

AGUST SALES

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DO CULTIVO DE PARICÁ EM
SISTEMA AGRISILVICULTURAL**

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*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S163a Sales, Agust, 1991-
2018 Análise técnica e econômica do cultivo de paricá em
sistema agrissilvicultural / Agust Sales. – Viçosa, MG, 2018.
viii, 67f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Sílvio Nolasco de Oliveira Neto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Agrossilvicultura. 2. Solos - Manejo. 3. Economia florestal. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDO adapt CDD 22. ed. 634.9261

AGUST SALES

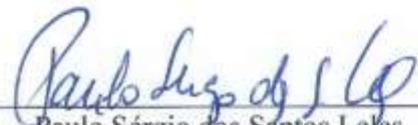
**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DO CULTIVO DE PARICÁ EM
SISTEMA AGRISILVICULTURAL**

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: 20 de julho de 2018



Haroldo Nogueira de Paiva
(Coorientador)



Paulo Sérgio dos Santos Leles



Sílvio Nolasco de Oliveira Neto
(Orientador)

*Aos meus pais, Arlindo Sales Filho e Sandra da Silva Sales,
pelo carinho, amor, compreensão, educação, exemplo
de vida e por estarem sempre presentes em
minha vida. Aos meus irmãos e
à toda minha família,*

DEDICO

*"Não importa quanto a vida possa ser difícil, sempre
existe algo que você pode fazer para triunfar.
Enquanto há vida, há esperança."*

Dr. Stephen Hawking

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pelo dom da vida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade concedida para realização do mestrado.

Ao Grupo Florestal Arboris, pelo apoio em forma de recurso financeiro, estrutural e humano recebido, em especial, ao Sr. Marco e aos colaboradores Paulo, Sabrina, Ghaby, Márcio e Geana.

Aos meus pais, Arlindo Sales Filho e Sandra da Silva Sales, por todo amor e apoio dedicado a mim, não somente na realização desta pós-graduação, mas em todas as etapas da minha vida, mesmo nos momentos mais difíceis, sempre acreditaram no meu potencial.

Ao Prof. Sílvio Nolasco de Oliveira Neto, pela orientação, dedicação, amizade, confiança, competência, profissionalismo e ensinamentos, que foram de grande importância para realização deste trabalho e para meu crescimento profissional e acadêmico.

Aos Professores Haroldo Nogueira de Paiva, Helio Garcia Leite e Márcio Lopes da Silva, pela orientação e participação na construção e aperfeiçoamento deste trabalho e, juntamente com os professores Carlos Boechat, Alexandre Lorenzon, Reinaldo Cantarutti, Emanuelle Soares, Júlio Cesar, Leonardus Vergütz, Renildes Fontes, Victor Hugo, Sebastião Martins, e os demais, pelos valiosos ensinamentos que foram essenciais para minha formação.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal e da Pós-Graduação em Ciência Florestal, pelas orientações e harmoniosa convivência, em especial, Alexandre e Dílson, que, sempre de forma competente, me orientaram em muitas decisões.

Aos meus irmãos, Adones Sales e André Sales, que mesmo na distância, me motivaram a buscar meus ideais.

Aos meus familiares que contribuíram com apoio, carinho e torcida sempre!

Aos meus amigos de pós-graduação e Viçosa que foram minha família nesse período, Efigênio, Jadson, Duberli, Gabriela, Fernanda, Thales,IVALDO, Epi, Júlia, Sindy, Lucas, Cátia, Aline, Bruna, Gustavo, Nero, Amana, Maria, Simone, Lyvia, Renata, Vicente, Pedro, Tassinari, Valéria, Mariana, Dayane, Guilherme, Caio, Samuel, Arthur, e aos demais que também tiveram grande importância na minha caminhada.

E a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 OBJETIVO GERAL	5
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
CAPÍTULO 1: Crescimento e produção de paricá em função do manejo do solo em sistema agrissilvicultural	11
1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1 Localização e caracterização da área de estudo	13
2.2 Descrição do experimento	14
2.3 Tratamentos	17
2.4 Crescimento do paricá	18
2.4.1 Modelagem do crescimento em diâmetro e altura	18
2.4.2 Amostragem e ajuste de modelo volumétrico	19
2.4.3 Critérios de avaliação das equações	20
2.4.4 Análise estatística	21
3 RESULTADOS	22
4 DISCUSSÃO	28
5 CONCLUSÕES	31
6 REFERÊNCIAS	32
CAPÍTULO 2: Rentabilidade e risco de cultivo do paricá em sistema agrissilvicultural com práticas de manejo do solo	37
1 INTRODUÇÃO	37
2 MATERIAL E MÉTODOS	39
2.1 Localização e descrição do experimento	39
2.2 Análise econômica	40
2.2.1 Custos e receitas	40
2.2.2 Análise financeira	43
2.2.3 Análise de risco de investimento	45
3 RESULTADOS	46
3.1 Análise financeira	46
3.2 Análise de risco de investimento	48
4 DISCUSSÃO	51
4.1 Análise financeira	51
4.2 Análise de risco de investimento	53
5 CONCLUSÕES	55
6 REFERÊNCIAS	55
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
8 ANEXOS	61

RESUMO

SALES, Agust, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2018. **Análise técnica e econômica do cultivo de paricá em sistema agrissilvicultural.** Orientador: Sílvio Nolasco de Oliveira Neto. Coorientadores: Haroldo Nogueira de Paiva e Helio Garcia Leite.

Em sistemas agroflorestais as práticas de manejo do solo devem ser definidas visando beneficiar todas as culturas do sistema. Informações sobre o efeito de práticas, tais como preparo do solo, controle fitossanitário e manejo de fertilizantes e inoculantes, no crescimento e rentabilidade do paricá são incipientes, gerando incertezas no planejamento e na implementação das mesmas. O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento e produção, a rentabilidade e o risco de investimento do cultivo de paricá em sistema agroflorestal com soja/milho em função de práticas de subsolagem, adubação, inoculação, no município de Ulianópolis, Pará. O experimento foi instalado em um sistema composto por paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) em espaçamento 5 x 2 m, consorciado com soja (*Glycine max* (L.) Merr.), no primeiro ano, e milho (*Zea mays* L.) no segundo. Foram avaliados seis tratamentos, sendo: T1 - subsolagem + adubação de base + adubação de cobertura + inoculação + consórcio com soja/milho; nos tratamentos T2, T3, T4 e T5 foram aplicadas as mesmas práticas de manejo do solo do T1, exceto subsolagem (T2), adubação de base (T3), adubação de cobertura (T4) e inoculação (T5); o T6 foi a testemunha com ausência das práticas de manejo do solo citadas. As medições de diâmetro a 1,3 m de altura (*dap*) e altura total (*ht*) das árvores e avaliação da sobrevivência (%) foram realizadas aos 8, 22 e 36 meses de idade. Aos 36 meses, foram abatidas e cubadas seis árvores-amostra por classe de diâmetro e ajustados modelos para estimativas de crescimento e volume de madeira. Para análise econômica foi considerado horizonte de planejamento de cinco anos, taxa de juros de 6,75% a.a. e os métodos de avaliação VPL (Valor Presente Líquido), VAE (Valor Anual Equivalente), CMP (Custo Médio de Produção de madeira), Razão B/C (Benefício/Custo) e VET (Valor Esperado da Terra), incluindo análises de riscos de investimentos. Aos 8, 22 e 36 meses, foram verificadas maiores taxas de sobrevivência de plantas nos tratamentos T2, T3 e T4 e menores nos T1, T5 e T6. Os testes de identidade de modelos de volume aplicados para as combinações de tratamentos T1+T3, T3+T4 e para todas combinações com T5 e T6 indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre esses tratamentos. O crescimento em *dap*, *ht* e volume do paricá durante o período do consórcio com soja/milho foi superior no T2 e T6, sendo os menores valores observados nas plantas do T1 e T5. Entretanto, com a projeção do crescimento em *dap* e volume em

idades futuras, verificou-se tendências de crescimento superior para as plantas do T6 e recuperação de crescimento das plantas nos tratamentos T1 e T5. A tendência de crescimento em *ht* e volume nas idades futuras demonstra desaceleração de crescimento para as plantas do T2, após o período de consórcio com soja/milho. A taxa de sobrevivência pode ter sido fator decisivo para o crescimento do paricá nos tratamentos. Nos tratamentos em que foram verificadas as maiores taxas de sobrevivência (T2, T3 e T4) infere-se que houve maior competição entre plantas, prejudicando o crescimento em *dap* e volume. Por outro lado, as plantas dos tratamentos em que foram observadas as menores taxas de sobrevivência (T1, T5 e T6), tiveram maior espaço para crescimento, que pode ter sido determinante para o crescimento em *dap* e volume. O crescimento e a produção do paricá foram influenciados pelas práticas de manejo solo, porém seu uma tendência de resposta bem definida, provavelmente diante a boa fertilidade do solo decorrente de tratos culturais aplicados aos cultivos agrícolas realizados anteriormente na área experimental. A tendência de maior crescimento na ausência de consórcio soja/milho indica que a competição exerceu maior influência que as práticas de manejo do solo. Os resultados do VPL, VAE, CMP, Razão B/C e VET indicam que todos os tratamentos apresentam viabilidade econômica. A distribuição de probabilidade do VPL não tem tendência acentuada e indica risco inexistente de VPL zero ou negativo em todas as simulações realizadas. Na análise de sensibilidade, em todos os tratamentos, o custo, preço e produção de madeira em pé de paricá foram as variáveis que mais influenciaram o VPL. As culturas da soja e milho em consórcio com paricá possibilitam amortizar os custos dos dois primeiros anos do sistema.

ABSTRACT

SALES, Agust, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2018. **Technical and economic analysis of paricá cultivation in agrisilvicultural system.** Advisor: Sílvio Nolasco de Oliveira Neto. Co-advisors: Haroldo Nogueira de Paiva and Helio Garcia Leite.

In agroforestry systems, soil management practices should be defined aiming to benefit all crops in the system. Information on the effect of practices, such as soil preparation, phytosanitary control and fertilizer and inoculant management, in the paricá growth and profitability are incipient, generating uncertainties in their planning and implementation. The objective of this study was to evaluate the growth and yield, profitability and investment risk of paricá cultivation in agroforestry system with soybean/maize in practices function of subsoiling, fertilization and inoculation in the municipality of Ulianópolis, Pará. The experiment was installed in system composed per paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) in 5 x 2 m spacing, consortium with soybean (*Glycine max* (L.) Merr.), in the year first, and maize (*Zea mays* L.) in the second. Six treatments were evaluated: T1 - subsoiling + planting fertilization + coverage fertilization + inoculation + soybean/maize consortium; in the treatments T2, T3, T4 and T5 the same soil management practices of the T1 were applied, except subsoiling (T2), planting fertilization (T3), coverage fertilization (T4) and inoculation (T5); T6 was the witness with absence of the soil management practices cited. The measurements of diameter at 1.3 m in height (*dbh*) and total height (*th*) of trees and survival evaluation (%) were realized at 8, 22 and 36 months of age. At 36 months, six trees-sample were harvested and measured by diameter class and models adjusted for estimates of growth and volume of wood. For economic analysis was considered a planning horizon of five years, interest rate of 6.75% a.a. and the valuation methods NPV (Net Present Value), EAV (Equivalent Annual Value), ACP (Average Cost of Production of wood), ratio B/C (Benefit/Cost) and SET (Soil Expected Value), including investment risk analyzes. At 8, 22 and 36 months, higher plant survival rates were observed in treatments T2, T3 and T4 and lower in T1, T5 and T6 treatments. The model identity tests of volume applied to combinations of treatments T1+T3, T3+T4 and for all combinations with T5 and T6 indicate significant differences ($p < 0.05$) between these treatments. Growth in *dbh*, *th* and volume of paricá during the consortium period soybean/maize was higher in T2 and T6, with the lowest values observed in T1 and T5 plants. However, with the projection of growth in *dbh* and volume in future ages, there were higher growth trends for T6 plants and recovery of plant growth in treatments T1 and T5. The growth

trend in *th* and volume in the future ages shows a deceleration of growth for the T2 plants, after the consortium period with soybean/maize. The survival rate may have been a decisive factor for paricá growth in treatments. In the treatments with the highest survival rates (T2, T3 and T4), it was inferred that there was greater competition among plants, impairing growth in *dbh* and volume. On the other hand, the plants of the treatments in which the lowest survival rates (T1, T5 and T6) were observed, had more room for growth, which may have been determinant for the growth in *dbh* and volume. The growth and production of paricá were influenced by the soil management practices, but without tendency for a well defined response, probably due to the good fertility of the soil resulting from cultural treatments applied to agricultural crops previously carried out in the experimental area. The trend of higher growth in the absence of the soybean/maize consortium indicates that competition exerted greater influence than soil management practices. The results of NPV, EAV, ACP, Ratio B/C and SET indicate that all treatments are economically viable. The probability distribution of the NPV does not have a marked tendency and indicates a nonexistent risk of NPV zero or negative in all the simulations. In the sensitivity analysis, in all treatments, the cost, price and production of paricá standing wood were the variables that most influenced the NPV. Soybean and maize in consortium with paricá make it possible to amortize the costs of the first two years of the system.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) ocorre naturalmente na Amazônia, em solos argilosos de florestas primárias e secundárias de terra firme e várzea alta (CARVALHO, 1994). É adaptado ao clima equatorial semiúmido, caracterizado por estações seca e chuvosa bem definidas (SCHWARTZ et al., 2017).

É uma espécie essencialmente heliófila e não apresenta bom desenvolvimento em locais com baixas temperaturas (ROSSI e QUISEN, 1997), ocorrendo naturalmente em altitudes de até 800 m. Na fase adulta, possui dimensões próximas de 40 m de altura e 100 cm de *dap* (CARVALHO, 2007). Geralmente, apresenta tronco bem definido, cilíndrico e reto (SOUZA et al., 2005).

As primeiras pesquisas com paricá em povoamentos puros foram realizados na década 70, mas somente em 1993 a espécie foi cultivada em escala comercial, no município de Dom Eliseu, PA. Desde então, o paricá vem sendo cultivada a pleno sol. É considerada uma espécie arbórea “rústica”, com boa adaptação a solos de baixa fertilidade e manejada com práticas silviculturais relativamente básicas (AMATA, 2009).

Para implantação da cultura do paricá, o solo é comumente preparado com aração e gradagem em área total e o plantio, na maioria das vezes, realizado sem aplicação de fertilizantes ou seguindo recomendações de outras espécies arbóreas (PEREIRA et al., 1982; RONDON, 2002; AMATA, 2009).

A implantação de cultivos de paricá foi motivada, inicialmente, por dificuldades em aprovar planos de manejo para condução da espécie em florestas inequiâneas e alta demanda por sua madeira. Esses motivos, aliados ao rápido crescimento da espécie, grande oferta de sementes, facilidade de produção de mudas, madeira de coloração clara, homogênea e sem nó (SOUZA et al., 2005), levaram o paricá para o quinto lugar no ranking brasileiro de área plantada com espécies arbóreas (IBA, 2017).

O horizonte de planejamento (corte raso) do paricá em monocultivo geralmente se concentra entre cinco a sete anos de idade, com produtividade média de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O arranjo espacial normalmente utilizado é em espaçamento 3,5 m x 3,5 m (GALEÃO et al., 2005; CARVALHO, 2007; RODRIGUES et al., 2016). A madeira é destinada, em sua maioria, para produção de lâminas, comercializadas no mercado interno e externo (SANTOS, 2012; SILVEIRA et al., 2017).

Características de rápido crescimento, alta taxa de sobrevivência, dominância apical (fuste longo e sem ramificação) e copa rala (SOUZA et al., 2003) destacaram o paricá em

monocultivo e incentivaram o cultivo em consórcio com culturas agrícolas e outras espécies.

A inserção do paricá em sistemas agroflorestais, além da produção de madeira e geração de renda, tem objetivos de prover sombreamento nas culturas agrícolas tolerantes e espécies arbóreas secundárias tardia ou clímax (COELHO et al., 2010; PINTO NETO et al., 2014) e reduzir a variação de temperatura do ar em ambiente de criação de animais (MORAES JÚNIOR et al., 2010; SILVA et al., 2011).

Em sistemas agroflorestais, o paricá tem sido implantado em diversos arranjos e combinações com culturas agrícolas como café, cacau, açaí, cupuaçu, soja, milho, pupunha, jerimum, mandioca, feijão, pimenta-do-reino, banana e gramíneas forrageiras; e arbóreas: seringueira, taperebá, macaúba, ipê, freijó, mogno, teca e eucalipto (MARQUES, 1990; RIBEIRO, 1997; QUIZEN et al., 1999; MENDES, 2005; TONINI et al., 2005; VIEIRA et al., 2007; CORDEIRO et al., 2009; BLANCHER et al., 2011; CORDEIRO et al., 2015; SILVA et al., 2016; SILVA et al., 2017).

A maioria dos estudos sobre paricá em sistemas agroflorestais concentra-se em pequenas propriedades, em escala experimental, para transferência de tecnologia para agricultura familiar e pequenos produtores rurais (CORDEIRO et al., 2009; AZEVEDO et al., 2009; PALHETA et al., 2014). Há incertezas e questionamentos sobre a viabilidade produtiva e econômica do paricá em sistema agroflorestal em escala comercial, considerando as atividades de implantação e manutenção (MARTORANO et al., 2016).

Sistemas agroflorestais conduzidos com paricá em escala comercial devem ser cuidadosamente planejados. Os custos de implantação representam em média 85% do custo total do sistema, considerando horizonte de planejamento de cinco anos (CORDEIRO et al., 2009). Erros nas estimativas dos custos das atividades de implantação podem inviabilizar o projeto.

Quando se busca alcançar produtividade superior, minimizar os riscos de investimento e reduzir custos na implantação e manutenção de sistemas agroflorestais as atividades devem ser integradas. Nas operações de preparo do solo, o manejo de fertilizantes, o uso de inoculantes e as formulações de defensivos fitossanitários devem ser definidas considerando todas as culturas do sistema (OLIVEIRA NETO et al., 2010; SILVA et al., 2016).

Dentre os métodos de preparo do solo, a aração/gradagem em área total tem sido o mais empregado, visto que facilita o plantio e favorece a brotação e desenvolvimento radicular dos componentes do sistema (VIEIRA et al., 2006; SARTORI et al., 2016; SILVA et al., 2016).

Entretanto, a subsolagem na linha de plantio do componente arbóreo alcança camadas compactadas mais profundas do que na aração/gradagem, o que pode contribuir para o desenvolvimento radicular em maiores profundidades (SALVADOR et al., 2009; FERNANDES et al., 2012; PESINI et al., 2014) e reduzir a competição por recursos de crescimento no solo com culturas que apresentam maior volume radicular nas camadas superficiais (PAUL e WEBER, 2016).

A subsolagem na linha de plantio do paricá em sistema agroflorestal realizada juntamente com as operações de aração/gradagem em área total gera aumento médio de 70% nos custos de preparo do solo. Os efeitos da subsolagem no crescimento e na produção do paricá são desconhecidos, indicando necessidade de pesquisas.

Quando se trata do manejo de fertilizantes no cultivo de paricá em sistemas agroflorestais, devem ser consideradas algumas condições. O custo de fertilizantes para o paricá representa cerca de 54% do custo total de implantação da espécie. A adubação de base e de cobertura são tratos culturais considerados essenciais para melhoria do desenvolvimento do paricá nos primeiros estágios de crescimento (CAIONE et al., 2012; CARVALHO et al., 2016; BRITO et al., 2017).

Embora o paricá responda positivamente à fertilização do solo, estudos mostram que o paricá é capaz de desenvolver em solos de baixa fertilidade, o que leva a maioria dos produtores motivados por reduzir custos a não utilizarem fertilizantes na implantação e manutenção da espécie (AMATA, 2009; RODRIGUES et al., 2016).

Em relação à aplicação de inoculantes no cultivo de paricá, Siviero et al. (2008) avaliaram seu crescimento até 390 dias de idade, em Dom Eliseu, PA, com aplicação de fungos micorrízicos arbusculares associados a bactérias fixadoras de nitrogênio. Observou-se que a presença de micro-organismos estimulou significativamente o crescimento das plantas em comparação àquelas não inoculadas, indicando que combinações microbianas são eficazes em estimular o crescimento inicial do paricá, porém sendo necessário investigar se o estímulo ocorre até a idade de colheita.

Os tratos culturais como a aplicação de fertilizantes, inoculantes e defensivos, e o preparo do solo realizados para a implantação e manutenção de culturas agrícolas em sistemas agroflorestais podem substituir algumas práticas de manejo do paricá em monocultivo, reduzir custos e favorecer a sobrevivência e o crescimento do paricá (MARTORANO et al., 2016).

Com a inserção de cultivos agrícolas em consórcio com paricá espera-se reduzir os riscos de insucesso, sendo importante utilizar métodos de avaliação econômica para

compreender e mensurar os riscos e a rentabilidade (ARAÚJO et al., 2015; CORDEIRO et al., 2018).

Os métodos de avaliação econômica mais utilizados para sistemas agroflorestais são: valor presente líquido, taxa interna de retorno, valor anual equivalente, razão benefício/custo, custo médio de produção e valor esperado da terra (REZENDE e OLIVEIRA, 2013; NOGUEIRA et al., 2015).

No entanto, estudos indicam que a taxa interna de retorno não é recomendada em tomadas de decisões de projetos agroflorestais, visto que possuem, de modo geral, horizontes de planejamentos com alternâncias de custos e receitas (inversão de sinal no fluxo de investimento), não fornecendo a real taxa de retorno do investimento (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2010; SVIECH e MANTOVAN, 2013).

Estes métodos consideram a variação do valor do capital no tempo e tornam comparáveis custos e receitas que ocorrem em momentos diferentes (ALMEIDA et al., 2017; PAULA et al., 2017). Entretanto, por mais consistentes e precisas que sejam, as estimativas financeiras de um projeto agroflorestal geradas pelos métodos de avaliação econômica mencionados estão passíveis de riscos e incertezas (CORDEIRO, 2010; FABRINI, 2011), sendo importante a complementação com análises de riscos de investimento.

Dentre os riscos associados aos investimentos em sistemas agroflorestais, cita-se a forte influência de fatores relacionados a fenômenos meteorológicos (inundações, secas, vendavais, entre outros) e biológicos (pragas e doenças), além do fator produtividade das culturas e do fator mercadológico, uma vez que pode ocorrer, durante o horizonte de planejamento, alterações no cenário econômico internacional, nacional ou regional e, conseqüentemente, na taxa de juros, custo de produção e preço de venda dos produtos, provocando mudanças nas estimativas do projeto (SOUZA NETO et al., 2008; COSENZA et al., 2016).

