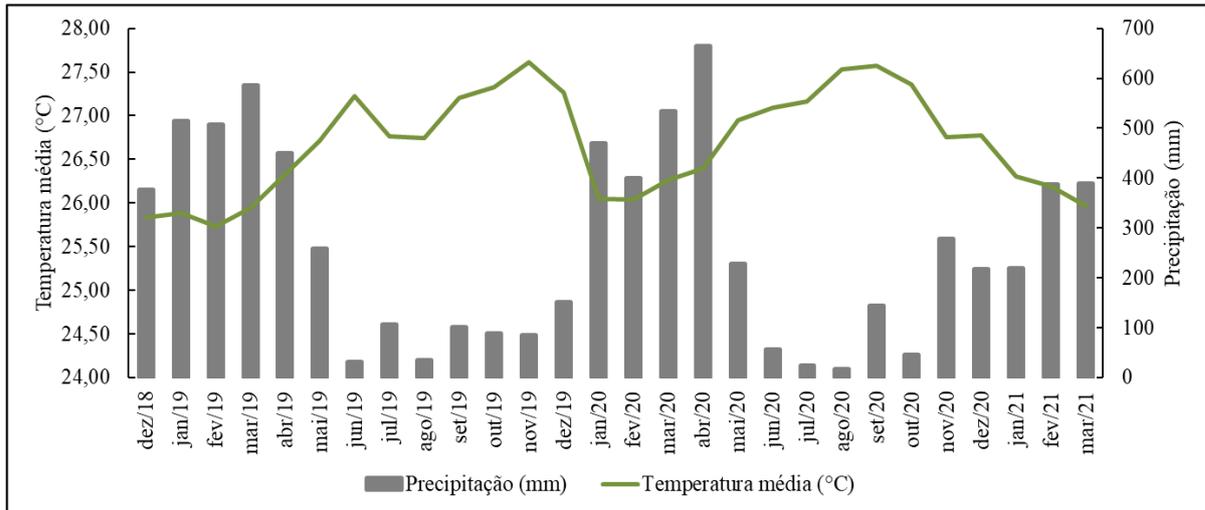


Figura 2: Temperatura média mensal do ar (°C) e precipitação mensal (mm) no período de dezembro de 2018 a março de 2021, no Departamento I da empresa Agropalma S/A, em Tailândia, PA (Agropalma S/A, 2021).

### 3.1 Caracterização dos sistemas de produção

A pesquisa foi baseada em três arranjos de sistema agroflorestal (A, B e C), sendo dois (A e B) propostos visando escala de produção, com menor diversidade e espécies de maior interesse comercial, compostos pela palma-de-óleo (*E. guineensis*), milho (*Z. mays*), feijão-caupi (*V. unguiculata*), cacauieiro (*Theobroma cacao* L.) e andirobeira (*Carapa guianensis* Aubl.).

O sistema C foi proposto visando possíveis interesses de agricultores familiares parceiros da empresa Agropalma S/A, com maior diversidade de espécies, incluindo culturas potenciais para promoção de segurança alimentar e, também, para comercialização. As espécies desse modelo são palma-de-óleo, cacauieiro, andirobeira, margaridão (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray), bananeira (*Musa* spp.), macaxeira (*Manihot esculenta* Crantz) e feijão-caupi.

Os arranjos dos sistemas A (Figura 3) e B (Figura 4) apresentam diferentes distâncias entre renques de cinco fileiras da palma-de-óleo, sendo 15,6 m e 23,4 m, respectivamente, com cacauieiro e andirobeira nas entrelinhas; e o milho e o feijão-caupi entre as fileiras do

dendezeiro. O arranjo do sistema C (Figura 5) segue o padrão tradicional de cultivo da palma-de-óleo no espaçamento  $9 \times 9$  m, com  $142 \text{ plantas ha}^{-1}$ , sendo na mesma linha da palma-de-óleo plantadas a bananeira, o cacaueteiro e a macaxeira entre as plantas e, em entrelinhas alternadas, o cacaueteiro, a andirobeira e o margaridão.

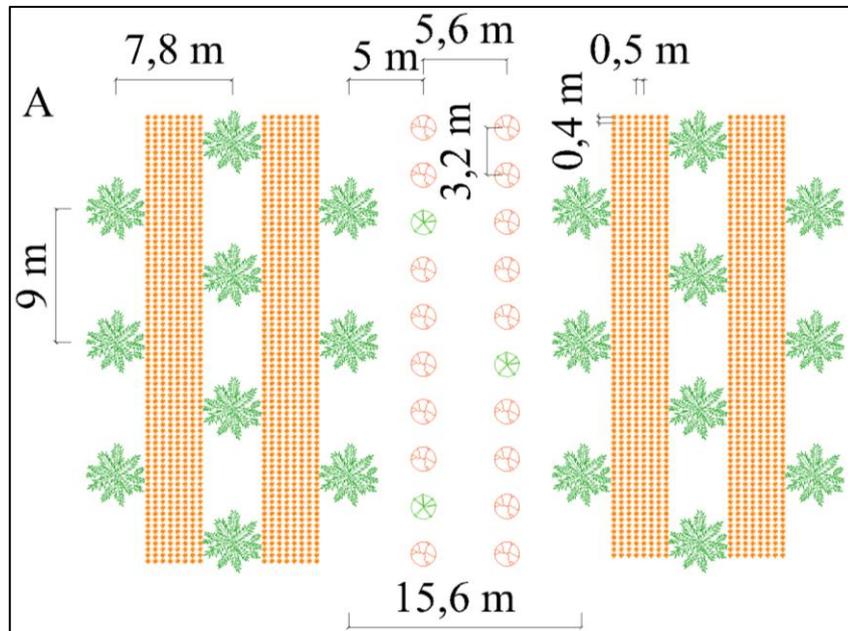


Figura 3: Arranjo espacial do sistema agroflorestal A, sendo palma-de-óleo (🌴), cacaueteiro (🍫), andirobeira (🌿) e culturas anuais (🌾🌱) milho + feijão-caupi).

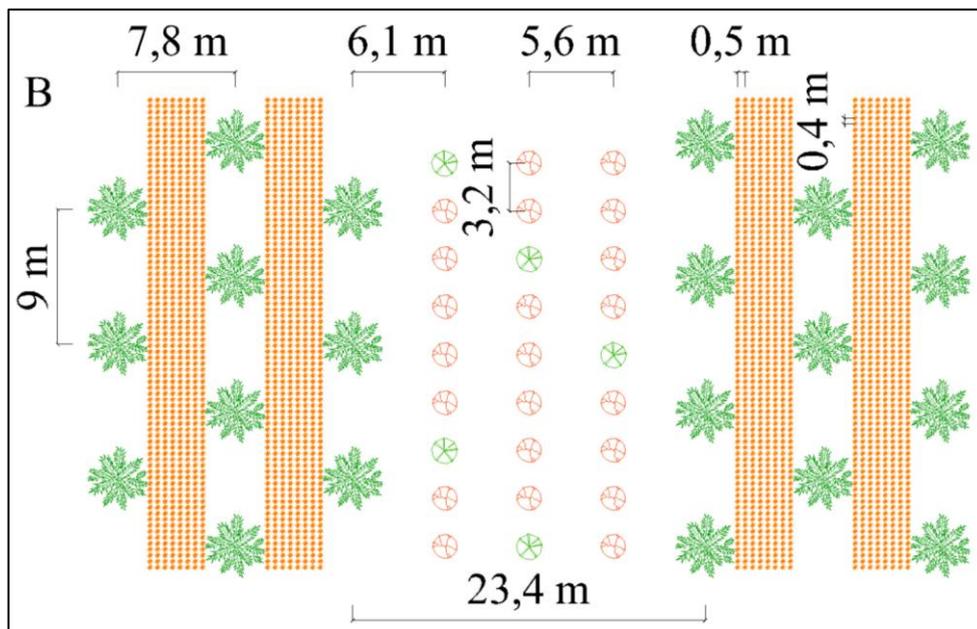


Figura 4: Arranjo espacial do sistema agroflorestal B, sendo palma-de-óleo (🌴), andirobeira (🌿), cacaueteiro (🍫) e culturas anuais (🌾🌱) milho + feijão-caupi).

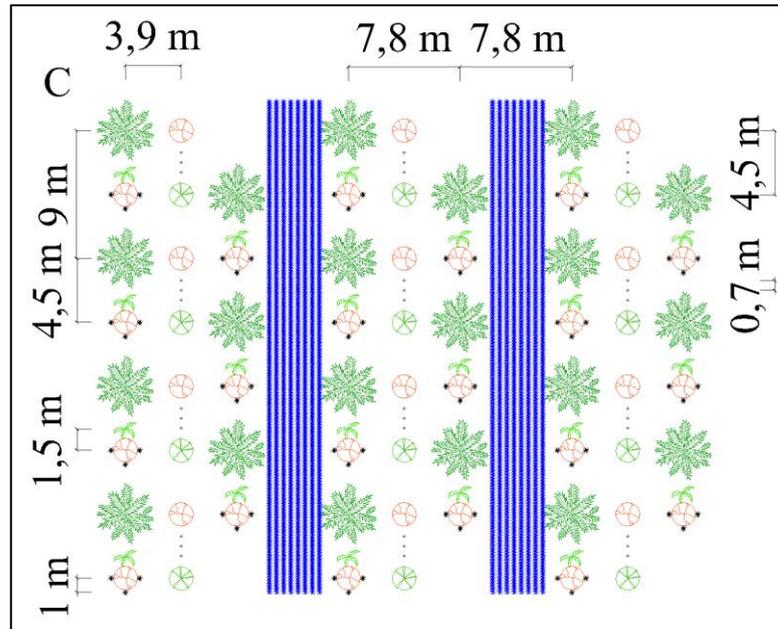


Figura 5: Arranjo espacial do sistema agroflorestal C, sendo palma-de-óleo (🌿), andirobeira (🌿), bananeira (🍌), cacaueteiro (🍫), feijão-caupi (🌱), macaxeira (🍠), margaridão (🌻).

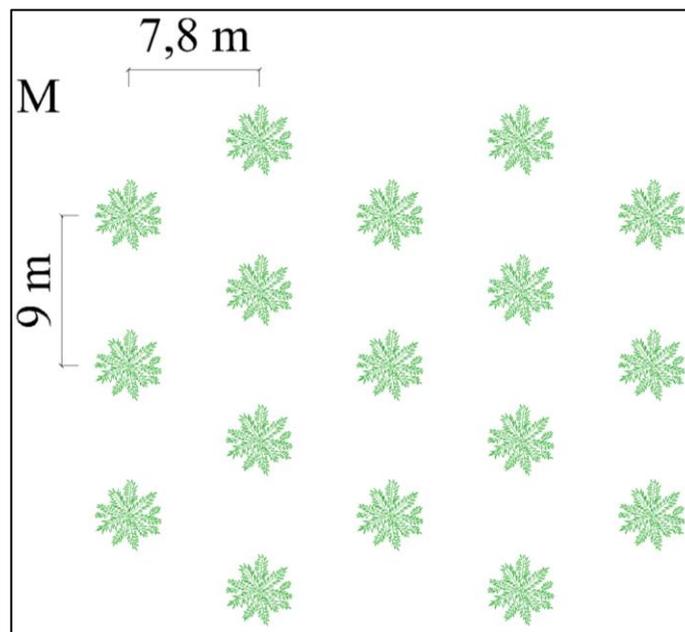


Figura 6: Arranjo espacial do monocultivo de palma-de-óleo (🌿).

Na Tabela 4 são apresentadas informações referentes à composição das espécies nos respectivos SAFs, com densidades de plantas, percentual de área cultivada com culturas de ciclo curto e ciclos de cultivo.

Tabela 4: Espécies, densidade de plantas (plantas ha<sup>-1</sup>) e área cultivada (%) dos sistemas agroflorestais A, B e C e no monocultivo tradicional de cada cultura

Cultura	Plantas ha <sup>-1</sup>	% área ocupada no sistema
Sistema agroflorestal A		
Palma-de-óleo	127	89
Cacau	103	9
Andiroba	20	2
Milho	11702	20
Feijão-caupi	28959	20
Sistema agroflorestal B		
Palma-de-óleo	110	77
Cacau	133	12
Andiroba	26	3
Milho	11.682	23
Feijão-caupi	25.805	23
Sistema agroflorestal C		
Palma-de-óleo	142	100
Cacau	212	19
Andiroba	71	9
Banana	140	15
Macaxeira	420	4
Margaridão	126	
Feijão-caupi	32.821	26
Monocultivo tradicional		
Palma-de-óleo	142	100
Cacau	1.111	100
Andiroba	833	100
Banana	1.111 a 833	100
Macaxeira	10.034	100
Milho	100.000	100
Feijão-caupi	160.000	100

Nos SAFs A e B o plantio da palma-de-óleo foi realizado no ano 0, e o cacau e a andiroba no ano 1. No SAF C o plantio da palma-de-óleo, cacaueiro, andirobeira e bananeira ocorreram no ano 0. A adubação aplicada em cova foi realizada com fosfato monoamônico (MAP), 0,3 kg por cova, sendo as adubações de cobertura, com N-P-K + Boro, realizadas em duas ocasiões durante o ano (Ocasão 1: maio a agosto – Ocasão 2: novembro a fevereiro), com aplicação de 1,124 kg de 09-00-24 + 0,17% B e 0,335 kg de 25-00-00 + 0,7% B, em cada ocasião.

O plantio do milho foi realizado em dezembro de 2020 (ano 2), sendo a adubação realizada com aplicação de MAP (60 kg ha<sup>-1</sup>) na ocasião do plantio e, posteriormente, realizadas

duas adubações de cobertura aos 20 e 45 dias após o plantio, com N-P-K (12-05-11) na dosagem de 60 kg ha<sup>-1</sup>, e ureia em dose 363 kg ha<sup>-1</sup>.

### 3.2 Análise de crescimento e produção

#### 3.2.1 Análise de desenvolvimento da palma-de-óleo

Foram realizadas análises de desenvolvimento através da mensuração do número total de folhas por planta, número de folhas emitidas a cada medição, altura e diâmetro do coleto, em 308 plantas (SAF A: 107 plantas; SAF B: 106 plantas; SAF C: 48 plantas; Monocultivo: 47 plantas), trimestralmente, até 24 meses.

Comparou-se o desenvolvimento da palma-de-óleo nos arranjos espaciais dos sistemas agroflorestais, em relação ao monocultivo. Também foi analisado o efeito de bordadura nas plantas em relação às centrais dos SAFs A e B.

Para avaliação da possível influência da cultura do milho sobre o crescimento da palma-de-óleo comparou-se plantas adjacentes e não adjacentes às fileiras do milho em um mesmo SAF. Para tal, aplicou-se o teste F ( $p > 0,05$ ) para verificar a normalidade e, posteriormente, o teste “t” de Student ( $p > 0,05$ ) visando identificar diferenças significativas no desenvolvimento e crescimento das plantas.

#### 3.2.2 Produção das culturas de ciclo curto

##### 3.3.2.1 Milho

A produção de milho (grão e silagem) foi calculada com base no cultivo realizado entre dezembro de 2020 e março de 2021, representando o ano 3 no cronograma dos sistemas agroflorestais. A coleta do milho silagem foi realizada aos 90 dias após seu plantio, em parcelas estabelecidas entre as entrelinhas de palma-de-óleo que tiveram desenvolvimento avaliado. Em cada tratamento (SAFs A e B) foram instaladas seis parcelas, que possuíam três sub-parcelas de 10 m<sup>2</sup>, sendo duas nas bordaduras e outra ao centro das entrelinhas da palma-de-óleo, gerando no total 18 amostras em cada tratamento, conforme Figuras 7 e 8. Para avaliação da produção de milho silagem, avaliou-se a biomassa total, sendo as plantas cortadas a 15 cm do solo e posteriormente pesadas (peso verde).

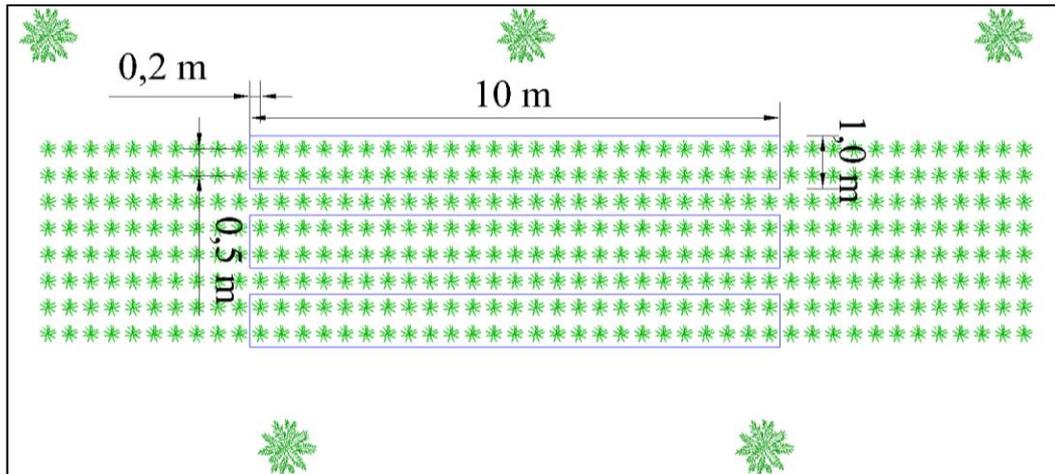


Figura 7: Amostragem de coleta do milho silagem (vista superior), sendo palma-de-óleo (🌴) e milho (🌽).

