



Análise financeira em Plantios Comerciais de *Tectona grandis* e *Schizolobium amazonicum* . Estudo de Caso na região nordeste paraense.

Andreza Soares Branco

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

Análise financeira em Plantios Comerciais de *Tectona grandis* e *Schizolobium amazonicum* . Estudo de Caso na região nordeste paraense.

Andreza Soares Branco

Declaro que esta dissertação é de minha autoria.

Brasília, junho de 2022.

ANDREZA SOARES BRANCO

Análise financeira em Plantios Comerciais de *Tectona grandis* e *Schizolobium amazonicum* . Estudo de Caso na região nordeste paraense.

Dissertação apresentada ao Departamento de Pós graduação de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Área de Concentração: Manejo Florestal – Economia Florestal

Orientador: Prof. Dr. Álvaro Nogueira de Souza.

Brasília, junho de 2022.

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Indicação de Banca Examinadora para Defesa de Dissertação de Mestrado

Aluno: Andreza Soares Branco

Orientador: Álvaro Nogueira de Souza

Defesa para o dia: 11/03/2021

Matrícula: 19/0004771

Título da Dissertação*: **Análise financeira em Plantios Comerciais de *Tectona grandis* e *Schizolobium amazonicum* . Estudo de Caso na região nordeste paraense.**

Prof. Dr. Álvaro Nogueira de Souza (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB)

(Orientador)

Prof.^a. Dr.^a. Maísa Santos Joaquim (Gestão de Agronegócios - FAV/GAN/UnB)

(Examinador Externo)

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi (Departamento de Engenharia Florestal –EFL/Unb)

(Examinador Interno)

Brasília, junho de 2022.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãos, por terem me dado apoio durante toda a vida, mostrando que a educação é o caminho para se conseguir conquistas na vida, por terem paciência especialmente com os incômodos que causava durante a noite, quando estudava devido à quantidade de provas e trabalhos a ser entregues em prazo curto.

Aos meus amigos de longa data, por me acompanharem nessa minha longa jornada, especialmente Josiane, Kamylla e Deisielly e aos meus novos amigos que conheci e me deram apoio.

Aos meus colegas de trabalho, especialmente meu chefe Jeferson que me encorajava durante a caminhada.

Aos meus colegas Hallefy e Mário que me ajudaram na dissertação e a coleta de dados.

A empresa Tiete agrícola que disponibilizou os dados da empresa que tornou possível realizar o trabalho.

Ao Avner pelo apoio e carinho durante essa jornada.

A Universidade de Brasília, por ser exemplo de comprometimento com a educação, ciência e tecnologia, que continue a ser, aprimorando sempre mais.

Ao Ministério da Educação, Unb, CNPQ, por suas políticas públicas, por terem me dado a oportunidade de estudar gratuitamente.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PRINCIPAIS PRODUTORES DE MADEIRA SERRADA NO MUNDO (OIMT, 2021).	15
FIGURA 2. PRINCIPAIS CONSUMIDORES DE MADEIRA TROPICAL SERRADA NO MUNDO (OIMT, 2021).....	15
FIGURA 3. ESTRUTURA DA ÁRVORE BINOMIAL, EM QUE P=PROBABILIDADE MOVIMENTO ASCENDENTE, (1-P) =PROBABILIDADE DE MOVIMENTO DESCENDENTE, D=MOVIMENTO DESCENDENTE, U=MOVIMENTO ASCENDENTE, S=VALOR DO ATIVO. (BAIDYA; CASTRO, 2001).....	24
FIGURA 4. LOCALIZAÇÃO DAS FAZENDAS SÃO LUÍS E VENEZA, EM AURORA DO PARÁ E CAPITÃO POÇO - PA.....	35
FIGURA 5- HISTÓRICO PLANTIO DE TECA CLONAL E SEMINAL DESDE A IMPLANTAÇÃO NA FAZENDA VENEZA E FAZENDA SÃO LUÍS.....	36
FIGURA 6. HISTOGRAMA DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE VOLATILIDADE SIMULADOS PELO MONTE CARLO.....	51
FIGURA 7- LOCALIZAÇÃO FAZENDA VENEZA EM AURORA DO PARÁ, PARÁ - BRASIL.....	66
FIGURA 8 - HISTÓRICO ÁREA PLANTADA DE PARICÁ, DESDE O INÍCIO DA IMPLANTAÇÃO.	66

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. CUSTOS US\$/HA PARA IMPLANTAÇÃO, MANUTENÇÃO E EXTRAÇÃO DA TECA (MANEJO DA TECA).	38
TABELA 2. CUSTOS TOTAIS DOS PLANTIOS DE TECA PARA AS FAZENDAS SÃO LUIS E VENEZA (US\$).	39
TABELA 3. RECEITA TOTAL PARA A FAZENDA SÃO LUIS E VENEZA (US\$).	41
TABELA 4. FLUXO DE CAIXA ANUALIZADO COM SEU RESPECTIVO VPL.....	48
TABELA 5. INDICADORES TRADICIONAIS DE VIABILIDADE FINANCEIRA	49
TABELA 6. CALCULO DE VALORES DE Z PARA OBTENÇÃO DA VOLATILIDADE.....	50
TABELA 7. MEDIA E DESVIO PADRÃO DE Z, UTILIZADOS PARA SIMULAÇÃO MONTE CARLO.	51
TABELA 8. VALORES DE U, D P E 1-P PARA CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE BINOMIAL.	52
TABELA 9. ÁRVORE BINOMIAL COM VPL SEM FLEXIBILIDADE.	53
TABELA 10. VALOR DO ABANDONO POR PERÍODO.	54
TABELA 11. ÁRVORE DE DECISÃO (COM A OPÇÃO DE ABANDONO).....	57
TABELA 12- CUSTO IMPLANTAÇÃO, MANUTENÇÃO E EXTRAÇÃO PARICÁ – MANEJO PARICÁ	67
TABELA 13 - RECEITAS E DESPESAS DO PLANTIO COMERCIAL DE PARICÁ.	69
TABELA 14-FLUXO DE CAIXA PLANTIO COMERCIAL PARICÁ.....	71
TABELA 15. INDICADORES DE VIABILIDADE FINANCEIRA DO PLANTIO DE PARICÁ.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.a.	Ao Ano
a.t.	Ao Trimestre
	Benefício Periódico
BPE	Equivalente
CAPM	Capital Asset Pricing Model / Modelo de Precificação de Ativos de Capital
CMPC	Custo Médio Ponderado de Capital
CS	Classe de Sítio
EUA	Estados Unidos da América
FC	Fluxo de Caixa
FCD	Fluxo de Caixa Descontado
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IL	Índice de Lucratividade
IR	Imposto de Renda
LL	Lucro Líquido
OR	Opções Reais
PIB	Produto Interno Bruto
	Taxa Interna de Retorno
mTIR	Modificada
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TOR	Teoria das Opções Reais
	Dólar Americano /Moeda dos
US\$	estados Unidos
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido
WACC	Weighted Average Cost of Capital /Custo Médio Ponderado de Capital