As tomadas de decisão no planejamento de projetos agroflorestais colocam o investidor em uma situação de risco quando há a possibilidade de determinado evento indesejável ocorrer. Para avaliar o risco de determinado evento é preciso avaliar a probabilidade de sua ocorrência (TIMOFEICZYK JUNIOR et al., 2017; WEIMANN et al., 2017). Para análises de riscos, basicamente, tem-se as opções de análise de sensibilidade e de simulação (SILVEIRA et al., 2017; FITZPATRICK, 2018).

Havendo interesses em sistemas agroflorestais envolvendo paricá, visando produção mais eficiente e sustentável de madeira e alimento, estudos sobre efeitos de práticas de manejo do solo no crescimento, na rentabilidade e no risco de investimento

do paricá são importantes, visando auxiliar nas tomadas de decisões técnicas e econômicas.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento e a produção do paricá, sua rentabilidade e o risco de investimento em sistema agroflorestal com soja/milho com práticas de subsolagem, adubação e inoculação, no município de Ulianópolis, Pará.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. H. F.; CORDEIRO, S. A.; PEREIRA, R. S.; COUTO, L. C.; LACERDA, K. W. S. Viabilidade econômica da produção de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 1, p. 9-15, 2017.

AMATA. **Revisão sobre Paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber Ex Ducke**. São Paulo: AMATA S/A - Inteligência da floresta viva. 106p. 2009.

ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; BARBOSA, M. V. R.; BRITO, W. C.; CORDEIRO, S. A. Rentabilidade de plantios de acácia-australiana e de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no Sudoeste do Piauí. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 4, p. 268-275, 2015.

AZEVEDO, C. M. B. C.; VEIGA, J. B.; YARED, J. A. G.; MARQUES, L. C. T. Desempenho de espécies florestais e pastagens em sistemas silvipastoris no Estado do Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 60, edição especial, p. 57-65, 2009.

BLANCHER, T.; VASCONCELOS, S. S.; CAPELA, C.; KATO, O. R. Produção de serapilheira em sistemas agroflorestais em Tomé-Açu, Amazônia Oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., Belém, 2011, **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011.

BRITO, V. N.; TELLECHEA, F. R. F.; HEITOR, L. C.; FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de paricá. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 485-497, 2017.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213-221, 2012.

CARVALHO, A. O.; BERGAMIN, A. C.; EVARISTO, A. P.; NEVES, A. H. B.; CARMO, C. C. A.; JUNIOR, J. N. S. G. Initial growth of paricá (*Schizolobium amazonicum*) seedlings under different nitrogen doses. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 2, p. 112-115, mar./abr. 2016.

CARVALHO, A. R. **Método Monte Carlo e suas aplicações**. 2017. 124p. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática), Universidade Federal de Roraima/UFRR, Boa Vista, 2017.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Colombo: Embrapa Florestas, 640p. 1994.

CARVALHO, P. E. R. **Paricá (*Schizolobium amazonicum*).** Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 8p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 142).

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKKE, B. H. **Análise de investimentos.** 11. ed. São Paulo: Atlas. 432p. 2010.

COELHO, R. A. S.; MATSUMOTO, S. N.; LEMOS, C. L.; SOUZA, F. A. Nível de sombreamento, umidade do solo e morfologia do cafeeiro em sistemas agroflorestais. **Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 1, p. 95-102, 2010.

COELHO, T. A. V.; UKAN, D.; GOMES, G. S.; DUIN, I. M. Incidência de insetos-praga em sistema agroflorestal multiestrata na Região Centro-Sul do Paraná. **BIOFIX Scientific Journal**, Curitiba, v. 2 n. 2, p. 86-92 2017.

CORDEIRO, I. M. C. C.; SANTANA; LAMEIRA, O. A.; SILVA, I. M. Avaliação econômica dos sistemas de cultivo com *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (paricá) e *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L.B.Smith) *Coppus* e Leal (curauá) no município de Aurora do Pará (PA), Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracaibo, v. 2, n. 3, p. 243-265, 2009.

CORDEIRO, I. M. C. C.; BARROS, P. L. C.; LAMEIRA, O. A.; FILHO, A. B. G. Avaliação de plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará - PA (Brasil). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 679-687, jul.-set. 2015.

CORDEIRO, S. A. **Avaliação econômica e simulação em sistemas agroflorestais.** 2010. 96f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, 2010.

CORDEIRO, S. A.; SILVA, M. L.; OLIVEIRA NETO, S. N.; OLIVEIRA, T. M. Simulação da variação do espaçamento na viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n. 1, p. 1-8, 2018.

COSENZA, D. N.; OLIVEIRA NETO, S. N.; JACOVINE, L. A. G.; RODRIGUES, C. R.; RODE, R.; SOARES, V. P.; LEITE, H. G. Avaliação econômica de projetos de sistemas agroflorestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 527-536, out./dez. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises do solo.** 3. ed. revisada e ampliada – Brasília, DF: Embrapa, 573p. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3. ed. revisada e ampliada – Brasília, DF: Embrapa, 353p. 2013.

FABRINI, K. L. **Teoria das opções reais: uma abordagem para análise de investimento em expansão do sistema elétrico.** 2011. 129p. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2011.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; SANTINATO, ROBERTO. Utilização da subsolagem na redução da compactação do solo para produção de café cultivado no Cerrado Mineiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 2, p. 1648-1656, 2012.

FITZPATRICK, D. **Monte Carlo Analysis - Analog Design and Simulation Using OrCAD Capture and PSpice**. 2. ed. Cambridge: Newnes, 438p. 2018.

GALEÃO, R.; MARQUES, L.; YARED, J.; FERREIRA, C. Paricá (*Schizolobium amazonicum* huber): espécie florestal de uso múltiplo com alto potencial para reflorestamento na Amazônia brasileira. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 44, n. 1, p. 157-162, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, Mapa de Vegetação do Brasil, 2004. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em: 29 out. 2017.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBA. Brasília, 2017. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2018.

MARQUES, C. L. T. **Comportamento inicial de paricá, tatajuba e eucalipto, em plantio consorciado com milho e capim-marandu, em Paragominas, Pará**. 1990. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

MARTORANO, L. G.; SIVIERO, M. A.; TOURNE, DAIANA C. M.; VIEIRA, S. B.; FITZJARRALD, D. R.; VETTORAZZI, C. A.; BRIENZA JUNIOR, S.; YEARED, J. A. G.; MEYERING, E.; LISBOA, L. S. Agriculture and forest: A sustainable strategy in the Brazilian Amazon. **Australian Journal of Crop Science**, Southern Cross, v. 10, n. 3, p. 1136-1143, 2016.

MENDES, F. A. T. Avaliação de modelos de sistemas agroflorestais estabelecidos em pequenas propriedades selecionadas no município de Tomé-Açu, Estado do Pará. In: **Economia do cacau na Amazônia**. Belém: UNAMA, p. 189-226. 2005.

MORAES JÚNIOR, R. J.; GARCIA, A. R.; SANTOS, N. F. A.; NAHÚM, B. S.; LOURENÇO JUNIOR, J. B.; ARAÚJO, C. V.; COSTA, N. A. Conforto ambiental de bezerros bubalinos (*Bubalus bubalis* Linnaeus, 1758) em sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 4, p. 629-640, 2010.

NOGUEIRA, R. F.; CORDEIRO, S. A.; LEITE, A. M. P.; BINOTI, M. L. M. S. Mercado de borracha natural e viabilidade econômica do cultivo da seringueira no Brasil. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 2 p. 143-149, 2015.

OLIVEIRA NETO, S. N.; VALE, A. B.; NACIF, A. P.; VILAR, M. B.; ASSIS, J. B. **Sistema Agrossilvipastoril - Integração Lavoura, Pecuária e Floresta**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais - SIF, v. 01, 190p. 2010.

PALHETA, I. C.; GOMES, C. A. S.; LOBATO, G. J. M.; DE PAULA, M. T.; PONTES, A. N. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal no município de Santa Bárbara-PA. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 1947-1956, 2014.

PAULA, C.; WEBER, M.; KNOKE, T. Agroforestry versus farm mosaic systems – Comparing land-use efficiency, economic returns and risks under climate change effects. **Science of The Total Environment**, Barcelona, v. 588, n. 6, p. 22-35. 2017.

PAUL, C.; WEBER, M. Effects of planting food crops on survival and early growth of timber trees in eastern Panama. **New Forests**, West Lafayette, v. 47, n. 1, p. 53-72, 2016. doi:10.1007/s11056-015-9477-5

PEREIRA, A. P.; MELO, C. F. M.; ALVES, S. M. O. paricá (*Schizolobium amazonicum*), características gerais da espécie e suas possibilidades de aproveitamento na indústria de celulose e papel. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, Campos do Jordão, 1982. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal. 1982. p.1340-1344.

PESINI, F.; ROSA, D. P.; SANTOS, C. C.; FINCATTO, D.; PAGNUSSAT, L.; BRUINSMA, M. L. Uso de subsolador como técnica de melhoria física de um solo sob sistema plantio direto em Sertão (RS). **RAMVI**, Getúlio Vargas, v. 1, n. 1, p. 1-11, jan./jun. 2014.

PINTO NETO, J. N.; ALVARENGA, M.; CORRÊA, M.; OLIVEIRA, C. Efeito das variáveis ambientais na produção de café em um sistema agroflorestal. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 187-195, 2014.

QUIZEN, R. C.; ROSSI, L. M. B.; VIEIRA, A. H. **Utilização da bandarra (*Schizolobium amazonicum*) em sistemas agroflorestais**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1999. 38p. (Embrapa Rondônia, Circular Técnica, 5).

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 385p. 2013.

RIBEIRO, G. D. **Avaliação preliminar de sistemas agroflorestais no projeto Água-Verde, ALBRÁS, Barbacena, Pará**. 1997. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1997.

RODRIGUES, P. G.; RUIVO, M. L. P.; PICCININ, J. L.; JARDIM, M. A. G. Contribuição dos atributos químicos do solo no desenvolvimento vegetativo do paricá em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 59-68, 2016.

RONDON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 573-576, 2002.

ROSSI, L. M. B.; QUISEN, R. C. *Schizolobium amazonicum* Ducke: a multipurpose tree in Rondonia, Brazil. In: ALTERNATIVES TO SLASH-AND-BURN ANNUAL REVIEW MEETING, 6., Bogo, 1997. **Posters Abstracts...** Nairobi: ICRAF, 1997.

- SALVADOR, N.; BENEZ, S. H.; MION, R. L. Demanda energética na subsolagem realizada antes e depois de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2501-2505, 2009.
- SANTOS, E. M. **Crescimento e produção de plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) sob diferentes espaçamentos**. 2012. 89p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.
- SARTORI, G. M. S.; DAVID, E. M. R.; DONATO, G.; COELHO, L. L.; AIRES, N. P.; ARAMBURU, B. B. Sistemas de preparo do solo e de semeadura no rendimento de grãos de soja em área de várzea. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 3, p. 492-498, 2016.
- SCHWARTZ, G.; PEREIRA, P. C. G.; SIVIERO, M. A.; PEREIRA, J. F.; RUSCHEL, ADEMIR R.; YARED, J. A. G. Enrichment planting in logging gaps with *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby: A financially profitable alternative for degraded tropical forests in the Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 390, n. 2, p. 166-172, 2017.
- SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. Efeito do cultivo de paricá em sistemas integração lavoura-pecuária-floresta sobre as propriedades físicas e teor de matéria orgânica de um Latossolo Amarelo. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 10, n. 1, p. 53-61, 2016.
- SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; SILVEIRA FILHO, A.; SALES, A. **Incidência de danos em espécies florestais causados por bovinos em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2017. 28p. (Embrapa Amazônia Oriental, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 122).
- SILVA, J. A. R.; ARAÚJO, A. A.; LOURENÇO JUNIOR, J. B.; SANTOS, N. F. A.; GARCIA, A. R.; NAHUM, B. S. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1364 -1371, 2011.
- SILVEIRA, R.; SILVA, G.; BINOTI, D.; MANHÃES, L.; GONÇALVES, A.; ARAGÃO, M. Custos da produção de madeira de paricá na região de Paragominas, PA. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 92, p. 597-604, 2017. <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.92.1508>
- SIVIERO, M. A.; MOTTA, A. M.; LIMA, D. S.; BIROLI, R. R.; HUH, S. Y.; SANTINONI, I. A.; MURATE, L. S.; CASTRO, C. M. A.; MIYAUCHI, M. Y. H.; ZANGARO, W.; NOGUEIRA, M. A.; ANDRADE, G. Interaction among N-fixing bacteria and AM fungi in Amazonian legume tree (*Schizolobium amazonicum*) in field conditions. **Applied Soil Ecology**, Firenze, v. 39, n. 2, p. 144-152. 2008.
- SOUZA, C. R.; ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P.; VIEIRA, A. H. **Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003. 12p. (Embrapa Amazônia Ocidental, Circular Técnica, 18).

SOUZA, D. B.; CARVALHO, G. S.; RAMOS, E. J. A. **Paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2005. 2p. (Embrapa Amazônia Ocidental, Informativo Técnico, 13).

SOUZA NETO, J. A.; BERGAMINI JUNIOR, C.; OLIVEIRA, V. O. **Opções Reais: introdução à teoria e à prática**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 100p. 2008.

SUDAM-DRN/EMBRAPA-SNLCS. **Estudos climáticos do estado do Pará, classificação (Köppen) e deficiência hídrica (Thorntwaite, Mather)**. Belém, PA: Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia, 53p. 1993.

SVIECH, V.; MANTOVAN, E. A. Análise de investimentos: controvérsias na utilização da TIR e VPL na comparação de projetos. **Percursos**, Curitiba, v. 1, n. 13, p. 239-269, 2013.

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.

TONINI, H.; PEREIRA, M. R. N.; ARCO-VERDE, M. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. M. **Seleção de equações para o paricá (*Schizolobium amazonicum* huber ex ducke)**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2005. 19p. (Embrapa Roraima, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 4).

VIEIRA, A. H.; LOCATELLI, M.; FRANÇA, J. M.; CARVALHO, J. O. M. **Crescimento de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby sob diferentes níveis de nitrogênio, fósforo e potássio**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2006. 17p. (Embrapa Rondônia, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 31).

VIEIRA, T. A.; ROSA, L. S.; VASCONCELOS, P. C. S.; SANTOS, M. M.; MODESTO, R. S. Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 4, p. 549-557, 2007. <https://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000400010>

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 Floresta Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 92, p. 429-436, out./dez. 2017.

CAPÍTULO 1

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE PARICÁ EM FUNÇÃO DO MANEJO DO SOLO EM SISTEMA AGRISILVICULTURAL

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a estratégia de indústrias do setor de produção de lâminas e painéis de compensado tem sido investir na implantação de cultivos de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) motivadas pela dificuldade em aprovar planos de manejo para condução da espécie em florestas inequidistantes e a alta demanda por sua madeira (AMATA, 2009; SILVEIRA et al., 2017).

A espécie desperta maior interesse nas regiões norte e nordeste do Brasil, principalmente nos estados do Pará e Maranhão, em razão do rápido crescimento, fuste retilíneo, desrama natural, grande oferta de sementes, facilidade de produção de mudas e madeira de coloração clara, homogênea e sem nó, valorizada no mercado interno e externo (SOUZA et al., 2005; SANTOS, 2012).

Até 2016, o paricá foi a quinta espécie arbórea mais cultivada no Brasil, com aproximadamente 91 mil hectares plantados (IBA, 2017). A principal finalidade da madeira de paricá é a produção de lâminas e painéis de compensado devido à baixa frequência de defeitos e alto fator de forma das toras, que reflete no aumento do rendimento em lâminas de qualidade (IWAKIRI et al., 2011; MODES et al., 2014). O rendimento na laminação está diretamente associado com o crescimento em diâmetro das árvores de paricá (SILVA et al., 2015; MODES, 2016).

O crescimento do paricá é afetado pelo arranjo espacial, manejo do solo e consórcio com culturas agrícolas e florestais (RODRIGUES et al., 2016; SILVA e SALES, 2018). Estudos com paricá em monocultivos e em sistemas agroflorestais, em diferentes arranjos e condições edafoclimáticas, indicam diferenças significativas no crescimento e produção (SOARES e CRUZ, 2016; MIRANDA et al., 2016).

O paricá pode apresentar crescimento e produção superior em sistemas agroflorestais quando comparado com monocultivos, o que pode estar relacionado com o manejo destes sistemas (CORDEIRO et al., 2015; SILVA e SALES, 2018).

Em sistemas agroflorestais, as práticas de manejo do solo devem ser definidas visando beneficiar todas as culturas do sistema, destacando-se para o preparo do solo, o controle fitossanitário e o manejo de fertilizantes e inoculantes (MARTORANO et al., 2016; FRANCO et al., 2017; LIU et al., 2017; HUBER et al., 2018).

O preparo do solo com aração/gradagem tem sido amplamente utilizado em sistemas agroflorestais com paricá, visando promover melhores condições para o crescimento das culturas (CORDEIRO et al., 2015). Entretanto, a subsolagem na linha de plantio do componente arbóreo pode substituir a aração/gradagem, favorecendo o crescimento radicular em maiores profundidades (PAUL e WEBER, 2016; GONÇALVES et al., 2017).

Em relação ao manejo da adubação em cultivos de paricá, as informações encontradas na literatura são pouco consistentes. O crescimento do paricá é influenciado pela adubação (CAIONE et al., 2012; CARVALHO et al., 2016), em contrapartida, a espécie tem boa adaptabilidade a solos de baixa fertilidade (AMATA, 2009; RODRIGUES et al., 2016).

O uso de inoculantes em cultivos de paricá tem demonstrado que combinações microbianas estimulam crescimento inicial de plantas em comparação com o crescimento inicial de plantas não inoculadas (SIVIERO et al., 2008; BRITO et al., 2017), sendo necessário verificar se o efeito de inoculantes no crescimento do paricá permanecem até a rotação técnica ou econômica.

Apesar do crescente interesse pelo cultivo de paricá visando mercado de lâminas e painéis de compensado, informações sobre o crescimento e produção em sistemas agroflorestais associado às atividades de manejo do solo são incipientes, indicando necessidade de pesquisas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a produção do paricá em sistema agroflorestal com soja/milho em função de práticas de subsolagem, adubação, inoculação, no município de Ulianópolis, Pará.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido na Fazenda Jaspe (altitude 160 m, 4°0'58"S e 47°52'32"W), pertencente ao Grupo Florestal Arboris, localizada no município de Ulianópolis, mesorregião Sudeste do Pará, Brasil (Figura 1).

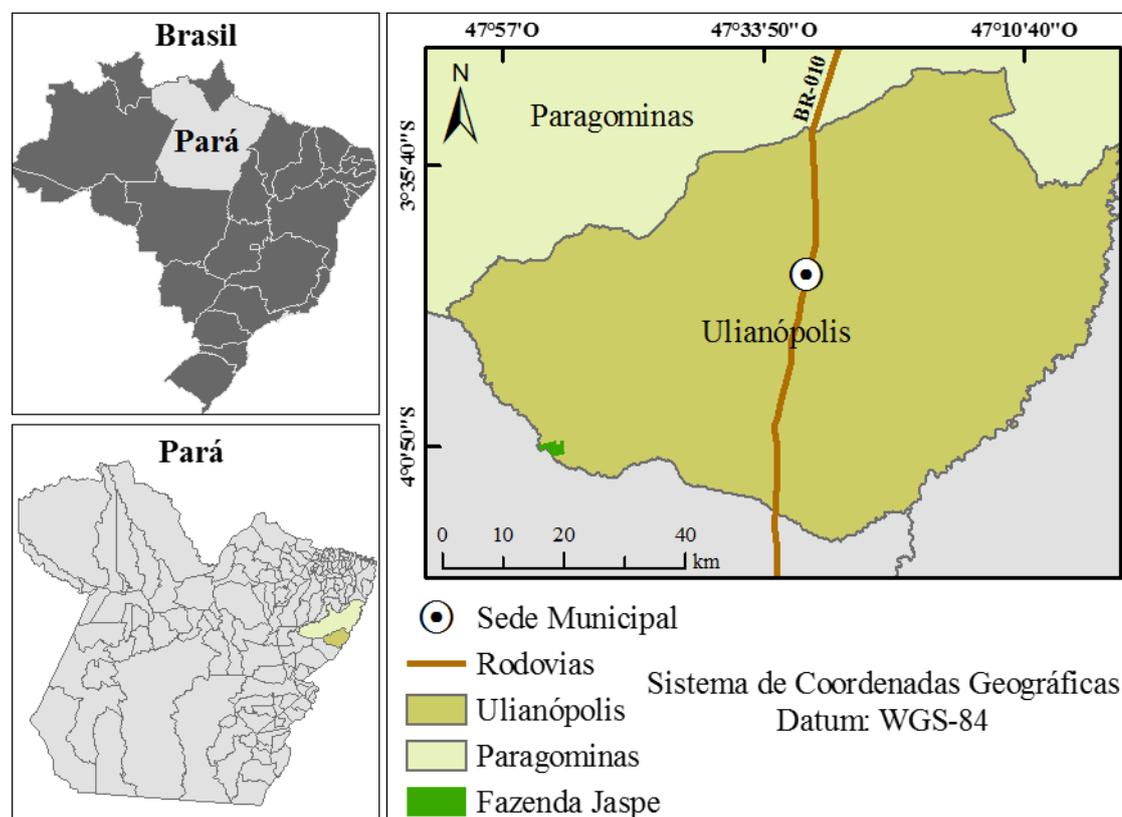


Figura 1. Localização da Fazenda Jaspe, em Ulianópolis, Pará, Brasil.

A vegetação original da fazenda era constituída por Floresta Tropical Densa submontana (IBGE, 2004). O clima é classificado como mesotérmico e úmido, tipologia climática Aw (Classificação de Köppen). O tipo de solo predominante é o Latossolo Amarelo textura argilosa e o relevo plano a suavemente ondulado (VELOSO et al., 1991; SUDAM, 1993; EMBRAPA, 2013).

A temperatura média anual é de 27 °C, com umidade relativa do ar média variando entre 42 e 92%. A precipitação pluviométrica média anual é de 2.000 mm, com estação chuvosa de dezembro a maio (INMET, 2018). Os dados de temperatura, precipitação pluviométrica e balanço hídrico, referentes ao período de realização do experimento (janeiro de 2015 a janeiro de 2018), estão apresentados na Figura 2.