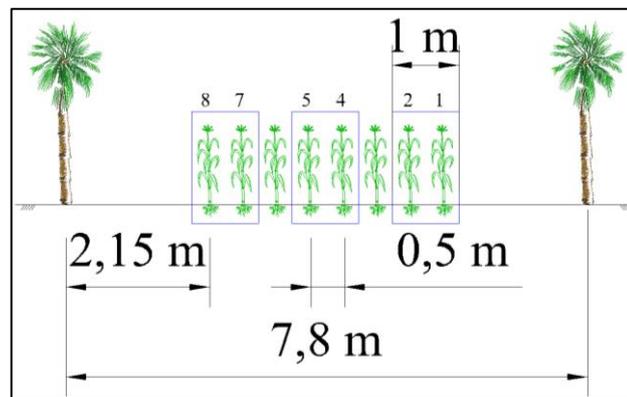


Figura 8: Amostragem de coleta do milho silagem (vista frontal), sendo palma-de-óleo (🌴) e milho (🌽).

Para avaliação da produção do milho grão, após 100 dias do plantio, foram colhidas as espigas dentro das parcelas amostradas. Em cada tratamento (SAFs A e B) foram instaladas seis parcelas, com seis sub-parcelas (seis linhas de milho - quatro linhas nas bordaduras e duas linhas centrais), com cinco plantas cada, totalizando 30 plantas (Figura 9).

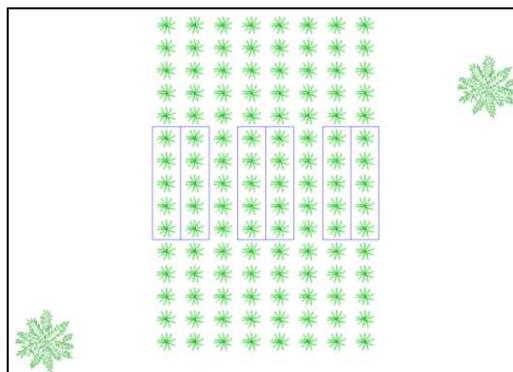


Figura 9: Amostragem da coleta do milho silagem (vista superior), sendo palma-de-óleo (🌴) e milho (🌽).

As espigas produzidas por cada planta foram coletadas, os grãos debulhados e pesados. Posteriormente, amostras de grãos foram secos em estufa por 24 horas a  $105 \pm 3$  °C até umidade média de 45%, aproximadamente, para determinação da produção de grãos secos.

As produtividades do milho silagem e grão foram calculadas considerando o percentual de área cultivada nos SAFs (Tabela 4) e as respectivas densidades de plantas nos sistemas A, B e monocultivo, e extrapoladas para hectare. Para estimar as produtividades nos anos 1 e 2 dos sistemas agroflorestais, considerou-se uma variação de produtividade, em relação ao monocultivo, de +20 % para o ano 1 e +10% para o ano 2, considerando eventuais efeitos de competição entre as culturas que compõem os SAFs no decorrer dos anos.

Foram realizadas análises estatísticas para avaliar se houve diferença significativa na produção de milho silagem e grão nos arranjos agroflorestais (A e B) em relação ao monocultivo, e em relação às bordaduras e as linhas centrais do milho nas entrelinhas. Para tal, aferiu-se a distribuição normal dos dados através do teste F ( $p > 0,05$ ) e depois se ocorreu diferença significativa na produtividade através do teste “t” de Student ( $p > 0,05$ ).

### 3.3.2.2 Feijão-caupi

Considerou-se o cultivo do feijão-caupi como outra possibilidade para composição dos sistemas agroflorestais em sequência ao milho, diante potencialidade de seu cultivo na “janela de plantio” na região onde foi realizada a presente pesquisa, e por se tratar de uma cultura tradicional entre agricultores da região (RODRIGUES *et al.*, 2020). Porém, por questões administrativas da empresa e operacionais associadas ao regime pluviométrico, não foi possível sua implantação.

Assim, para as análises referentes ao feijão-caupi, estimou-se custos, produtividade e receitas com base em indicadores técnicos locais/regionais baseados na literatura. Botelho *et*

*al.* (2013) discutem sobre cultivares de feijão-caupi, sendo a maior produtividade observada na região com o BRS Tumucumaque, com produtividade de 5.086 kg ha<sup>-1</sup>, em densidade de 160.000 plantas ha<sup>-1</sup>, adotadas como base para estimativas nos sistemas.

Para o cálculo da produtividade do feijão-caupi nos SAFs, considerou-se a proporcionalidade da área ocupada pelo cultivo de grãos em cada sistema (A: 23%, B: 20% e C: 26%) e uma variação de produtividade de 0% (ano 1), -10% (ano 2), -20% (ano 3), em relação ao monocultivo, considerando efeitos de competição por recursos de crescimento com as outras culturas. Esta redução foi observada para a cultura do milho.

### 3.3.2.3 Macaxeira

A macaxeira é uma cultura muito presente no cotidiano do paraense, representando importante alimento para segurança alimentar e, assim, inserida no SAF C proposto para agricultores parceiros. As manivas foram plantadas no ano 0, porém ocorreu precipitação muito elevada que comprometeu seu desenvolvimento.

Por esse motivo, a produtividade da macaxeira também foi estimada baseando-se na pesquisa de Modesto Júnior et al. (2009), que avaliaram a produtividade da cultura na região do Baixo Tocantins PA, nos municípios de Acará, Abaetetuba, Cameté e Moju, próximas à área do presente estudo. É relatada produtividade média de 16.280 kg ha<sup>-1</sup>, considerando densidade de 10.034 plantas ha<sup>-1</sup>. Para o SAF C, considerou-se 420 plantas ha<sup>-1</sup> e, também, redução de 20% na produção devido à competição com demais culturas do sistema.

### 3.3.2.4 Banana

As bananeiras no SAF C foram plantadas no ano 0 e seus cachos colhidos no ano 1, porém com baixíssima produtividade (52,3 kg ha<sup>-1</sup>), diante problemas operacionais ocorridos na condução da cultura. Monocultivos em Tailândia, PA podem produzir aproximadamente 5.333 kg ha<sup>-1</sup> (SEDAP, 2019). Considerando densidade média de plantio de 1.325 planta ha<sup>-1</sup>, a produção média no estado do Pará é 4,0 kg planta<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2014).

Assim, para a análise econômica considerou-se os custos de plantio e manejo observados, porém receitas provenientes da produção média (4,0 kg planta<sup>-1</sup>), considerando a densidade de plantas do SAF C, assim como redução de 20% da produção (3,2 kg planta<sup>-1</sup> e 448 kg ha<sup>-1</sup>) devido a possíveis efeitos decorrentes da competição.

### 3.2.3 Produção das culturas perenes

#### 2.3.3.1 Palma-de-óleo

Considerou-se a produtividade de cacho de fruto fresco (CFF) de acordo com a produtividade média registrada pela Agropalma, com observações por idade.

#### 2.3.3.2 Andiroba

O período de produção, assim como a produtividade de semente, adotados para a análise da presente pesquisa foram baseados em informações obtidas junto a produtores da região de Tomé-Açú, PA, que já cultivam e comercializam a produção da espécie. Considerou-se o início da produção aos 6 anos, com produção média de 5 kg planta<sup>-1</sup>, 10 kg planta<sup>-1</sup> a partir dos 11 anos, 15 kg planta<sup>-1</sup> com 16 anos e, com 21 anos adiante, a produção segue constante, com 20 kg planta<sup>-1</sup>. Para os fins financeiros, a produção de semente por hectare foi calculada com base na produção por planta multiplicada pelo número de plantas por hectare em cada arranjo de SAF.

#### 2.3.3.3 Cacau

Os dados de produtividade média das amêndoas fermentadas e secas, por idade, também foram obtidos junto a produtores da região de Tomé-Açú, PA. Considerou-se o início da produção de amêndoas aos 4 anos, com produtividade média de 0,3 kg planta<sup>-1</sup>, a partir dos 6 anos com 0,5 kg planta<sup>-1</sup> e com 10 anos atinge-se produtividade constante de 1 kg planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Para o cálculo de produtividade de amêndoa fermentada e seca por hectare em cada sistema agroflorestal, foi multiplicado o número de plantas por hectare (SAF A: 103 plantas ha<sup>-1</sup>; SAF B: 133 plantas ha<sup>-1</sup>; SAF C: 212 plantas ha<sup>-1</sup>), pela produção de amêndoas por idade.

### 3.3 Análise de custos, receitas e desempenho financeiro

#### 3.3.1 Fluxo de caixa

Para a análise econômica foi considerado horizonte de 25 anos, a partir da implantação do projeto. O fluxo de caixa foi composto por receitas, obtidas com a comercialização dos produtos ao longo dos anos (produção – unidade de produção/ha x valor de mercado - R\$/unidade de produção), e custos referentes a insumos, operações de plantio, mão de obra, manutenção e colheita para cada sistema.

Na Tabela 5 são apresentadas informações referentes ao valor de comercialização dos produtos e os respectivos anos em que as receitas são consideradas para fins das análises econômicas. As produções das culturas anuais (milho e feijão-caupi) foram incorporadas no ano 0 e a banana e macaxeira no ano 1, compondo importantes receitas para amortização dos custos de implantação e manutenção no período inicial dos SAFs. As demais produções foram consideradas a partir do quarto ano, com seus valores monetários corrigidos ao longo do tempo.

Os valores adotados foram obtidos através de pesquisa local, sendo o valor referente ao cacho de fruto fresco (CFF) de palma-de-óleo, até o pátio da indústria, calculado a 12,3% do valor do óleo no mercado, seguindo a metodologia da empresa Agropalma S/A. O valor da semente de andiroba foi aferido junto à Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açú. Os demais produtos, banana (cacho), cacau (fruto), feijão-caupi (grão), milho (silagem e grão), e macaxeira (raiz), foram obtidos junto a produtores rurais locais.



### 3.3.2 Análise financeira

Na análise financeira, foi considerada a mesma taxa mínima de atratividade (TMA) utilizada na empresa Agropalma S/A para os projetos, de 6% a.a., sendo os seguintes critérios para avaliação:

- Valor presente líquido (VPL):

O VPL é a diferença de somatórios das receitas e custos do projeto com seus valores atualizados. O projeto torna-se viável quando o  $VPL > 0$  (SILVA e FONTES, 2005; VIRGENS, 2016).

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

em que:

$R_j$  = valor das receitas;

$C_j$  = valor atual dos custos;

$i$  = taxa de juros;

$j$  = período que os custos e receitas ocorrem;

$n$  = número de períodos ou duração do projeto em anos.

- Valor anual equivalente (VAE):

O VAE é o VPL ou valor atual do projeto, transformado em fluxo de custos e receitas periódicos e contínuos, durante a vida útil do projeto. O VAE se mostra viável a partir de valores maiores do que zero. (SILVA e FONTES, 2005; VIRGENS, 2016).

$$VAE = \frac{VPL[(1 + i)^t - 1]}{1 - (1 + i)^{-nt}}$$

em que:

$i$  = taxa de juros;

$n$  = número de períodos ou duração do projeto em anos;

$t$  = número de períodos de capitalização ao longo do ano.

- Razão benefício/custo (B/C):

É a razão entre os valores atuais das receitas (benefícios) e custo do projeto, tornando-se viável quando  $B/C > 1$  (VIRGENS, 2016).

$$B/C = \frac{\sum_{i=0}^n R_j (1+i)^{-j}}{\sum_{i=0}^n C_j (1+i)^{-j}}$$

em que:

$R_j$  = valor das receitas;

$C_j$  = valor atual dos custos;

$i$  = taxa de juros;

$j$  = período que os custos e receitas ocorrem;

$n$  = número de períodos ou duração do projeto em anos.

- Taxa interna de retorno (TIR):

A TIR é uma taxa utilizada para antecipar os valores gerados no fluxo de caixa, ou seja, iguala o valor do VPL a zero. Sendo assim, quando a  $TIR > TMA$ , o projeto é atrativo economicamente (CORDEIRO, 2010; WEIMANN et al., 2017, SILVA et al., 2018).

$$TIR = \text{capital} - \sum_{i=0}^n \frac{F_j}{(1+i)^j}$$

em que:

capital: valor do investimento

$F_j$  = entrada de capital no período;

$i$  = taxa de juros;

$j$  = período que os custos e receitas ocorrem;

$n$  = número de períodos ou duração do projeto em anos.

### 3.1.1 Análise de risco de investimento

A análise de risco é uma simulação que permite gerar possíveis cenários ao longo do horizonte de planejamento, fazendo N interações entre as variáveis de entrada e, obtendo como saída, o resultado dos indicadores de interesse do projeto.

A fim de verificar os riscos de investimento dos sistemas agroflorestais (A, B e C) e desempenho econômico, foi utilizado o software @RISK®, em ambiente do Microsoft Office Excel® (PALISADE CORPORATION, 2010), que usa a metodologia de Monte Carlo, simulando valores aleatórios para as variáveis de receitas e custos do empreendimento para verificação das possíveis variações do lucro (PLATON e CONTANTINESCU, 2014; OLIVEIRA, 2017).

Neste trabalho, simulou-se 1.000 interações que geraram valores aleatórios das variáveis de entrada (*inputs*) mostrando os possíveis cenários do VPL (*output*). Os *inputs* foram: a TMA (Taxa Mínima de Atratividade), custos de adubação e de colheita, preços de mercado do cacho de fruto fresco (palma-de-óleo), milho, feijão-caupi, cacau, andiroba, macaxeira e banana.

Os valores dos *inputs* variaram -20% e +20% distribuídos de forma triangular, como exemplo a palma-de-óleo, principal cultura dos sistemas, variou entre R\$383,76 t<sup>-1</sup> (mínimo) e R\$575,64 t<sup>-1</sup> (máximo), sendo seu valor médio R\$479,70 t<sup>-1</sup>. A partir das elasticidades dos dados gerados, os coeficientes de regressão múltiplos obtidos mostram o *ranking* de influência dos *inputs* nos cenários de VPLs gerados (*output*).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Crescimento da palma-de-óleo

Na análise de tendências das características morfológicas das plantas de palma-de-óleo, no período de 24 meses, observa-se que a média do número total de folhas nos sistemas de produção (SAFs A, B, e C e Monocultivo) manteve-se crescente, com algumas variações no mês 6, quando no SAF B observou-se maior número de folhas totais, e no mês 18 no SAF C e o monocultivo, tendência de diminuição na média (Figura 10).

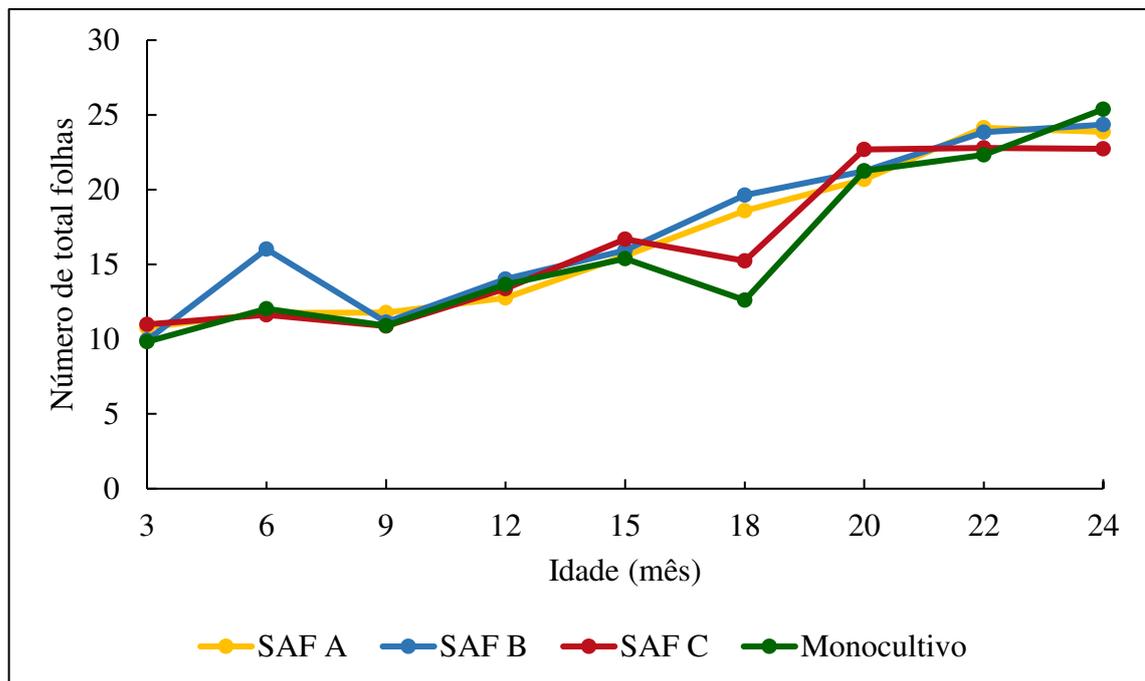


Figura 10: Média do número de folhas nas plantas de palma-de-óleo nos sistemas agroflorestais A, B e C e no monocultivo.

Na primeira avaliação referente ao número de folhas emitidas, aos 3 meses, a folha zero era identificada visando o monitoramento de quantas folhas seriam então emitidas até a próxima mensuração.