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	vii
SUMÁRIO	
INTRODUÇÃO GERAL E JUSTIFICATIVA.....	11
HISTÓRICO LOCAL	12
QUESTÕES DE PESQUISA	12
ESCOPO DA DISSERTAÇÃO	13
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
1. MERCADO FLORESTAL.....	13
2. TECA	14
3. MERCADO DE TECA	14
4. PARICÁ.....	16
5. AVALIAÇÃO TRADICIONAL DE PROJETOS	16
6. MOVIMENTO GEOMÉTRICO BROWNIANO (GBM).....	18
7. MONTE CARLO	18
8. TEORIA DAS OPÇÕES REAIS (DEFINIÇÕES).....	19
9. ÁRVORE BINOMIAL	23
10. METODOLOGIA COPLAND AND ANTIKAROV	24
11. OPÇÃO DE ABANDONO.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO 1 – APLICAÇÃO DA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NA ANÁLISE FINANCEIRA DE UM EMPREENDIMENTO DE TECA (<i>TECTONA GRANDIS</i>), NO ESTADO DO PARÁ – BRASIL	31
RESUMO.....	31
PALAVRAS-CHAVE	31
KEY-WORDS	32

INTRODUÇÃO.....	32
MATERIAL E MÉTODOS	34
1. ÁREA DE ESTUDO.....	34
2. BASE DE DADOS ECONÔMICOS	36
3. AVALIAÇÃO FINANCEIRA POR MÉTODOS DETERMINÍSTICOS.....	42
4. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS	43
5. DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE CAIXA E VPL (VALOR PRESENTE LÍQUIDO) SEM FLEXIBILIDADE 43	
6. CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE BINOMIAL DE EVENTOS.....	44
7. CÁLCULO DA OPÇÃO REAL UTILIZADA.....	45
8. OPÇÃO DE ABANDONO.....	46
9. TAXAS.....	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
1. FLUXO DE CAIXA	47
2. ANÁLISE FINANCEIRA TRADICIONAL.....	49
3. VOLATIDADE E CÁLCULO DE U E D.....	50
4. MONTE CARLO	51
5. ÁRVORE TRADICIONAL.....	52
6. CÁLCULO OPÇÃO DE ABANDONO.....	54
7. ÁRVORE DE DECISÃO.....	54
CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
CAPÍTULO 2- AVALIAÇÃO FINANCEIRA DE PLANTIO COMERCIAL DE PARICÁ (SCHIZOLOBIUM PARAHYBA VAR. AMAZONICUM (HUBER X DUCKE) BARNEBY), NA REGIÃO DE AURORA DO PARÁ - PA – BRASIL	63
ABSTRACT	63
RESUMO.....	63
INTRODUÇÃO.....	64
MATERIAIS E MÉTODOS.....	65
1. Área de estudo.....	65

2.	Dados Econômicos	67
3.	Avaliação financeira.....	69
	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
1.	Fluxo de caixa	71
2.	Índices financeiros.....	71
	CONCLUSÕES	73
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77

INTRODUÇÃO GERAL E JUSTIFICATIVA

A análise de viabilidade de projetos de investimentos tem sido uma preocupação constante do empresariado. Nenhuma empresa ou organização pode assumir riscos que não tenha condições de “bancar” ou que porventura afetem o negócio. Conhecer os tipos de riscos e projetá-los no tempo é indispensável para evitar situações adversas no futuro (ANTONIK, 2004).

Os métodos convencionais de avaliação de projetos, como o Valor Presente Líquido, tendem a ignorar a existência e o valor da flexibilidade gerencial (DIXIT; PINDYCK, 1994; TRIGEORGIS, 1996; AMRAM; KULATILAKA, 1999). Como consequência, os fluxos de caixa esperados podem diferir dos valores previstos devido à incerteza e à flexibilidade gerencial que permite que os gerentes de projeto alterem suas decisões e ações conforme a incerteza sobre o resultado, dessa forma é justificada a inclusão de flexibilidade gerencial no processo de tomada de decisão e gerenciamento de riscos de projetos (PELLEGRINO; VAJDIC; CARBONARA, 2013), como no caso de empreendimentos florestais.

Os preços futuros são incertos, e a taxas de descontos estão relacionadas a este comportamento dos preços. A técnica convencional de fluxo de caixa descontado ignora a importância da flexibilidade na avaliação do manejo de recursos florestais e pode resultar em conclusões errôneas na elaboração de um planejamento incorreto de manejo florestal (CHAUDHARI; KANE; WETZSTEIN, 2016).

A Teoria de Opções Reais, de modo simplificado é o aumento do VPL estocástico que oferece uma aproximação robusta dos valores futuros e poderá oferecer maior poder de decisão, pois, concebe cenários possíveis considerando as incertezas de preços e flexibilidade gerencial na análise de investimento. Dessa forma, uma análise dessa natureza traz contribuições importantes para o setor florestal, podendo auxiliar numa futura tomada de decisão acerca do planejamento e do retorno financeiro de empreendimento de teca.

Nesse sentido, este estudo faz a análise financeira utilizando a teoria de opções reais, de um empreendimento (Tiete Agrícola) localizado no estado do Pará. A empresa Reflorestadora é gestora de plantios florestais de teca, *Tectona grandis*, e paricá, *Schizolobium amazonicum*, como também povoamentos mistos com ambas espécies.

HISTÓRICO LOCAL

A área historicamente era utilizada para pastagem, as atividades de plantios florestais iniciaram no ano 2008, expandindo gradativamente alcançando um total de 1.123,5 hectares de área útil florestal. Após dez anos de manejo dos tecais, a Tietê iniciou no ano 2018 o processamento de madeira oriunda das operações de desbastes, que fazem parte do previsto plano de manejo florestal dos plantios.

A empresa aplica um sistema de monitoramento contínuo efetuando anualmente inventários florestais, os dados obtidos consideraram o inventário realizado em 2019. Os inventários são realizados por meio de sistema de amostragem sistemática teve como unidades amostrais parcelas permanentes circulares.

A empresa Tietê Agrícola Ltda possui duas fazendas, na mesorregião do nordeste paraense e microrregião do Guamá. A Fazenda São Luiz, está localizada no Município de Capitão Poço, tem uma área total de 2.399,7 ha, com uma extensão de plantios florestais de 832,9 ha e uma área total de figuras legais (Reserva Legal RL e Área de Reserva Legal e Preservação Permanente APP).