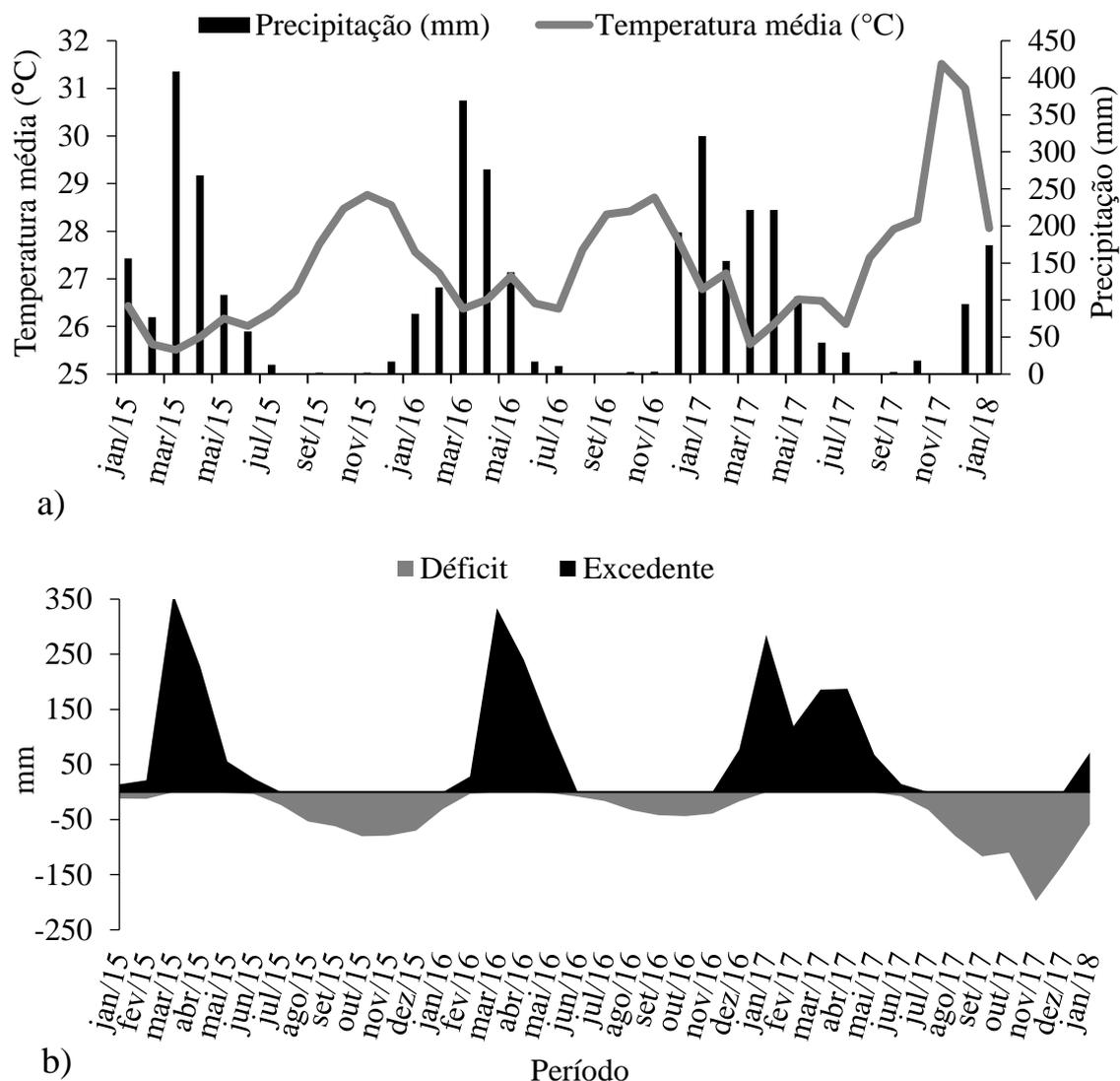


Figura 2. Temperatura média do ar e precipitação pluviométrica (a), extrato do balanço hídrico (b), durante o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2018, na região de Paragominas, PA. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2018).

2.2 Descrição do experimento

O experimento foi instalado em sistema composto por paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) consorciado com soja (*Glycine max* (L.) Merr.), no primeiro ano, e milho (*Zea mays* L.) no segundo, sendo caracterizado como um sistema taungya.

A área onde o experimento está localizado foi desflorestada antes de 1995 e submetida ao cultivo de plantas forrageiras para criação de gado de corte em sistema extensivo até 2004 (Tabela 1). Entre os anos 2004 e 2011 não houve atividade na área, ficando a mesma em repouso. Nos anos seguintes, até 2014, houve cultivo convencional de arroz e soja.

Tabela 1. Histórico da área experimental, em Ulianópolis, PA

Ano	Componentes vegetais do sistema	Caracterização da Área
1970	Área com várias espécies	Remoção da floresta nativa
1971	<i>Panicum maximum</i> cv. colômbio	Implantação da pastagem
1971-1979	<i>Panicum maximum</i> cv. colômbio	Não manejada
1980	<i>Brachiaria humidicola</i>	Renovação da pastagem
1980-2000	<i>Brachiaria humidicola</i>	Não manejada
2001	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. marandu	Renovação da pastagem
2001-2004	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. marandu	Não manejada
2004-2011	Área em regeneração	Pousio
2011-2013	<i>Oryza sativa</i>	Cultivo convencional
2013-2014	<i>Glycine max</i>	Cultivo convencional

Fonte: Grupo Florestal Arboris.

Em 2015, antes da implantação do experimento, foram realizadas análises químicas e físicas de amostras do solo retiradas na profundidade de 0-20 cm, utilizando a metodologia proposta pela EMBRAPA (2017) (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos químicos e físicos de amostras do solo da área experimental na camada de 0-20 cm, em Ulianópolis, PA

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Areia	Silte	Argila
H ₂ O	dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
5,01	3,39	4,33	95,92	2,23	0,81	0,47	5,70	56	284	660
N	Mn	Fe	Zn	Cu	Na	SB	t	T	V	m
%	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	%	%
0,36	33,71	55,38	9,43	5,28	0,13	3,41	3,87	9,10	35,67	15,13

MO = Matéria Orgânica; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; Al = Alumínio; H+Al = Hidrogênio + Alumínio. N = Nitrogênio; Mn = Manganês; Fe = Ferro; Zn = Zinco; Cu = Cobre; Na = Sódio; SB = Soma de bases; t = Capacidade de Troca de Cátions efetiva; T = Capacidade de Troca de Cátions a pH 7; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio.

Para implantação do sistema agroflorestal foi realizado preparo do solo em área total com aração e gradagem, aplicação de 2.000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 95%) para elevar a saturação por bases do solo a 60%, e dessecação pré-plantio com glifosato (2 L ha⁻¹).

O plantio do paricá e da soja ocorreram simultaneamente, em janeiro de 2015, e o do milho em fevereiro de 2016. O paricá foi plantado em espaçamento 5 x 2 m com densidade de 1.000 árvores ha⁻¹. A soja e o milho foram cultivados nas entrelinhas do paricá.

O plantio da soja (cultivar AN93101) foi realizado no espaçamento de 0,45 x 0,08 m, totalizando 80% da área ocupada pelo cultivo e densidade aproximada de 278 mil plantas ha⁻¹. O milho foi plantado no espaçamento de 0,70 x 0,23 m, perfazendo 56% da área ocupada pelo cultivo e densidade média de 62 mil plantas ha⁻¹ (Figura 3).

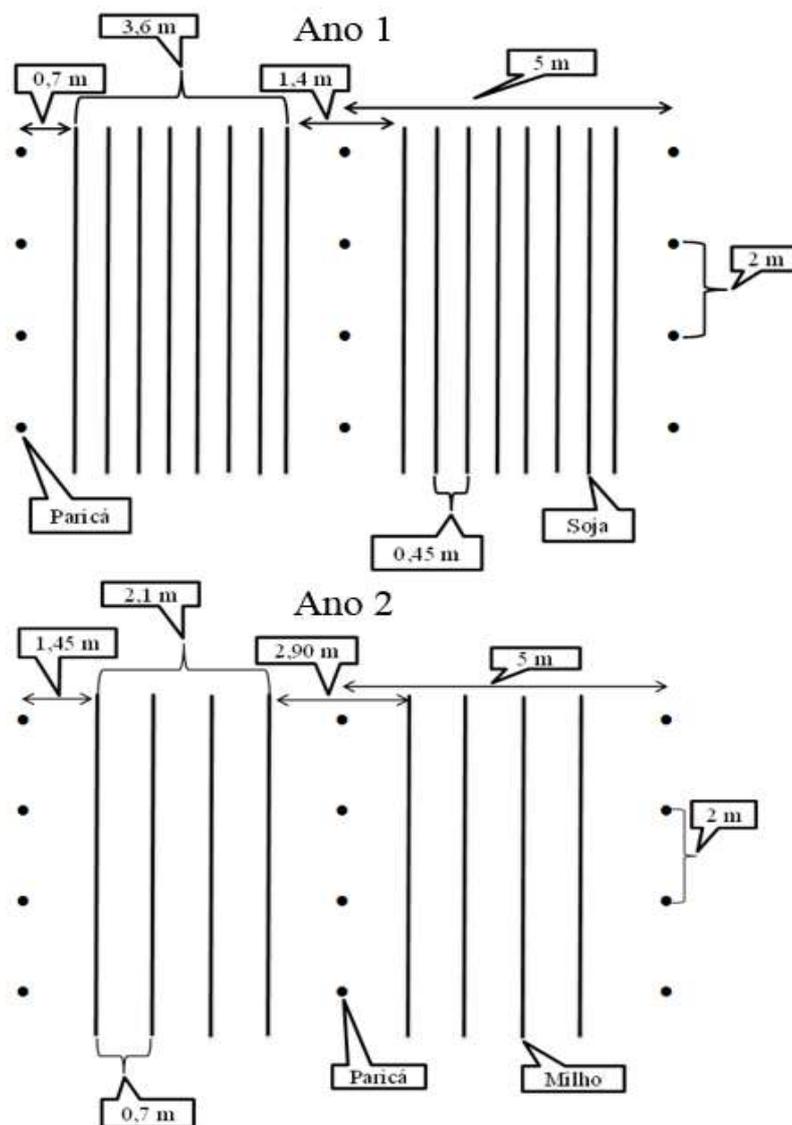


Figura 3. Arranjo espacial das culturas de soja (ano 1) e milho (ano 2) em sistema agroflorestal com paricá, em Ulianópolis, PA.

O plantio do paricá foi realizado por semeadura direta, com três sementes por planta, com replantio realizado 15 dias após a semeadura. O primeiro desbaste foi realizado aos 60 dias e o segundo aos 150 dias, sendo mantida a planta mais vigorosa. Aos 90 dias foi efetuada a capina manual (coroamento) ao redor das plantas em raio de 50 cm. O controle de formigas cortadeiras foi realizado com aplicação de 10 g de isca, à base de sulfluramida, por m^2 de terra solta no carreiro próximo aos olheiros dos formigueiros.

O plantio da soja foi realizado juntamente com a adubação de base mediante aplicação de 400 kg ha^{-1} de NPK, na formulação 02-25-20, em filete contínuo nas linhas de plantio da mesma. Após 30 dias foi feita adubação de cobertura com aplicação foliar de 7 L ha^{-1} de macro e micronutrientes (5% de N, 8% de P_2O_5 , 5% de K_2O , 10% de Ca, 5,6% de Mg, 0,4% B, 0,2% de Cu, 10,5% de Mn e 1% de Zn).

O controle fitossanitário do cultivo da soja foi conduzido de acordo com recomendação técnica para cultura, com aplicações periódicas de inseticidas, herbicidas e fungicidas. A colheita foi realizada mecanicamente em abril de 2015.

Para o plantio do milho foi realizado preparo do solo com aração e gradagem nas entrelinhas do paricá. O milho foi semeado simultaneamente à aplicação de 200 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 10-28-20, em filete contínuo nas linhas de plantio do mesmo. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após o plantio, com 200 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 20-00-20, em filete contínuo próximo às linhas de plantio do milho. O controle fitossanitário foi realizado conforme recomendação técnica, havendo aplicação periódica de herbicida. A colheita foi realizada mecanicamente em junho de 2016.

2.3 Tratamentos

Foram avaliados seis tratamentos combinando práticas de manejo do solo utilizadas na implantação e condução do paricá, sendo um hectare destinado para cada tratamento:

- **T1** - subsolagem + adubação de base + adubação de cobertura + inoculação + consórcio com soja/milho;
- **T2** - **sem** subsolagem + adubação de base + adubação de cobertura + inoculação + consórcio com soja/milho;
- **T3** - subsolagem + **sem** adubação de base + adubação de cobertura + inoculação + consórcio com soja/milho;
- **T4** - subsolagem + adubação de base + **sem** adubação de cobertura + inoculação + consórcio com soja/milho;
- **T5** - subsolagem + adubação de base + adubação de cobertura + **sem** inoculação + consórcio com soja/milho;
- **T6** - **sem** subsolagem + **sem** adubação de base + **sem** adubação de cobertura + **sem** inoculação + **sem** consórcio com soja/milho.

A subsolagem foi realizada nos tratamentos T1, T3, T4 e T5, na linha de plantio do paricá, com subsolador de haste única regulada para alcançar profundidade de 50 cm.

A adubação de base foi realizada nos tratamentos T1, T2, T4 e T5 simultaneamente à subsolagem, com aplicação de 300 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 10-30-10, em filete contínuo nas linhas de plantio do paricá por meio de implemento acoplado no subsolador. No tratamento T2 a adubação de base foi realizada simultaneamente à semeadura do paricá, com aplicação manual de 0,3 kg planta⁻¹ de NPK, na formulação supracitada.

Simultaneamente ao plantio de paricá foram aplicados 30 g planta⁻¹ de inoculante, resultado da combinação de fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum*, *Glomus intraradices* e *Glomus etunicatum*) associados com bactérias fixadoras de nitrogênio

(*Rhizobium* sp). O cultivo e as concentrações dos microrganismos foram de acordo com a recomendação de Siviero et al. (2008).

Aos 60 dias após plantio, foram realizadas operações manuais de adubação de cobertura, quando foram aplicados 200 g planta⁻¹ de sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄), em coveta lateral distante 20 cm da planta.

Para cada tratamento foram instaladas cinco parcelas de 400 m² de área, contendo 40 plantas. A localização das parcelas foi sistemática (Figura 4). As medições de diâmetro a 1,3 m de altura (*dap*) e altura total (*ht*) de todas as árvores, em cada parcela, foram realizadas aos 8, 22 e 36 meses de idade, assim como a análise de sobrevivência (%).

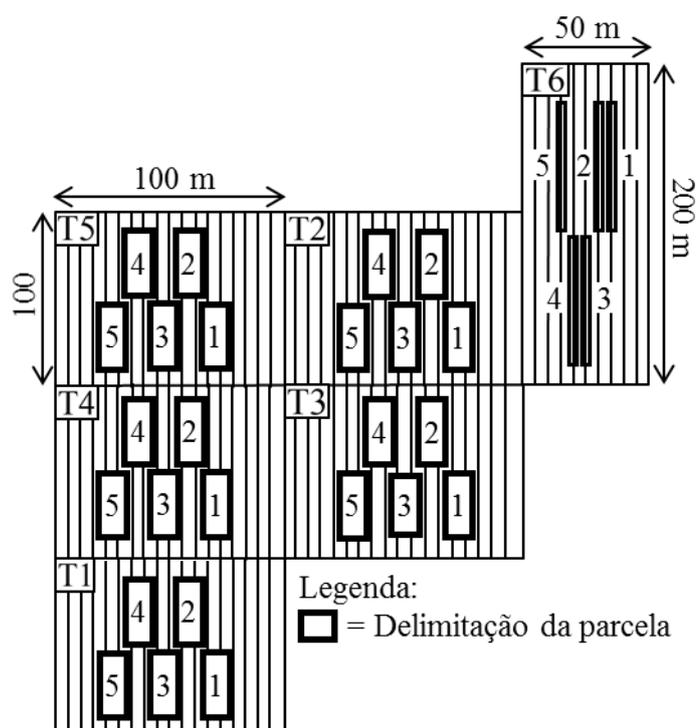


Figura 4. Croqui com delimitação das parcelas com os tratamentos referentes aos cultivos de paricá em função de práticas de manejo do solo, em Ulianópolis, PA.

2.4 Crescimento do paricá

2.4.1 Modelagem do crescimento em diâmetro e altura

O crescimento em *dap* e *ht* foi projetado em função da idade até os 60 meses, referente à idade em que os povoamentos de paricá normalmente são colhidos, por meio do ajuste do modelo de regressão não linear para árvore individual de Schumacher (TOMÉ, 2003):

$$Y_2 = Y_1 + \exp\left(\beta_0 + \frac{\beta_1}{I_2}\right) - \exp\left(\beta_0 + \frac{\beta_1}{I_1}\right) + \varepsilon$$

em que:

Y_2 = altura (m) ou diâmetro (cm) em idade futura;

Y_1 = altura (m) ou diâmetro (cm) na idade atual;

I_1 = idade atual, em meses;

I_2 = idade futura, em meses;

β_0 e β_1 = coeficientes do modelo;

ε = erro aleatório.

Os modelos foram ajustados pelo método dos mínimos quadrados, utilizando algoritmos Gauss-Newton por meio do software Stata12[®] (STATACORP, 2011).

2.4.2 Amostragem e ajuste de modelo volumétrico

Aos 36 meses, a distribuição de diâmetros em classes com amplitude de 2 cm foi utilizada para definição de árvores-amostra a serem abatidas para a cubagem rigorosa, sendo seis árvores-amostra por classe.

Foram medidos a altura total, o diâmetro com casca e a espessura da casca, nas alturas comerciais 0, 1, 2, 4, 6 m e assim por diante, até um diâmetro mínimo com casca de 4 cm. As alturas e os diâmetros foram medidos com fita métrica e a espessura de casca com régua transparente graduada em mm.

O volume de madeira, com casca, de cada árvore foi obtido empregando a fórmula de Smalian com interpolação prévia em seções de 0,1 (CAMPOS e LEITE, 2017), com $n = 100$, conforme:

$$V = \frac{h}{4^n} \left(\left(\frac{2^{2n+1} + 1}{6} \right) g_1 + \left(\frac{2^{2n+1} + 1}{6} \right) g_2 + \left(\frac{2^{2n+1} - 1}{3} \right) \sqrt{g_1 g_2} \right)$$

em que:

V = volume do tronco, em m³;

h = comprimento do tronco, em m;

n = número de interpolações lineares;

g_i = área seccional, dada por $g_i = \frac{\pi D_i^2}{40.000}$, em m².

O modelo volumétrico ajustado foi o de Leite et al. (1995):

$$V = \beta_0 \cdot dap^{\beta_1} \cdot ht^{\beta_2} + \varepsilon$$

em que:

V = volume individual, em m³;

dap = diâmetro a 1,3 m de altura, em cm;

ht = altura total, em m;

β_0, β_1 e β_2 = parâmetros do modelo;

ε = erro aleatório.

2.4.3 Critérios de avaliação das equações

Para avaliar as equações ajustadas para dap , ht e volume individual foram estimadas as seguintes estatísticas:

a) coeficiente de determinação ajustado (\bar{R}^2) (KVALSETH, 1985):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}$$

$$\bar{R}^2 = 1 - a(1 - R^2) = 1 - QMres/QMtotal, a = \frac{n-1}{n-p-1}$$

b) *Bias* (MABVURIRA e MINA, 2002; GONZÁLEZ et al., 2006; MONTY et al., 2008):

$$Bias = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)}{n}$$

c) Erro-padrão residual ($S_{y.x\%}$) (SCHNEIDER, 1998):

$$S_{y.x\%} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p-1}} \cdot \frac{100}{\bar{y}}$$

em que:

y_i = i-ésimo valor observado para a variável dependente;

\hat{y}_i = i-ésimo valor estimado para a variável dependente;

\bar{y}_i = média dos valores observados para a variável dependente;

n = número de observações;

p = número de coeficientes do modelo;

$n - 1$ = graus de liberdade do total na análise de variância da regressão;

$n - p - 1$ = graus de liberdade do resíduo obtido da análise de variância da regressão;

$QMres$ e $QMtotal$ = estimativas de variância residual e total.

Para as equações ajustadas para volume individual, foram elaborados gráficos relacionando os valores observados em relação aos estimados pelo modelo, assim como gráficos da distribuição dos erros relativos percentuais – ER% (SOARES e OLIVEIRA, 2002):

$$ER\% = \frac{(\hat{y}_i - y_i)}{y_i} \cdot 100$$

em que:

\hat{y}_i = i-ésimo valor estimado para a variável dependente;

y_i = i-ésimo valor observado para a variável dependente.

2.4.4 Análise estatística

Para as equações de volume individual ajustadas para cada tratamento, foi aplicado o teste de identidade de modelos (TIM), conforme descrito por Graybill (1976), Regazzi (1996), Queiroz et al. (2008) e Santos et al. (2017). O TIM foi aplicado com o intuito de identificar diferenças estatísticas entre os tratamentos, partindo da premissa que, para os conjuntos de dados (tratamentos) em que uma única equação possa representar a relação volumétrica, os mesmos não apresentam diferenças significativas, sendo essa considerada a hipótese nula (H_0).

O TIM fundamenta-se na significância estatística do teste F para a redução na soma de quadrados devido a parâmetros ao empregar um modelo denominado completo – SQParC (equações específicas para cada tratamento), provocada pelo emprego de um modelo reduzido - SQParR (equação única para todos os tratamentos envolvidos na comparação).

Quando a estatística $F_\alpha(p_1-p_2 \text{ e } n-p_1)$, sendo n o número total de observações e p_1 e p_2 os graus de liberdade devido a parâmetros para os modelos completo e reduzido, rejeita-se a hipótese H_0 , ou seja, as equações envolvidas são estatisticamente diferentes.

Para cada um dos modelos (completo e reduzido) foi obtida a soma de quadrados devido a parâmetros (SQParC e SQParR), dados por $\hat{\beta}'X'Y$, com p_1 e p_2 graus de liberdade.

A redução na soma de quadrados devido a H_0 é dada por $SQRH_0 = SQParC - SQParR$. Conforme mencionado, a estatística $F_{H_0} = \frac{QMRH_0}{QMres}$ foi utilizada para avaliar a H_0 . Sob normalidade, a F_{H_0} segue distribuição $F_\alpha(p_1-p_2 \text{ e } n-p_1)$. A $SQres$ é dada pela diferença $SQTnc - SQParC$, sendo $SQTnc = Y'Y$, com n graus de liberdade (GL). O n é o somatório do número de observações de todos os conjuntos de dados dos tratamentos envolvidos na análise (Anexo 1).

Foram elaborados gráficos com as curvas de crescimento em *dap*, *ht*, volume individual e produção nas idades 8, 22, 36, 48 e 60 meses. O volume individual, em cada

idade, foi obtido por meio da equação ajustada pelo modelo volumétrico mencionado anteriormente, utilizando os valores de *dap* e *ht* estimados. A produção foi calculada pela soma dos volumes das árvores sobreviventes em cada parcela multiplicados por 10.000 (m²) e divididos pela área (400 m²) da parcela.

3 RESULTADOS

A análise de sobrevivência (%) das plantas de paricá aos 8 meses indicou taxas entre 97 e 99% (Figura 5 e Anexos 2 e 3). Para a idade de 22 meses, foi verificada no T2 a maior taxa de sobrevivência de plantas (92,5%) e no T1 e T6 as menores taxas (79,5 e 79,0%, respectivamente). Aos 36 meses, houve redução da sobrevivência das plantas de paricá nos tratamentos, sendo no T2 e T4 observadas taxas superiores em comparação aos demais tratamentos, e no T1 e T5 as menores taxas de sobrevivência.