Nos meses 6 a 12, observa-se um aumento crescente na média de folhas emitidas, nos meses seguintes, essa média foi alternando, decaindo ou aumentando, nos SAF A e B e no monocultivo. No SAF C, verifica-se uma ascensão da média de folhas emitidas entre os meses 6 e 18, posteriormente, os valores médios foram oscilando, semelhantes aos outros SAFs e monocultivo, até a última medição, aos 24 meses (Figura 11).

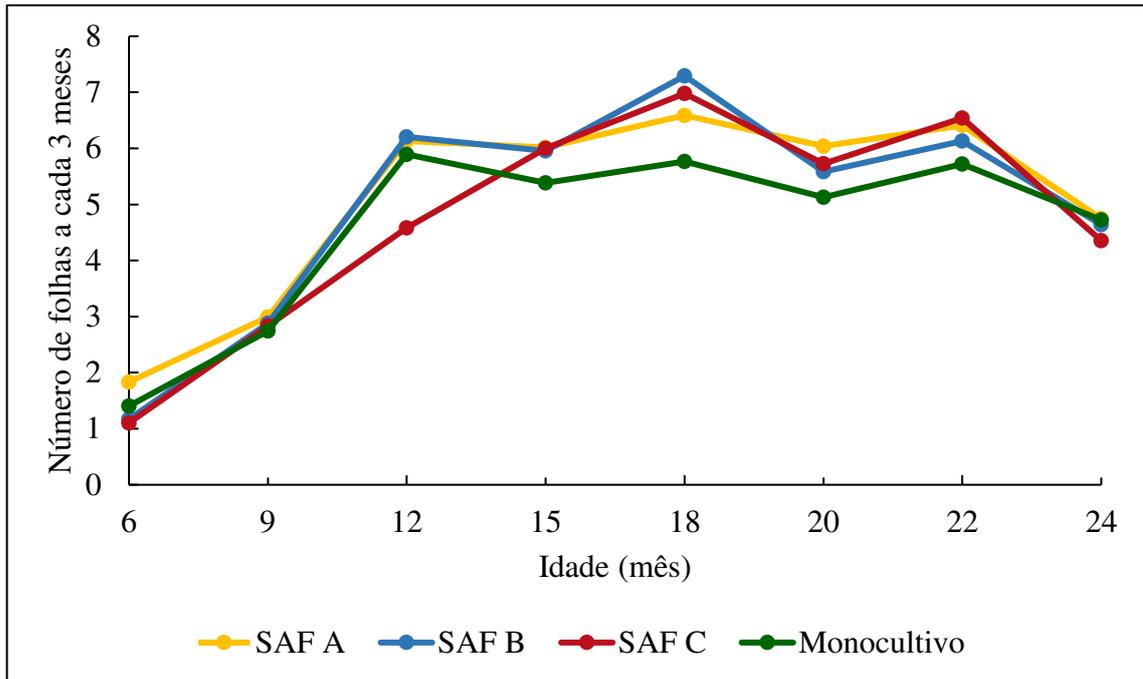


Figura 11: Média do número de folhas emitidas pelas plantas de palma-de-óleo nos sistemas agroflorestais A, B e C e no monocultivo.

A média do diâmetro do coleto das plantas em todos os modelos de cultivo apresentaram valores crescentes e constantes, sendo que, entre os meses 3 ao 12, a tendência de crescimento foi menor e, entre os meses 12 ao 24, maior (Figura 21).

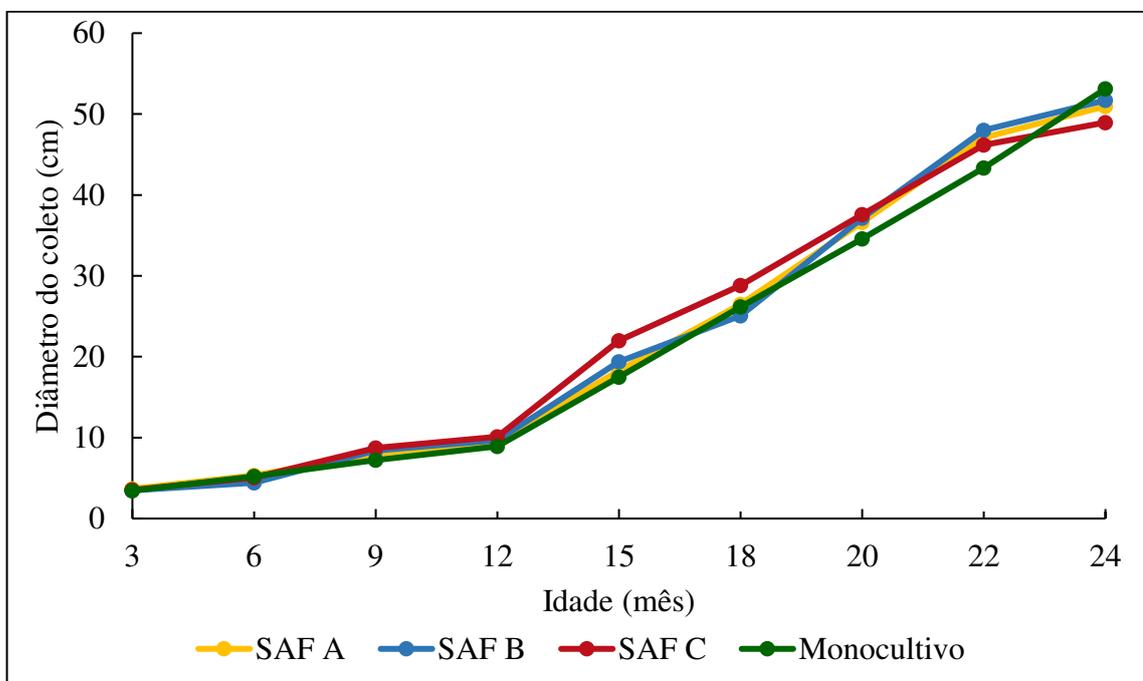


Figura 12: Média do diâmetro do coleto (cm) das plantas de palma-de-óleo nos sistemas agroflorestais A, B e C e no monocultivo.

As alturas das plantas de palma-de-óleo apresentaram tendências de crescimento constante até os 22 meses, sendo observado apenas no SAF C e no monocultivo, aos 18 meses, tendência de redução nos valores, porém com retomada de crescimento. As tendências de crescimento em altura nos SAFs A e B foram bem semelhantes. A maior tendência foi observada nas plantas do SAF C e as menores em monocultivo (Figura 23).

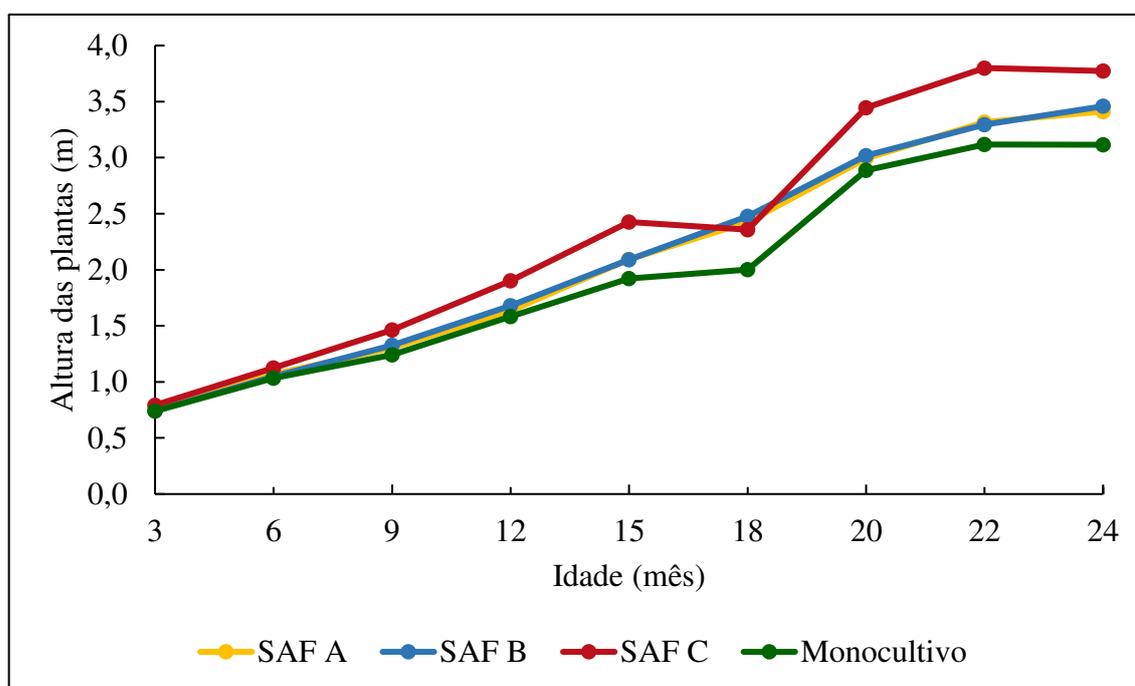


Figura 13: Média das alturas das plantas de palma-de-óleo nos sistemas agroflorestais A, B e C e no monocultivo.

Na Tabela 7 são apresentados resultados das análises estatísticas referentes ao crescimento da palma-de-óleo, aos 12 e 24 meses, com algumas diferenças significativas entre os sistemas agroflorestais (A, B e C) em relação ao monocultivo. Aos 12 meses, plantas no SAF C apresentaram contrastes em todas as características avaliadas, em comparação ao monocultivo. As plantas no SAF A apresentaram médias referentes ao número de folhas emitidas e a altura das plantas superiores estatisticamente em relação ao monocultivo, e no SAF B apenas o número de folhas não foi superior ao monocultivo.

Aos 24 meses, a média dos números de folhas foram estatisticamente inferiores nos SAFs A e B, em comparação ao monocultivo, assim como o número de folhas emitidas a cada três meses no SAF C. O crescimento em altura das plantas nos SAFs A, B e C foram estatisticamente superiores em relação ao monocultivo, porém o crescimento em diâmetro foi inferior estatisticamente no SAF C.

Ao se avaliar influências no desenvolvimento das plantas de palma-de-óleo em função do cultivo do milho, quando presente em uma ou duas entrelinhas, observa-se diferenças

significativas para o SAF A, aos 12 meses, porém ausentes aos 24 meses. Em relação ao SAF B não foram observadas diferenças significativas (Tabela 8).

Além de plantas adjacentes às entrelinhas do cultivo de milho, outras estavam localizadas em bordaduras adjacentes às culturas perenes (cacau e andiroba). Para a maioria dos parâmetros avaliados, nas respectivas idades, não se observaram diferenças significativas entre as plantas das bordaduras em relação às centrais, com exceção para o número de folhas totais no SAF A (Tabela 9).

Tabela 7: Testes de médias referentes ao desenvolvimento da palma-de-óleo nos sistemas agroflorestais A, B e C, em comparação ao monocultivo nas idades de 12 e 24 meses

	SAF A	SAF B	SAF C	Monocultivo		SAF A	SAF B	SAF C	Monocultivo
12 meses					24 meses				
Folhas									
Média	15,58	15,93	16,69	15,38	Média	23,87	24,35	22,73	25,38
Teste F	0,60	0,22	0,63		Teste F	4,27E-04*	4,63E-10*	3,85E-06*	
Teste t	0,55	0,12	3,90E-04*		Teste t	0,04*	0,14	4,84E-04*	
Folhas a cada 3 meses									
Média	6,02	5,95	6,00	5,38	Média	4,75	4,64	4,35	4,72
Teste F	0,80	0,11	0,16		Teste F	9,27E-09*	7,94E-08*	0,01*	
Teste t	2,56E-04*	3,72E-03*	0,01*		Teste t	0,88	0,60	0,04*	
Altura (m)									
Média	2,09	2,09	2,43	1,92	Média	3,41	3,46	3,77	3,12
Teste F	6,23E-04*	0,02*	0,23		Teste F	2,35E-03*	1,07E-03*	3,39E-03*	
Teste t	6,09E-04*	3,50E-04*	8,15E-16*		Teste t	1,50E-03*	2,71E-04*	1,59E-09*	
Diâmetro (cm)									
Média	18,26	19,34	22,00	17,49	Média	50,95	51,71	48,95	53,12
Teste F	0,53	0,10	0,37		Teste F	0,05	0,90	0,14	
Teste t	0,32	0,01*	2,76E-06*		Teste t	0,19	0,42	0,03*	

\*Dados que apresentam valor significativo, sendo valores menores que o p-valor = 0,05.

Tabela 8: Análise estatística referente ao desenvolvimento da palma-de-óleo em função de uma ou duas entrelinhas com a cultura do milho

		SAF A							
		12 meses				24 meses			
		Folhas total	Folhas a cada 3 meses	Altura (m)	Diâmetro (cm)	Folhas total	Folhas a cada 3 meses	Altura (m)	Diâmetro (cm)
Média	1 entrelinha com milho	16,12	6,29	2,17	18,90	23,80	4,73	3,40	50,32
	2 entrelinhas com milho	14,92	5,69	2,00	17,48	23,96	4,77	3,42	51,73
Teste F		0,88	0,87	0,88	0,41	0,51	0,33	0,45	0,83
Teste t		1,02E-03*	1,35E-03*	0,02*	0,09	0,78	0,68	0,76	0,36
		SAF B							
Média	1 entrelinha com milho	15,91	5,95	2,08	19,46	24,36	4,60	3,40	51,66
	2 entrelinhas com milho	15,96	5,96	2,10	19,32	24,33	4,69	3,52	51,77
Teste F		0,83	0,88	0,10	0,15	0,13	0,10	0,25	0,12
Teste t		0,91	0,96	0,76	0,86	0,95	0,43	0,10	0,96

\*Dados que apresentam valor significativo, sendo valores menores que o p-valor = 0,05.

Tabela 9: Análise estatística referente ao desenvolvimento da palma-de-óleo em função do posicionamento em fileiras centrais ou de bordaduras adjacentes às culturas perenes nos sistemas agroflorestais A e B

SAF A											
12 meses						24 meses					
		Folhas	Folhas a cada 3 meses	Altura (m)	Diâmetro (cm)			Folhas	Folhas a cada 3 meses	Altura (m)	Diâmetro (cm)
Média	Centro	16,31	6,25	2,11	19,09	Média	Centro	23,39	4,61	3,33	48,88
	Borda	15,21	5,90	2,09	17,84		Borda	24,11	4,82	3,45	52,01
	Teste F	0,09	0,77	0,46	0,80		Teste F	0,93	0,80	0,03*	0,81
	Teste t	4,78E-03*	0,08	0,76	0,16		Teste t	0,23	0,05	0,18	0,05
SAF B											
Média	Centro	16,31	6,21	2,12	20,56	Média	Centro	24,86	4,62	3,49	54,63
	Borda	15,79	5,86	2,08	18,96		Borda	24,16	4,65	3,45	50,61
	Teste F	0,20	0,59	0,34	0,84		Teste F	3,87E-03*	0,70	0,45	0,56
	Teste t	0,26	0,17	0,58	0,06		Teste t	0,06	0,81	0,60	0,06

\*Dados que apresentam valor significativo, sendo valores menores que o p-valor = 0,05.

## 4.2 Produtividade do milho

Coletada as amostras da cultura do milho, grão e silagem, comparou-se as produções nos arranjos agroflorestais (A e B) e monocultivo, não sendo observadas diferenças significativas (Tabela 10).

Tabela 10: Análises estatísticas referentes à produção de milho grão e silagem nos sistemas agroflorestais A e B, em relação ao monocultivo

	Grão		
	SAF A	SAF B	Monocultivo
Média (Kg)*	0,466	0,451	0,463
Teste F	0,92	0,30	
Teste t	0,94	0,73	
	Silagem		
	SAF A	SAF B	Monocultivo
Média (Kg)**	37,269	36,965	42,120
Teste F	0,57	0,90	
Teste t	0,16	0,17	

Sendo: \* média de seis parcelas, com 30 plantas cada; \*\*média de seis parcelas de 30 m<sup>2</sup> cada.

Nas entrelinhas da palma-de-óleo foram plantadas 8 linhas de milho, que pode apresentar variações de produção em função da posição entre as fileiras das bordaduras e as centrais. Observou-se que no SAF B as amostras de milho grão da bordadura esquerda e do milho silagem da bordadura direita apresentaram diferenças significativas (Tabela 11).

Tabela 11: Produção de milho nos sistemas agroflorestais A e B, em função das posições das fileiras nas entrelinhas de palma-de-óleo

Posição na entrelinha	Grão			Silagem		
	Média*	Teste F	Teste t	Média**	Teste F	Teste t
	SAF A					
Borda direita	0,49	0,55	0,68	38,23	0,97	0,82
Borda esquerda	0,46	0,86	0,92	36,67	0,91	0,97
Central	0,45			36,91		
	SAF B					
Borda direita	0,44	0,40	0,15	43,04	0,54	0,04*
Borda esquerda	0,53	0,18	0,01*	31,86	0,01*	0,59
Central	0,39			36,00		

Sendo: \* média de seis parcelas, com 30 plantas cada; \*\*média de seis parcelas de 30 m<sup>2</sup> cada.