Em total 88% dos plantios são monocultivos de teca (*Tectona grandis*), formando uma área de 989,1 ha. Os monocultivos de paricá (*Schizolobium amazonicum*) formam 11% da área total dos plantios florestais, sendo 134,5 ha

A empresa foi implantada sem planejamento financeiro, em 2020 a empresa contratou empresa de investimentos para fazer avaliação do ativo biológico do empreendimento, fazendo levantamento histórico de receitas, despesas realizadas pelo empreendimento e fornecendo informações de rendimento de serraria, mercado de exportação e preço de madeira.

Os dados desse levantamento do ativo biológico, bem como do inventário realizado em 2019 foram utilizados para o trabalho em questão.

QUESTÕES DE PESQUISA

- a) O empreendimento de teca para produção para serraria é realmente viável?
- b) O empresário está maximizando os lucros?

- c) Quais os cenários possíveis dentro do leque de opções que empreendedor possui para os plantios de Teca?
- d) A TOR é mais robusta que o método tradicional?
- e) Os plantios comerciais de Paricá são viáveis?

ESCOPO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação foi dividida em dois capítulos, que iniciam logo após uma revisão bibliográfica, necessária para compreensão de conceitos utilizados nos capítulos 1 e 2. O primeiro capítulo se trata da aplicação da teoria das opções reais aos plantios comerciais de teca do local e o segundo capítulo a avaliação financeira dos plantios de Paricá da empresa.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. Mercado florestal

Os plantios florestais no país tiveram grande dinamismo entre os anos 60 e 80, quando foram concedidos incentivos fiscais para o reflorestamento, entretanto mais tarde, a falta de novos incentivos e o longo prazo e manutenção do investimento explicaram a redução do ritmo de reflorestamento no Brasil, afetando a oferta de madeira (BACHA, 2004). Isto posto, os reflorestamentos começaram a ser financiados por recursos próprios das empresas de base florestal de modo a tornarem-se autossuficientes (CASTANHO FILHO et al., 2011).

O fomento florestal no cenário atual é promovido principalmente por grandes empresas do ramo, como as de celulose e papel, siderurgia e painéis de madeira. Os programas de incentivo e financiamento, estão ganhando destaque pelo fato de serem aplicados às pequenas e médias propriedades, promovendo alternativa ao uso de áreas que eram deixadas de lado pela agricultura (EISFELD et al., 2017).

A produção de madeira em tora tropical do Brasil está concentrada principalmente nos estados do sul do Pará, Amazonas e Mato Grosso, enquanto as plantações estão localizadas no regiões não tropicais do sul e sudeste do país. A produção é estimada em 29,2 milhões de m³ em 2019 e 2020,17 embora faltem dados confiáveis para examinar tendências discerníveis (OIMT, 2021).

2. Teca

A teca (*Tectona grandis L. f.*) é uma espécie tropical de alto valor comercial, devido à sua qualidade, aparência, durabilidade, resistência ao ataque de fungos e insetos, essas características elencadas colaboram para que tenha uma madeira valiosa em todo o mundo (QUINTERO-MÉNDEZ; JEREZ-RICO, 2017).

Os estandes de alta qualidade para o crescimento antigo estão em declínio. Da mesma forma, a produção sustentada de toras de teca de florestas naturais está diminuindo devido à superexploração de áreas existentes, desmatamento, conversão para outros usos da terra e crescente demanda por serviços ambientais das florestas (KHAING et al., 2017).

As principais fontes de madeira de teca eram até algum tempo atrás, as florestas tropicais antigas do sudeste asiático, no entanto, a grande pressão sob essas florestas, levou a exaustão da espécie e todos os países produtores com exceção do Mianmar, proibiram sua extração (QUINTERO-MÉNDEZ; JEREZ-RICO, 2017).

Em meio a este cenário, a teca é uma das poucas espécies de madeira valiosa emergente que tem crescido cada vez mais em florestas plantadas, cerca de 70 países tropicais em toda a Ásia tropical, África, América Latina e Oceania produzem teca. Para a maioria desses países, embora seja uma espécie introduzida, a teca representa uma boa oportunidade para produzir madeira de qualidade e é um ativo importante para a economia florestal, atraindo grandes investimentos do setor privado (KHAING et al., 2017).

3. Mercado de teca

O comércio de florestas plantadas vem crescendo, conjuntamente a demanda da madeira de teca também, o avanço do desmatamento e concorrência por serviços ambientais corrobora para valorização da espécie.

A produção de madeira serrada de origem tropical nos países membros produtores da ITTO representaram 73 % da produção global de madeira serrada tropical em 2019 e atingiu um total de cerca de 53,4 milhões de m³ em 2019 e 51,8 milhões de m³ em 2020. Quase 81% da produção dos países produtores de ITTO estava concentrada em região da Ásia-Pacífico, enquanto a América Latina/Caribe e África, respectivamente, compreendiam 10 e 9 % do total. Em 2020, a produção total de madeira serrada tropical na região Ásia-Pacífico foi de 42,0 milhões

de m³, aproximadamente o mesmo nível do ano anterior (OIMT, 2021). O Brasil ocupa a 5ª posição em produção de madeira tropical serrada (Figura 1).

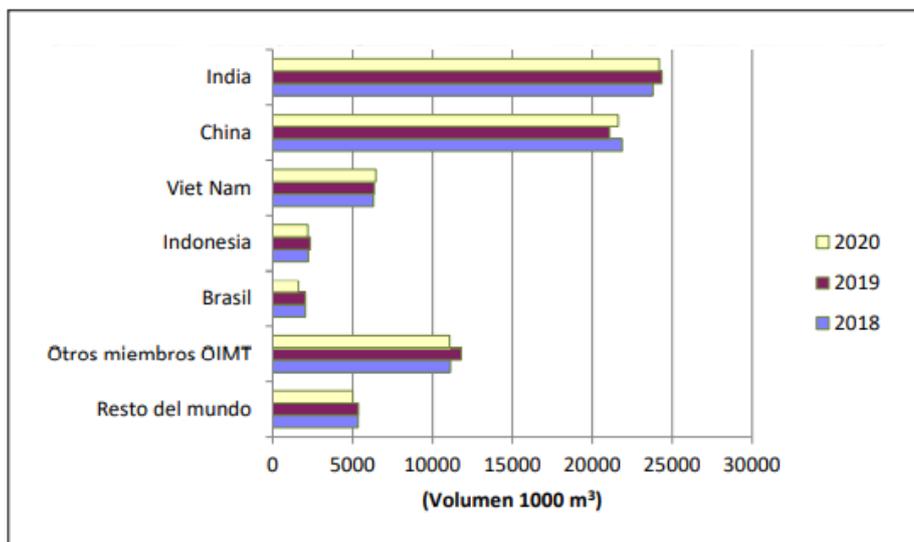


Figura 1. Principais produtores de madeira serrada no Mundo (OIMT, 2021).