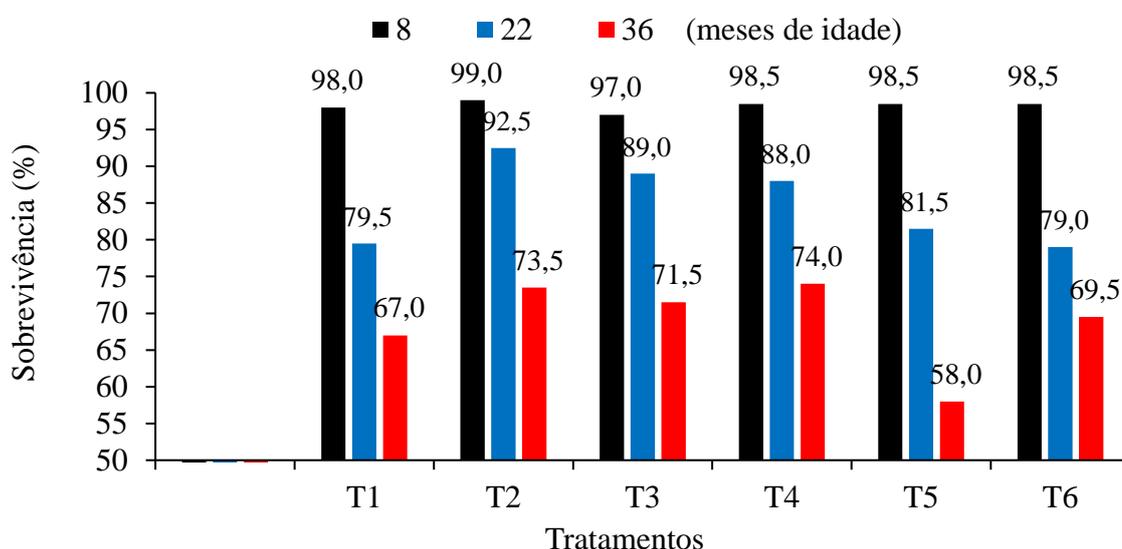


Figura 5. Sobrevivência (%) de plantas de paricá aos 8, 22 e 36 meses de idade em função dos tratamentos (T) referentes às práticas de manejo do solo.

As equações ajustadas para *dap* e *ht*, nos seis tratamentos, apresentam estatísticas (\bar{R}^2 , *Bias* e *Sy.x%*) consideradas satisfatórias. Melhores ajustes para *dap* e *ht* foram obtidos nos tratamentos T2, T3 e T6, com maiores \bar{R}^2 e menores valores de *Bias* e *Sy.x%*, seguido pelos tratamentos T1, T4 e T5, sendo todos os coeficientes das equações significativos ($p < 0,05$) (Figura 6).

O crescimento em *dap* de plantas de paricá durante o período do consórcio com soja/milho (18 primeiros meses) foi superior no T2 em relação aos demais tratamentos, sendo os menores valores observados nas plantas do T1 e T5 (Figura 6a e Anexo 2). Entretanto, com a projeção do crescimento em *dap* em idades futuras, verificou-se tendência de crescimento superior para as plantas do T6 e recuperação de crescimento

das plantas nos tratamentos T1 e T5, sendo observados valores semelhantes ao crescimento das plantas no T2.

Comportamento similar foi verificado para o crescimento em *ht* (Figura 6b e Anexo 2). Porém, a tendência de crescimento em *ht* nas idades futuras demonstra desaceleração de crescimento para as plantas do T2.

Para as estimativas de volume individual, pode-se destacar como ajustes mais precisos as equações envolvendo os tratamentos T2, T3 e T4, com maiores valores de \bar{R}^2 e menores de *Bias* e *Sy.x%*, em comparação aos demais tratamentos, sendo todos os coeficientes das equações significativos ($p < 0,05$) (Figura 7a).

Para o crescimento em volume individual e produção das plantas de paricá durante o período do consórcio com soja/milho (Figura 7 e Anexo 3), o desempenho foi similar aos observados no crescimento das plantas em *dap* e *ht* (Figura 6). Na projeção do crescimento em volume em idades futuras, foi verificada tendência de crescimento superior das plantas no T6, seguido pelas plantas do T1, T3 e T5. No T2, verifica-se maior tendência de estagnação do crescimento das plantas nas idades futuras.

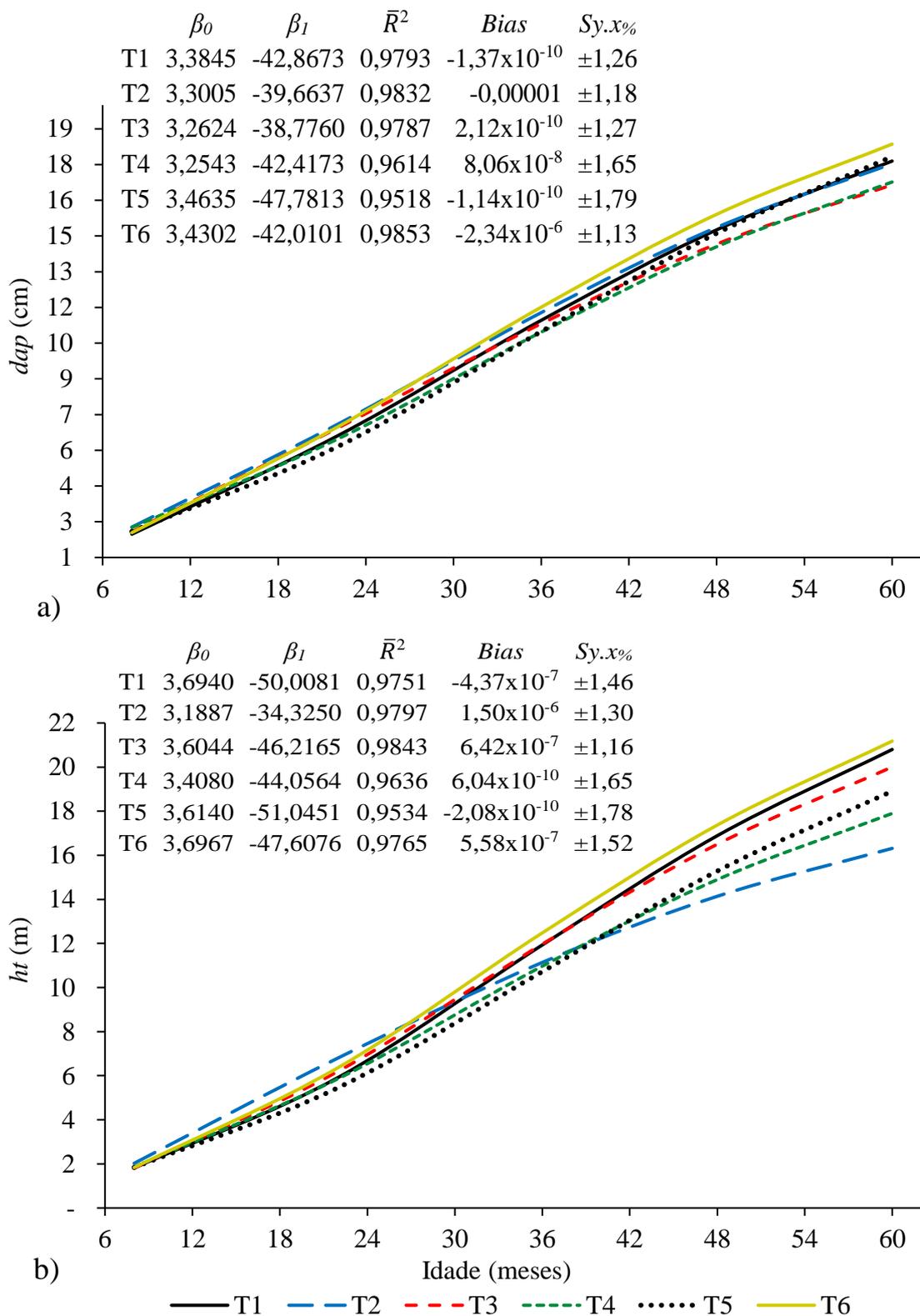


Figura 6. Estimativas e tendências de crescimento em diâmetro a 1,3 m de altura (*dap*) (a) e altura total (*ht*) (b) de plantas de paricá submetidas a práticas de manejo do solo. β_0 e β_1 = coeficientes estimados; \bar{R}^2 = coeficiente de determinação ajustado; Bias; Sy.x% = erro padrão residual (%).

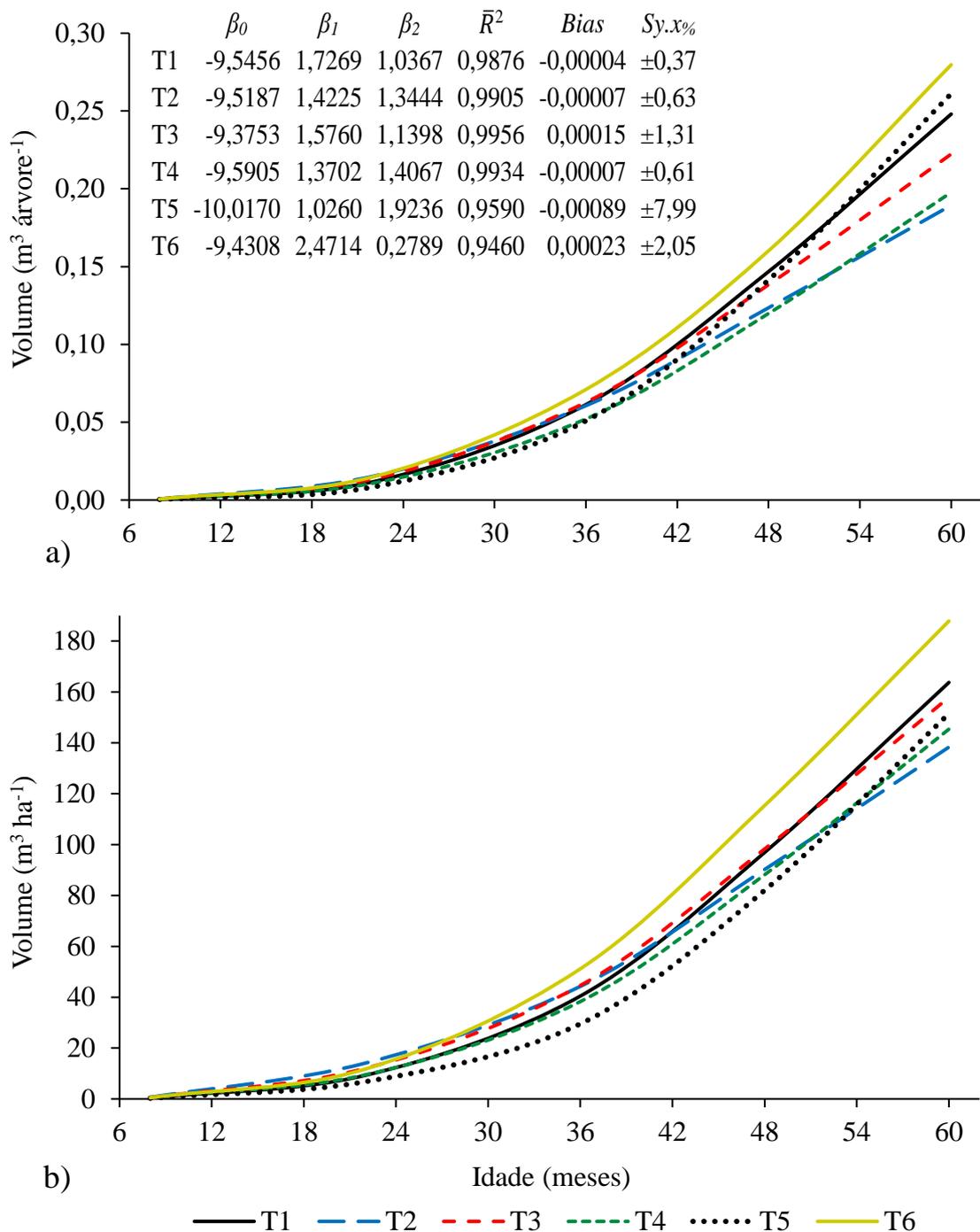


Figura 7. Estimativas e tendências de crescimento em volume individual (a) e por área (b) de paricá submetido a tratamentos com práticas de manejo do solo. β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes estimados; \bar{R}^2 = coeficiente de determinação ajustado; Bias; $Sy.x\%$ = erro padrão residual (%).

Os valores estimados em função dos valores observados para o crescimento em volume individual referentes aos seis tratamentos estão concentrados próximos da linha 1:1, indicando que foi possível estimar com precisão o volume (Figura 8). Nos tratamentos não foi observado tendências acentuadas em superestimar ou subestimar o crescimento em volume individual, embora tenha dispersão mais acentuada das árvores de maior volume nos tratamentos T1, T2, T5 e T6.

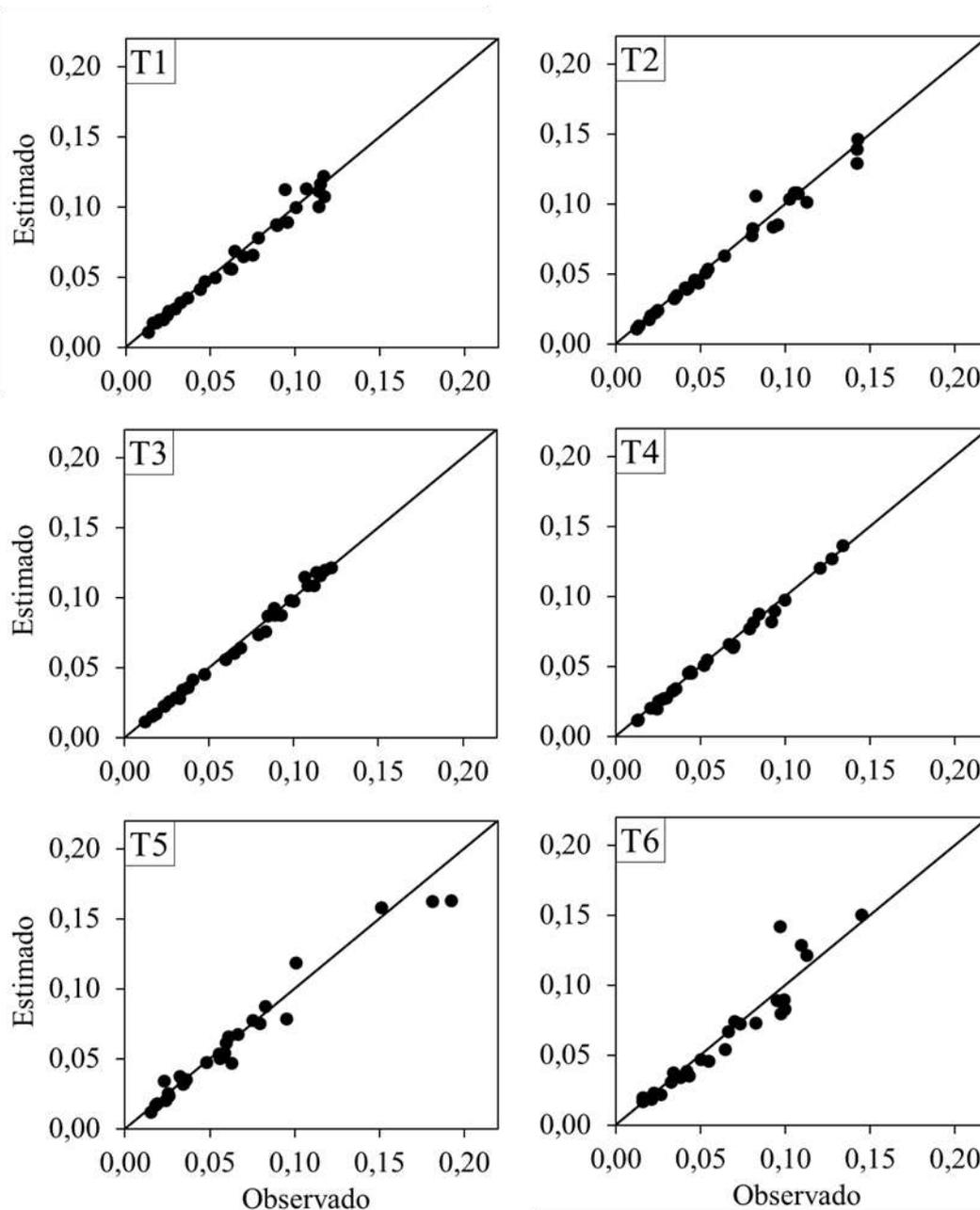


Figura 8. Volume de madeira individual estimado em função do volume individual observado de paricá submetido a tratamentos com práticas de manejo do solo.

Os erros relativos percentuais (ER%) em função do volume individual observado demonstram tendência bem distribuída para todos os tratamentos (Figura 9). As equações ajustadas para o crescimento em volume nos tratamentos T5 e T6 apesar de demonstrarem boa performance estatística, apresentam maiores viés na distribuição dos ER%. As equações ajustadas para os tratamentos T3 e T4 estimam com melhor precisão não ultrapassando ER% $\pm 15\%$.

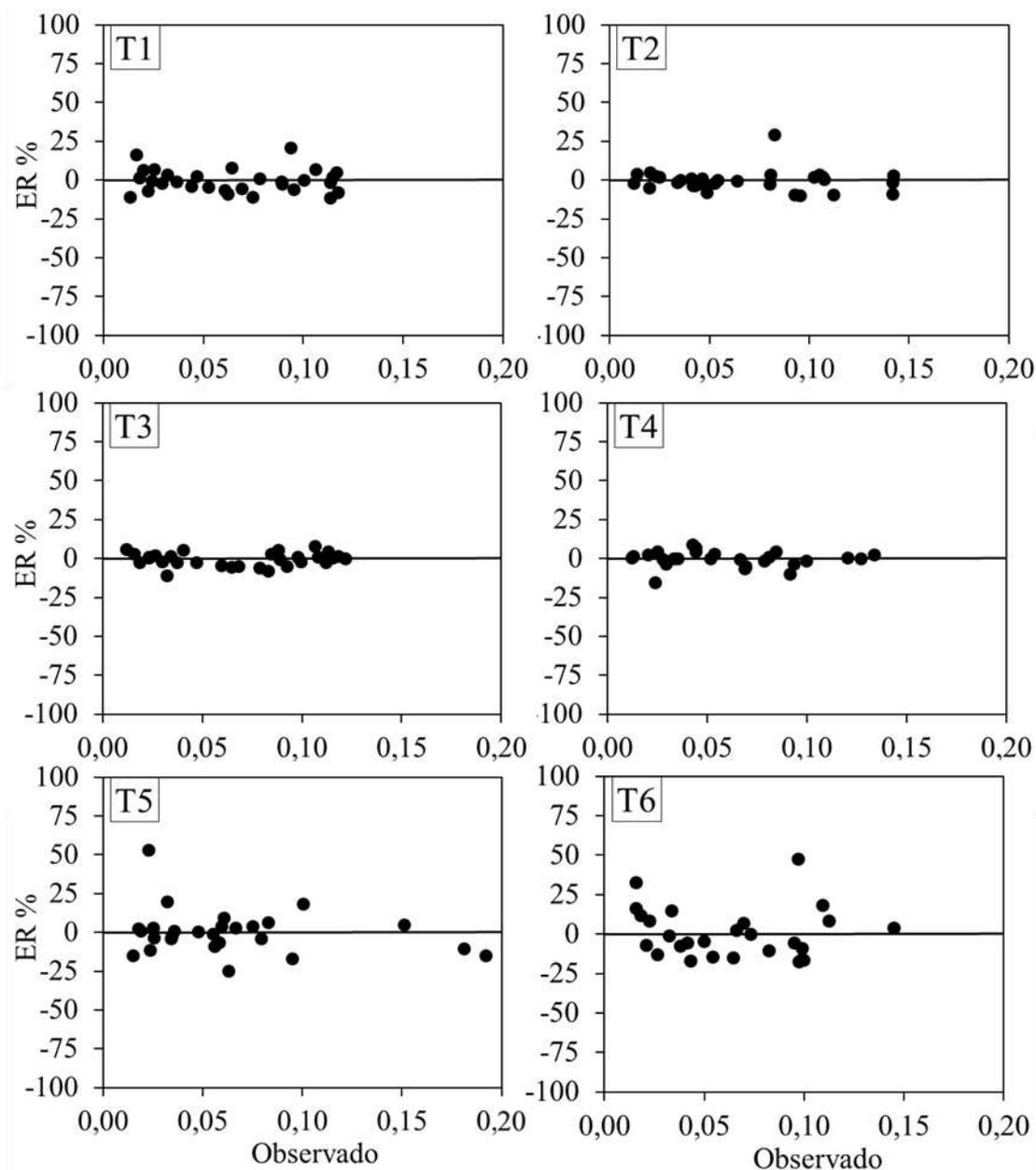


Figura 9. Distribuição dos erros relativos percentuais (ER%) em função do volume individual observado de paricá submetido a tratamentos com práticas de manejo do solo.

Os testes de identidade de modelos (TIM) realizados para comparações, duas a duas, das equações de volume individual ajustadas para cada tratamento, aplicados para as combinações de tratamentos T1+T3, T3+T4 e para todas combinações com T5 e T6, indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos combinados, sendo adequado fazer o ajuste do modelo volumétrico separado para o conjunto de dados de cada tratamento (Tabela 3).

Por outro lado, a não significância ($p > 0,05$) para as combinações de tratamentos T1+T2, T1+T4, T2+T3 e T2+T4 demonstra que esses tratamentos combinados não diferem entre si, sendo mais apropriado utilizar o modelo reduzido (Tabela 3).

Tabela 3. P-valor e F (entre parênteses) calculados para comparações, duas a duas, das equações de volume individual ajustadas para cada tratamento de manejo do solo em cultivo de paricá

Tratamentos*	1	2	3	4	5	6
1		0,0576	0,0013	0,2595	0,0343	0,0402
2	(2,65)		0,5341	0,0801	0,0498	0,0007
3	(6,00)	(0,74)		0,0017	0,0211	0,0007
4	(1,38)	(2,38)	(5,83)		0,0108	0,0019
5	(3,11)	(2,79)	(3,53)	(4,15)		0,0001
6	(2,97)	(6,71)	(6,72)	(5,78)	(11,77)	

*Os valores em negrito indicam diferença estatística a 5% de significância.

4 DISCUSSÃO

Foi adotado o espaçamento 5 x 2 m, em substituição ao espaçamento tradicional (3,5 x 3,5 m), visando potencializar os cultivos agrícolas nas entrelinhas. A distância de 2 m entre árvores nas linhas de plantio, considerado menos amplo, pode ter promovido início de competição entre plantas de paricá antes dos 22 meses, quando já foi verificada diferença na taxa de sobrevivência das plantas entre os tratamentos.