O milho cultivado nas entrelinhas da palma-de-óleo, no ano 2, foi amostrado de forma a projetar a produção por hectare, silagem e grão, nos sistemas agroflorestais e no monocultivo, para os cálculos de receitas que compuseram os fluxos de caixa dos SAFs, sendo as produtividades apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12: Produtividade do milho silagem ( $t\ ha^{-1}$ ) e grão (saca  $ha^{-1}$ ) em monocultivo e nos sistemas agroflorestais

Ano	Monocultivo		SAF A		SAF B	
	Silagem	Grão	Silagem	Grão	Silagem	Grão
	$t\ ha^{-1}$	saca $ha^{-1}$	$t\ ha^{-1}$	saca $ha^{-1}$	$t\ ha^{-1}$	saca $ha^{-1}$
1	50,54	109,05	10,12	18,18	8,94	17,57
2	46,33	99,97	9,27	16,67	8,20	16,10
3	42,12	90,88	8,43	15,15	7,45	14,64

Analisando as produtividades do milho e o valor de mercado do grão e silagem, optou-se por considerar o produto silagem como fonte de receita para o fluxo de caixa dos sistemas, diante proporcionar retornos financeiros superiores a 30% em relação ao milho grão.

#### 4.3 Produtividade do feijão-caupi

O feijão-caupi foi considerado opção de cultura agrícola para composição dos SAFs A e B, em sequência à cultura do milho, e no SAF C como estratégia para a agricultura tradicional da região. Assim, a produtividade foi estimada de acordo com a área cultivada em cada sistema (Tabela 13).

Tabela 13: Estimativas de produtividade do feijão-caupi nos sistemas agroflorestais

Ano	SAF A	SAF B	SAF C
	$kg\ ha^{-1}$		
1	344,75	307,20	418,64
2	316,02	281,60	383,75
3	287,29	256,00	348,86

#### 4.4 Análise econômica

##### 4.4.1 Amortização dos custos de implantação

Na Figura 14 são apresentados os resultados de custos e receitas gerados no período da fase pré-produtiva da palma-de-óleo (ano 0 a 3), no monocultivo e nos SAFs A, B e C. Os custos dos SAFs mostram-se bem próximos, porém bem mais elevados que o monocultivo (ANEXOS 5, 6 e 7).

O SAF A foi o que apresentou maior receita inicial entre os SAFs, superior a R\$10.000,00 ha<sup>-1</sup>, refletindo em menor despesa ao final dos 3 anos, inclusive em relação ao monocultivo. A rentabilidade gerada, durante a fase pré-produtiva da palma-de-óleo, nos SAFs A, B e C foram respectivamente, 61%, 54% e 45%.

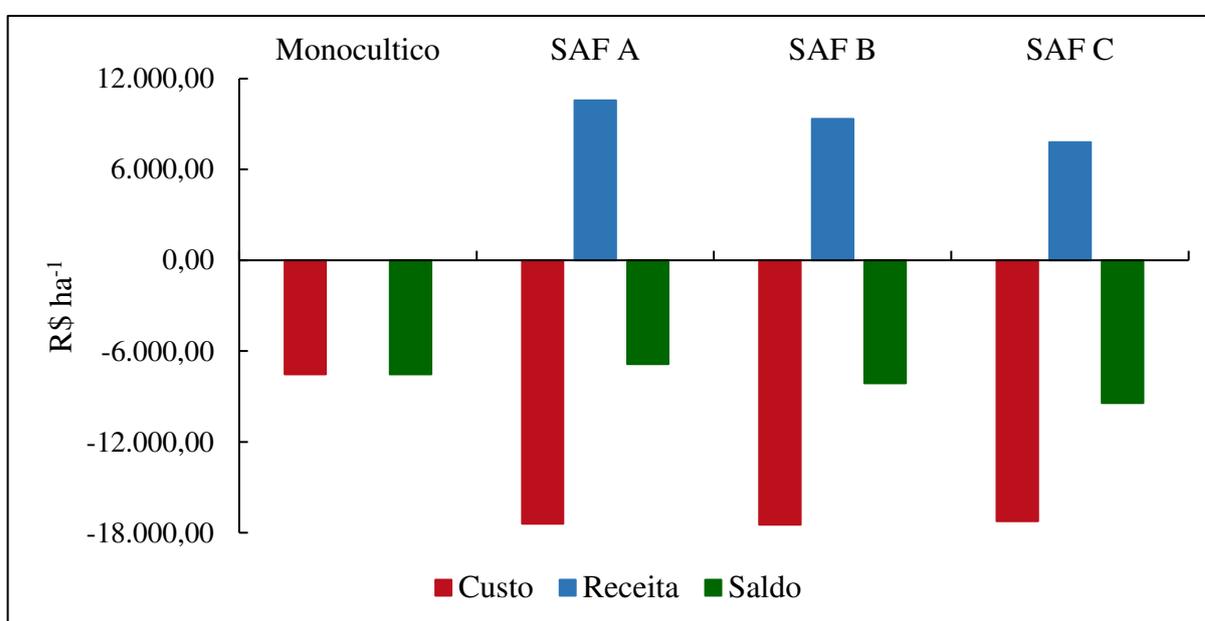


Figura 14: Receitas e custos totais nos sistemas agroflorestais e monocultivo no período do ano 0 ao 3.

##### 4.4.2 Fluxo de caixa

O fluxo de caixa dos SAFs e do monocultivo da palma-de-óleo foram corrigidos de acordo com a TMA de 6% adotada na presente pesquisa (ANEXOS 1, 2, 3 e 4). Para o monocultivo observa-se retorno positivo a partir dos 7 anos (Figura 15). No período de 7 a 15 anos ocorrem valores elevados de custos e receitas, porém com maior retorno. Após 15 anos, visualiza-se diminuição gradual do retorno.

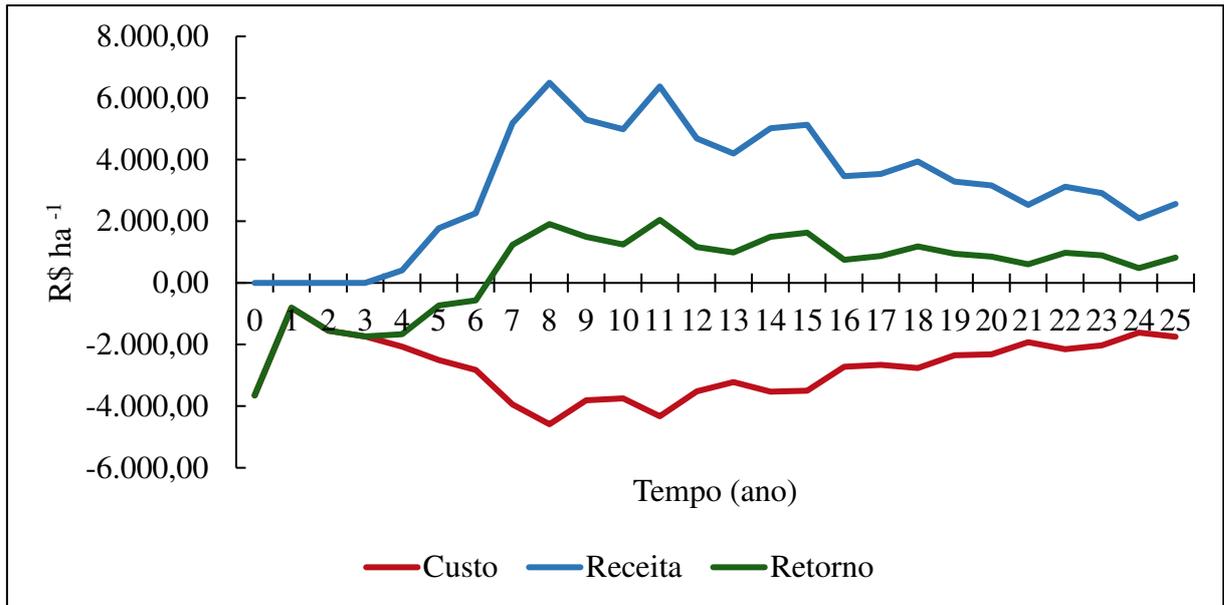


Figura 15: Fluxo de caixa ajustado do monocultivo de palma-de-óleo em horizonte de 25 anos.

O fluxo de caixa do SAF A apresenta tendência de comportamento distinto ao do monocultivo, já com receitas no ano 0, decorrentes das culturas do milho e do feijão-caupi, retorno positivo também próximo ao ano 7 e tendência de diminuição após ano 15 (Figura 16).

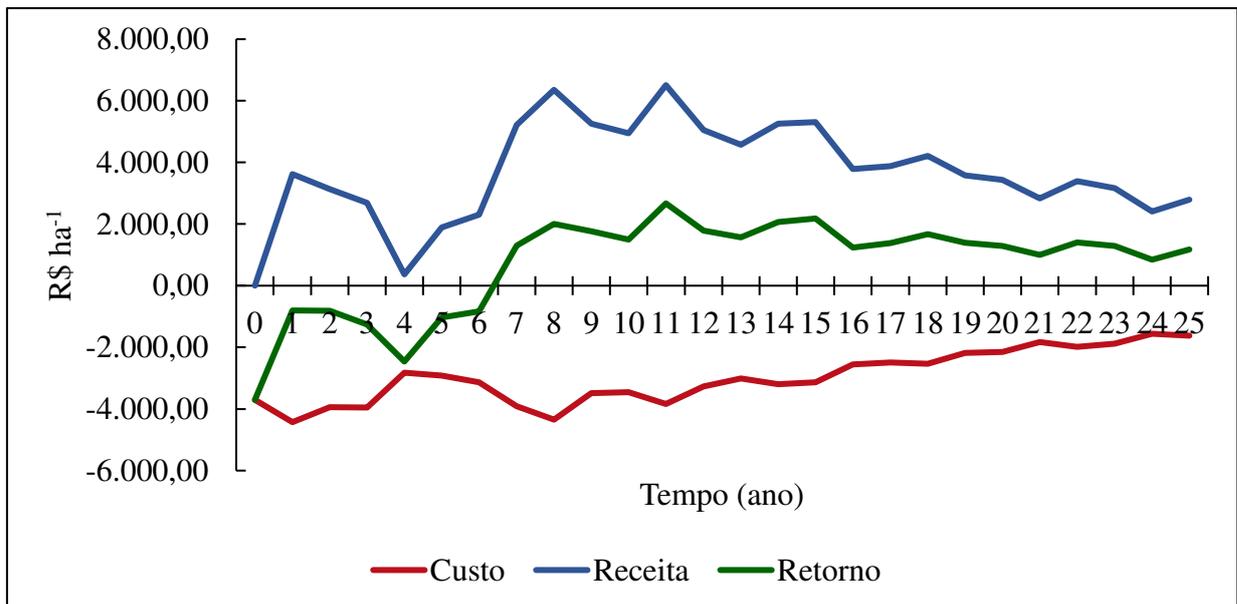


Figura 16: Fluxo de caixa ajustado do SAF A em horizonte de 25 anos.

O fluxo do SAF B (Figura 17) apresenta comportamento semelhante ao do SAF A, com receitas nos 3 primeiros anos do projeto, porém com retorno um pouco menor, à semelhança começando próximo ao ano 7. Apresenta custos e receitas menores que o SAF A, e também redução dos retornos a partir dos 15 anos.

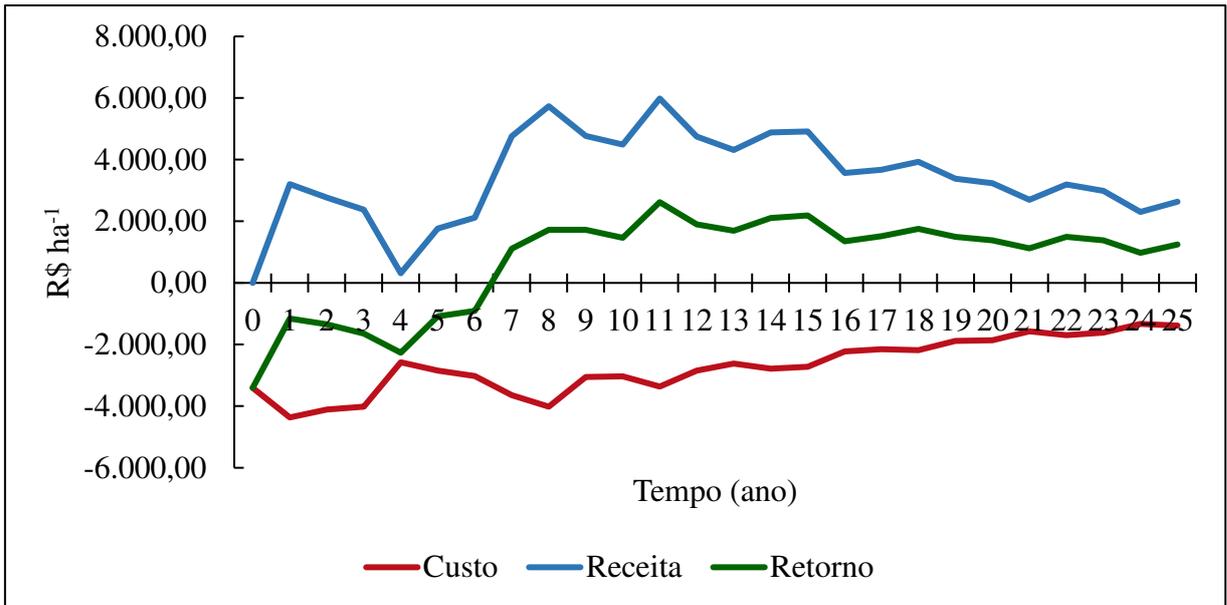


Figura 17: Fluxo de caixa ajustado do SAF B em horizonte de 25 anos.

O fluxo de caixa do SAF C apresenta tendência distinta dos demais modelos de produção, com retornos maiores, porém não apresentando tendências de redução ao longo dos anos. Como os demais arranjos, seu retorno começa a ficar positivo a partir do ano 6. Apesar de apresentar receitas com o feijão-caupi, banana e macaxeira, durante a fase pré-produtiva, o SAF C tem menor receita em relação aos SAFs A e B, nos três primeiros anos.

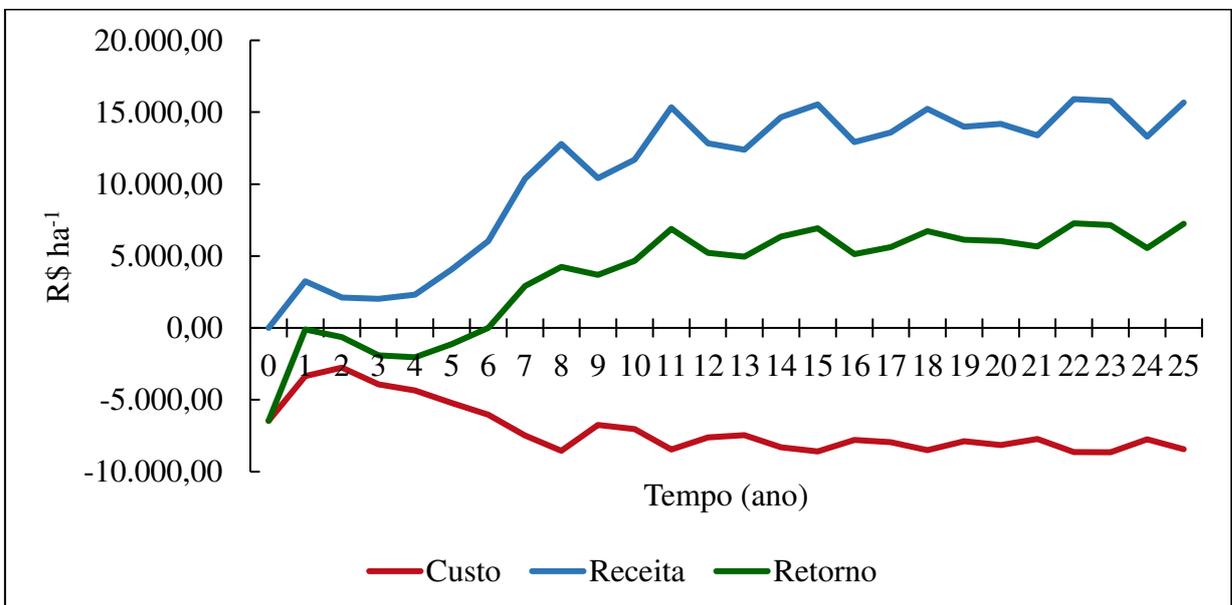


Figura 18: Fluxo de caixa ajustado do SAF C em horizonte de 25 anos.

#### 4.4.3 Custo dos sistemas

Os custos (R\$ ha<sup>-1</sup>) ocorridos ao longo dos 25 anos de projeto foram agrupados pelas atividades de preparo de área, produção de mudas e compra de sementes, plantio, adubação, manutenção (podas, roçadas, coroamento e capina química) e por colheita. Para cada atividade, discriminou-se os custos entre insumos, mão de obra e maquinário.

Na Figura 19 A são apresentados os custos mais representativos no monocultivo, sendo a colheita representando 54,4% do total e adubação 39,2%. Os custos com manutenção representaram 4,6% e outras atividades foram inferiores a 1% cada. Somados os gastos dentro de cada atividade (Figura 19 B), o insumo foi mais expressivo, 40% do total.