Produção de madeira serrada tropical na América Latina oscilou nos últimos anos, atingindo um total de 5,1 milhões de m³ em 2020, mesmo patamar de 2019. Brasil foi responsável por 51% da produção da região em 2020, enquanto Peru, Equador, Costa Rica, Venezuela, Colômbia, México e Suriname também foram importantes produtores (OIMT, 2021).

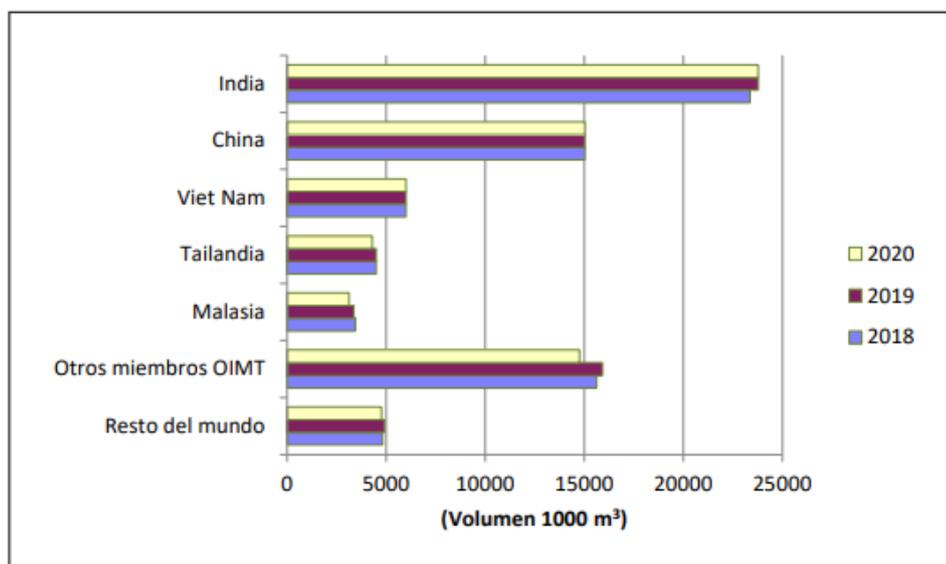


Figura 2. Principais consumidores de madeira tropical serrada no Mundo (OIMT, 2021).

O consumo total de madeira serrada tropical permaneceu relativamente estável nos últimos três anos, atingindo um total de 67,2 milhões de m³ em 2020. A Índia respondeu por

36% dos membros da ITTO, seguida pela China (32 %), Vietname (10 %), Indonésia (%), e Brasil (2 %) (Figura 2).

A *Tectona grandis* é plantada em cerca de 70 países tropicais, a área de florestas plantadas de teca é substancial na Índia, com 1.667 milhões de hectares (38% do total), Indonésia com 1.269 milhões de ha (29%) e Mianmar com 390.000 ha (9%). Desde 1995, a área de plantios de teca aumentou significativamente na África (por exemplo, Benin, Gana, Costa do Marfim, Nigéria e República Unida da Tanzânia), América Central (por exemplo, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Nicarágua, Panamá) e América do Sul (por exemplo, Equador, Brasil, Colômbia) (KHAING et al., 2017).

Um grande desafio para os produtores de teca é produzir madeira de qualidade aceitável nos mercados internacionais, além da dificultado gerada pela falta de padrões e consistência na medição e estabelecimento de volumes e preços para toras de teca, o que resulta em incerteza e confusão generalizada em relação aos investimentos em teca, problema este agravado pela aplicação de diferentes métodos de cálculo do volume, o que pode levar a mal-entendidos e confusão (KHAING et al., 2017).

4. Paricá

O paricá pertence à família Caesalpinaceae, possui uma vasta distribuição geográfica, ocorrendo na Amazônia brasileiros, venezuelanos, colombianos, peruanos e bolivianos, em altitudes de até 800 m. No Brasil, encontra-se nos estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso e Rondônia, em solos argilosos de florestas primárias e secundárias, tanto em alta várzea quanto e em terra firme (SOUSA et al. 2005).

O paricá é uma espécie heliófila, em condições favoráveis apresenta rápido crescimento e alto índice de sobrevivência a campo, destacando-se como importante alternativa para uso em plantios de povoamentos florestais puros e em consórcios implantados em diferentes condições edafoclimáticas (DIAS et al. 2015)

5. Avaliação Tradicional de Projetos

A análise financeira do empreendimento pode ser realizada por meio de indicadores de viabilidade, obtidos a partir dos fluxos de caixa.

O método de fluxos de caixa de projetos devido a sua capacidade de associar valor a cenários diferenciados, possui maior aceitação entre os analistas, os fluxos são gerados pelos ativos da empresa, sejam eles tangíveis e/ou intangíveis. Apesar de ser um método simples e de grande relevância, possui algumas limitações que podem ser superadas por um modelo complementar (BRASIL, 2007).

Os projetos de empreendimentos possuem oportunidades embutidas, que sendo avaliadas somente pelo modelo de fluxo de caixa, tende a ser subavaliadas, em função do desconto desses fluxos a uma taxa média ponderada (BRASIL, 2007).

O Valor Presente Líquido (VPL), indicador utilizado frequentemente, equivale à diferença entre o valor presente das receitas e o valor presente dos custos para uma determinada taxa de desconto. O projeto que apresenta o VPL maior que zero é economicamente viável.

As vantagens do VPL, segundo Bruni et al. (1998) é que este método informa se o investimento agregará valor à empresa considerando o valor monetário no tempo, além do risco incluído na taxa de retorno. Uma de suas desvantagens de acordo com o mesmo autor, é a necessidade de se conhecer o valor da taxa de desconto.

Outro indicador o Benefício Periódico equivalente (BPE) ou Valor Periódico Equivalente (VPE) é a parcela periódica e constante necessária ao pagamento de uma quantia igual ao VPL da opção de investimento em análise, ao longo de sua vida útil. A relevância da aplicação do método do VPE encontra-se na seleção de projetos que apresentam durações ou vidas úteis diferentes, visto que os valores equivalentes obtidos por período corrigem, implicitamente, as diferenças de horizonte (FERREIRA, 2001).

A mTIR (taxa interna de retorno modificada), é a taxa de retorno do capital de um determinado investimento, onde se iguala o valor atual dos custos com o valor atual de receitas, representando a taxa média de crescimento de determinado capital.

Outro indicador muito importante é o payback, que conforme Ross et al. (2015), é o tempo necessário para que um projeto gere fluxos de caixa capazes de cobrir o investimento inicial. Por este procedimento, um projeto é considerado viável se o seu payback for menor do que um determinado número de períodos de tempo previamente estabelecido pelo investidor.