A taxa de sobrevivência também pode ter influenciado o crescimento do paricá ao aplicar os tratamentos. Maiores valores de *dap*, *ht*, volume individual e por unidade de área, durante o período de consórcio com soja/milho, foram observados quando da aplicação do T2. Entretanto, quando da projeção de crescimento em idades futuras das plantas submetidas ao T2 verifica-se tendência de estagnação precoce de crescimento e valores de *dap*, *ht* e volume inferiores, em comparação com os demais tratamentos, com exceção de plantas submetidas ao T4, que apresentaram a mesma tendência das plantas no T2.

Foi verificado comportamento diferente nas plantas nos tratamentos T1 e T5 em relação às outras no T2, sendo observados menor crescimento em *dap*, *ht* e volume durante o período do consórcio com soja/milho e tendência de recuperação de crescimento nas idades futuras.

A tendência verificada de recuperação do crescimento em *dap*, *ht* e volume individual das plantas no T1 e T5 e para estagnação no T2 e T4, nas idades futuras, pode ser atribuída às taxas de sobrevivência, visto que no T2 e T4 foram verificadas as maiores no período de 8 a 36 meses, sendo o inverso nos tratamentos T1, T5 e T6.

Nos tratamentos em que foram verificadas as maiores taxas de sobrevivência (T2, T3 e T4) infere-se que houve maior competição entre plantas, promovendo menores crescimentos em *dap*, *ht* e volume. Por outro lado, as plantas nos tratamentos em que foram observadas as menores taxas de sobrevivência (T1, T5 e T6) tiveram maior espaço para crescimento, o que pode ter sido determinante para maior crescimento em *dap* e volume individual.

Ao analisar o comportamento do cultivo de paricá em diferentes espaçamentos, na região de Sinop, MT, Rondon (2002) e Miranda et al. (2016) verificaram maior crescimento em *dap*, *ht* e volume individual em espaçamentos mais amplos (4 x 3 m e 4 x 4 m) em comparação com espaçamentos menores (1,5 x 1,5 m, 3 x 2 m, 3 x 3 m e 4 x 2 m).

Santos (2012) observou que, para espaçamentos mais amplos, as árvores de paricá apresentaram diâmetros quadráticos maiores, ocorrendo o inverso para espaçamentos menores. O autor destaca que para a idade 24 meses o diâmetro das árvores no menor espaçamento não diferiu estatisticamente dos espaçamentos maiores, tendo influência significativa a partir dos 36 meses devido a competição.

Apesar da taxa de sobrevivência das plantas no T6 se aproximar daquelas do T1 e T5, a superioridade em crescimento neste tratamento pode ser decorrente da ausência de competição por recursos de crescimento com a soja e milho na fase inicial, visto que essas culturas são exigentes do ponto de vista nutricional e, por serem de ciclo curto, apresentam ritmo de crescimento mais acelerado, quando comparadas ao paricá (SILVA et al., 2017).

Medeiros et al. (2015) verificaram que plantas de teca (4 x 2 m), em sistema taungya com milho, cresceram menos inicialmente quando comparadas com plantas em povoamento puro, mas apresentaram tendência de recuperação do crescimento com a saída do componente agrícola do sistema aos 18 meses. Silva e Sales (2018) relatam que o paricá cultivado em sistema agroflorestal com soja/milho nos quatro anos iniciais, em

Paragominas, PA, teve produção semelhante ao paricá em monocultivo, a partir do quinto ano.

É importante frisar que no cultivo de paricá com finalidade de produção de lâminas é apropriado conduzir o povoamento visando obter árvores de maiores diâmetros. Nos estudos de Modes et al. (2014) e Silva et al. (2015), em que foi avaliado o rendimento em laminação da madeira de paricá, o diâmetro foi o principal fator para aumento do rendimento de lâminas de qualidade.

No presente estudo, as plantas de paricá nos tratamentos com menores taxas de sobrevivência apresentaram maiores crescimentos em *dap*, *ht* e volume. Todavia, esta redução da taxa de sobrevivência de plantas compromete a produtividade final do povoamento.

Com o objetivo de estimular o máximo crescimento dos indivíduos e obter madeira de qualidade superior para a indústria, é sugerido que seja realizado desbaste ou que o arranjo espacial e o espaçamento sejam revistos, concomitantemente ao manejo adequado do solo.

O paricá desenvolve-se em diferentes arranjos e condições edáficas e climáticas (TONINI et al., 2005; HOFFMANN et al., 2011; PALHETA et al., 2014; SILVA et al., 2016; SCHWARTZ et al., 2017). Rodrigues et al. (2016) destacam que, com o manejo adequado, o paricá pode apresentar crescimento similar ou superior em sistemas agroflorestais quando comparado com povoamentos puros.

Em relação aos resultados referentes ao teste de identidade de modelos, foi observada compatibilidade com os níveis de ajustes das equações de volume individual verificadas nas estatísticas \bar{R}^2 , *Bias* e *Sy.x%*, além da distribuição dos ER%, demonstrando confiabilidade da indicação do teste quanto ao uso ou não do modelo reduzido (TERRA et al., 2018). A compatibilidade entre o teste e as estatísticas dos ajustes das equações de volume individual refere-se aos maiores valores de \bar{R}^2 , menores valores de *Bias* e *Sy.x%* e distribuição mais homogênea e equilibrada dos ER% observados nas estatísticas dos tratamentos T1, T2, T3 e T4, em comparação aos valores verificados nas estatísticas dos tratamentos T5 e T6.

O presente trabalho evidencia pouca resposta do paricá em relação às práticas de manejo do solo adotadas. AMATA (2009), Miranda et al. (2016) e Rodrigues et al. (2016) comentam que o paricá é uma espécie considerada “rústica” por sua silvicultura relativamente fácil, apresentando-se pouco responsivo em diversas combinações agrossilviculturais (CORDEIRO et al., 2015).

No entanto, o bom nível de fertilidade do solo (Tabela 2), consequência provável dos cultivos anteriores (Tabela 1), pode explicar a ausência de respostas às práticas de manejo do solo no crescimento e produção das plantas de paricá nas idades avaliadas.

É importante destacar, também, que a subsolagem é eficiente quando realizada em solos com níveis elevados de compactação (FERNANDES et al., 2012; GONÇALVES et al., 2017). As raízes das plantas que se desenvolvem em solos com problemas de compactação não utilizam adequadamente os nutrientes disponíveis, pois o desenvolvimento de novas raízes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes, fica prejudicado. Além disso, a quantidade de oxigênio na rizosfera pode ser limitante nos processos metabólicos (PESINI et al., 2014; PAUL e WEBER, 2016).

O paricá responde à adubação, entretanto a fertilidade do solo deve ser criteriosamente analisada para recomendações de fertilizantes, uma vez que dependendo da oferta de nutrientes no solo a adubação pode ser reduzida ou mesmo desnecessária (RODRIGUES et al., 2016).

Em relação ao uso de inoculantes, a aplicação tem sido mais eficaz em solos de baixa fertilidade, visto que aumentam a área de superfície das raízes e possibilitam maior capacidade de absorção de água e nutrientes, propiciando maiores taxas de crescimento e sobrevivência de plantas (NADEEM et al., 2014; BRITO et al., 2017). Quando a oferta de nutrientes no solo é relativamente alta, o efeito do uso de inoculantes no crescimento de plantas é pouco percebido, sendo desnecessária sua aplicação (YANG et al., 2014).

A exemplo de outras culturas arbóreas, entende-se que maior sucesso nos cultivos de paricá são alcançados quando práticas adequadas de manejo do solo são adotadas. Neste contexto, estudos devem dar enfoque a métodos de preparo do solo, dosagens e épocas de aplicação de fertilizantes e inoculantes, além de consórcios com culturas agrícolas ou arbóreas, porém considerando-se com mais critérios as peculiaridades locais.

5 CONCLUSÕES

O crescimento e a produção de paricá são influenciados pelas práticas de manejo do solo, porém sem uma tendência de resposta bem definida.

A tendência de maior crescimento e produção do paricá na ausência de consórcio com soja/milho indica que o fator decisivo para adotar ou não o sistema taungya é de ordem econômica.

6 REFERÊNCIAS

- AMATA. **Revisão sobre Paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber Ex Ducke**. São Paulo: AMATA S/A - Inteligência da floresta viva. 106 p. 2009.
- BRITO, V. N.; TELLECHEA, F. R. F.; HEITOR, L. C.; FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de paricá. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 485-497, 2017.
- CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213-221, 2012.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 633p. 2017.
- CARVALHO, A. O.; BERGAMIN, A. C.; EVARISTO, A. P.; NEVES, A. H. B.; CARMO, C. C. A.; GUIMARÃES JUNIOR, J. N. S. Initial growth of paricá (*Schizolobium amazonicum*) seedlings under different nitrogen doses. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 2, p.112-115, mar./abr. 2016.
- CORDEIRO, I. M. C. C.; BARROS, P. L. C.; LAMEIRA, O. A.; FILHO, A. B. G. Avaliação de plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará - PA (Brasil). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 679-687, jul.-set. 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises do solo**. 3. ed. Revisada e ampliada – Brasília, DF: Embrapa, 573p. 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Revisada e ampliada. – Brasília, DF: Embrapa, 353p. 2013.
- FRANCO, A. J.; MELLO, A. H.; OLIVEIRA, G. F. Avaliação do desenvolvimento do paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) inoculado com fungos micorrízicos arbusculares. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 14, n. 25, p. 210-220, 2017.
- FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; SANTINATO, ROBERTO. Utilização da subsolagem na redução da compactação do solo para produção de café cultivado no Cerrado Mineiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 2, p. 1648-1656, 2012.
- GONÇALVES, A. C. S.; PONTES, A. N.; DE 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**, Caracas, v. 38, n. 11, p. 1-10, 2017.

GONZÁLEZ, M. S.; RÍO, M.; CAÑELLAS, I.; MONTERO, G. Distance independent tree diameter growth model for cork oak stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 225, n. 3, p. 262-270, 2006.

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

HOFFMANN, R. G.; SILVA, G. F.; CHICHORRO, J. F.; FERREIRA, R. L. C.; VESCOVI, L. B.; ZANETI, L. Z. Caracterização dendrométrica de plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) na região de Paragominas, PA. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 675-684, 2011.

HUBER, J. A.; MATIU, M. K.; HULSBERGEN, J. First-rotation growth and stand structure dynamics of tree species in organic and conventional short-rotation agroforestry systems. **Heliyon**, London, v. 6, n. 4, p. 1-24, 2018.
doi:10.1016/j.heliyon.2018.e00645

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, Mapa de Vegetação do Brasil, 2004. Disponível em:
<ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em: 29 out. 2017.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBA. Brasília, 2017. Disponível em:
<http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf >. Acesso em: 23 mar. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária: Balanço Hídrico, 2018. Disponível em: <<http://http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/monitoramento/bhs>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

IWAKIRI, S.; VARGAS, C. A.; PARCHEN, C. F. A.; WEBER, C.; BATISTA, C. C.; GARBE, E. A.; CIT, E. J.; PRATA, J. G. Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de *Schizolobium amazonicum*. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 451-458, 2011.
doi:<http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v41i3.23991>

KVALSETH, T. O. Cautionary note about R^2 . **The American Statistician**. Alexandria, v. 39, n. 4, p.279-285, 1985.

LEITE, H. G.; GUIMARÃES, D. P.; CAMPOS, J. C. C. Descrição e emprego de um modelo para estimar múltiplos volumes de árvores. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, v. 1, p. 65-79, 1995.

LIU, C.; JIN, Y.; LIU, C.; TANG, J.; WANG, Q.; XU, M. Phosphorous fractions in soils of rubber-based agroforestry systems: Influence of season, management and stand age. **Science of the Total Environment**, Barcelona, v. 616, n. 3, p. 1576-1588, 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.156>

MABVURIRA, D.; MINA, J. Individual tree growth and mortality models for *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden plantations in Zimbabwe. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 161, n. 3, p. 231-245, 2002.

- MARTORANO, L. G.; SIVIERO, M. A.; TOURNE, D. C. M.; VIEIRA, S. B.; FITZJARRALD, D. R.; VETTORAZZI, C. A.; BRIENZA JUNIOR, S.; YEARED, J. A. G.; MEYERING, E.; LISBOA, L. S. Agriculture and forest: A sustainable strategy in the Brazilian Amazon. **Australian Journal of Crop Science**, Southern Cross, v. 10, n. 3, p. 1136-1143, 2016.
- MEDEIROS, R. A.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; VENDRÚSCOLO, D. G. S.; SILVA, F. T. Análise silvicultural e econômica de plantios clonais e seminais de *Tectona grandis* L.f. em sistema taungya. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 893-903, 2015.
- MIRANDA, D. L. C.; AMORIM, P. C. B.; SILVA, F.; LISBOA, G. S.; CONDÉ, T. M.; SILVA, C. S. Growth and production of paricá wood in two plantations in the north of Mato Grosso, Brazil. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 4, p.199-205, 2016.
- MODES, K. S.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; SANTOS, L. M. H.; BENTO, A. R.; VIVIAN, M. A. Rendimento em laminação da madeira de *Schizolobium amazonicum* em torno desfolhador do tipo tracionado. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 5, n. 2, p. 151-157, 2014.
- MODES, K. S. **Caracterização tecnológica da madeira de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke de florestas plantadas no estado de Rondônia**. 2016. 117p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Piracicaba. 2016.
- MONTY, A.; LEJEUNE, P.; RONDEUX, J. Individual distance-independent girth increment model for Douglas fir in southern Belgium. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 212, n. 3, p. 472-479, 2008.
- NADEEM, S. M.; AHMAD, M.; ZAHIR, Z. A.; JAVAID, A.; ASHRAF, M. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. **Biotechnology advances**, New York, v. 32, n. 2, p. 429-448, 2014.
- PALHETA, I. C.; GOMES, C. A. S.; LOBATO, G. J. M.; DE PAULA, M. T.; PONTES, A. N. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal no município de Santa Bárbara-PA. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 1947-1956, 2014.
- PAUL, C.; WEBER, M. Effects of planting food crops on survival and early growth of timber trees in eastern Panama. **New Forests**, West Lafayette, v. 47, n. 1, p. 53-72, 2016. doi:10.1007/s11056-015-9477-5
- PESINI, F.; ROSA, D. P.; SANTOS, C. C.; FINCATTO, D.; PAGNUSSAT, L.; BRUINSMA, M. L. Uso de subsolador como técnica de melhoria física de um solo sob sistema plantio direto em Sertão (RS). **RAMVI**, Getúlio Vargas, v. 1, n. 1, p. 1-11, jan./jun. 2014.
- QUEIROZ, D.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E.; KOEHLER, H. S. Identidade de modelos em funções de afilamento para *Mimosa scabrella* Benthem em povoamentos nativos da região metropolitana de Curitiba/PR. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 339-349, 2008.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 1-17, 1996.

RODRIGUES, P. G.; RUIVO, M. L. P.; PICCININ, J. L., JARDIM, M. A. G. Contribuição dos atributos químicos do solo no desenvolvimento vegetativo do paricá em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 59-68, 2016.

RONDON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 573- 576. 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000500007>

SANTOS, A. C. A.; FARDIN, L. P.; OLIVEIRA NETO, R. R. **Teste de hipótese em análises de regressão**. 1. ed. Republic of Maldiva: NEA Novas edições acadêmicas, v. 1, 54p. 2017.

SANTOS, E. M. **Crescimento e produção de plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) sob diferentes espaçamentos**. 2012. 89p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Jerônimo Monteiro, 2012.

SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. Santa Maria: UFSM, 236p. 1998.

SCHWARTZ, G.; PEREIRA, P. C. G.; SIVIERO, M. A.; PEREIRA, J. F.; RUSCHEL, ADEMIR R.; YARED, J. A. G. Enrichment planting in logging gaps with *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby: A financially profitable alternative for degraded tropical forests in the Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 390, n. 2, p. 166-172, 2017.

SILVA, G. F.; MENDONÇA, A. R.; HOFFMANN, R. G.; ZANETI, L. Z.; CHICHORRO, J. F.; FERREIRA, R. L. C. Rendimento em laminação de madeira de Paricá na região de Paragominas, Pará. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 447-455, 2015.

SILVA, A. R.; SALES, A. Crescimento e produção de paricá em diferentes idades e sistemas de cultivo. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 5, n. 1, p. 231-235, 2018.

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; MIRANDA, B. M. Desempenho da soja em diferentes sistemas de manejo de um Latossolo Amarelo. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 11, n. 4, p. 43-48, 2017.

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. Efeito do cultivo de paricá em sistemas integração lavoura-pecuária-floresta sobre as propriedades físicas e teor de matéria orgânica de um Latossolo Amarelo. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 10, n. 1, p. 53-61, 2016.

SILVEIRA, R.; SILVA, G.; BINOTI, D.; MANHÃES, L.; GONÇALVES, A.; ARAGÃO, M. Custos da produção de madeira de paricá na região de Paragominas, PA.

Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 37, n. 92, p. 597-604, dec. 2017.
<https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.92.1508>

SIVIERO, M. A.; MOTTA, A. M.; LIMA, D. S.; BIROLI, R. R.; HUH, S. Y.; SANTINONI, I. A.; MURATE, L. S.; CASTRO, C. M. A.; MIYAUCHI, M. Y. H.; ZANGARO, W.; NOGUEIRA, M. A.; ANDRADE, G. Interaction among N-fixing bacteria and AM fungi in Amazonian legume tree (*Schizolobium amazonicum*) in field conditions. **Applied Soil Ecology**, Firenze, v. 39, n. 2, p. 144-152. 2008.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 533-539, 2002.

SOARES, T. S.; CRUZ, E. S. Influência de variáveis meteorológicas no crescimento em diâmetro e altura de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. **Revista Univap**, São José dos Campos, v. 22, n. 40, p. 1-5, 2016.

SOUZA, D. B.; CARVALHO, G. S.; RAMOS, E. J. A. **Paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2005. 2p. (Embrapa Amazônia Ocidental, Informativo Técnico, 13).

STATA CORP. **Stata Statistical Software**. Release 12. College Station, TX: StataCorp LP. 2011

SUDAM-DRN/EMBRAPA-SNLCS. **Estudos climáticos do estado do Pará, classificação (Köppen) e deficiência hídrica (Thorntwaite, Mather)**. Belém, PA: Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia, 53p. 1993.

TERRA, D. L. C. V.; ANDRADE, V. C. L.; FREITAS, B. C. Identidade de modelos volumétrico e de afilamento para *Corymbia citriodora*. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 5, n. 1, p. 269-274, 2018.

TOMÉ, M. M. B. T. Modelagem em recursos naturais. Lisboa, 2003. Disponível em: <http://www.isa.utl.pt/def/download/curriculo/cv_margarida_tome.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2009.

TONINI, H.; PEREIRA, M. R. N.; ARCO-VERDE, M. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. M. **Seleção de equações para o paricá (*Schizolobium amazonicum* huber ex ducke)**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2005. 19p. (Embrapa Roraima, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 4).

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 124p. 1991.

YANG, G.; LIU, N.; LU, W.; WANG, S.; KAN, H.; ZHANG, Y.; XU, L.; CHEN, Y. The interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and soil phosphorus availability influences plant community productivity and ecosystem stability. **Journal of Ecology**, London, v. 102, n. 4, p. 1072-1082, 2014.

CAPÍTULO 2

RENTABILIDADE E RISCO DE CULTIVO DO PARICÁ EM SISTEMA AGRISILVICULTURAL COM PRÁTICAS DE MANEJO DO SOLO

1 INTRODUÇÃO

Em sistemas agroflorestais são complexos os fluxos de recursos financeiros ao longo do prazo de ocorrência das práticas agrícolas e florestais, considerando desde o planejamento e aquisição de insumos até o manejo das culturas e venda dos produtos (REZENDE e OLIVEIRA, 2013; CASTRO NETO et al., 2017). Em razão disso, a análise da viabilidade econômica destes sistemas torna-se tarefa também complexa visto que compreende interações de diversos fatores técnicos e financeiros (MEDEIROS et al., 2015; CORDEIRO et al., 2018).

A viabilidade econômica de sistemas agroflorestais com paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) tem sido estudada por alguns autores (CORDEIRO et al., 2009; PALHETA et al., 2014; GONÇALVES et al., 2017), porém, ainda são poucas as informações consistentes sobre a rentabilidade e os riscos de investimento.

Os métodos de avaliação econômica mais utilizados para sistemas agroflorestais são valor presente líquido, taxa interna de retorno, valor anual equivalente, razão benefício/custo, custo médio de produção e valor esperado da terra (REZENDE e OLIVEIRA, 2013; NOGUEIRA et al., 2015).

Entretanto, o uso da taxa interna de retorno não tem sido recomendado na tomada de decisão de projetos agroflorestais visto que, de modo geral, possuem frequentes alternâncias de custos e receitas (inversão de sinal no fluxo de investimento), não fornecendo a real taxa de retorno do investimento (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2010; SVIECH e MANTOVAN, 2013).

O paricá cultivado em povoamentos puros possui destaque como importante fonte de matéria-prima para indústria de lâminas e painéis de compensados (SILVA et al., 2015; SILVEIRA et al., 2017). Entretanto, a rotação técnica e econômica, geralmente de cinco a sete anos, pode desestimular o cultivo da espécie, principalmente por produtores rurais, em razão dos riscos e incertezas quanto à sua rentabilidade.

Dentre os riscos associados ao cultivo do paricá destacam-se a forte influência de fatores relacionados aos fenômenos meteorológicos (secas e vendavais) e biológicos (pragas e doenças), além do fator produtivo e mercadológico. Durante o horizonte de planejamento podem ocorrer alterações no cenário econômico regional, nacional ou

internacional e, conseqüentemente, no custo de produção, preço de comercialização da madeira e taxas de juros, o que pode provocar mudanças significativas nas estimativas financeiras do projeto (SOUZA NETO et al., 2008; COSENZA et al., 2016).

Uma alternativa para minimizar os riscos e custos de cultivo do paricá e ainda obter renda nos anos iniciais pode ser o consórcio com culturas agrícolas, como soja e milho (MARTORANO et al., 2016; VELOSO et al., 2016), compondo sistemas agroflorestais.

O consórcio de culturas anuais com plantas de paricá pode ser favorecido diante sua estrutura de copa (pequena e pouco densa) que retarda o fechamento do dossel, possibilitando geração de receitas e possível amortização dos custos de implantação e manutenção do componente arbóreo (CORDEIRO et al., 2009; GONÇALVES et al., 2017).

Em sistemas agroflorestais as práticas de preparo do solo, adubação, inoculação e controle fitossanitário podem ser realizadas de maneira integrada, reduzindo custos e favorecendo o desempenho das culturas (OLIVEIRA NETO et al., 2010; SILVA e SALES, 2018). O efeito da integração de práticas de manejo do solo sobre a rentabilidade do paricá é pouco conhecido, gerando incertezas no planejamento, na execução e na viabilidade econômica destas práticas.