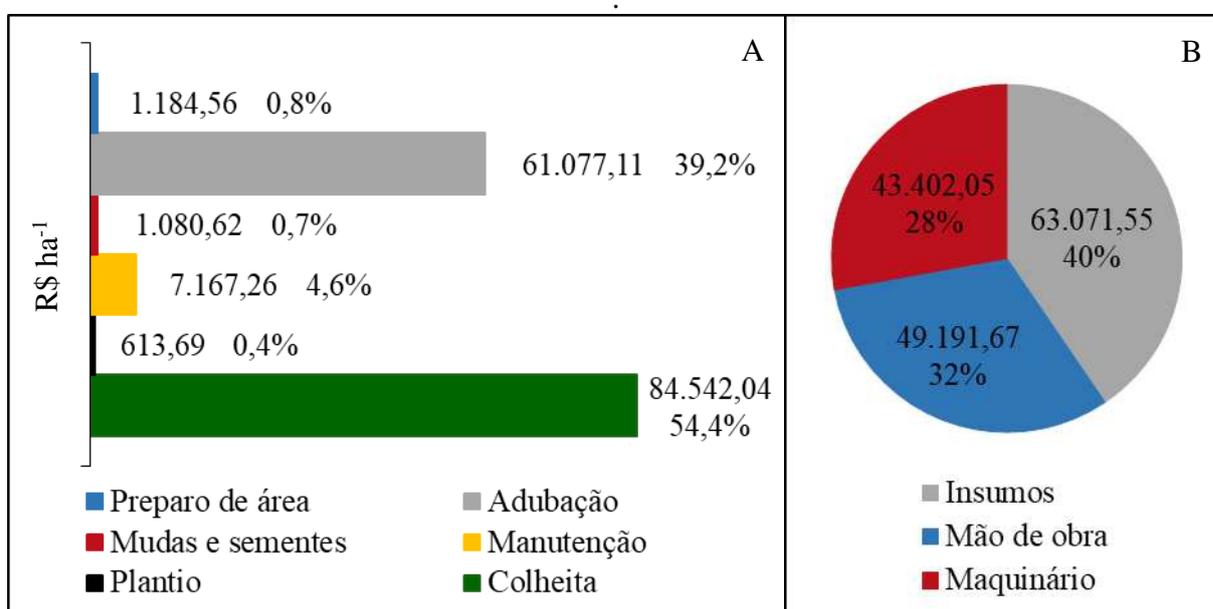


Figura 19: Distribuição (%) de custos (R\$ ha<sup>-1</sup>) por atividade (A) e distribuição dos custos dentro de cada atividade (B) no monocultivo.

No SAF A os maiores custos foram referentes às atividades de colheita (43,8%), adubação (39,8%) e manutenção (13,3%), enquanto as demais atividades somadas concentram apenas 3,2% (Figura 20 A). Os maiores custos dentro das atividades foram mão de obra (42%) e insumos (41%), diferindo menos de R\$3.000,00 ha<sup>-1</sup> (Figura 20 B).

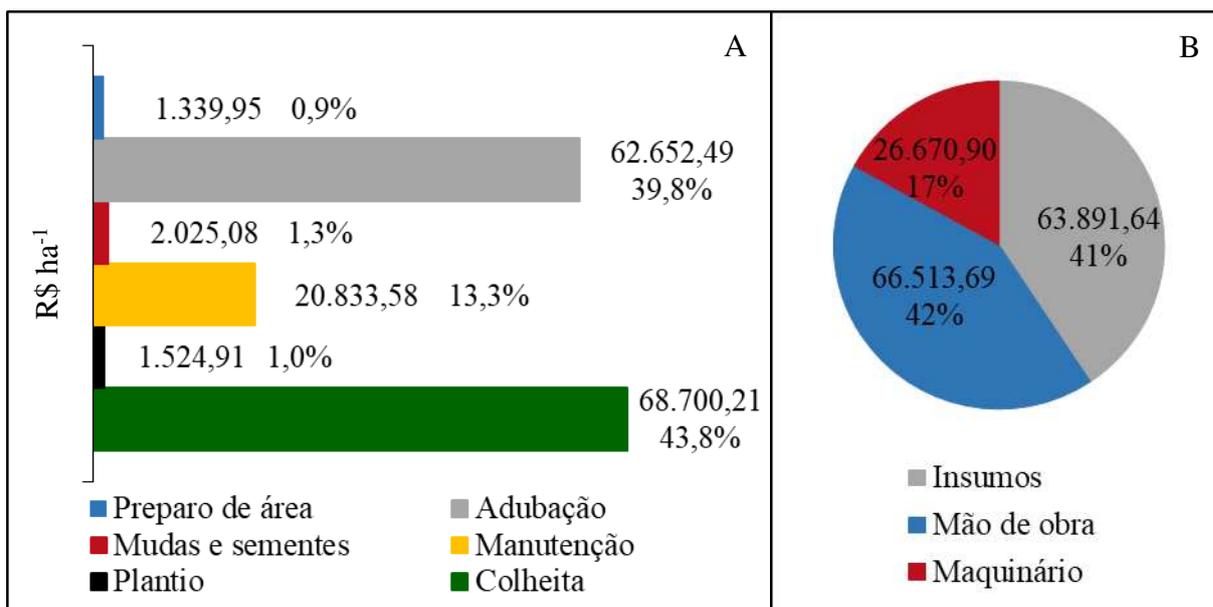


Figura 20: Distribuição (%) de custos (R\$ ha<sup>-1</sup>) por atividade (A) e distribuição dos custos em cada atividade (B) no SAF A.

A distribuição dos custos referentes às atividades do SAF B também evidenciou maior participação da colheita (40,8%), adubação (40,5%) e manutenção (15,2%), com as demais atividades representando apenas 3,6% do custo do sistema (Figura 21). Semelhante ao SAF A, no SAF B o custo decorrente da mão de obra foi superior, representando 42%, e os insumos 41%.

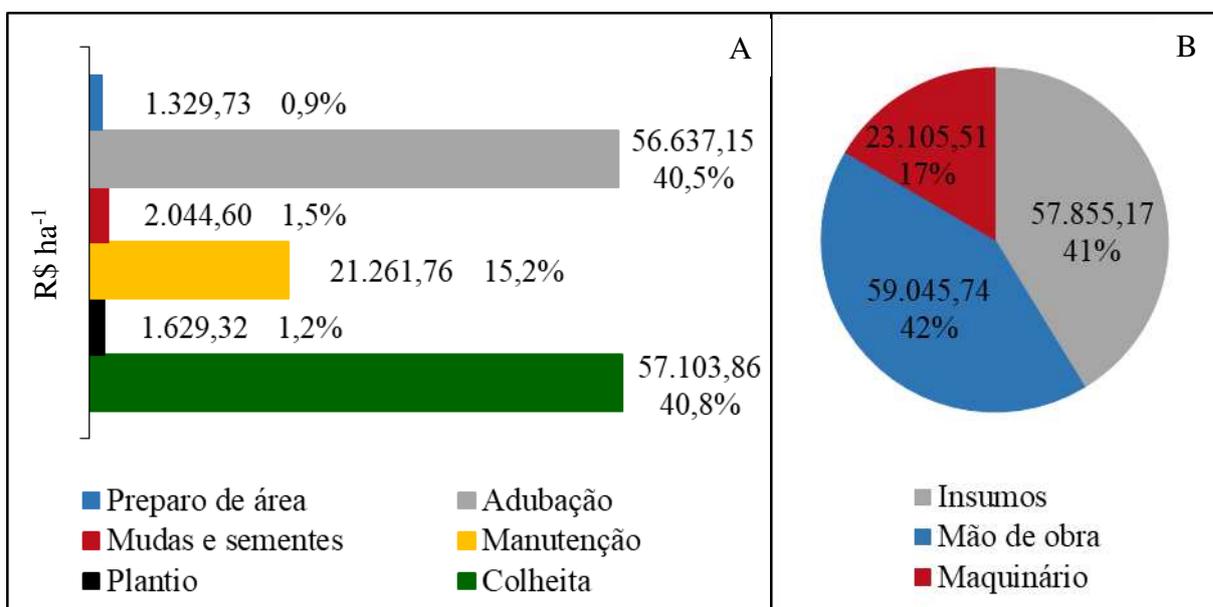


Figura 21: Distribuição (%) de custos (R\$ ha<sup>-1</sup>) por atividade (A) e distribuição dos custos em cada atividade (B) no SAF B.

O SAF C, assim como nos demais, apresenta maiores custos associados às atividades de colheita (46%), adubação (32,9%) e manutenção (17,7%), sendo o preparo de área, produção

de mudas e plantio representando apenas 3,4% (Figura 22 A). A mão de obra foi o que exibiu um maior valor, superior à 50% dos gastos (Figura 22 B).

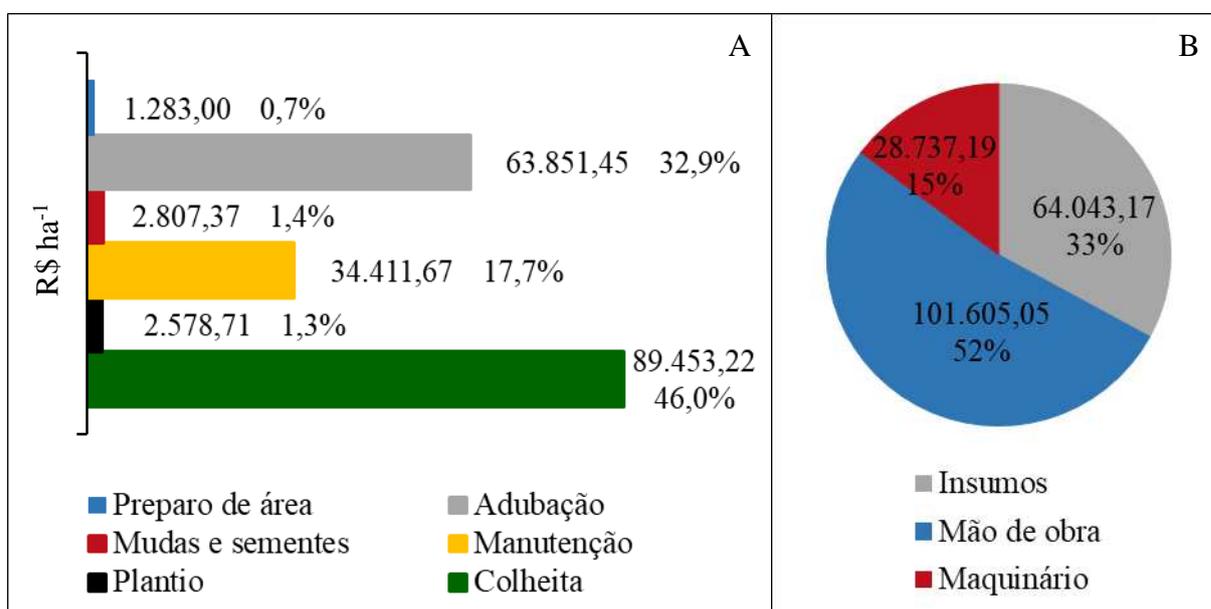


Figura 22: Distribuição (%) de custos (R\$ ha<sup>-1</sup>) por atividade (A) e distribuição dos custos em cada atividade (B) no SAF C.

#### 4.4.4 Análise financeira

Para análise financeira foi considerada TMA de 6%, sendo observado para todos modelos de cultivo da palma-de-óleo VPL e VAE positivos, indicando assim que são viáveis economicamente. As relações B/C também foram superiores a 1, evidenciando que os custos são menores que as receitas geradas ao longo dos anos.

Tabela 14: Indicadores financeiros referentes ao monocultivo e aos SAFs A, B e C com palma-de-óleo

Métodos de avaliação	Monocultivo	SAF A	SAF B	SAF C
VPL	10.891,36	18.606,59	18.454,70	33.697,96
VAE	852,00	1.455,53	1.443,65	2.636,08
B/C	1,2	1,2	1,3	1,5
TIR	12,5%	15,3%	14,6%	18,3%

VPL = Valor Presente Líquido (R\$ ha<sup>-1</sup>), VAE = Valor Anual Equivalente (R\$ ha.ano<sup>-1</sup>), B/C = Benefício/Custo e TIR = Taxa Interna de Retorno (% ao ano).

Todos os sistemas agroflorestais apresentaram os indicadores financeiros superiores ao monocultivo da palma-de-óleo, exceto pelo indicador relação B/C do SAF A que mostrou resultado igual ao monocultivo.

#### 4.4.5 Análise de sensibilidade

Avaliando os riscos de investimento do monocultivo e dos sistemas agroflorestais através da análise no software @RISK®, com variação dos valores dos *inputs*, observa-se que o monocultivo (Figura 23), a 5% de probabilidade, possui retorno negativo de R\$1.760,00 ha<sup>-1</sup>. Essa forma de cultivo, comparado aos SAFs, possuem maior risco de investimento, com probabilidade de 7,8% de o VPL ser negativo.

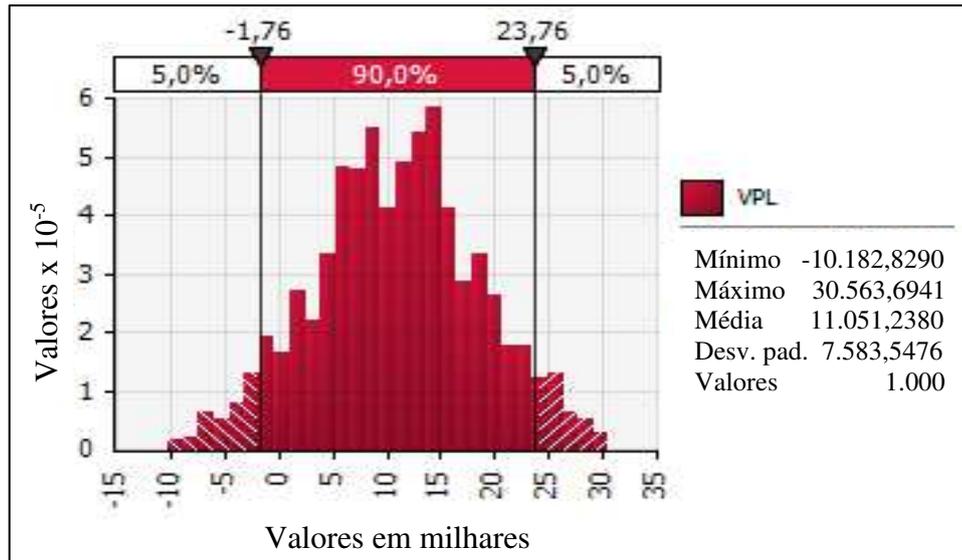


Figura 23: Densidade de probabilidade do VPL no monocultivo (R\$ ha<sup>-1</sup>), em horizonte de 25 anos.

O SAF A (Figura 24) apresentou a possibilidade (0,4%) de VPL negativo, sendo que a 5% de probabilidade o VPL apresenta retorno positivo de R\$6.860,00 ha<sup>-1</sup>.

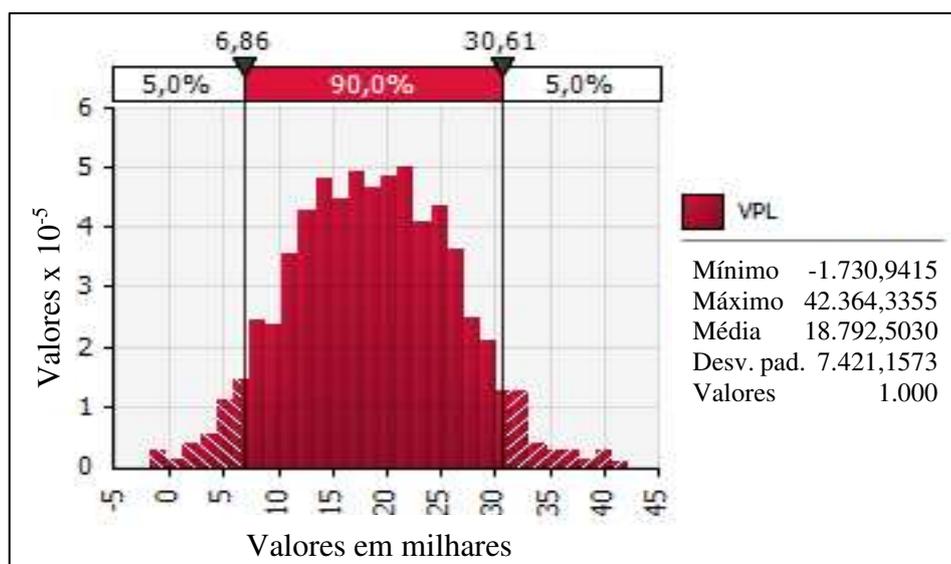


Figura 24: Densidade de probabilidade do VPL no SAF A (R\$ ha<sup>-1</sup>), em horizonte de 25 anos.

Para o SAF B (Figura 25), cujo arranjo é bem semelhante ao SAF A, diferindo-se apenas pelo espaçamento onde são cultivados cacau e andiroba, observa-se que há probabilidade (0,1%) do VPL ser negativo, a 5% de probabilidade o retorno chega a R\$ 8.220,00 ha<sup>-1</sup>, ou seja, perspectiva financeira superior (Figura 24).