6. Movimento geométrico browniano (GBM)

A evolução dos preços de um ativo ao longo do tempo pode ser descrita pelo Movimento Geométrico Browniano (GBM), método que apresenta facilidade operacional e diversificada aplicação.

Dixit e Pindyck (1994) descrevem que o Movimento Browniano (ou processo de Wiener) é um processo estocástico que apresenta três importantes propriedades:

- a) É um processo de Markov e, por isso, a distribuição de probabilidade para todos os valores futuros depende apenas do valor presente;
- b) O processo possui incrementos independentes. Sendo assim, em um intervalo de tempo, a distribuição de probabilidades para as variações no processo não é afetada por outro intervalo de tempo;
- c) As alterações no processo, durante qualquer intervalo de tempo, são normalmente distribuídas, aumentando a variância linearmente com o intervalo de tempo.

7. Monte Carlo

Cardoso e Amaral (2000) conceitua a simulação Monte Carlo como “tradicional técnica que usa números aleatórios e pseudoaleatórios para retirar amostras de uma distribuição de probabilidades”. O método que pode ser considerado de simulação estatística, resolve problemas através de amostragem aleatórias e pode ser aplicado em diversas áreas.

Essa simulação é recomendada quando não temos certeza de acontecimentos futuros, mas temos conhecimento dos limites das variações dos elementos que influenciam no preço no futuro. A Monte Carlo, de forma simplificada, procedem da obtenção de um valor aleatório de uma f.d.p. (função de densidade de probabilidade) especificada de cada variável no modelo, o processo é repetido para um número grande de interações, em cada interação o resultado é armazenado, e no final a sequência de resultados é transformada em distribuição de frequências que possibilita o cálculo das estatísticas descritivas, como o valor de média, valores mínimos e máximos e desvio padrão (SARAIVA JÚNIOR; MESQUITA TABOSA; COSTA, 2011).

Nunes et al. (2020) ao utilizar a Simulação Monte Carlo da avaliação de empresas em condições de risco, com estudo de caso da empresa Tesla, ressalta que o uso da análise ajudou a entender a distribuição do valor que a empresa em análise pode ter, além de sua probabilidade de ocorrência, melhorando consideravelmente a qualidade dos resultados relacionados a variável de

saída do modelo de avaliação. Com a análise o resultado se tornou mais robusto e acurado do que somente pela metodologia de fluxo de caixa.

8. Teoria das opções reais (Definições)

A teoria das opções reais é um aumento do VPL estatístico que oferece uma aproximação robusta dos valores futuros, considerando as incertezas de preços e flexibilidade gerencial (OLAFSSON, 2003; CHAUDHARI; KANE; WETZSTEIN, 2016). Ela é por sua vez, originária da opção financeira e considera o valor da flexibilidade como uma opção que poderia gerar receita (QIU; WANG; XUE, 2015).

Em outras palavras, opções reais se referem à flexibilidade embutida em processos operacionais, atividades ou oportunidades de investimento reais que não são instrumentos financeiros (TRIGEORGIS, 1996). O conceito de opção real tem suas raízes na teoria das opções financeiras. Uma opção real é semelhante à do mercado financeiro, uma opção em um "ativo real" (MYERS, 1984).

Uma opção real, geralmente, concede ao detentor o direito (não a obrigação) de comprar (opção de compra) ou vender (opção de venda) uma quantidade predefinida de um ativo subjacente a um preço fixo, denominado preço de exercício, por um período preestabelecido (COPELAND; ANTIKAROV, 2002).

A TOR é derivada das opções financeiras que teve sua utilização inicial no mercado financeiro e visava atender a necessidade de produtores agrícolas em busca por um preço pelas suas colheitas futuras.

Martinez (1998) considerou que o valor corrente de uma ação na opção financeira pode ser comparado ao valor presente do fluxo de caixa no caso das opções reais, o preço de exercício pode ser comparado com o custo do investimento e o tempo para o vencimento de ações poder ser considerado análogo ao tempo até sua oportunidade de desaparecer no caso das opções reais.

Considerando uma série de pressupostos e dificuldades na criação de equivalências entre as opções financeiras e as opções reais, o precursor para um modelo que apresenta uma solução fechada para o preço de equilíbrio de uma opção de compra foi o Black-Scholes (COPELAND; ANTIKAROV, 2002). O modelo não permite ao detentor dos direitos a antecipação do vencimento, a fórmula é a seguinte (equações 1,2,3):

$$C = S \cdot n(d1) - K \cdot e^{-rt} \cdot N(d2) \quad [1]$$

$$d1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + rf \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + \frac{1}{2} \sigma \sqrt{T} \quad [2]$$

$$d2 = d1 - \sigma \sqrt{T} \quad [3]$$

Em que:

K: preço de exercício

S: valor do ativo subjacente

σ : variância do ativo subjacente

T: prazo de vencimento

rf: taxa de juros livre de risco

C: valor da opção

As probabilidades N(d1) e N(d2) são obtidas usando-se uma distribuição cumulativa normal padrão, com média igual a zero e desvio padrão igual a um, dos valores de d1 e d2 calculados pela fórmula de Black & Scholes. Essas probabilidades indicam se uma opção irá gerar fluxos de caixa positivos no exercício, ou seja, se o valor presente do ativo (S) será maior que o seu investimento (K) (DAMODARAN, 2006).

As opções reais dependem das seguintes variáveis básicas (SOUZA NETO, OLIVEIRA & BERGAMINI JÚNIOR, 2008; DAMODARAN, 2010; COPELAND; ANTIKAROV, 2001; COPELAND, 2002; LUEHRMAN, 1998):

a) **preço de exercício:** é o valor do investimento no projeto que deve permanecer constante em termos de valor presente;

b) **valor do ativo subjacente:** é baseado na estimativa dos fluxos de caixa livres do projeto;

No caso de não se ter o ativo gêmeo, deve-se fazer uma estimativa do valor presente do projeto usando a técnica do fluxo de caixa descontado (COPELAND; ANTIKAROV, 2002).

c) **variância do ativo subjacente:** é a incerteza em relação à estimativa do fluxo de caixa, o que torna volátil o valor presente do ativo subjacente;

d) **prazo de vencimento:** é o período de tempo no qual a firma tem o direito explícito a um projeto, por meio de uma licença ou patente, mas também a estimativa do número de anos nos quais a firma possa manter vantagens competitivas que impliquem no recebimento integral dos fluxos de caixa;

e) **taxa de juros livre de risco:** é a taxa de juros livre de risco para o prazo da opção; e

f) **valor da opção:** é a incógnita do modelo, resulta no valor presente da opção.