As decisões de planejamento em projetos agroflorestais impõem riscos quando há a possibilidade de determinado evento indesejável ocorrer. Para avaliar o risco de determinado evento é preciso definir a sua severidade e a probabilidade de sua ocorrência (TIMOFEICZYK JUNIOR et al., 2017; WEIMANN et al., 2017).

Em investimentos de projetos agroflorestais as tomadas de decisão também devem ser fundamentadas em análises complementares aos métodos tradicionais para reduzir os riscos. A análise de risco possibilita evitar resultados indesejáveis e reduzir o custo do capital. Para trabalhar em condições de riscos, basicamente, tem-se as opções de análise de sensibilidade e simulação (SILVEIRA et al., 2017; FITZPATRICK, 2018).

Apesar do potencial de sistemas agroflorestais com paricá em consórcio com soja/milho, ainda são incipientes os estudos que avaliam sua rentabilidade em função do manejo do solo e do risco de investimento do sistema.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade econômica e o risco de investimento do cultivo de paricá em sistema agroflorestal com soja/milho associado com práticas de subsolagem, adubação, inoculação, no município de Ulianópolis, Pará.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e descrição do experimento

Os dados utilizados neste trabalho foram provenientes de experimento realizado na Fazenda Jaspe (altitude 160 m, 4°0'58"S e 47°52'32"W), município de Ulianópolis, Pará, Brasil. A Fazenda Jaspe pertence ao Grupo Florestal Arboris, que desenvolve projetos de agricultura e silvicultura na Amazônia.

A vegetação original da fazenda era constituída por Floresta Tropical Densa submontana (IBGE, 2004). A temperatura média anual é de 27 °C com umidade relativa do ar média variando entre 42 e 92%. A precipitação média anual é de 2.000 mm, com estação chuvosa de dezembro a maio. O tipo de solo mais comum é o Latossolo Amarelo textura argilosa, em relevo plano a suavemente ondulado (VELOSO et al., 1991; EMBRAPA, 2013).

O experimento foi implantado em sistema composto por paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), em espaçamento 5 x 2 m, consorciado nas entrelinhas com soja (*Glycine max* (L.) Merr.), no primeiro ano de cultivo, e milho (*Zea mays* L.) no segundo, sendo caracterizado como sistema agroflorestal taungya. Os cultivos da soja e do milho foram conduzidos de acordo com recomendações técnicas e as colheitas realizadas mecanicamente.

Foram avaliados seis tratamentos combinando práticas de manejo do solo utilizadas na implantação e condução do paricá, sendo um hectare destinado para cada tratamento, a seguir:

- **T1** - subsolagem + adubação de base + adubação de cobertura + inoculação + consórcio com soja/milho;
- **T2** - **sem** subsolagem + adubação de base + adubação de cobertura + inoculação + consórcio com soja/milho;
- **T3** - subsolagem + **sem** adubação de base + adubação de cobertura + inoculação + consórcio com soja/milho;
- **T4** - subsolagem + adubação de base + **sem** adubação de cobertura + inoculação + consórcio com soja/milho;
- **T5** - subsolagem + adubação de base + adubação de cobertura + **sem** inoculação + consórcio com soja/milho;
- **T6** - **sem** subsolagem + **sem** adubação de base + **sem** adubação de cobertura + **sem** inoculação + **sem** consórcio com soja/milho.

A subsolagem foi realizada nos tratamentos T1, T3, T4 e T5, na linha de plantio do paricá, com subsolador de haste única regulada para alcançar profundidade de 50 cm.

A adubação de base foi realizada nos tratamentos T1, T2, T4 e T5 simultaneamente à subsolagem, com aplicação de 300 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 10-30-10, em filete contínuo na linha de plantio por meio de implemento acoplado ao subsolador. No tratamento T2 a adubação de base foi realizada simultaneamente à semeadura do paricá, com aplicação manual de 0,3 kg planta⁻¹ de NPK, na formulação supracitada.

Simultaneamente ao plantio do paricá foram aplicados 30 g planta⁻¹ de inoculante, resultado da combinação de fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum*, *Glomus intraradices* e *Glomus etunicatum*) associados com bactérias fixadoras de N (*Rhizobium* sp). O cultivo e as concentrações dos microrganismos foram de acordo com a recomendação de Siviero et al. (2008).

Aos 60 dias após plantio, foram realizadas operações manuais de adubação de cobertura, quando foram aplicados 200 g planta⁻¹ de sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄), em coveta lateral distante 20 cm da planta.

2.2 Análise econômica

2.2.1 Custos e receitas

O horizonte de planejamento da análise econômica e de risco de investimento foi de cinco anos, quando normalmente ocorre corte raso do paricá com finalidade de beneficiamento da madeira para produção de lâminas e painéis de compensado.

Os fluxos de caixa dos três primeiros anos do sistema foram coletados junto ao Grupo Florestal Arboris, os fluxos de caixa do quarto e quinto ano foram obtidos por meio de estimativas, para manutenção do sistema, produtividade e venda de madeira de paricá. Os fluxos de caixa do período de cinco anos foram projetados para área de 1 hectare considerando os custos (Figura 1 e Anexo 4) e receitas das vendas da soja, milho e madeira em pé do paricá (Tabela 1).

Produção, preços de comercialização e fluxos de caixa das culturas da soja e do milho foram considerados iguais para todos os tratamentos (Tabela 1). O custo anual (R\$ 317,50 ha⁻¹) é resultado da soma do custo anual da terra (R\$ 202,50 ha⁻¹), referente ao valor da terra de R\$ 3.000,00 ha⁻¹, mais os custos anuais de administração (R\$ 100,00 ha⁻¹) e de combate às formigas (R\$ 15,00 ha⁻¹).

A receita considerada para a venda da madeira do paricá é resultado do volume de madeira multiplicado por R\$ 120,00, preço máximo utilizado pelo grupo empresarial para compra de madeira em pé, levando em consideração a distância máxima povoamento-

indústria, em um raio de 100 km. A Fazenda Jaspe está localizada, via rodovia, a 60 km da indústria. A partir dos valores de custos e receitas foi elaborado fluxo de caixa em valores correntes para cada tratamento (Tabela 1).

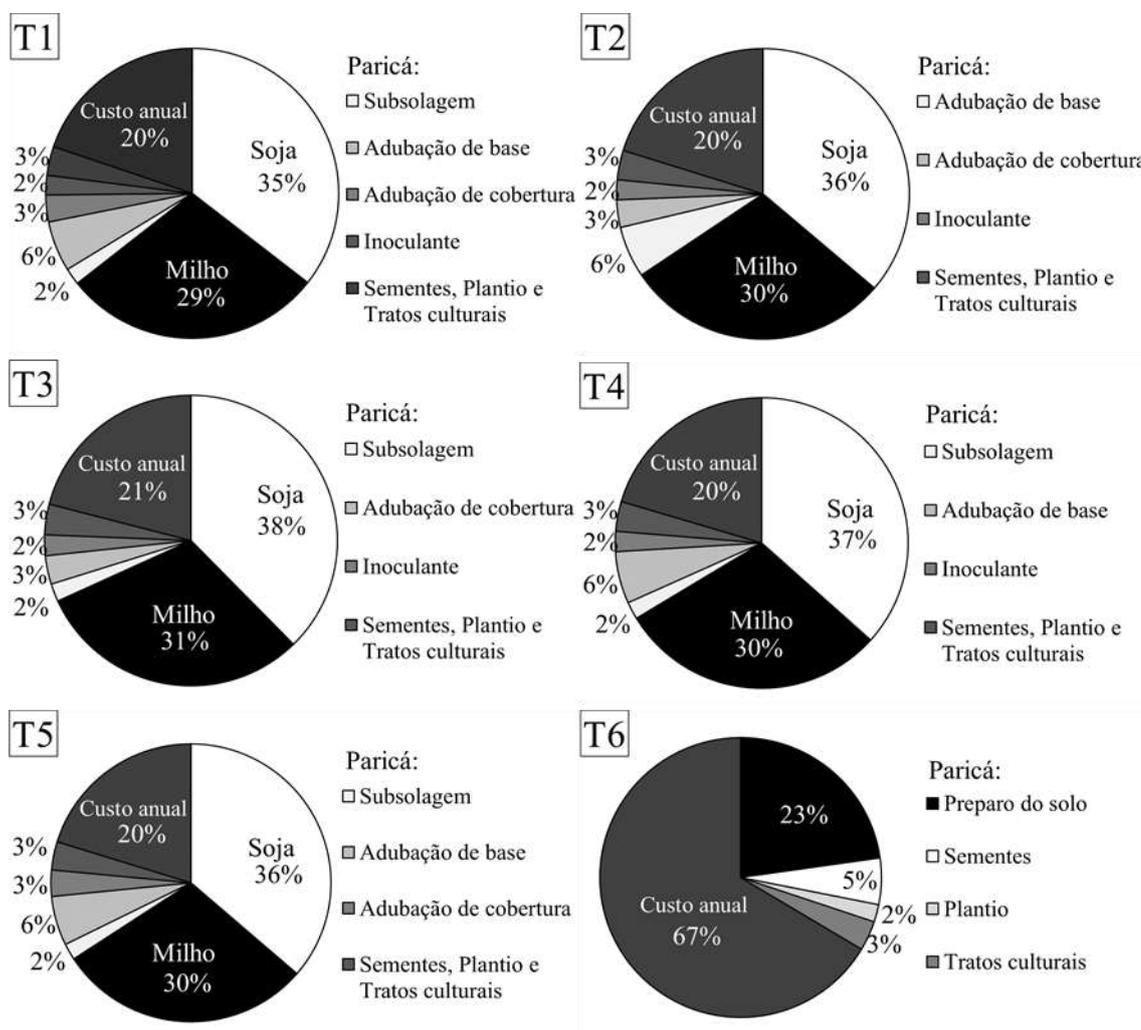


Figura 1. Participação (%) da soja, milho, custo anual (custo anual da terra, administração e combate a formigas) e práticas de manejo do solo nos custos totais dos tratamentos referentes ao cultivo de paricá, considerando horizonte de planejamento de cinco anos, em Ulianópolis, PA.

Tabela 1. Produções e preços de comercialização da soja, milho e madeira em pé de paricá e fluxos de caixa (R\$ ha⁻¹), com valores correntes, do cultivo de paricá submetido a práticas de manejo de solo, em sistemas agroflorestais, em Ulianópolis, PA

Ano	Produto	Unidade (un)	Produção (un ha ⁻¹)	Preço (R\$ un ⁻¹)	Fluxo de caixa ^{1*}		
					Custo	Receita	Saldo
Tratamento 1							
1	Soja	Sc	58,00	62,00	4.445,30	3.596,00	-849,30
2	Milho	Sc	80,00	45,00	2.628,50	3.600,00	971,50
3	-	-	-	-	317,50	-	-317,50
4	-	-	-	-	569,50	-	-569,50
5	Madeira	m ³	163,71	120,00	569,50	19.645,20	19.075,70
Tratamento 2							
1	Soja	Sc	58,00	62,00	4.295,30	3.596,00	-669,30
2	Milho	Sc	80,00	45,00	2.628,50	3.600,00	971,50
3	-	-	-	-	317,50	-	-317,50
4	-	-	-	-	569,50	-	-569,50
5	Madeira	m ³	138,29	120,00	569,50	16.594,80	16.025,30
Tratamento 3							
1	Soja	Sc	58,00	62,00	3.995,30	3.596,00	-399,30
2	Milho	Sc	80,00	45,00	2.628,50	3.600,00	971,30
3	-	-	-	-	317,50	-	-317,50
4	-	-	-	-	569,50	-	-569,50
5	Madeira	m ³	157,86	120,00	569,50	18.943,20	18.373,70
Tratamento 4							
1	Soja	Sc	58,00	62,00	4.205,30	3.596,00	-609,30
2	Milho	Sc	80,00	45,00	2.628,50	3.600,00	971,50
3	-	-	-	-	317,50	-	-317,50
4	-	-	-	-	569,50	-	-569,50
5	Madeira	m ³	145,35	120,00	569,50	17.442,00	16.872,50
Tratamento 5							
1	Soja	Sc	58,00	62,00	4.270,30	3.596,00	-674,30
2	Milho	Sc	80,00	45,00	2.628,50	3.600,00	971,50
3	-	-	-	-	317,50	-	-317,50
4	-	-	-	-	569,50	-	-569,50
5	Madeira	m ³	151,46	120,00	569,50	18.175,20	17.605,70
Tratamento 6							
1	-	-	-	-	1.121,50	-	-1.121,50
2	-	-	-	-	569,50	-	-569,50
3	-	-	-	-	317,50	-	-317,50
4	-	-	-	-	569,50	-	-569,50
5	Madeira	m ³	187,85	120,00	569,50	22.542,00	21.972,50

¹Custos e Receitas totais do tratamento no referido ano, incluindo o custo anual (custo anual da terra, administração e combate à formiga). *Cotação do dólar em junho de 2018 = \$3,76.

2.2.2 Análise financeira

Para análise financeira foi considerada taxa de juros de 6,75% a.a., que é a taxa de juros de empréstimo de capital adotado pelo Programa de Plantio Comercial de Florestas (PROPFLORA) do Banco do Brasil, e demais bancos credenciados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), para investimento e produção de florestas.

Os métodos de avaliação utilizados para análise financeira foram:

- **Valor Presente Líquido – VPL**

O VPL representa a diferença entre as receitas e os custos atualizados para uma determinada taxa de juros. Um VPL positivo indica que o projeto é economicamente viável, o que significa que o investimento deve gerar remuneração adicional ao investidor após retornar o capital aplicado e quitar os pagamentos a todas as fontes financiadoras. Na escolha entre dois ou mais projetos, deve-se selecionar o investimento com o maior VPL positivo (REZENDE e OLIVEIRA, 2013; VIRGENS et al., 2016):

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

Em que:

R_j = receitas no período j ;

C_j = custos no período j ;

i = taxa de juros;

j = período de ocorrência de R_j e C_j ;

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

- **Valor Anual Equivalente – VAE**

É a parcela anual e constante requerida ao pagamento de uma quantia igual ao VPL do investimento em análise ao longo do horizonte de planejamento. O VAE modifica o valor presente do projeto em fluxos de receitas ou custos anuais e contínuos no decorrer da vida útil do empreendimento. Para uma taxa de juros “ i ” unitária correspondente ao mesmo período em que foi empregada para o intervalo entre os fluxos de caixa (SILVA e FONTES, 2005; REZENDE e OLIVEIRA, 2013):

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

Em que:

n = duração do projeto ou ciclo, em anos;

t = número de períodos de capitalização; as demais variáveis já foram definidas.

- **Razão Benefício/Custo – B/C**

O método da Razão B/C consiste em estabelecer a relação entre o valor atual das receitas e o valor atual dos custos para determinada taxa de juros. Dessa maneira, o projeto que apresentar Razão B/C > 1 será considerado viável economicamente. Na comparação entre dois ou mais projetos deve ser escolhido o que apresentar o maior valor da Razão B/C (BERGE, 1980; REZENDE e OLIVEIRA, 2013):

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

Em que:

R_j = receita no final do ano j ;

C_j = custo no final do ano j ;

n = duração do projeto, em anos; as demais variáveis já foram definidas.

- **Custo Médio de Produção de madeira – CMP**

Refere-se ao custo médio de produção do metro cúbico de madeira em pé e é obtido dividindo o valor atual do custo de cultivo do componente arbóreo pela produção total equivalente. O projeto poderá ser considerado viável se o CMP for inferior ao valor de mercado (venda) da madeira em pé (REZENDE e OLIVEIRA, 2013):

$$CMP = \frac{\sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j}}{\sum_{j=0}^n PT(1+i)^{-j}}$$

Em que:

PT = produção total no período j ; as demais variáveis já foram definidas.

- **Valor Esperado da Terra – VET**

O VET é utilizado no setor florestal para representar o valor presente líquido de uma área de terra nua destinada para produção de madeira. O VET é calculado baseando-se numa série infinita de rotações. O projeto será considerado viável economicamente se

apresentar VET maior que o valor da terra (valor de mercado) (SILVA et al., 2005; REZENDE e OLIVEIRA, 2013).

Leuschner (1984), relata que o VET pode ser usado para indicar o valor máximo que se pode pagar pela terra para que o empreendimento seja remunerado na taxa de juro determinada. Este critério parte da premissa de exclusão do custo anual da terra dos cálculos, sendo necessário refazer o cálculo do VPL (SILVA e FONTES, 2005):

$$VET = \frac{VPL(1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$$

2.2.3 Análise de risco de investimento

Para análise de risco de investimento foram considerados os tratamentos T1 e T6. Os tratamentos T2, T3, T4 e T5 não foram avaliados visto que apresentam similaridade com T1 na composição do fluxo de caixa.

Os fluxos de caixa, produção das culturas e preço de comercialização dos produtos foram analisados por meio do software @RISK®, add-in para o Microsoft Office Excel® que possibilita analisar o risco de investimentos de projetos utilizando o método de Monte Carlo, para simular valores para as variáveis aleatórias (receitas e custos) e obter valores para o lucro (PALISADE CORPORATION, 2010; SILVA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2017).

O método Monte Carlo é uma técnica de pesquisa operacional que consiste em apresentar alternativas ou projetos alternativos em situações de incertezas, realizando sucessivas simulações para calcular probabilidades heurísticamente (METROPOLIS e ULAM, 1949; CARVALHO, 2017).

A simulação consiste em gerar aleatoriamente N observações de sucessivas amostras em termos de custo, receita, tempo e outras variáveis para compor uma distribuição de probabilidade ou perfis de risco do VPL, ou de outros indicadores econômicos, a um determinado parâmetro do projeto (AGARWAL e VIRINE, 2017; TIMOFEICZYK JUNIOR et al., 2017).

Assim, na referida análise, foram definidas 10.000 iterações, tendo como variáveis de entrada (*inputs*): taxa anual de juros; custo, preço e produção da soja, milho e madeira em pé de paricá. Tendo em vista que o preço de venda da madeira varia de acordo com a distância povoamento-indústria, qualidade e idade do cultivo, entre outros fatores, foram

realizadas duas simulações para cada tratamento, considerando dois níveis de preço para venda da madeira, com valor mínimo (62,5 R\$ m⁻³) e máximo (100 R\$ m⁻³).

Foram consideradas variações de -20% e + 20% nos *inputs* com base na distribuição triangular. Para realizar distribuição triangular são necessários três parâmetros de valor de tempo/custo para o qual o risco é mínimo, máximo e mais provável. A variável de saída (*output*) foi o indicador financeiro VPL.

Foram gerados valores mínimos, máximos, médios, desvios-padrão, moda e percentis. Com base nas elasticidades geradas pelo coeficiente de regressão linear múltipla, foi identificado como as variáveis de entrada influenciaram o VPL em cada tratamento.

3 RESULTADOS

3.1 Análise financeira

Os fluxos de caixa com valores descontados indicam que a aplicação dos tratamentos apresenta saldo positivo (Tabela 2). Embora nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 as receitas da soja e do milho tenham contribuído para aumento da receita total, o T6 obteve maior saldo devido à maior receita na venda da madeira e menor custo total.

A soma das receitas da soja e do milho observadas nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 equivalem a R\$ 6.527,74 ha⁻¹, valor superior aos custos verificados nos dois primeiros anos dos sistemas agroflorestais associados a estes tratamentos (Tabela 2). Assim, nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 foi possível amortizar, com a soma das receitas obtidas até o segundo ano, os custos de implantação do paricá e de cultivo da soja (ano 1) e milho (ano 2) e obter rentabilidade no segundo ano em torno de R\$ 56,00 R\$ 197,00 R\$ 478,00 R\$ 281,00 e R\$ 220,00 ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 2. Fluxos de caixa^{1*} (R\$ ha⁻¹), descontados à taxa de 6,75% a.a., do cultivo de paricá submetido a práticas de manejo de solo, em sistemas agroflorestais, em Ulianópolis, PA

Ano	Custo	Receita	Saldo
Tratamento 1			
1	4.164,22	3.368,62	-795,60
2	2.306,60	3.159,12	852,52
3	261,00	-	-261,00
4	438,55	-	-438,55
5	410,82	14.171,54	13.760,72
Total	7.581,19	20.699,28	13.118,09
Tratamento 2			
1	4.023,70	3.368,62	-655,08
2	2.306,60	3.159,12	852,52
3	261,00	-	-261,00
4	438,55	-	-438,55
5	410,82	11.971,06	11.560,24
Total	7.440,68	18.498,80	11.058,13
Tratamento 3			
1	3.742,67	3.368,62	-374,05
2	2.306,60	3.159,12	852,52
3	261,00	-	-261,00
4	438,55	-	-438,55
5	410,82	13.665,13	13.254,31
Total	7.159,64	20.192,88	13.033,23
Tratamento 4			
1	3.939,39	3.368,62	-570,77
2	2.306,60	3.159,12	852,52
3	261,00	-	-261,00
4	438,55	-	-438,55
5	410,82	12.582,21	12.171,39
Total	7.356,37	19.109,95	11.753,58
Tratamento 5			
1	4.000,28	3.368,62	-631,66
2	2.306,60	3.159,12	852,52
3	261,00	-	-261,00
4	438,55	-	-438,55
5	410,82	13.111,12	12.700,30
Total	7.417,26	19.638,86	12.221,61
Tratamento 6			
1	1.050,59	-	-1.050,59
2	499,76	-	-499,76
3	261,00	-	-261,00
4	438,55	-	-438,55
5	410,82	16.261,22	15.850,39
Total	2.660,72	16.261,22	13.600,50

¹Custos e Receitas totais do tratamento no referido ano, incluindo o custo anual (custo anual da terra, administração e combate à formiga). *Cotação do dólar em junho de 2018 = \$3,76.

Para o período considerado, com a aplicação de todos os tratamentos verificou-se VPL e VAE positivo, o que indica que são financeiramente viáveis. O maior valor de VPL e VAE foi observado no T6 e o menor no T2 (Tabela 3).

Tabela 3. Indicadores financeiros (VPL, VAE, Razão B/C, CMP e VET) do cultivo de paricá submetido a práticas de manejo do solo, em sistemas agroflorestais, em Ulianópolis, PA

Métodos de avaliação ¹	Tratamentos					
	1	2	3	4	5	6
VPL (R\$ ha ⁻¹)	13.118,09	11.058,13	13.033,23	11.753,58	12.221,61	13.600,50
VAE (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	3.177,99	2.678,95	3.157,44	2.847,43	2.960,81	3.294,86
Razão B/C	2,73	2,49	2,82	2,60	2,65	6,11
CMP (R\$ m ⁻³)	24,39	27,47	21,60	22,67	22,48	19,63
VET (R\$ ha ⁻¹)	50.081,39	42.688,09	49.776,83	45.184,12	46.863,87	51.812,77

¹VPL = Valor Presente Líquido; VAE = Valor Anual Equivalente; Razão B/C = Razão Benefício/Custo; CMP = Custo Médio de Produção da madeira em pé de paricá; VET = Valor Esperado da Terra.