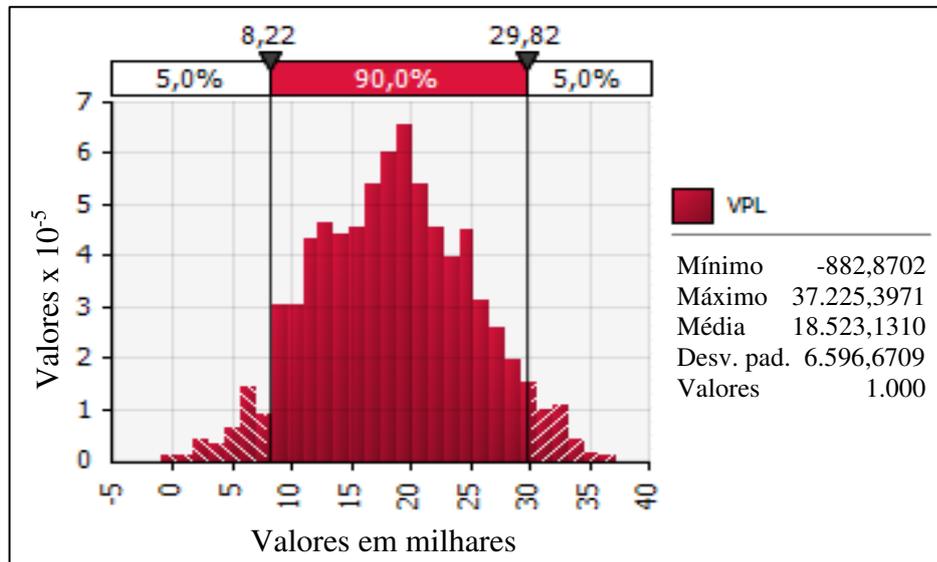


Figura 25: Densidade de probabilidade do VPL no SAF B (R\$ ha<sup>-1</sup>), em horizonte de 25 anos.

Conforme observado pelos indicadores financeiros, o SAF C foi o que apresentou melhores valores, e a análise de risco afere isso, ao indicar que não há probabilidade de ocorrer VPL negativo, enquanto a 5% de probabilidade o retorno pode chegar a R\$ 18.900,00 ha<sup>-1</sup>, resultado superior aos demais SAFs e ao monocultivo.

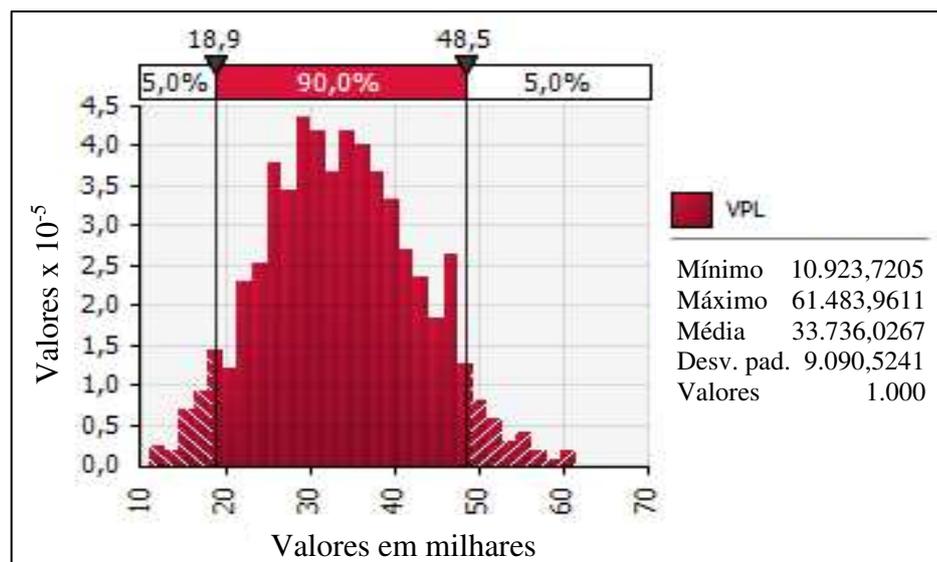


Figura 26: Densidade de probabilidade do VPL no SAF C (R\$ ha<sup>-1</sup>), em horizonte de 25 anos.

A análise de risco gerada com as mil interações dos *inputs* influenciou no valor do VPL, produzindo equações e a partir delas obtemos os coeficientes de regressão que permitem verificar qual valor de entrada causa maior interferência nos resultados do VPL. O coeficiente de regressão varia positivamente e negativamente, sendo que quanto maior o coeficiente mais ele influencia o VPL no sentido positivo. Quando o valor é inferior a zero, o VPL é influenciado no sentido negativo.

O preço do cacho de fruto fresco (CFF) foi o fator que mais influenciou positivamente nos resultados do VPL, em seguida, os custos de adubação e colheita interferiram negativamente (Tabela 15). O *input* que influenciou menos o VPL foi o preço do feijão-caupi nos SAFs A e B, e no caso do SAF C o preço da macaxeira.

Tabela 15: Influência dos *inputs* nos valores de VPL de acordo com os coeficientes de regressão gerados na análise de risco no monocultivo e nos SAFs A, B e C

<i>Inputs</i>	VPL - Coeficientes de regressão			
	Monocultivo	SAF A	SAF B	SAF C
Preço CFF	0,888	0,812	0,795	0,744
Custo de colheita	-0,384	-0,327	-0,319	-0,342
Custo de adubação	-0,303	-0,328	-0,335	-0,275
TMA	-0,179	-0,260	-0,307	-0,343
Preço Cacau		0,104	0,150	0,192
Preço Milho		0,077	0,073	
Preço Andiroba		0,037	0,053	0,120
Preço Feijão-caupi		0,028	0,027	0,025
Preço Banana				0,063
Preço Macaxeira				0,010

CFF = cacho de fruto fresco; TMA = taxa mínima de atratividade.

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Crescimento da palma-de-óleo

O desenvolvimento e crescimento observados indicam que, de modo geral, não ocorreram tendências bem definidas em relação ao desenvolvimento da palma-de-óleo nos SAFs e em monocultivo.

Tendências foram observadas apenas quando analisadas as alturas das plantas, sendo SAF A e B curvas com tendências de crescimento em altura semelhantes, possivelmente devido aos espaçamentos entre plantas serem próximos. A mesma tendência ocorre no monocultivo e SAF C, possivelmente diante manutenção do espaçamento tradicional nesses modelos, sendo que as plantas no SAF C apresentaram desempenho melhor.

Maiores números de folhas emitidas foram observadas em épocas de menores precipitações, o mesmo ocorre de forma inversa. Chagas *et al.*, (2019) avaliaram quinzenalmente, no período de outubro de 2012 a março de 2014, 20 plantas de palma-de-óleo em monocultivo, todas acima de 5 m de altura, e também perceberam uma maior emissão foliar nos períodos de menor precipitação e menor emissão no período chuvoso.

Analisando as estatísticas referentes aos parâmetros de crescimento e desenvolvimento da palma-de-óleo, comparando o monocultivo com os SAFs, observamos diferença significativa entre alguns parâmetros. A Altura se destacou, apresentando diferença significativa em todas as idades (12 e 24 meses) avaliadas. Plantas no SAF C, que apresentaram tendências mais semelhantes ao monocultivo, apresentaram maiores contrastes em relação à estatística, provavelmente diante maior diversificação de espécies desse sistema em relação aos demais.

Nos primeiros anos de cultivo da palma-de-óleo não foram observadas diferenciações significativas no desenvolvimento e crescimento da cultura, quando comparado o monocultivo e os SAFs. O fato da cultura do milho não ter interferido no desenvolvimento da palma-de-óleo, pode estar relacionado à distância de 2 m estabelecidas entre as espécies.

Alves *et al.*, (2015) avaliaram diferentes culturas intercalares (banana + feijão-caupi, abacaxi, mandioca, milho+ feijão-caupi, mandioca + milho, mamão + feijão-caupi e amendoim) à palma-de-óleo, implantada no espaçamento 9 x 9 m, em Rorainópolis e em São João da Baliza, RR. Nos dois primeiros anos adotou-se 1,5 m de distância das fileiras de palma-de-óleo e, no terceiro ano, 2,5 m.

Avaliaram o desenvolvimento e crescimento da palma-de-óleo medindo a circunferência do coleto (CC), comprimento da folha número 9 (CF9), largura e espessura da ráqui (LR e ER), número de folíolos da folha número 9 (NF9) e número de folhas emitidas por planta (NFP). Em Rorainópolis, aos 12 meses e, em São João da Baliza, aos 2 meses, as variáveis não apresentaram diferenças significativas, porém aos 28 meses no primeiro município e aos 18 meses no segundo, as variáveis CC, LR e NFP apresentaram diferenças.

Alves *et al.*, (2015), ao avaliarem cultivos intercalares à palma-de-óleo, sugerem distância de 1,5 m nos anos 1 e 2 e, no ano 3, distanciamento de 2,5 m. Em decorrência do crescimento da raiz da palma ao longo dos anos, não recomendam que os cultivos intercalares ultrapassem o terceiro ano, considerando que atividades de preparo do solo podem danificar as raízes e interferir no crescimento da palma-de-óleo.

Gomes Junior *et al.*, (2018) conduziram experimentos em Tailândia-PA com rotação das culturas de milho e mandioca-mansa (Sistema 2) e, arroz e mandioca-brava + feijão-caupi (Sistema 3), sendo a palma-de-óleo implantada no espaçamento tradicional (9 x 9 m). Nas análises de desenvolvimento e crescimento, realizadas aos 23 e 37 meses, não foram observadas diferenças significativas, para diâmetro do coleto, comprimento do pecíolo, ráqui e folha, espessura, largura e secção do pecíolo, largura, comprimento e número de folíolos e, emissão foliar.

## 5.2 Produtividade do milho

O fato de não se observar contrastes significativos de produção de milho em relação aos arranjos agroflorestais e monocultivo pode ser associado à distância estabelecida entre as fileiras de milho e as plantas de palma-de-óleo, minimizando, assim, possíveis efeitos de competição por recursos de crescimento entre as culturas (WERNIGERODE e ANDRADE, 1983).

Na análise de comparação da produção entre as linhas de bordadura e as centrais nas entrelinhas dos SAFs, observa-se no SAF A ausência de diferença significativa de produtividade. Porém, no SAF B, observou-se diferença na bordadura esquerda para grãos e na bordadura direita para silagem, indicando possível efeito de interferência da palma-de-óleo sobre produção do milho. O fato de ter sido observado apenas no SAF B pode estar associado a falhas no alinhamento de plantio de milho, que foi realizado manualmente.

As produtividades de milho grão observadas na pesquisa conduzida por Wernigerode e Andrade (1983), em Capitão Poço, PA, foram de 1.540 kg ha<sup>-1</sup> (ano 2) e 2.410 kg ha<sup>-1</sup> (ano

3), em percentuais de 64,1% e 51,3% de área cultivada. Alves *et al.*, (2015) observaram, na região de Rorainópolis, baixas produtividades de milho verde, com média de 286 sacas ha<sup>-1</sup> (de 100 espigas cada), decorrentes à baixa pluviosidade no período experimental e ataque de pragas.

Comparando a produtividade média de milho grão na presente pesquisa, sendo SAF A (1.000,2 kg ha<sup>-1</sup>) e SAF B (966 kg ha<sup>-1</sup>), nota-se que foram bem inferiores às observadas por Wernigerode e Andrade (1983). Tal fato está, provavelmente, relacionado à menor área percentual ocupada pela cultura do milho nos SAFs A (23%) e B (20%), enquanto a menor área percentual de Wernigerode e Andrade (1983) era 51,3%. Mesmo a produtividade do milho grão não ter sido elevada, a produtividade e o valor do milho silagem foram mais satisfatórios para o cálculo do fluxo de caixa.

### 5.3 Produtividade do feijão-caupi

Wernigerode e Andrade (1983) realizaram pesquisa consorciando milho e feijão-caupi nas entrelinhas da palma-de-óleo, durante os três primeiros anos de cultivo, adotando uma distância semelhante da cultura perene para as culturas agrícolas. Estes autores observaram baixa produtividade de feijão-caupi no primeiro ano de produção (200 kg ha<sup>-1</sup>), porém nos anos seguintes a produtividade foi elevando-se (Ano 2: 640 kg ha<sup>-1</sup>; Ano3: 720 kg ha<sup>-1</sup>), em decorrência da melhoria da fertilidade do solo. Na pesquisa realizada por Alves *et al.*, (2015), com milho + feijão-caupi intercalados com palma-de-óleo, observou-se produtividades consideradas satisfatórias para o feijão, com média de 1.395 kg ha<sup>-1</sup>.

As produtividades de feijão observadas nestas pesquisas foram superiores à estimada no presente estudo, cujas médias de produção foram de 316,02 kg ha<sup>-1</sup> (SAF A), 281,60 kg ha<sup>-1</sup> (SAF B) e 383,75 kg ha<sup>-1</sup> (SAF C). Tal fato está relacionado ao percentual de área cultivada, sendo no estudo de Wernigerode e Andrade (1983) de 70,5%, 64,1% e 51,3%, nos anos 1, 2 e 3, respectivamente; e no estudo de Alves *et al.*, (2015) de aproximadamente 61,5%, ou seja, bem superiores aos SAFs A (23%), B (20%) e C (26%).

### 5.4 Análise econômica

#### 5.4.1 Amortização dos custos de implantação

O monocultivo da palma-de-óleo apresenta fase inicial de cultivo improdutivo, indicando que o consórcio com culturas anuais pode ser uma estratégia interessante para geração de receitas, amortizando os custos de implantação e manutenção. Todavia, estes consórcios, que compõem os SAFs, geralmente apresentam custos superiores ao monocultivo,

a exemplo do observado nos três SAFs pesquisados, diante densidade de plantas maior e seus respectivos tratos culturais.

Com as receitas provenientes das culturas anuais (milho e feijão-caupi) as despesas dos SAFs tiveram amortização durante o período de três anos, com os SAFs A e B apresentando custos reduzidos em mais de 50%, enquanto o SAF C teve 45% dos custos amortizados. Apesar de apenas o SAF A ter apresentado ao final desses anos as despesas amortizadas inferiores às do monocultivo, a importância das receitas iniciais decorrentes dos SAFs se destaca diante início do retorno do investimento a partir do ano 1 e não apenas no ano 4 (FRANCEZ e ROSA, 2011; ALVES *et al.*, 2015; LOPES *et al.*, 2015; ALVES *et al.*, 2016; NCHANJI *et al.*, 2016). Esta condição pode ser estrategicamente importante para pequenos agricultores interessados na cultura da palma-de-óleo, a exemplo das parcerias existentes com a empresa onde esta pesquisa foi desenvolvida.

#### 5.4.2 Fluxo de caixa

Os gráficos do fluxo de caixa do monocultivo e SAFs mostram que o retorno financeiro se torna positivo apenas próximo ao sétimo ano, ou seja, mesmo com a consorciação com espécies anuais, o fluxo de caixa começa a ficar positivo apenas quando se iniciam as receitas das culturas perenes. Khasanah *et al.*, (2020) observaram que o retorno do fluxo de caixa tornou-se positivo mais cedo em sistemas com palma-de-óleo + cacau e palma-de-óleo + pimenta-do-reino, quando comparado ao monocultivo da palma-de-óleo.

Lopes *et al.*, (2015) verificaram que consórcios com palma-de-óleo com abacaxi, mandioca, milho+ feijão-caupi, mandioca + milho e amendoim, apresentam fluxo de caixa positivo já no primeiro ou segundo ano, enquanto o monocultivo apenas no 4º ano. Esse estudo indica a importância que espécies de ciclos mais curtos podem apresentar na fase pré-produtiva da palma-de-óleo, ou seja, tornando o retorno do capital mais rápido, mesmo que não seja 100% no primeiro ano, porém promovendo amortização dos custos de implantação que comumente são elevados.

#### 5.4.3 Custo dos sistemas

Os custos dos SAFs A e B no horizonte de 25 anos é próximo ao do monocultivo, enquanto o SAF C apresenta valores mais elevados (superior a 50%). Este fato está relacionado, em parte, à densidade de plantas perenes e ciclo médio, que nesse sistema é duas vezes superior aos SAFs A e B, e quase quatro vezes superior ao monocultivo.

Os custos com as atividades de colheita e adubação são os mais elevados em todos os modelos de produção. Em decorrência das culturas agrícolas e das demais culturas perenes nos arranjos agroflorestais, que demandam atividades como capina química e podas de manutenção, na maioria manuais, o custo de manutenção dos SAFs foram bem superiores.

Neste cenário, quando verificamos a distribuição dos gastos em insumos, mão de obra e maquinário, o monocultivo apresenta percentual de gastos maiores com insumos. Já em relação aos SAFs, demanda superior de recursos financeiros está comumente associada à mão de obra (FRANCEZ e ROSA, 2011; GONÇALVES *et al.*, 2017). Alves *et al.*, (2015) também observaram maiores gastos de mão de obra nos sistemas com palma-de-óleo.

#### 5.4.4 Análise financeira

Os indicadores financeiros VAE e VPL foram positivos, indicando que tanto o monocultivo quanto os SAFs estudados promovem retorno do investimento. A relação B/C foram superiores a 1, indicando retorno de R\$ 0,20 no monocultivo e SAF A, R\$ 0,30 no SAF B e de R\$ 0,50 no SAF C, em relação a cada real investido.

Khasanah *et al.*, (2020) avaliaram sistemas agroflorestais com palma-de-óleo com cacau e com pimenta-do-reino, na Indonésia, e também observaram valores positivos em relação aos indicadores VPL e B/C, porém superiores nos SAFs em relação ao monocultivo.

As TIRs do monocultivo e dos SAFs no presente estudo foram maiores que a TMA, apresentando porcentagem de retorno do investimento favorável. Porém, verifica-se que os resultados da TIR dos SAFs são superiores ao monocultivo, mostrando que a diversificação na cultura da palma-de-óleo foi mais rentável economicamente.

#### 5.4.5 Análise de sensibilidade

Diante custos de implantação normalmente superiores aos monocultivos, os SAFs podem apresentar maior risco de investimento. Assim, análises de risco podem se tornar estratégicas em tomadas de decisão de investimento, diante possibilidade de analisar a probabilidade desses investimentos apresentarem retorno, inclusive negativo.