Copeland e Antikarov (2002) explicam que há diversos pressupostos sobre o modelo de Black & Scholes, muitas vezes relaxados na aplicação das opções reais, entre eles:

- ✓ A opção só pode ser exercida no vencimento (opção europeia);
- ✓ Existe apenas uma fonte de incerteza e um único ativo subjacente;
- ✓ Não há pagamento de dividendos;
- ✓ Existe Histórico sobre os preços de mercado;
- ✓ A variância do retorno sobre o ativo subjacente é constante ao longo do tempo;
- e
- ✓ O preço de exercício é conhecido e constante.

Damodaran (2006) também cita alguns problemas ao avaliar uma opção de diferimento:

- ✓ O preço do ativo-objeto pode não ter histórico de negociações, o que torna difícil estimar seu valor presente e a sua variância;
- ✓ O histórico de preços pode não se adaptar à trajetória de preço adotada pelos modelos de precificação de opções; e
- ✓ Pode não haver um período determinado quanto à exclusividade de direitos sobre o ativo.

O titular (comprador) paga um preço por esse direito (prêmio da opção). Por exemplo, a opção de compra será exercida apenas se o valor do ativo subjacente (ST) for maior que o preço de exercício (K) e o lucro for máximo (ST-K, 0); caso contrário, a opção não será exercida e expirará (PELLEGRINO; VAJDIC; CARBONARA, 2013).

Martins (2007) constatou em seu trabalho que as técnicas tradicionais aplicadas na análise de projeto de investimento de expansão em ambiente de incerteza e riscos tendem a distorcer o

valor do investimento, podendo, até mesmo, subavaliar o investimento, uma vez que a empresa poderia não ter aceito o projeto, se tomasse a decisão com base apenas no cálculo do VPL, cujo valor foi negativo.

Rodrigues et al (2020) ao fazer uma análise comparativa de um projeto de mina de ouro pelo modelo de fluxo de caixa descontado (FDC) e de opções reais constatou que pelo Fluxo de Caixa o projeto foi rejeitado, tornando-se viável pela análise das opções financeiras, já que incorporou incertezas e as flexibilidades gerenciais do projeto, fator limitante no FCD.

Santos (2019) utilizou a TOR para análise quantitativa de projeto de investimento hidrico referente ao derrocamento na Hidrovia de Tocantis, abordagem foi coerente segundo a autora para determinar o ano de implantação do projeto.

Essas oportunidades podem ser precificadas, podendo ser obtidas através de modelos que consideram o efeito conjunto da volatilidade, taxa de juros e data de maturação dessas oportunidades. Neste viés, a teoria das opções reais surge como uma maneira de pensar a avaliação de ativos reais que não rejeita o fluxo de caixa descontado, apenas o complementa, ao somar o VPL resultante o valor das oportunidades embutidas (BRASIL, 2007).

A conciliação entre o fluxo de caixa (ou VPL) tradicional e a abordagem das opções reais pode ser sintetizada pela seguinte equação:

$$VPL_f = VPL_t + VOR$$

$$VPL_f = \text{Valor presente liquido final}$$

$$VPL_t = \text{Valor presente liquido tradicional}$$

$$VOR = \text{Valor das opções reais}$$

O valor de uma empresa deve considerar sua capacidade operacional de geração de caixa mais o valor das oportunidades gerenciais embutidas, um projeto ou empresa pode ter opção de:

- I. **Expandir** suas atividades no futuro (*Growth option*);
- II. **Abandonar** o investimento a qualquer momento (*exit option*) em função da possível entrada de novos competidores ou de alterações excepcionais;
- III. Investir para aprender e entrar num determinado setor (*lern option*)
- IV. **Adiar** determinado desembolso de capital (*option to defer*);
- V. **Trocar** ou flexibilizar o processo de produção (*option to defer*);
- VI. Combinar diversas flexibilidades diferenciadas (*option to switch*);

VII. **Contrair** a utilização da capacidade (*contract option*).

9. **Árvore binomial**

De acordo com Hull (2009), a árvore binomial é uma técnica muito conhecida e pode ser representada por um diagrama que apresenta os diferentes caminhos que podem ser seguidos pelo preço do ativo-objeto durante a vida da opção (projeto).

Em 1979, Cox, Ross e Rubinstein propuseram o modelo binomial como alternativa aos trabalhos apresentados até então para avaliação de opções europeias ou americanas, utilizaram do processo binomial como forma de aproximação do movimento geométrico browniano (BAIDYA; CASTRO, 2001).

O modelo (Figura 3) consiste na construção de uma árvore binomial, no qual a cada período o preço do ativo – objeto poderá assumir uma de duas alternativas, o valor ascendente (up) e descendente (down). A distribuição de probabilidade do preço do estoque futuro é determinada pelo tamanho do movimento ascendente e do movimento descendentes em cada passo discreto no tempo. O tamanho desses movimentos reflete a volatilidade dos preços. A depender da quantidade de etapas, o cone da opção evolui, dando o preço do estoque antecipado em cada nó. A árvore binomial divide o tempo entre agora e a data de validade da opção em intervalos discretos, marcados por nós (BACELAR et al., 2018).

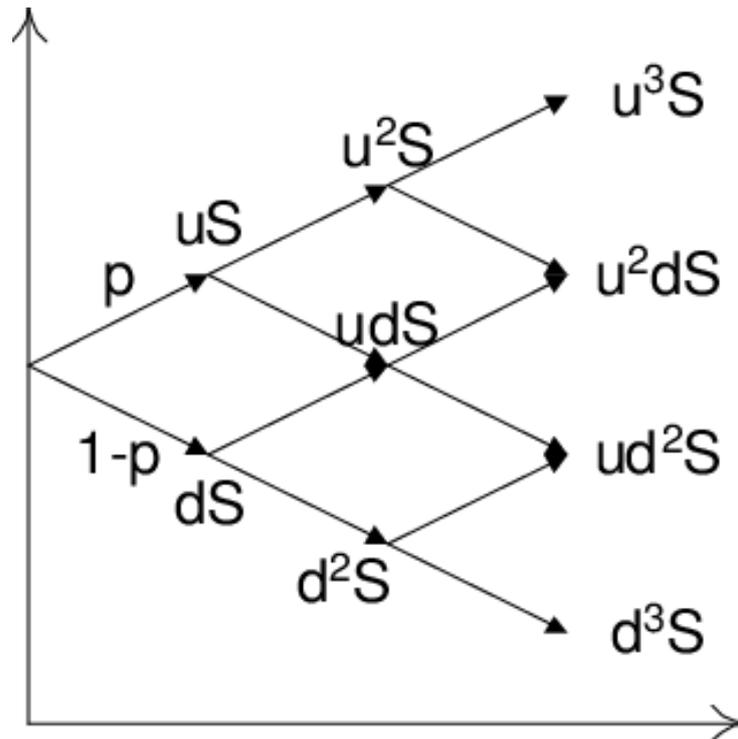


Figura 3. Estrutura da árvore binomial, em que p =probabilidade movimento ascendente, $(1-p)$ =probabilidade de movimento descendente, d =movimento descendente, u =movimento ascendente, S =valor do ativo. (BAIDYA; CASTRO, 2001).