A Razão B/C resultante da aplicação de todos os tratamentos foi maior que 1, indicando que as receitas superam os custos. Ao aplicar o T6 houve maior Razão B/C (6,11), com valor 2,29 vezes maior que a média (2,65) dos demais tratamentos. O CMP (R\$ m⁻³) da madeira em pé de paricá ao aplicar os tratamentos foi inferior à receita obtida por metro cúbico de madeira em pé, indicando viabilidade econômica com a aplicação de todos os tratamentos (Tabela 3).

Foi verificado em todos os tratamentos Valores Esperados da Terra (VET) superiores ao valor da terra (R\$ 3.000,00 ha⁻¹) praticado na região do presente estudo, indicando viabilidade econômica (Tabela 3).

3.2 Análise de risco de investimento

No resultado da análise de risco de investimento do T1 foi observado que 5% dos percentis apresentaram VPL abaixo de R\$ 4.254,03 ha⁻¹ considerando valor mínimo para venda da madeira e R\$ 8.054,00 ha⁻¹, para o valor máximo. Ao avaliar o resultado do T6 foi verificado que 5% dos percentis indicaram VPL abaixo de R\$ 3.454,55 ha⁻¹ e R\$ 7.802,52 ha⁻¹, considerando os valores mínimo e máximo, respectivamente. As estatísticas dos tratamentos indicam que não existe probabilidade de ocorrência de VPL abaixo de R\$ 1.044,06 ha⁻¹ (Tabela 4).

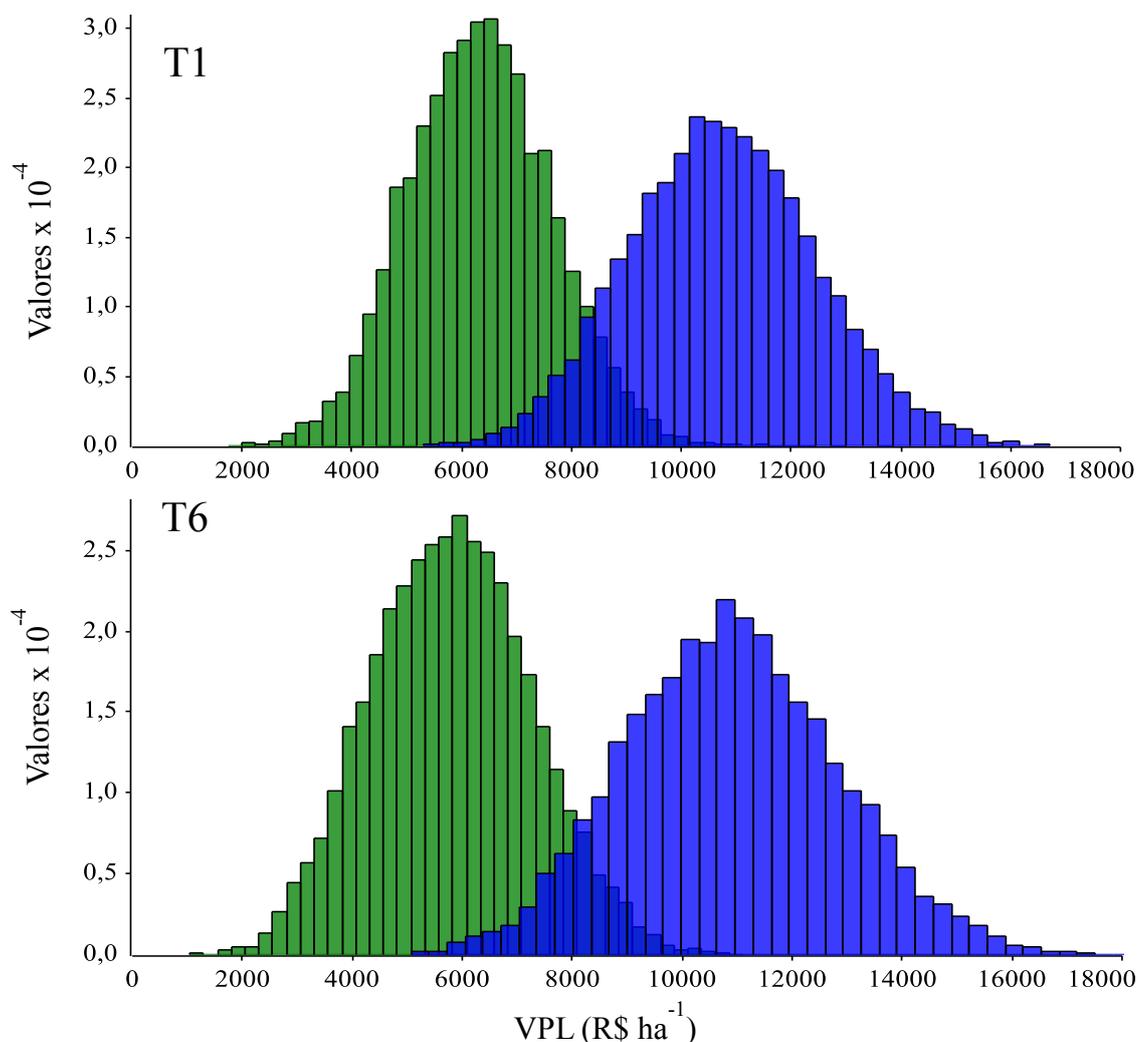
Tabela 4. Estatísticas da variável de saída VPL (R\$ ha⁻¹) para os tratamentos T1 e T6 em função dos valores mínimos e máximos para comercialização da madeira em pé de paricá

Estatística	T1		T6	
	Valor Mín.	Valor Máx.	Valor Mín.	Valor Máx.
Mínimo	1.742,96	5.295,31	1.044,06	5.068,47
Máximo	11.586,73	16.724,06	11.110,05	18.169,76
Média	6.331,26	10.763,23	5.810,99	10.895,89
Desvio Padrão	1.296,43	1.691,57	1.445,71	1.924,15
Moda	6.774,42	11.151,82	5.969,81	10.934,29
Percentis				
5%	4.254,03	8.054,00	3.454,55	7.802,52
25%	5.432,77	9.582,01	4.784,71	9.542,65
45%	6.159,56	10.517,14	5.606,36	10.632,95
65%	6.825,08	11.407,50	6.378,01	11.594,94
85%	7.675,66	12.522,88	7.320,84	12.930,04
95%	8.497,31	13.615,32	8.248,13	14.126,79

Ao analisar a distribuição de probabilidade do indicador financeiro (VPL) ao aplicar os tratamentos, verifica-se simétrica ao redor da média e moda. Embora tenha ocorrido maior dispersão dos dados ao aplicar os tratamentos T1 e T6 com os valores máximos para venda da madeira de paricá demonstrado pelo desvio padrão da média, a distribuição de probabilidade do VPL indica risco inexistente de VPL zero ou negativo em todas as simulações realizadas (Figura 2).

Destaca-se o deslocamento da distribuição de probabilidade do VPL para a esquerda quando é reduzido o valor para venda da madeira, com valor médio de interseção para o T1 de R\$ 8.334,23 ha⁻¹ e para o T6 de R\$ 8.243,65 ha⁻¹ (Figura 2).

Em relação à análise de sensibilidade, a elasticidade das variáveis de entrada tem relação direta no VPL, indicando que, quando os valores da elasticidade são positivos, a relação entre as variáveis de entrada e VPL é diretamente proporcional, ocorrendo relação inversamente proporcional quando os valores da elasticidade são negativos. As variáveis de entrada, os coeficientes de regressão e a ordem de influência no VPL estão descritas na Tabela 5.



■ VPL – Valor (R\$) Mín. Madeira ■ VPL – Valor (R\$) Máx. Madeira

Figura 2. Densidade de probabilidade do VPL nos tratamentos T1 e T6 em função dos valores mínimos e máximos para comercialização da madeira em pé de paricá.

Tabela 5. Análise de sensibilidade com base nas elasticidades das variáveis de entrada e a ordem de influência (R) no VPL dos tratamentos T1 e T6, com valores mínimos e máximos para comercialização da madeira em pé de paricá

Variáveis de entrada	T1				T6			
	Valor Mín.		Valor Máx.		Valor Mín.		Valor Máx.	
	VPL	R	VPL	R	VPL	R	VPL	R
Custo Paricá	-0,56	1	-0,43	3	-0,73	1	-0,55	3
Preço madeira	0,47	2	0,57	1	0,48	2	0,58	1
Produção Paricá	0,47	3	0,57	2	0,48	3	0,57	2
Preço Soja	0,21	4	0,16	5	-	-	-	-
Produção Soja	0,21	5	0,16	6	-	-	-	-
Preço Milho	0,20	6	0,15	7	-	-	-	-
Produção Milho	0,20	7	0,15	8	-	-	-	-
Custo Soja	-0,19	8	-0,14	9	-	-	-	-
Custo Milho	-0,15	9	-0,11	10	-	-	-	-
Taxa de desconto	-0,13	10	-0,17	4	-0,13	4	-0,16	4

4 DISCUSSÃO

4.1 Análise financeira

A amortização dos custos de implantação do paricá, de cultivo da soja (ano 1) e milho (ano 2) e, obtenção de lucro no segundo ano, nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 reduz os riscos negativos de retorno do capital mesmo que o paricá não apresente produtividade esperada no quinto ano, destacando a adoção de sistema agroflorestal em comparação ao T6, em monocultivo.

Ressalta-se que independentemente da variação dos valores de produtividade e de comercialização da madeira em pé do paricá, com as receitas dos cultivos agrícolas até o segundo ano, é possível amortizar, em média, 88% do custo total.

Este fato é corroborado por alguns autores (OLIVEIRA, 2013; PALHETA et al., 2014; GONÇALVES et al., 2017), que analisaram cultivo de paricá em sistemas agroflorestais, em diferentes condições edafoclimáticas, e observaram que foi possível amortizar, até o quarto ano dos sistemas, os custos totais de cultivo e das demais culturas consorciadas. As receitas da comercialização da madeira em pé no final do projeto foram consideradas lucro.

Quando se deseja obter receitas superiores aos custos totais no período entre implantação e colheita do paricá, o sistema agroflorestal deve ser planejado adequadamente, focando em culturas com potencial para geração de receitas nesse período capazes de superar os custos totais, como soja, milho, açaizeiro, feijão, mandioca e bananeira (FRANCEZ e ROSA, 2011; PALHETA et al., 2014; GONÇALVES et al., 2017).

A escolha das culturas soja e milho para consórcio com paricá na presente pesquisa é justificada por serem commodities e apresentarem pacote tecnológico que contribui para aumento da produtividade e viabilidade econômica em diferentes arranjos agroflorestais e condições edafoclimáticas (MARTORANO et al., 2016; SILVA et al., 2016).

O VPL obtido com a aplicação dos tratamentos demonstra que os sistemas têm elevado retorno financeiro. A aplicação dos tratamentos T1, T3 e T6 refletiu em maior valor de VPL e VAE, indicando que o paricá é capaz de desenvolver-se bem em diferentes manejos do solo e ter viabilidade econômica.

O mesmo foi demonstrado por Palheta et al. (2014) quando avaliaram a viabilidade econômica de um sistema agroflorestal em Santa Bárbara, PA, composto por paricá, cupuaçu, feijão e mandioca, e observaram VPL de R\$ 20.409,27 ha⁻¹, considerando horizonte de planejamento de seis anos. Cordeiro et al. (2009) avaliaram o consórcio de

paricá com curauá, em Aurora do Pará, PA, e observaram VPL de R\$ 19.853,44 ha⁻¹ no quarto ano do sistema agroflorestal.

Em concordância com os resultados deste trabalho, Cordeiro et al. (2018) relatam que o cultivo de eucalipto em monocultivo foi mais rentável do que em sistema agroflorestal, embora os dois sistemas tenham sido viáveis economicamente. Os autores concluem que na medida em que se aumenta o espaçamento do componente arbóreo, aumenta-se a área de ocupação dos componentes agrícolas, entretanto isso não reflete em aumento de retorno financeiro.

A Razão B/C no T6 indica que a cada R\$ 1,00 investido o retorno financeiro poderá ser de R\$ 6,11. E no caso dos demais tratamentos, a cada R\$ 1,00 investido, será possível o retorno, em média, de R\$ 2,29.

O valor da Razão B/C observado no T6 é relativamente alto quando comparado com os valores verificados nos demais tratamentos. No T6 as plantas de paricá não competiram por recursos de crescimento (água, luz e nutrientes) com os cultivos agrícolas, entretanto, não foram beneficiadas pelas práticas de manejo do solo aplicadas aos demais tratamentos. A boa produtividade (187 m³ ha⁻¹ – Tabela 1) demonstrada pelas plantas de paricá submetidas ao T6 indica adaptabilidade da espécie à ausência de algumas práticas de manejo do solo, característica já relatada por AMATA (2009) e Rodrigues et al. (2016).

A adubação de base é a prática de manejo do solo que mais afeta o CMP, representando até 12% do custo total de cultivo do paricá. Os tratamentos T3 e T6 não receberam adubação de base, refletindo nos menores valores de CMP. Silveira et al. (2017), ao avaliarem o custo de produção de madeira do paricá em diferentes espaçamentos, em Paragominas, PA, observaram que o custo de adubação pode representar até 10% do custo total de cultivo, considerando um horizonte de planejamento de sete anos.

Os Valores Esperados da Terra (VET) indicam que o preço máximo que se pode pagar pela terra para que os cultivos de paricá tenham viabilidade econômica variou entre 42.688,09 e R\$ 51.812,77 ha⁻¹, valor, em média, 15,9 vezes superior ao valor da terra (R\$ 3.000,00 ha⁻¹) praticado na região do presente estudo.

Silva e Fontes (2005) e Pedroso Filho et al. (2018) relatam que o VET, no setor florestal, representa o valor produtivo da terra, isto é, o preço máximo que se pode pagar pela terra para implantar cultivos florestais. Entretanto, segundo Rezende e Oliveira (2013), este critério deve ser usado com o devido cuidado visto que pode induzir para erros em tomadas de decisão por superestimar o valor da terra. Os autores reforçam que

o custo efetivo pago pela terra é baseado em uma série de fatores de mercado e não necessariamente no valor determinado pelo VET.

Os indicadores econômicos (VPL, VAE, Razão B/C, CMP e VET) utilizados no presente trabalho indicam que o paricá pode ser cultivado em sistemas agroflorestais com diferentes práticas de manejo do solo e apresentar viabilidade econômica. Estes sistemas agroflorestais são importantes alternativas para produção de madeira e alimento (nos primeiros anos dos sistemas) em escala comercial, desde que sejam planejados identificando as particularidades locais.

4.2 Análise de risco de investimento

As análises de probabilidade demonstram que os sistemas de cultivo do paricá apresentam similaridade nas distribuições de probabilidade do VPL, mesmo com as alterações nos preços de comercialização da madeira de paricá e diferenças de práticas de manejo do solo, consórcio, custos, produtividade e preço de venda para os produtos das culturas agrícolas.

Os valores mínimos de VPL demonstrados na Tabela 4 apontam que a aplicação dos tratamentos, independentemente dos valores mínimo e máximo para venda da madeira, tem ausência de risco de investimento, considerando a manutenção das condições produtivas e mercadológicas ao longo do horizonte de planejamento.

Em estudos de riscos de investimentos de projetos florestais, quando é simulada oscilação de até $\pm 20\%$ nas variáveis de maior influência sobre o VPL e há probabilidade de se obter VPL negativo, o projeto é considerado inseguro (PLATON e CONSTANTINESCU, 2014; VIRGENS et al., 2016; TIMOFEICZYK JUNIOR et al., 2017). As oscilações de VPL observadas ao aplicar os tratamentos do presente estudo demonstram a flexibilidade positiva e a segurança de se investir neste modelo de sistema agroflorestal como alternativa para produção de alimento e madeira.

Na análise de sensibilidade, ao aplicar todos os tratamentos, o custo, preço e produção de madeira em pé de paricá foram as variáveis que mais influenciaram o VPL, indicando que o sucesso do sistema agroflorestal está diretamente ligado ao custo e produtividade do componente arbóreo e à variação do preço de comercialização da madeira de paricá.

Quando estabelecido o preço mínimo para venda da madeira, o custo do paricá é a variável que mais influencia na formação do VPL. Na simulação utilizando o preço máximo para venda da madeira, as receitas do paricá, ou seja, preço e produção, são as variáveis que mais influenciam o VPL.

É possível inferir que, quando estabelecido o preço mínimo para venda da madeira, se no T1 e T6 houver aumento de 10% no custo de produção do paricá, haverá redução de 5,6 e 7,3% no VPL, respectivamente. O custo de produção do paricá influencia mais a formação do VPL do T6 em comparação com T1, devido a madeira ser o único produto.

Para simulação do VPL com o preço máximo para venda da madeira, se ao aplicar o T1 e T6 ocorrer aumento de 10% no preço ou produção de madeira, implicará em aumento de 5,7 % no VPL. Para esse valor de comercialização da madeira, não foi verificada diferença entre os tratamentos considerando os coeficientes de regressão e ordem de influência das variáveis preço e produção de madeira.

Nos estudos de Cordeiro (2010) e Lucena et al. (2016), quando avaliaram o risco de investimento de sistemas agroflorestais, o preço e a produção de madeira dos componentes arbóreos apresentaram maiores influências na simulação do VPL. Isso demonstra que nestes modelos de sistemas agroflorestais o maior percentual de receitas é obtido pela produção do componente arbóreo, estando diretamente ligado à viabilidade do sistema. Por esse nível de importância, a espécie arbórea deve ser escolhida e manejada adequadamente seguindo recomendações técnicas e econômicas.

Desconsiderando as variáveis custo, preço e produção de madeira, o preço e produção da soja e a taxa de desconto são as variáveis de maior influência na simulação do VPL no T1. No T1 ocorre alteração da ordem de influência dessas variáveis nas simulações com valores mínimos e máximos para a venda da madeira. Na simulação de valor mínimo, o preço e produção da soja possuem maior valor de influência devido as receitas geradas na venda da madeira serem relativamente menores e, por isso, o VPL é menos afetado pela taxa de desconto.

O inverso ocorre quando é simulado no T1 o valor máximo para venda da madeira. As receitas geradas na simulação com valor máximo para venda da madeira possuem maior participação na formação do VPL e, conseqüentemente, ocorre maior influência da taxa de desconto no VPL devido a venda da madeira ocorrer no final do horizonte de planejamento do projeto.

Quando estabelecido o preço mínimo para venda da madeira no T1, se houver aumento de 10% no preço ou produção da soja, será possível elevar em 2,1% o VPL. E considerando o preço máximo para venda da madeira no T1, se houver aumento de 10% na taxa de juros, resultará em redução de 1,7% no VPL.

No T6 a influência das taxas de descontos em relação aos valores mínimos e máximos para a venda da madeira são similares, com isso, se houver aumento de 10% na taxa de desconto, ocorrerá redução em torno de 1,4% no VPL. Barbosa et al. (2015) e

Virgens et al. (2016) relatam tendência de inviabilidade de projetos florestais quando na análise de sensibilidade ocorre aumento de 20% na taxa de desconto, diferentemente do observado ao aplicar os tratamentos do presente estudo.

As dificuldades em utilizar métodos tradicionais de avaliação econômica, como por exemplo VPL, VAE, Razão B/C, CMP, TIR e VET é não conseguir captar com precisão o real retorno do investimento em condições de incertezas e rápidas mudanças de mercado (SVIECH e MANTOVAN, 2013; ARAÚJO et al., 2015).

Assim, com a análise de risco de investimento é factível captar as variações possíveis de mercado e adaptar as tomadas de decisão em resposta às mudanças imprevistas no mercado, como variações nas taxas de juros e nos preços dos insumos florestais, da madeira e dos produtos oriundos do beneficiamento da madeira (REZENDE e OLIVEIRA, 2013; CORDEIRO et al., 2018), aumentando as chances de êxito de o investimento com paricá em sistema agroflorestal ser viável no ponto de vista financeiro.

5 CONCLUSÕES

O cultivo de paricá em sistemas agroflorestais submetidos a práticas de manejo do solo indicam viabilidade econômica e ausência de risco de investimento.

As culturas da soja e milho em consórcio com paricá possibilitam amortizar os custos dos dois primeiros anos do sistema e obter lucro.

6 REFERÊNCIAS

AGARWAL, R.; VIRINE, L. **Monte Carlo Project Risk Analysis**. In: Handbook of Research on Leveraging Risk and Uncertainties for Effective Project Management. Canada: IGI Global, 21p. 2017.

AMATA. **Revisão sobre Paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber Ex Ducke**. São Paulo: AMATA S/A - Inteligência da floresta viva. 106p. 2009.

ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; BARBOSA, M. V. R.; BRITO, W. C.; CORDEIRO, S. A. Rentabilidade de plantios de acácia-australiana e de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no Sudoeste do Piauí. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 4, p. 268-275, 2015.

BARBOSA, R. H. S.; MENDONÇA, A. R.; CHICHORRO, J. F.; GONÇALVES, S. B.; ALVES, E. G.; KUBOYAMA, F. A. Q. Análise técnica e econômica do desbaste em um povoamento de eucalipto na Região Sul do Espírito Santo. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 2, p. 125-130, 2015.

BERGE, R. **Análise benefício-custo: instrumento de auxílio para tomada de decisões na empresa florestal**. Piracicaba: IPEF, 1980. 8p. (IPEF, Circular Técnica, 97).

CARVALHO, A. R. **Método Monte Carlo e suas aplicações**. 2017. 124p. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática), Universidade Federal de Roraima/UFRR, Boa Vista, 2017.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKKE, B. H. **Análise de investimentos**. 11. ed. São Paulo: Atlas. 432p. 2010.

CASTRO NETO, F.; JACOVINE, L. A. G.; TORRES, C. M. M. E.; OLIVEIRA NETO, S. N.; CASTRO, M. M.; VILLANOVA, P. H.; FERREIRA, G. L. Balanço de Carbono – Viabilidade econômica de dois sistemas agroflorestais em Viçosa, MG. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 28, n. 1, p. 1-9, 2017.

CORDEIRO, I. M. C. C.; SANTANA, A. C.; LAMEIRA, O. A.; SILVA, I. M. Avaliação econômica dos sistemas de cultivo com *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (paricá) e *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L.B.Smith) *Coppus* e Leal (curauá) no município de Aurora do Pará (PA), Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracaibo, v. 2, n. 3, p. 243-265, 2009.

CORDEIRO, S. A. **Avaliação econômica e simulação em sistemas agroflorestais**. 2010. 96p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, 2010.

CORDEIRO, S. A.; SILVA, M. L.; OLIVEIRA NETO, S. N.; OLIVEIRA, T. M. Simulação da variação do espaçamento na viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n. 1, p. 1-8, 2018.