Assim, na presente pesquisa, observou-se que a probabilidade do VPL ser negativo no monocultivo (7,8%) foi muito maior que nos SAFs A (0,4%) e B (0,1%), enquanto o SAF C não apresentou probabilidade do investimento ter retorno negativo. Portanto, o monocultivo se mostra um investimento mais arriscado, quando comparado aos SAFs.

O *input* que mais influenciou no VPL, na perspectiva de valores positivos, foi o preço do cacho de fruto fresco da palma-de-óleo, que possui maior valor de mercado, maior produção

em relação às demais culturas, portanto gera maior receita. Considerando a exemplo os coeficientes de regressão do monocultivo, quando o valor do CFF aumenta 10%, haverá aumento de 8,88% no VPL. Os custos de colheita e adubação constituem *inputs* com fortes influências negativas ao VPL, diante maior expressividade nos sistemas. Contemplando o monocultivo para exemplificação, quando o custo de colheita aumenta 10%, gera-se diminuição 3,84% no VPL.

Por se tratar de investimentos de longo prazo, as análises de viabilidade econômica de SAFs são mais complexas e demandam ferramentas auxiliares às simples análises comparativas de pesquisas comumente realizadas. Assim, a análise de risco permite considerar as possíveis variações de mercado, permitindo observar os possíveis cenários da aplicação.

## **6 CONCLUSÕES**

A produtividade do milho e do feijão-caupi amortizam os custos iniciais de implantação e manutenção, principalmente considerando o milho silagem diante atual valor de mercado, tornando as despesas iniciais dos SAFs (A e B) próximas a do monocultivo.

O desenvolvimento e crescimento da palma-de-óleo em SAFs não apresentaram tendências que caracterizem interferências negativas em relação ao monocultivo.

O cultivo da palma-de-óleo em SAFs é viável economicamente, com riscos de investimento baixos, próximos a zero (SAFs A e B), e com ausência de risco no SAF C.

## 7 REFERÊNCIAS

- AGROPALMA S/A. Departamento de pesquisa em fitossanidade. **Dados da estação meteorológica do departamento I**. 2021.
- ALVES, A. B.; CORDEIRO, A. C. C.; CHAGAS, E. A.; LOPES, A. D. O.; VAZANO, R. M. B.; LUCAS, J. G. S. Cultivos Intercalares com Palma de Óleo (Dendê) em Roraima. Embrapa Roraima, Boa Vista, Roraima, 59p. 2015.
- ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. S.; MAGALHÃES, J.; BANDEIRA, B. Análise comparativa dos custos de implantação do cultivo de Dendê solteiro e consorciado com mandioca. **Amazônia Ciência & Desenvolvimento**. v. 12, n. 22, p. 9-20. 2016.
- ALVES, S. A. O.; AMARAL, W. A. N.; HORBACH, M. A.; ANTIQUEIRA, L. M. O. R.; DIAS, I. F. S. Indicadores de sustentabilidade da agroindústria do dendê no estado do Pará. **Revista Energia na Agricultura**. v. 28, n. 4, p. 240-246. 2013. doi: [10.17224/EnergAgric.2013v28n4p240-246](https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2013v28n4p240-246)
- BASTOS, T. X.; MULLER, A. A.; PACHECO, N. A.; SAMPAIO, S. M. N.; ASSAD, E. D.; MARQUES, A. F. S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do dendezeiro no Estado do Pará. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. v. 9, n. 3, p. 564-570. 2001. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/403766>>. Acesso em: 12 Out. 2021.
- BECKER, B. K. Recuperação de áreas desflorestadas da Amazônia: será pertinente o cultivo da palma de óleo (Dendê)? **Confins Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n. 10, p. 1-20. 2010. Disponível em: <<http://confins.revues.org/6609>>. Acesso em: 08 Abril 2019. doi: [10.4000/confins.6609](https://doi.org/10.4000/confins.6609)
- BENTES, E. S.; HOMMA, A. K. O. Importação e exportação de óleo e palmiste de dendezeiro no Brasil (2010–2015). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 101**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. 34 p. 2016. ISSN 1517-198. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1047100>>. Acesso em: 12 Out. 2021.
- BOTELHO S. M.; RODRIGUES, J. E. L.; TEIXEIRA, R. N.; ROCHA, M. M. Rendimento de cultivares e linhagens de feijão-caupi nas condições edafoclimáticas do município de Belém, Pará. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. Anais: **Feijão-Caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais**. Recife: CONAC, 2012. p. 1-6.
- BUDIADI, B.; ARI, S.; MARHAENTO, H.; IMRON, M. A.; PERMADI, D. B.; HERMUDANANTO, H. Smallholders' oil palm agroforestry adoption: an opportunity to improve productivity and sustainability? In: World Congress on Agroforestry, 4., 2019, Montpellier. Book of Abstracts: **Agroforestry: strengthening links between science, society and policy**. Montpellier: CIRAD, INRA, World Agroforestry, 2019. 327 p.
- CARLSON, K. M.; HEILMAYR, R.; GIBBS, H. K.; NOOJIPADY, P.; BURNS, D. N.; MORTON, D. C.; KREMEN, C. Effect of oil palm sustainability certification on deforestation

and fire in Indonesia. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 1, p 121-126. 2018. doi: [10.1073/pnas.1704728114](https://doi.org/10.1073/pnas.1704728114)

CHAGAS, K. P. T.; CARVALHO, B. L. B.; GUERRA, C. A. G.; SILVA, R. A. R.; VIEIRA, F. A. Fenologia do dendezeiro e correlações com variáveis climáticas. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 4, p 1701-1711. 2018. doi: [10.5902/1980509822640](https://doi.org/10.5902/1980509822640)

CORDEIRO, S. A. **Avaliação econômica e simulação em sistemas agroflorestais**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

CORLEY, R. H. V.; TINKER, P. B. H. **La palma de aceite**. 4ª. ed. Londres: Science Ltd., 608p. 2009. (World Agriculture Series). ISBN: 978-958-98341-4-5.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Produção de Banana para o Estado do Pará**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará, 51p. 2014. ISSN 1678-8796 9

FRANCEZ, D. C.; ROSA, L. S. Viabilidade econômica de sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares no Pará, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v.54, n.2, p.178-187, 2011. doi:[10.4322/rca.2012.013](https://doi.org/10.4322/rca.2012.013)

FURLAN JÚNIOR, J.; KALTNER, F. J.; ALVES, S. D. M.; BARCELOS, E. A utilização de óleo de palma como componente do biodiesel na Amazônia. **Comunicado Técnico 103**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. 5 p. 2004. ISSN: 1517-2244. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/408466/1/com.tec.103.pdf>>. Acesso em: 12 Out. 2021.

FURUMO, P. R., AIDE, T. M. Characterizing commercial oil palm expansion in Latin America: land use change and trade. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 2. 2017. doi: [10.1088/1748-9326/aa5892/meta](https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5892/meta)

BENTES-GAMA, M. M.; SILVA, M. L.; VILCAHUAMÁN, L. J. M.; LOCATELLI, M. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia ocidental, Machadinho d'Oeste-RO. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 401-411. 2005. doi: [10.1590/S0100-67622005000300007](https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000300007)

GENTIL, R; VALDÉS SERRA, J; CASTRO, R. Resíduos sólidos orgânicos provenientes da extração de oleaginosas para biodiesel e seus potenciais de uso. **Geoambiente On-line**, n. 18, p. 1-16. 2012. doi: [10.5216/revgeoamb.v0i18.26033](https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i18.26033)

GOH, K. J. Climatic requirements of the oil palm for high yields. **Managing oil palm for high yields: agronomic principles**, editado por: Goh, K. J. Malaysian Society of Soil Science and Param Agricultural Soil Surveys, Kuala Lumpur, p. 1-17. 2000.

GOMES JUNIOR, R. A.; FRANZINI, V. I.; RODRIGUES, E. C. F.; CRAVO, M. S.; ROCHA, R. N. C.; SOUZA, M. B. Desenvolvimento Vegetativo de Dendezeiro na Fase Juvenil em Sistemas Consorciados no Estado do Pará. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 123**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. 36 p. 2018. ISSN: 1983-0483. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175175/1/TC-37-16-BPD-123-Ainfo.pdf>>. Acesso em: 12 Out. 2021.

GONÇALVES, A. C. S.; PONTES, A. N.; PAULA, M. T.; FERREIRA, P. F.; VASCONCELLOS, R. C.; FONSECA, K. O. Avaliação do perfil econômico de sistemas agroflorestais nos assentamentos dos trabalhadores rurais Expedito Ribeiro e Abril Vermelho, município de Santa Bárbara-PA. **Revista Espacios**. v. 38, n. 11, p. 6-16. 2017.

HARTLEY, C. W. S. **The oil palm**. 3<sup>a</sup>.ed. Londres: Longman, 958p. 1988. ISBN: 978-058-24040-0-7.

IMBERTI, R. M. **Estudo da secagem artificial de amêndoas de cacau visando ao aproveitamento na indústria de chocolate: otimização estrutural do processo e eficiência energética**. Dissertação (Mestrado em Energia), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), São Mateus, Espírito Santo, 97 p. 2017.

KATO, O. R.; VASCONCELOS, S. S.; CAPELA, C. J.; MIRANDA, I. D. S.; LEMOS, W. D. P.; MAUÉS, M. M.; THOM, G. Projeto Dendê em sistemas agroflorestais na agricultura familiar. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 8., 2011, Belém. Anais: **Embrapa Amazônia Oriental**. Belém: UFRA: CEPLAC: EMATER: ICRAF, 2011. p. 7.

KHASANAH, N.; VAN NOORDWIJK, M.; SLINGERLAND, M.; SOFIYUDIN, M.; STOMPH, D.; MIGEON, A. F.; HAIRIAH, K. Oil Palm Agroforestry Can Achieve Economic and Environmental Gains as Indicated by Multifunctional Land Equivalent Ratios. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 3, n. 122, 1-13 p. 2020. doi: [10.3389/fsufs.2019.00122](https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00122)

KOUSSIHOUËDÉ, H.; AHOLOUKPÈ, H.; DUBOS, B.; BARTHÈS, B.; CHAPUIS-LARDY, L.; AMADJI, G.; CLERMONT-DAUPHIN, C. K competition between crops and young oil palm in agroforestry systems. In: 4<sup>th</sup> World Congress on Agroforestry, 363 p., 2019, Montpellier, France. Book of Abstracts: **Agroforestry: strengthening links between science, society and policy**. Montpellier: CIRAD, INRA, World Agroforestry. 933 p.

LOPES, A. D. O.; CORDEIRO, A. C. C.; CHAGAS, E. A.; LOZANO, R. M. B.; ALVES, A. B.; SILVA MACIEL, F. C. Viabilidade técnica e avaliação financeira de cultivos intercalares no desenvolvimento inicial da palma-de-óleo em Roraima. **Revista de Ciências Agrárias** - v. 58, n. 4, p. 442-450. 2015. doi: [10.4322/rca.1961](https://doi.org/10.4322/rca.1961)

MATTIETTO, R. A. **Estudo comparativo das transformações estruturais e físico-químicas durante o processo fermentativo de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 139 p. 2001.

MENDES-OLIVEIRA, A. C.; PERES, C. A.; MAUÉS, P. C. R. D. A.; OLIVEIRA, G. L.; MINEIRO, I. G.; MARIA, S. L. S.; LIMA, R. C. Oil palm monoculture induces drastic erosion of an Amazonian forest mammal fauna. **Plos one**, v. 12, n. 11, p. 1-19. 2017. doi: [10.1371/journal.pone.0187650#pone.0187650.ref004](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187650#pone.0187650.ref004)

MIKLÓS, A. A. W. **Diagnóstico do estado do atual dos solos das áreas agrícolas em função do manejo**. Relatório realizado para o Grupo Agropalma nos Departamentos CRAI e Agropalma. ESALQ, Piracicaba, São Paulo. 68p. 1998.

MODESTO JÚNIOR, M. S.; ALVES, R. N. B.; SILVA, E. S. A. Produtividade de Mandioca de Agricultores Familiares do Baixo Tocantins, Pará. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v 5, p. 522-528, 2009.

NASCIMENTO, C.; HOMMA, A. **Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. 282 p. 1984. ISSN: 0101-2835. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/386339>>. Acesso em: 12 Out. 2021.

NCHANJI, Y. K.; NKONGHO, R. N.; MALA, W. A.; LEVANG, P. Efficacy of oil palm intercropping by smallholders. Case study in South-West Cameroon. **Agroforestry Systems**, v. 90, n. 3, p. 509-519. 2016. doi: [10.1007/s10457-015-9873-z](https://doi.org/10.1007/s10457-015-9873-z)

NORONHA, G. N. **Cadeia produtiva da pecuária de corte do município de Tailândia, estado do Pará: estrutura e caracterização sanitária dos abates**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2015.

OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C.; SALLES, T. T.; CARNEIRO, A. C. O.; LANA, A. Q. Análise de risco econômico de dois sistemas produtivos de carvão vegetal. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 1-11, 2017. doi: [10.1590/2179-8087.026516](https://doi.org/10.1590/2179-8087.026516)

OLIVEIRA, L.; BARROS, A. B.; TEIXEIRA A. L.; CAMPANERUTI, G.; ALVES, V. P. Agrofloresta e seus benefícios salientando as vantagens ambientais. In: 9º Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, p. 1-8, 2018, São Bernardo do Campo, Brasil. Anais: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. São Bernardo do Campo: IBEAS, 2018

PALISADE CORPORATION. Manual do Usuário @RISK Versão 5.5. Add-In do Microsoft Excel para Simulação e Análise de Riscos, 33p. 2010.

PLATON, V.; CONSTANTINESCU, A. Monte Carlo Method in risk analysis for investment Projects. **Procedia Economics and Finance**, v. 15, n. 1, p. 393-400, 2014. doi: [10.1016/S2212-5671\(14\)00463-8](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00463-8)

REIS, A. R. D. **Digestibilidade aparente da torta de dendê na alimentação do pirarucu (Arapaima gigas Schinz, 1822) durante a fase de juvenil**. 2019. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais), Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2019.

RICARDO, L. J. S. Vinho de dendê: história, cultura e socioeconomia do vinho de dendê na cidade de Salvador (BA) até o século XIX. **Revista Ingesta**, v. 1, n. 2, p. 215. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/30MVpGW>. Acesso em: 26 maio 2021.

RODRIGUES, J. E. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; BOTELHO, S. M.; AZEVEDO, R.; EL RUSNY, J. C.; RODRIGUES, M. C. S. F.; OLIVEIRA, R. P.; JUNIOR, J. P. M.; CALZAVARA, B. B. Avaliação da produtividade de cultivares de feijão-caupi para cultivo no estado do Pará. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 134. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. 24 p. 2020. ISSN: 1983-0483. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/208395/1/BPD-134.pdf>>. Acesso em: 12 Out. 2021.

SANTOS, E. A. **Caracterização de dendezeiros subespontâneos com base na produção de frutos e cachos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, 2010.

SEDAP - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca. **Série histórica – Banana cacho**. 2020. Disponível em: <http://www.sedap.pa.gov.br/content/banana-0>. Acesso em 15 maio 2021.

SEDAP - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca. **Panorama agrícola do Pará – Dendê (cachos de coco) - 2019**. 12 p. 2020. Disponível em: <http://www.sedap.pa.gov.br/content/dend%C3%AA>. Acesso em 26 de maio de 2021.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Cacao: produção, manejo e colheita. **Coleção Senar 215**. Brasília, Brasil, 145p. 2018. ISBN: 978-85-7664-197-1

SILVA, A. S. O.; OLIMPIO, S. C. M.; SARGES, S. G.; ALMEIDA, W. L. L.; PARAENSE, V. C. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal no município de Breu Branco – PA. **Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 4, n. 13, p. 169 – 183. 2018. doi: [10.18764/2446-6549.v4n13p169-183](https://doi.org/10.18764/2446-6549.v4n13p169-183)

SILVA, E. M.; NAVEGANTES-ALVES, L. F. Transformações nos sistemas de produção familiares diante a implantação do cultivo de dendê na Amazônia Oriental. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 40, p. 345-364. 2017. doi: [10.5380/dma.v40i0.47330](https://doi.org/10.5380/dma.v40i0.47330)

SILVA, M. L.; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET). **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 931-936, 2005.

STEENBOCK, W; SILVA, RO; FROUFE, LCM; SEOANE, C E. Agroflorestas e sistemas agroflorestais no espaço e no tempo. In: STEENBOCK, W; SILVA, LC; SILVA, RO; RODRIGUEZ, AS; PEREZ-CASSIANO, J; FONINI, R (Ed.). **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. Froufe, Curitiba, Paraná, p. 39-60. 2013. ISBN: 978-85-63806-15-4.

TIMOFEICZYK JUNIOR, R.; BOUCHARDET, D. A.; FOLMANN, W. T.; HOEFLICH, V. A.; FERNANDEZ, M. L. Q. Simulação econômica de Monte Carlo aplicada à análise de risco florestal. **Revista Espacios**, Caracas, v. 38, n. 28, p. 1-9, 2017.

USDA - United States Department of Agriculture – Foreign Agricultural Service. **Oilseeds: World Markets and Trade**. 52 p. 2021.

USDA - United States Department of Agriculture – Foreign Agricultural Service. **Production, Supply and Distribution (PS&D)**. 2021. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home/statsByCountry>. Acesso em 25 de maio de 2021.