10. Metodologia Copland and Antikarov

Copland & Antikarov (2002) propõe uma metodologia simplificada para aplicação da TOR, conforme descrição abaixo:

A primeira etapa: A análise do Valor Presente Líquido do projeto (VPL), de forma tradicional, o resultado desse VPL sem flexibilidade será utilizado como o valor do ativo subjacente sujeito a Risco (ASSR).

No mercado financeiro, há o valor de título negociado disponível no mercado, diferente do que ocorre com as opções reais que não tem um valor previamente definido para investimento em pauta. A proposta dessa formula é utilizar o próprio valor do projeto sem flexibilidade. Essa pode ser considerada a melhor estimativa não tendenciosa do valor de mercado do projeto.

Segunda etapa: Após obter o VPL sem flexibilidade, é realizada a construção de uma árvore de eventos alicerçada no conjunto de incertezas inerentes ao projeto e que influenciam a sua volatilidade. Nesta árvore deverá abranger a incerteza relacionada que o ASSR poderá tomar durante a vida do projeto.

Segundo Dixit & Pindyck (1994), a volatilidade é uma tentativa matemática de mensurar a incerteza em relação aos retornos proporcionados pela ação. De todos os fatores que alteram o preço da opção a volatilidade é o mais subjetivo, e por isso, a mais difícil de medir e compreender (COPLAND; ANTIAROV, 2002; DAMODRAN, 2002).

A volatilidade é medida pela raiz quadrada da variância da série da variável em estudo, nada mais nada menos que a variação de preço referente a um desvio padrão da média expresso em porcentagem, por um período de tempo predeterminado (HULL, 1996).

Segundo LUEHRMAN (1998), o desvio padrão dos retornos futuros do projeto, obtido por meio da simulação, pode ser utilizado em substituição ao desvio padrão (volatilidade) dos preços do ativo negociado no mercado financeiro.

Além da volatilidade (desvio padrão dos retornos do projeto), para se construir a árvore de eventos, é necessário o valor do ASSR (Calculado na primeira etapa), a vida da opção em anos; o número de passos por ano e a taxa anual livre de risco.

Com base nesses parâmetros é possível calcular os movimentos ascendentes (u) e descendentes (d) e calcular o valor que o ASSR poderá assumir durante o tempo do projeto. O modelo Cox, Ross e Rubinstein (1979) será utilizado para montar a árvore binomial de possíveis cenários.

Terceira etapa: Com a árvore de eventos sem flexibilidade construída é então identificada as opções reais que estão disponíveis e que a empresa poderá exercer no projeto, identificando seus efeitos sobre o valor presente do projeto e o melhor momento de exercício.

Quarta etapa: Após identificada as opções disponíveis, elas são calculadas e analisadas. A solução para o valor do projeto com a flexibilidade proporcionada pelas possibilidades das diversas opções começa a ser resolvida sempre no final da árvore de decisão para os retornos ótimos aos nós finais, e de trás para frente, ao longo da árvore.

11. Opção de abandono

Projetos que podem ser alterados (ou mesmo abandonados) diante de condições adversas oferecem menos risco, especialmente se parte do investimento inicial pode ser recuperado (BRENNAN, M. J.; SCHWARTZ, E. S, 1985).

Quando o VPL do ativo fica aquém do valor de liquidação, o ato de abandonar o projeto equivale à realização da opção de venda. Como o valor da liquidação do projeto define um limite de valor mínimo (o preço da propriedade rural), a opção de liquidar tem valor. Neste caso, o projeto que pode ser liquidado vale mais do que o mesmo projeto sem a possibilidade de abandono (ou venda) (COPELAND; ANTIKAROV, 2002).

Neste cenário, a possibilidade de sair e abandonar corresponde a uma opção de venda, tipo americano, sobre o valor do projeto e o correspondente preço de exercício igual ao valor residual, ou em alternativa o valor resultado da venda dos equipamentos e outros ativos relacionados com o projeto de investimentos (JACINTO, 2011).

Quando o desenvolvimento do projeto encontra dificuldades e se torna prejudicial à empresa, não é necessário que a gerência continue a ter gastos com os custos fixos do investimento. Isso porque pode abandoná-lo por completo, obtendo o seu valor residual encontrado no mercado por meio do preço de revenda dos equipamentos e de outros ativos do investimento (PALMEIRA, 2012).

Portanto, a decisão de seu exercício depende, fundamentalmente, da relação entre o valor do projeto e o seu valor de liquidação do mesmo (ALBUQUERQUE, 2005). A opção de abandono será exercida, assim, quando o Valor Presente Líquido Expandido de um projeto for menor do que o seu preço de venda correspondente ao valor de revenda dos equipamentos e de outros ativos já investidos (PALMEIRA, 2012).

Rodrigues (2016) valorou sua opção de abandono considerando o saldo entre o valor residual das máquinas, veículos e equipamentos, e a multa de rescisão contratual a ser paga ao rescindir o contrato de concessão.

Araújo (2017) utilizou como referência para opção abandono, o valor de venda do empreendimento (correspondente a 80% do valor dos ativos investidos até o período em análise) a opção de abandono seria exercida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, M. H. F. Aplicação da Teoria de Opções Reais na Análise de Viabilidade Econômica de um Projeto: O Caso da Aracruz Celulose SA Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Administração. Faculdades Ibmecc, Rio de Janeiro, 2005.

AMRAM, M., KULATILAKA, N., HENDERSON, J.C. Managing Business Risk By IT Investment: The Real Options View. Relazione Tecnica, School Of Management, Boston University, 1999.

ANTONIK, Luis Roberto. Análise De Projetos De Investimento Sob Condições De Risco. **Revista Da FAE**, V. 7, N. 1, 2004.

ARAÚJO, J.B.C.N. Análise Financeira E De Custos De Um Sistema Agroflorestal Sucessional: Estudo De Caso No Distrito Federal. 2017.

BACHA, C.J.C. O Uso De Recursos Florestais E As Políticas Econômicas Brasileiras: Uma Visão Histórica E Parcial De Um Processo De Desenvolvimento. Estudos Econômicos (São Paulo), V. 34, N. 2, P. 393-426, 2004.

BACELAR, T.S. et al. Teoria Das Opções Reais (TOR) Na Avaliação De Investimentos Em Projetos De Energia Renováveis. In: Anais Do Congresso Brasileiro De Energia Solar-CBES. Gramado, RS, Brasil. 2018.

BAIDYA, T.; CASTRO, A. L. Convergência Dos Modelos De Árvores Binomiais Para Avaliação De Opções. Pesquisa Operacional, V. 21, N. 1, P. 17-30, 2001.