COSENZA, D. N.; OLIVEIRA NETO, S. N.; JACOVINE, L. A. G.; RODRIGUES, C. R.; RODE, R.; SOARES, V. P.; LEITE, H. G. Avaliação econômica de projetos de sistemas agroflorestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 527-536, out./dez. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Revisada e ampliada. – Brasília, DF: Embrapa, 353p. 2013.

FITZPATRICK, D. **Monte Carlo Analysis - Analog Design and Simulation Using OrCAD Capture and PSpice**. 2. ed. Cambridge: Newnes, 438p. 2018.

FRANCEZ, D. C.; ROSA, L. S. Viabilidade econômica de sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares no Pará, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 54, n. 2, p.178-187, 2011.

GONÇALVES, A. C. S.; PONTES, A. N.; DE 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**, Caracas, v. 38, n. 11, p. 1-10, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, Mapa de Vegetação do Brasil, 2004. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em: 29 out. 2017.

LEUSCHNER, W. A. **Introduction to Forest resource management**. 1. ed. New York: John Wiley, 304p. 1984.

LUCENA, H. D.; PARAENSE, V. C.; MANCEBO, C. H. A. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal com cacau e essências florestais de alto valor comercial em Altamira – PA. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, Porto Velho, v. 8, n. 1, p. 73-84, 2016. DOI 10.18361/2176-8366/rara.v8n1p73-84

MARTORANO, L. G.; SIVIERO, M. A.; TOURNE, D. C. M.; VIEIRA, S. B.; FITZJARRALD, D. R.; VETTORAZZI, C. A.; BRIENZA JUNIOR, S.; YEARED, J. A. G.; MEYERING, E.; LISBOA, L. S. Agriculture and forest: A sustainable strategy in the Brazilian Amazon. **Australian Journal of Crop Science**, Southern Cross, v. 10, n. 3, p. 1136-1143, 2016.

MEDEIROS, R. A.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; VENDRÚSCOLO, D. G. S.; SILVA, F. T. Análise silvicultural e econômica de plantios clonais e seminais de *Tectona grandis* L.f. em sistema taungya. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 893-903, 2015.

METROPOLIS, N.; ULAM, S. The monte carlo method. **Journal of the American Statistical Association**, New York, v. 44, n. 247, p. 335-341, sep. 1949.

NOGUEIRA, R. F.; CORDEIRO, S. A.; LEITE, A. M. P.; BINOTI, M. L. M. S. Mercado de borracha natural e viabilidade econômica do cultivo da seringueira no Brasil. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 2 p. 143-149, 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**, Seropédica, v. 24, n. 1, p. 1-11, 2017.

OLIVEIRA, D. M. Q. **Avaliação econômica de sistemas agroflorestais no Nordeste Paraense: os sistemas agroflorestais como instrumento de política pública de desenvolvimento socioeconômico e ambiental regional**. 2013. 162p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

OLIVEIRA NETO, S. N.; VALE, A. B.; NACIF, A. P.; VILAR, M. B.; ASSIS, J. B. **Sistema Agrossilvipastoril - Integração Lavoura, Pecuária e Floresta**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais - SIF, 190p. 2010.

PALHETA, I. C.; GOMES, C. A. S.; LOBATO, G. J. M.; DE PAULA, M. T.; PONTES, A. N. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal no município de Santa Bárbara-PA. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 1947-1956, 2014.

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

PEDROSO FILHO, J. I.; BIALI, L. J.; SCHNEIDER, P. R.; FARIAS, J. A. Avaliação econômica de projetos de florestamento com *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden implantado sob diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p.240-248, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509831577>.

- PLATON, V.; CONSTANTINESCU, A. Monte Carlo Method in risk analysis for investment Projects. **Procedia Economics and Finance**, Roma, v. 15, n. 1, p. 393-400, 2014.
- REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 385p. 2013.
- RODRIGUES, P. G.; RUIVO, M. L. P.; PICCININ, J. L.; JARDIM, M. A. G. Contribuição dos atributos químicos do solo no desenvolvimento vegetativo do paricá em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 59-68, 2016.
- SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. Efeito do cultivo de paricá em sistemas integração lavoura-pecuária-floresta sobre as propriedades físicas e teor de matéria orgânica de um Latossolo Amarelo. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 10, n. 1, p. 53-61, 2016.
- SILVA, A. R.; SALES, A. Crescimento e produção de paricá em diferentes idades e sistemas de cultivo. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 5, n. 1, p. 231-235, 2018.
- SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. Produção do milho sob sombreamento de eucalipto em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 5, n. 1, p. 54-62, 2016.
- SILVA, G. F.; MENDONÇA, A. R.; HOFFMANN, R. G.; ZANETI, L. Z.; CHICHORRO, J. F.; FERREIRA, R. L. C. Rendimento em laminação de madeira de Paricá na região de Paragominas, Pará. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 447-455, 2015.
- 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**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 931-936, 2005.
- SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. L. **Economia florestal**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 178p. 2005.
- SILVA, S. C.; OLIVEIRA, A. D.; COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P. Economic viability of cerrado vegetation management under conditions of risk. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 141-149, 2011.
- SILVEIRA, R.; SILVA, G.; BINOTI, D.; MANHÃES, L.; GONÇALVES, A.; ARAGÃO, M. Custos da produção de madeira de paricá na região de Paragominas, PA. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 92, p. 597-604, 2017. <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.92.1508>
- SIVIERO, M. A.; MOTTA, A. M.; LIMA, D. S.; BIROLI, R. R.; HUH, S. Y.; SANTINONI, I. A.; MURATE, L. S.; CASTRO, C. M. A.; MIYAUCHI, M. Y. H.; ZANGARO, W.; NOGUEIRA, M. A.; ANDRADE, G. Interaction among N-fixing bacteria and AM fungi in Amazonian legume tree (*Schizolobium amazonicum*) in field conditions. **Applied Soil Ecology**, Firenze, v. 39, n. 2, p. 144-152. 2008.

SOUZA NETO, J. A.; BERGAMINI JUNIOR, C.; OLIVEIRA, V. O. **Opções Reais: introdução à teoria e à prática**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 100p. 2008.

SVIECH, V.; MANTOVAN, E. A. Análise de investimentos: controvérsias na utilização da TIR e VPL na comparação de projetos. **Percursos**, Curitiba, v. 1, n. 13, p. 239-269, 2013.

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.

VELOSO, C. A. C.; SILVA, A. R.; CARVALHO, E. J. M.; SILVEIRA FILHO, A. **Manejo de cultivo do paricá (*Schizolobium amazonicum*) em um Latossolo amarelo distrófico no sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Nordeste Paraense**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2016. 14p. (Embrapa Amazônia Oriental, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 103).

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 124p., 1991.

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**, Seropédica, v. 23, n. 2, p. 211-219, 2016.

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**, Colombo, v. 37, n. 92, p. 429-436, out./dez. 2017.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento e a produção do paricá são influenciados por práticas de manejo do solo, podendo ser mais expressivas as respostas quando estas práticas são definidas com base em características químicas e físicas do solo onde se cultiva.

As receitas da soja e do milho em sistema taungya com paricá evidenciam a aptidão dessas culturas agrícolas para utilização neste modelo de sistema de produção em escala comercial na região, possibilitando amortizar o custo total ou parcial do sistema.

A viabilidade econômica e o risco de investimento indicados pela aplicação de práticas de manejo do solo no cultivo de paricá em sistema agroflorestal, nas condições estabelecidas no presente estudo, incentivam o cultivo de paricá com soja e milho.

Todavia, a alteração do arranjo espacial das plantas do formato quadrado (tradicional 3,5 x 3,5 m) para retangular (5 x 2 m, no presente estudo) indica necessidade de avaliações futuras sobre possíveis efeitos na forma transversal do tronco e suas influências no rendimento da madeira no processo de laminação e em suas implicações econômicas.

8 ANEXOS

Anexo 1. Análise de variância para o teste de identidade de modelos visando a comparação de equações ajustadas a diferentes conjuntos de dados (tratamentos)*

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Parâmetros modelo Completo	p_1	SQParC			
Parâmetros modelo Reduzido	p_2	SQParR			
Redução devido a H_0	$p_1 - p_2$	SQRH ₀	QMRH ₀	QMRH ₀ /QMres	
Resíduo	$n - p_1$	SQres	QMres		
Total	n	SQTnc			

* $SQTnc = Y'Y = \sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^{n_h} y_{hi}^2$, com n graus de liberdade, sendo n_h o número de observações de Y no conjunto de dados do tratamento h . $SQParC = \sum_{h=1}^H \hat{\beta}'_h X'_h Y_h = \sum_{h=1}^H [y'_h y_h - (y_{hi} - \widehat{y}_{hic})^2]$, sendo \widehat{y}_{hic} o valor estimado de Y para i -ésima observação do conjunto de dados do tratamento h , usando o modelo completo. O número de graus de liberdade é p_1 , que é o número de coeficientes no modelo completo. $SQParR = \sum_{h=1}^H \hat{\beta}'_h X'_h Y_h = \sum_{h=1}^H [y'_h y_h - (y_{hi} - \widehat{y}_{hur})^2]$, sendo \widehat{y}_{hur} o valor estimado de Y para i -ésima observação do conjunto de dados do tratamento h , usando o modelo reduzido. O número de graus de liberdade é p_2 , que é o número de coeficientes no modelo reduzido. $SQRH_0 = SQParC - SQParR$, com $p_1 - p_2$ graus de liberdade. $SQres = SQTnc - SQParC$, com $n - p_1$ graus de liberdade. p-valor = área de rejeição de H_0 para estatística F . $QMRH_0/QMres \sim F\alpha$ (PC-PR e n-PC GL).

Anexo 2. Sobrevivência e médias de diâmetro a 1,3 m de altura (*dap*) e altura total (*ht*) do paricá, por parcela, aos 8, 22 e 36 meses de idade em função de práticas de manejo do solo, em sistema agroflorestal, em Ulianópolis, PA

Parcela	Sobrevivência (%)			<i>dap</i> (cm)			<i>ht</i> (m)		
	Idade (meses)								
	8	22	36	8	22	36	8	22	36
Tratamento 1									
1	92,5	70,0	60,0	2,0	5,5	10,3	1,8	5,2	10,5
2	97,5	77,5	57,5	1,8	5,1	10,1	1,6	4,6	11,3
3	100,0	82,5	72,5	2,1	6,4	11,2	1,9	6,1	11,4
4	100,0	85,0	75,0	2,0	6,8	11,5	1,8	7,0	12,8
5	100,0	82,5	65,0	2,0	6,5	11,4	1,9	6,4	13,4
Tratamento 2									
1	100,0	95,0	80,0	2,5	6,7	11,3	2,2	6,9	10,6
2	100,0	92,5	72,5	2,4	6,9	11,5	2,2	7,5	11,6
3	95,0	80,0	52,5	2,3	6,3	10,8	2,1	6,6	10,6
4	100,0	97,5	87,5	2,1	6,7	11,5	1,9	6,8	11,5
5	100,0	97,5	72,5	2,1	6,1	11,2	1,9	6,1	11,2
Tratamento 3									
1	92,5	77,5	55,0	2,0	6,6	11,2	1,8	5,9	12,2
2	95,0	77,5	60,0	2,0	5,8	10,8	1,6	5,4	11,5
3	100,0	100,0	80,0	2,2	6,4	10,7	1,7	6,3	11,7
4	100,0	97,5	90,0	2,1	6,7	10,9	1,9	6,5	12,6
5	97,5	92,5	70,0	2,1	6,5	10,5	2,0	6,6	11,7
Tratamento 4									
1	100,0	92,5	75,0	2,3	6,0	10,3	1,8	5,3	10,6
2	100,0	90,0	77,5	2,4	6,2	10,9	2,0	6,3	11,0
3	100,0	95,0	80,0	2,3	6,7	11,1	1,9	6,7	12,0
4	97,5	82,5	60,0	2,2	5,1	9,6	1,8	5,3	10,1
5	95,0	80,0	75,0	2,2	5,6	10,1	1,8	5,6	11,0
Tratamento 5									
1	100,0	77,5	70,0	1,9	5,2	10,4	1,6	4,6	10,8
2	100,0	82,5	70,0	2,0	5,6	10,4	1,7	5,4	10,5
3	97,5	85,0	55,0	2,2	5,6	10,4	2,1	5,4	10,3
4	100,0	90,0	45,0	2,0	6,0	11,2	1,9	6,2	11,6
5	95,0	72,5	50,0	2,2	5,7	10,3	1,9	5,7	10,6
Tratamento 6									
1	100,0	80,0	75,0	2,1	6,7	11,5	2,0	6,7	12,7
2	95,0	67,5	65,0	2,2	6,7	11,8	2,0	6,6	12,9
3	100,0	87,5	77,5	1,9	5,8	10,9	1,8	5,7	11,8
4	97,5	75,0	72,5	1,7	6,4	11,7	1,6	6,5	12,9
5	100,0	85,0	70,0	2,3	6,8	11,6	1,8	6,5	12,3

Anexo 3. Sobrevivência e médias de volume individual e produção do paricá, por parcela, aos 8, 22 e 36 meses de idade em função de práticas de manejo do solo, em sistema agroflorestal, em Ulianópolis, PA

Parcela	Sobrevivência (%)			Volume individual (m ³ árvore ⁻¹)			Produção (m ³ ha ⁻¹)		
	Idade (meses)								
	8	22	36	8	22	36	8	22	36
Tratamento 1									
1	92,5	70,0	60,0	0,0131	0,2333	1,1344	0,33	5,83	28,36
2	97,5	77,5	57,5	0,0107	0,2238	1,2010	0,27	5,59	30,02
3	100,0	82,5	72,5	0,0185	0,4187	1,7514	0,46	10,47	43,78
4	100,0	85,0	75,0	0,0160	0,5394	2,1343	0,40	13,49	53,36
5	100,0	82,5	65,0	0,0155	0,4399	1,8646	0,39	11,00	46,62
Tratamento 2									
1	100,0	95,0	80,0	0,0306	0,5925	1,8242	0,76	14,81	45,61
2	100,0	92,5	72,5	0,0287	0,6740	1,8963	0,72	16,85	47,41
3	95,0	80,0	52,5	0,0213	0,4391	1,1149	0,53	10,98	27,87
4	100,0	97,5	87,5	0,0193	0,6116	2,2499	0,48	15,29	56,25
5	100,0	97,5	72,5	0,0201	0,4974	1,7635	0,50	12,44	44,09
Tratamento 3									
1	92,5	77,5	55,0	0,0164	0,4126	1,4795	0,41	10,32	36,99
2	95,0	77,5	60,0	0,0131	0,3208	1,4297	0,33	8,02	35,74
3	100,0	100,0	80,0	0,0224	0,5528	1,9544	0,56	13,82	48,86
4	100,0	97,5	90,0	0,0220	0,5738	2,4028	0,55	14,34	60,07
5	97,5	92,5	70,0	0,0243	0,5403	1,6505	0,61	13,51	41,26
Tratamento 4									
1	100,0	92,5	75,0	0,0181	0,3441	1,4313	0,45	8,60	35,78
2	100,0	90,0	77,5	0,0221	0,4400	1,6749	0,55	11,00	41,87
3	100,0	95,0	80,0	0,0216	0,5382	1,9963	0,54	13,46	49,91
4	97,5	82,5	60,0	0,0157	0,2697	1,0310	0,39	6,74	25,77
5	95,0	80,0	75,0	0,0154	0,3030	1,5210	0,39	7,58	38,03
Tratamento 5									
1	100,0	77,5	70,0	0,0073	0,1741	1,4526	0,18	4,35	36,32
2	100,0	82,5	70,0	0,0097	0,2781	1,3653	0,24	6,95	34,13
3	97,5	85,0	55,0	0,0148	0,2643	1,0007	0,37	6,61	25,02
4	100,0	90,0	45,0	0,0131	0,3644	1,1035	0,33	9,11	27,59
5	95,0	72,5	50,0	0,0105	0,2730	0,9789	0,26	6,82	24,47
Tratamento 6									
1	100,0	80,0	75,0	0,0216	0,5137	2,1581	0,54	12,84	53,95
2	95,0	67,5	65,0	0,0193	0,4309	1,9800	0,48	10,77	49,50
3	100,0	87,5	77,5	0,0183	0,3905	1,9064	0,46	9,76	47,66
4	97,5	75,0	72,5	0,0116	0,4400	2,1619	0,29	11,00	54,05
5	100,0	85,0	70,0	0,0261	0,5714	2,0214	0,65	14,29	50,54

Anexo 4. Custos (insumos e serviços) dos cultivos de soja, milho e paricá, em sistema agroflorestal, em Ulianópolis, PA

Ano 1	Especificação	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quant.	(R\$ ha⁻¹)
	INSUMOS				
	Sementes	kg	40,00	3,00	120,00
	Fertilizante de plantio (NPK fórmula 10-30-10)	t	1.500,00	0,30	450,00
	Fertilizante de cobertura - sulfato de amônio	t	1.000,00	0,20	200,00
	Inoculante	kg	1,00	135,00	135,00
	SERVIÇOS				
	Subsolagem	H/máquina	150,00	1,00	150,00
	Subsolagem/ adubação de base	H/máquina	150,00	1,00	150,00
PARICÁ	Escarificação das sementes	Dia/homem	40,00	0,25	10,00
	Adubação de base	Dia/homem	40,00	1,00	40,00
	Plantio das sementes	Dia/homem	40,00	1,00	40,00
	Replantio das sementes (15 dias pós plantio)	Dia/homem	40,00	0,20	8,00
	1° Desbaste	Dia/homem	40,00	1,00	40,00
	Aplicação de inoculante	Dia/homem	40,00	1,00	40,00
	Adubação de cobertura	Dia/homem	40,00	1,00	40,00
	2° Desbaste	Dia/homem	40,00	1,00	40,00
	Limpeza manual - ervas invasoras de rebrota	Dia/homem	40,00	0,55	22,00
				Subtotal	1.485,00

Continua...

Ano 1	Especificação	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quant.	(R\$ ha ⁻¹)
INSUMOS					
	Calcário dolomítico	t	140,00	2,00	280,00
	Sementes cultivar AN93101	kg	4,00	40,00	160,00
	Fertilizante de plantio (NPK fórmula 02-25-20)	t	1.350,00	0,40	540,00
	Fungicida tratamento de sementes	L	30,00	0,20	6,00
	Inseticida tratamento de sementes	L	280,00	0,40	112,00
	Micronutrientes - tratamento de sementes	L	180,00	0,10	18,00
	Inoculante	kg	12,50	0,80	10,00
	Herbicida - dessecação pré-plantio	kg	28,00	2,00	56,00
	Herbicida - pré emergente	g	1,20	42,00	50,40
SOJA	Herbicida pós emergente - graminicida	L	60,00	1,20	72,00
	Herbicida pós emergente - latifolicida	g	0,18	40,00	7,20
	Inseticida - controle de lagartas (01)	L	40,00	0,10	4,00
	Inseticida - controle de lagartas (02)	g	0,35	100,00	35,00
	Inseticida - controle de lagartas (03)	L	60,00	0,80	48,00
	Inseticida - controle de lagartas (04)	L	29,00	1,60	46,40
	Fungicida - (01)	L	120,00	0,20	24,00
	Fungicida - (02)	L	180,00	0,20	36,00
	Inseticida - controle de mosca branca - (01)	L	180,00	0,30	54,00
	Inseticida - controle de mosca branca - (02)	L	250,00	0,20	50,00

Continua...

...Continuação Anexo 4

Ano 1	Especificação	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quant.	(R\$ ha ⁻¹)
	Inseticida - controle de percevejo - (01)	L	120,00	0,30	36,00
	Inseticida - controle de percevejo - (02)	L	40,00	0,80	32,00
	Fertilizante foliar - (01)	L	15,00	2,00	30,00
	Fertilizante foliar - (02)	L	20,00	2,00	40,00
	Fertilizante foliar - (03)	L	30,00	2,80	84,00
	Adjuvante	L	10,00	3,00	30,00
SOJA	SERVIÇOS				
	Grade aradora	H/máquina	120,00	1,00	120,00
	Gradagem niveladora	H/máquina	120,00	0,70	84,00
	Distribuição do calcário	H/máquina	100,00	0,60	60,00
	Plantio	H/máquina	150,00	1,00	150,00
	Aplicações de defensivos	H/máquina	80,00	2,00	160,00
	Colheita	H/máquina	180,00	1,00	180,00
	Transporte dos grãos	Sc	2,70	10.556,00	156,60
	Imposto sobre vendas	Sc	1,40	10.556,00	81,20
Subtotal					2.852,80
Custo anual (custo anual da terra, administração e combate à formiga)					317,50
Subtotal geral					4.655,30
Ano 2	Especificação	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quant.	(R\$ ha ⁻¹)
	INSUMOS				
	Semente de milho híbrido	Sc	580,00	1,00	580,00
	Fertilizante de plantio (NPK fórmula 10-28-20)	t	2.100,00	0,20	420,00
MILHO	Inseticida tratamento de semente	L	280,00	0,40	112,00
	Fungicida tratamento de semente	L	30,00	0,20	6,00
	Fertilizante de cobertura (NPK fórmula 20-00-20)	t	1.500,00	0,20	300,00
	Herbicida pós emergente	kg	28,00	2,00	56,00

Continua...

...Continuação Anexo 4

Ano 2	Especificação	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quant.	(R\$ ha ⁻¹)
	SERVIÇOS				
	Grade aradora	H/máquina	130,00	1,20	156,00
	Grade niveladora	H/máquina	90,00	0,60	54,00
	Plantio	H/máquina	150,00	1,50	225,00
MILHO	Adubação de cobertura	H/máquina	70,00	1,00	70,00
	Aplicação herbicida	H/máquina	70,00	0,40	28,00
	Colheita	H/máquina	180,00	0,80	144,00
	Transporte dos grãos	Sc	2,00	10.240,00	160,00
				Subtotal	2.311,00
	Custo anual (custo anual da terra, administração e combate à formiga)				317,50
				Subtotal geral	2.628,5
Ano 3	Especificação	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quant.	(R\$ ha ⁻¹)
PARICÁ	Não houveram atividades				
				Subtotal	0,00
	Custo anual (custo anual da terra, administração e combate à formiga)				317,50
				Subtotal geral	317,50
Ano 4	Especificação	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quant.	(R\$ ha ⁻¹)
	INSUMOS				
	Herbicida	kg	28,00	4,00	112,00
PARICÁ	SERVIÇOS				
	Aplicação de herbicida	H/máquina	70,00	2,00	140,00
				Subtotal	252,00
	Custo anual (custo anual da terra, administração e combate à formiga)				317,50
				Subtotal geral	623,50
Ano 5	Especificação	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quant.	(R\$ ha ⁻¹)
	INSUMOS				
	Herbicida	kg	28,00	4,00	112,00
PARICÁ	SERVIÇOS				
	Aplicação de herbicida	H/máquina	70,00	2,00	140,00
				Subtotal	252,00
	Custo anual (custo anual da terra, administração e combate à formiga)				317,50
				Subtotal geral	623,50
				TOTAL	8.848,30