VASCONCELOS, S.; COSTA, N.; CASTELLANI, D.; KATO, O. Soil carbon stock is higher in oil palm agroforestry than in monoculture in eastern Amazonia. In: 4<sup>th</sup> World Congress on Agroforestry, 13 p., 2019, Montpellier, France. Book of Abstracts: **Agroforestry: strengthening links between science, society and policy**. Montpellier: CIRAD, INRA, World Agroforestry. 933 p.

VIRGENS, A. P. D.; FREITAS, L. C.; LEITE, A. M. P. Análise econômica e de sensibilidade em um povoamento implantado no sudoeste da Bahia. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 211-219. 2016. doi: [10.1590/2179-8087.104914](https://doi.org/10.1590/2179-8087.104914)

WEIMANN, C.; FARIAS, J. A.; DEPONTI, G. Viabilidade econômica do componente arbóreo de sistema agrossilvipastoril comparado ao de plantio florestal na pequena propriedade rural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 429-436. 2017. doi: [10.4336/2017.pfb.37.92.1147](https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.92.1147)

WERNIGERODE, A. Z. S.; ANDRADE, E. B. Cultivo intercalar de milho seguido de caupi num plantio de dendê. **Circular Técnica 47**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. 14 p. 1983. ISSN: 0100-7556. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/40157/1/Circ-Tec-47-CPATU.pdf>>. Acesso em: 12 Out. 2021.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os SAFs A e B foram planejados para implementação na empresa, em escala, sendo menos complexos. Portanto, entre os dois sistemas recomenda-se implementação do SAF A.

Os motivos para esta recomendação são pelo fato do retorno financeiro durante a fase pré-produtiva ser elevado, amortizando os custos de implantação, a ponto de serem menores que os custos de implantação do monocultivo, os indicadores da análise financeira (VPL, VAE e TIR) apresentaram maior desempenho e do ponto de vista dos riscos de projeto, a porcentagem de risco foi maior no SAF A, mas com valor próximo a zero.

Outra perspectiva favorável ao SAF A, diz respeito à sua maior facilidade de implementação e a densidade de plantas de palma-de-óleo ser mais elevada. Nesse sistema, diferindo do monocultivo que é realizado na empresa, retira-se apenas uma linha de palma-de-óleo e são plantadas duas linhas das demais culturas, tornando o arranjo mais simples para implementar no campo.

## 9 ANEXOS

**Anexo 1.** Fluxo de caixa ajustado (R\$ ha<sup>-1</sup>), descontados à taxa de 6% a.a., do monocultivo de palma-de-óleo

Ano	Custo	Receita	Retorno
0	-3.651,66	0,00	-3.651,66
1	-809,56	0,00	-809,56
2	-1.548,78	0,00	-1.548,78
3	-1.741,26	0,00	-1.741,26
4	-2.072,26	404,99	-1.667,27
5	-2.504,13	1.773,43	-730,70
6	-2.821,37	2.259,12	-562,25
7	-3.946,78	5.182,48	1.235,70
8	-4.586,00	6.496,65	1.910,65
9	-3.805,31	5.302,35	1.497,05
10	-3.748,94	4.991,14	1.242,20
11	-4.324,01	6.371,45	2.047,44
12	-3.518,09	4.682,52	1.164,42
13	-3.217,05	4.203,48	986,43
14	-3.525,71	5.019,88	1.494,17
15	-3.495,19	5.128,59	1.633,39
16	-2.720,27	3.468,45	748,18
17	-2.654,65	3.531,70	877,05
18	-2.760,73	3.944,57	1.183,84
19	-2.346,04	3.289,73	943,69
20	-2.312,96	3.168,24	855,28
21	-1.922,37	2.528,69	606,32
22	-2.147,23	3.127,19	979,97
23	-2.025,37	2.917,59	892,22
24	-1.613,32	2.097,36	484,05
25	-1.745,62	2.566,39	820,77

**Anexo 2.** Fluxo de caixa ajustado (R\$ ha<sup>-1</sup>), descontados à taxa de 6% a.a., do sistema agroflorestal A

Ano	Custo	Receita	Retorno
0	-3.702,41	0,00	-3.702,41
1	-4.428,13	3.622,39	-805,74
2	-3.941,96	3.132,57	-809,39
3	-3.950,11	2.686,59	-1.263,52
4	-2.823,17	362,21	-2.460,96
5	-2.917,73	1.886,27	-1.031,46
6	-3.137,18	2.303,67	-833,51
7	-3.915,76	5.213,30	1.297,54
8	-4.350,40	6.355,92	2.005,52
9	-3.488,96	5.256,90	1.767,95
10	-3.455,97	4.949,44	1.493,47
11	-3.837,86	6.509,13	2.671,27
12	-3.268,08	5.052,12	1.784,03
13	-3.008,41	4.574,76	1.566,36
14	-3.195,01	5.258,77	2.063,76
15	-3.133,60	5.312,46	2.178,86
16	-2.551,88	3.786,62	1.234,74
17	-2.494,18	3.878,71	1.384,53
18	-2.532,10	4.207,21	1.675,11
19	-2.186,28	3.583,09	1.396,81
20	-2.152,66	3.438,16	1.285,50
21	-1.830,47	2.831,94	1.001,48
22	-1.989,53	3.390,44	1.400,91
23	-1.880,45	3.169,38	1.288,93
24	-1.559,63	2.404,10	844,47
25	-1.621,32	2.793,68	1.172,36

**Anexo 3.** Fluxo de caixa ajustado (R\$ ha<sup>-1</sup>), descontados à taxa de 6% a.a., do sistema agroflorestal B

Ano	Custo	Receita	Retorno
0	-3.404,47	0,00	-3.404,47
1	-4.365,05	3.207,48	-1.157,57
2	-4.112,44	2.773,77	-1.338,67
3	-4.019,63	2.378,87	-1.640,75
4	-2.577,75	313,72	-2.264,02
5	-2.841,25	1.761,39	-1.079,86
6	-3.022,83	2.115,69	-907,14
7	-3.646,45	4.762,46	1.116,00
8	-4.014,87	5.738,15	1.723,27
9	-3.049,98	4.773,05	1.723,07
10	-3.029,03	4.494,29	1.465,27
11	-3.362,70	5.983,41	2.620,70
12	-2.842,35	4.744,99	1.902,64
13	-2.616,40	4.310,64	1.694,24
14	-2.778,81	4.883,38	2.104,57
15	-2.724,97	4.911,28	2.186,31
16	-2.220,97	3.572,14	1.351,17
17	-2.150,78	3.667,58	1.516,79
18	-2.183,90	3.934,67	1.750,77
19	-1.882,18	3.377,64	1.495,47
20	-1.856,39	3.236,59	1.380,20
21	-1.575,48	2.696,88	1.121,40
22	-1.700,37	3.190,89	1.490,51
23	-1.607,70	2.985,02	1.377,32
24	-1.330,43	2.308,60	978,17
25	-1.383,93	2.633,22	1.249,30

**Anexo 4.** Fluxo de caixa ajustado (R\$ ha<sup>-1</sup>), descontados à taxa de 6% a.a., do sistema agroflorestal C

Ano	Custo	Receita	Retorno
0	-6.457,53	0,00	-6.457,53
1	-3.348,35	3.236,81	-111,54
2	-2.761,47	2.112,52	-648,95
3	-3.934,17	2.016,52	-1.917,64
4	-4.348,60	2.318,95	-2.029,65
5	-5.204,48	4.075,52	-1.128,96
6	-6.037,25	6.049,63	12,38
7	-7.469,07	10.377,87	2.908,80
8	-8.547,71	12.794,98	4.247,28
9	-6.737,41	10.420,96	3.683,54
10	-7.039,08	11.702,24	4.663,17
11	-8.456,76	15.349,91	6.893,15
12	-7.619,37	12.828,44	5.209,07
13	-7.453,23	12.397,85	4.944,62
14	-8.296,76	14.646,67	6.349,91
15	-8.598,70	15.534,87	6.936,17
16	-7.789,26	12.921,79	5.132,52
17	-7.954,12	13.581,20	5.627,07
18	-8.495,29	15.231,27	6.735,99
19	-7.868,99	13.999,45	6.130,46
20	-8.152,99	14.195,26	6.042,27
21	-7.730,48	13.389,09	5.658,61
22	-8.636,97	15.910,34	7.273,37
23	-8.646,47	15.792,90	7.146,43
24	-7.736,55	13.290,65	5.554,10
25	-8.426,92	15.670,39	7.243,47

**Anexo 5.** Custos dos insumos do monocultivo e nos sistemas agroflorestais A, B e C

Monocultivo					
Ano	Descrição	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quantidade	R\$ ha <sup>-1</sup>
0	Semente Palma-de-óleo	unid.	3,53	456	501,26
0 e 1	sacola + insumo	unid.	1,42	456	201,64
0	Calcário dolomítico	t	199,58	11,85	698,53
0 ao 3	MAP	t	1.780,00	0,14	75,08
0 ao 4	NPK (09.09.18 + 0,15B)	t	2.100,00	6,96	4.506,77
5 ao 25	NPK (13.11.21 + 1,2 Mg + 0,2 B)	t	2.200,00	82,69	56.089,52
1 ao 25	Dipel	L	49,50	4,02	39,95
SAF A					
Ano	Descrição	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quantidade	R\$ ha <sup>-1</sup>
0	Semente Palma-de-óleo	unid.	3,53	874	448,31
1	Semente Cacau	unid.	0,00	712	0,00
1	Semente Andiroba	unid.	0,00	144	0,00
0 ao 2	Semente milho	Kg	8,45	93,33	126,75
1 ao 3	Semente feijão-caupi	Kg	9,41	60,48	83,15
0 e 1	sacola + insumo	unid.	1,42	1730	355,00
0	Calcário dolomítico	t	199,58	23,96	698,53
0 ao 3	MAP	t	1.780,00	1,58	411,45
1 ao 3	Uréia	t	4.770,00	2,1	1463,51
1 ao 4	NPK (09.09.18 + 0,15B)	t	2.100,00	14,98	4.596,75
5 ao 25	NPK (13.11.21 + 1,2 Mg + 0,2 B)	t	2.200,00	171,09	54.991,33
0 ao 2	Atrazina	L	17,36	2,25	69,36
1 ao 3	Vitaphix	L	78,00	4,32	162,66

*Continua...*

## Continuação Anexo 5

SAF B					
Ano	Descrição	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quantidade	R\$ ha <sup>-1</sup>
0	Semente Palma-de-óleo	unid.	3,53	874	388,30
1	Semente Cacau	unid.	0,00	1060	0,00
1	Semente Andiroba	unid.	0,00	212	0,00
0 ao 2	Semente milho	Kg	8,45	93,33	109,85
1 ao 3	Semente feijão-caupi	Kg	9,41	60,48	72,06
0 e 1	sacola + insumo	unid.	1,42	2146	381,98
0	Calcário dolomítico	t	199,58	27,64	698,53
0 ao 3	MAP	t	1.780,00	1,71	384,72
1 ao 3	Uréia	t	4.770,00	2,1	1268,38
1 ao 4	NPK (09.09.18 + 0,15B)	t	2.100,00	15,90	4.230,26
5 ao 25	NPK (13.11.21 + 1,2 Mg + 0,2 B)	t	2.200,00	178,50	49.725,24
0 ao 2	Atrazina	L	17,36	0,75	69,36
1 ao 3	Vitaphix	L	78,00	1,44	162,66
SAF C					
Ano	Descrição	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quantidade	R\$ ha <sup>-1</sup>
0	Semente Palma-de-óleo	unid.	3,53	532	501,26
0	Semente Cacau	unid.	0,00	784	0,00
0	Semente Andiroba	unid.	0,00	266	0,00
0	Muda Banana	unid.	0,00	518	0,00
0	Estaca Macaxeira	unid.	0,00	1554	0,00
1 ao 3	Semente feijão-caupi	Kg	9,41	30	77,21
0 e 1	sacola + insumo	unid.	1,42	1582	603,50

Continua...

*Continuação Anexo 5*

SAF C					
Ano	Descrição	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quantidade	R\$ ha <sup>-1</sup>
0	Calcário dolomítico	t	199,58	12,90	698,53
0 ao 3	MAP	t	1.780,00	0,79	330,38
1 ao 4	NPK (09.09.18 + 0,15B)	t	2.100,00	14,51	5.536,13
5 ao 25	NPK (13.11.21 + 1,2 Mg + 0,2 B)	t	2.200,00	342,32	56.089,52

**Anexo 6.** Custos referente à mão de obra do monocultivo e nos sistemas agroflorestais A, B e C

Ano	Descrição	Unidade	Valor unitário (R\$)
0 e 1	Produção de muda	unid.	2,10
0 ao 25	Auxiliar de apoio agrícola	diária	100,76
0 ao 25	Tratorista	diária	105,04

**Anexo 7. Custos com maquinário do monocultivo e nos sistemas agroflorestais A, B e C**

Monocultivo				
Ano	Descrição	Unidade	Valor unitário (R\$)	R\$ ha-1
0	Trator esteira	ha	111,86	111,86
0	Trator + grade	ha	152,00	152,00
0	Trator + subsolador	ha	210,00	210,00
0	Caminhão (transporte calcário)	ha	1,46	1,46
0	Trator + adubadeira (calcário)	ha	8,00	8,00
0	Trator mudas	unid.	0,56	79,52
0	Caminhão (transporte mudas)	ha	117,26	117,26
0	Trator (distribuição de mudas)	ha	50,45	50,45
0 ao 25	Trator + adubadeira	ha	302,16	302,16
1 ao 8	Trator + roçadeira	ha	23,84	23,84
0 ao 25	Trator + tanque	ha	74,49	74,49
4 ao 25	Trator (carreamento) + caminhão	ha		42.271,02
SAF A				
Ano	Descrição	Unidade	Valor unitário (R\$)	R\$ ha-1
0	Trator esteira	ha	111,86	111,86
0	Trator + grade	ha	152,00	152,00
0	Trator + subsolador	ha	210,00	210,00
0	Caminhão (transporte calcário)	ha	1,46	1,46
0	Trator + adubadeira (calcário)	ha	8,00	8,00
0 e 1	Trator mudas	unid.	0,56	140,00
0 e 1	Caminhão (transporte mudas)	ha	232,11	232,11
0 e 1	Trator (distribuição de mudas)	ha	99,86	99,86
0 ao 3	Trator + adubadeira	ha	523,74	523,74

*Continua...*

## Continuação Anexo 7

SAF A				
Ano	Descrição	Unidade	Valor unitário (R\$)	R\$ ha-1
1 ao 8	Trator + roçadeira	ha	23,84	23,84
4 ao 25	Trator (carreamento) + caminhão	ha		22.310,56
0 ao 2	Trator + grade (milho + feijão-caupi)	ha	38,31	38,31
0 ao 2	Trator + arado (milho + feijão-caupi)	ha	38,31	38,31
0 ao 2	Trator + plantadeira (milho + feijão-caupi)	ha	331,38	331,38
0 ao 2	Trator + tanque (milho + feijão-caupi)	ha	8,94	8,94
1 ao 3	Trator + colheitadeira (milho)	ha	718,24	718,24
SAF B				
Ano	Descrição	Unidade	Valor unitário (R\$)	R\$ ha-1
0	Trator esteira	ha	111,86	111,86
0	Trator + grade	ha	152,00	152,00
0	Trator + subsolador	ha	210,00	210,00
0	Caminhão (transporte calcário)	ha	1,46	1,46
0	Trator + adubadeira (calcário)	ha	8,00	8,00
0 e 1	Trator mudas	unid.	0,56	150,64
0 e 1	Caminhão (transporte mudas)	ha	287,92	287,92
0 e 1	Trator (distribuição de mudas)	ha	123,87	123,87
0 ao 3	Trator + adubadeira	ha	559,59	559,59
1 ao 8	Trator + roçadeira	ha	23,84	23,84
4 ao 25	Trator (carreamento) + caminhão	ha		19.591,18
0 ao 2	Trator + grade (milho + feijão-caupi)	ha	33,20	33,20
0 ao 2	Trator + arado (milho + feijão-caupi)	ha	33,20	33,20
0 ao 2	Trator + plantadeira (milho + feijão-caupi)	ha	287,18	287,18

Continua...

## Continuação Anexo 7

SAF B				
Ano	Descrição	Unidade	Valor unitário (R\$)	R\$ ha <sup>-1</sup>
0 ao 2	Trator + tanque (milho + feijão-caupi)	ha	8,94	8,94
1 ao 3	Trator + colheitadeira (milho)	ha	1.522,65	1.522,65
SAF C				
Ano	Descrição	Unidade	Valor unitário (R\$)	R\$ ha <sup>-1</sup>
0	Trator esteira	ha	111,86	111,86
0	Trator + grade	ha	152,00	152,00
0	Trator + subsolador	ha	210,00	210,00
0	Caminhão (transporte calcário)	ha	1,46	1,46
0	Trator + adubadeira (calcário)	ha	8,00	8,00
0 e 1	Trator mudas	unid.	0,56	238,00
0 e 1	Caminhão (transporte mudas)	ha	117,26	117,26
0 e 1	Trator (distribuição de mudas)	ha	50,45	50,45
0 ao 3	Trator + adubadeira	ha	1.309,34	1309,34
1 ao 8	Trator + roçadeira	ha	23,84	23,84
4 ao 25	Trator (carreamento) + caminhão	ha		25.949,09
0 ao 2	Trator + grade (feijão-caupi)	ha	38,11	38,11
0 ao 2	Trator + arado (feijão-caupi)	ha	38,11	38,11
0 ao 2	Trator + plantadeira (feijão-caupi)	ha	307,69	307,69