BRASIL, H.G. et al. Opções Reais: Conceitos E Aplicações A Empresas E Negócios. São Paulo: Saraiva, 2007.

BRENNAN, M.J.; SCHWARTZ, E. S. A New Approach To Evaluating Natural Resource Investments. 1985.

BRUNI, A.L.; FAMÁ, R.; SIQUEIRA, J.O. Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do método de Monte Carlo. **Caderno de pesquisas em Administração**, v. 1, n. 6, p. 62-75, 1998

CASTANHO FILHO, E. P.; OLIVETTE, M. P. A.; ÂNGELO, J. A.; MARTINS, V. A. Elaboração De Índice De Preços De Resinas E Aspectos Da Cadeia Produtiva De Pínus Para o Estado De São Paulo, E Seu Comportamento De Janeiro De 2005 A Abril De 2011.

CARDOSO, D.; AMARAL, H. F. O Uso Da Simulação De Monte Carlo Na Elaboração Do Fluxo De Caixa Empresarial: Uma Proposta Para Quantificação Das Incertezas Ambientais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20., São Paulo: ABEPRO, 2000.

CHAUDHARI, U. K.; KANE, M. B.; WETZSTEIN, M. E. The Key Literature Of, And Trends In, Forestry Investment Decisions Using Real Options Analysis. **International Forestry Review**, V. 18, N. 2, P. 146–179, 28 Maio 2016.

COPLAND, T.; ANTIKAROV, V. Opções Reais: Um Novo Paradigma Para Reinventar a Avaliação De Investimentos. 2002.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach*. [s.l: s.n.].

DAMODARAN, A. Avaliação De Investimentos: Ferramentas E Técnicas Para A Determinação Do Valor De Qualquer Ativo. Qualitymark, Rio De Janeiro. 2006.

DAMODARAN, A. Applied corporate finance. John Wiley & Sons. 2010.

DIAS P.C. et al. Propagação vegetativa de *Schizolobium amazonicum* por estaquia. *Cerne*, 21 (3): 379-386.2015.

DIXIT, A.K.; DIXIT, R.K.; PINDYCK, R.S. Investment Under Uncertainty. **Princeton University Press**, 1994.

EISFELD, R. De L.; SOCHER, L. G.; RIBEIRO, C. C. Modelo De Fomento Florestal Nas Instituições Estaduais Nos Estados Do Sul, São Paulo E Minas Gerais. **BIOFIX Scientific Journal**, V. 2, N. 2, P. 1-9, 2017.

FERREIRA, T. C. Análise econômica de plantios de eucaliptos para a produção de celulose. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras. 2001.

JACINTO, J. A. Da G. Opções Reais: Avaliação Do Projeto De Investimento De Três Parques Eólicos Em Ambiente Onshore E Offshore. 2011. Tese De Doutorado

HULL, J. C. Fundamento Dos Mercados Futuros E De Opções. São Paulo: Ed. [S.L.] Bolsa De Valores, Mercadorias E Futuros, 2009.

IBÁ, Relatório Anual. Indústria Brasileira De Árvores. São Paulo. 2019.

IBÁ, Relatório Anual. Indústria Brasileira De Árvores. São Paulo. 2020.

KHAING, N. et al. Natural Teak Forests -Silviculture And Stand Management. In: KOLLERT, W.; KLEINE, M. (Ed.). The Global Teak Study: Analysis, Evaluation And Future Potential Of Teak Resources. [S.L.] **IUFRO, International Union Of Forest Research Organizations**, 2017. P. 39–47.

LUEHRMAN, T. A. (1998). Investment opportunities as real options: Getting started on the numbers.

MARTINEZ, A. L. Opções Reais Na Análise De Contratos De Leasing. **Revista De Administração De Empresas**, V. 38, N. 2, P. 36-48, 1998.

MARTINS, A. L.; CASTRO, M. A.R.; DA SILVA GOMES, S.M.As Opções Reais Aplicadas No Orçamento De Capital. **Revista Produção Online**, V. 7, N. 4, 2007.

MYERS, S. C. Finance Theory And Financial Strategy. **Interfaces**, V. 14, N. 1, P. 126–137, Fev. 1984.

NUNES, F.V. S.C.; ARONNE, A.V.; DE PINHO, F.M. Aplicação da simulação de monte carlo na avaliação de empresas em condições de riscos: estudo de caso da tesla inc. Monte carlo simulation in the assessment of companies in risk conditions: case study of tesla inc. **Finanças: investimento e apreçamento de ativos**. 2020.

OIMT. Reseña Biental Y Evaluación De La Situación Mundial De Las Maderas 2019-2020.2021

OLAFSSON, S. Making Decisions Under Uncertainty -Implications For High Technology Investments. **BT Technology Journal**, V. 21, N. 2, P. 170–183, 2003.

PALMEIRA, C.B.Teoria Das Opções Reais: Sua Aplicação Na Avaliação Econômica De Um Projeto Florestal. 2012.

PELLEGRINO, R.; VAJDIC, N.; CARBONARA, N. Real Option Theory For Risk Mitigation In Transport Ppps. **Built Environment Project And Asset Management**, V. 3, N. 2, P. 199–213, Nov. 2013.

QIU, X. H.; WANG, Z.; XUE, Q. Investment In Deepwater Oil And Gas Exploration Projects: A Multi-Factor Analysis With A Real Options Model. **Petroleum Science**, V. 12, N. 3, P. 525–533, 11 Ago. 2015.

QUINTERO-MÉNDEZ, M. A.; JEREZ-RICO, M. Heuristic Forest Planning Model For Optimizing Timber Production And Carbon Sequestration In Teak Plantations. **Iforest**, V. 10, N. 2, P. 430–439, 1 Abr. 2017.

RIBEIRO, A. et al. Financial And Risk Analysis Of African Mahogany Plantations In Brazil. **Ciência E Agrotecnologia**, V. 42, P. 148-158, 2018.

RODRIGUES, A. C.; GONTIJO, T.S.; DE ALMEIDA, G.C.D.O Valor Do Projeto De Uma

Mina De Ouro: Uma Análise Comparativa Pelos Modelos De Fluxo De Caixa Descontado E De Opções Reais. **South American Development Society Journal**, V. 5, N. 15, P. 122, 2020.

RODRIGUES, M.I.. Categoria Profissional 3º Lugar: Análise Financeira De Investimentos Em Concessão Florestal Por Meio De Métodos Determinísticos E Estocásticos. 2016.

ROSS, S. A. et al. Administração financeira. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.

SANTOS, L. Teoria Das Opções Reais Como Método De Análise De Investimento No Setor Hidroviário Brasileiro. 2019.

SAMUELSON, P. A. Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly. **Industrial Management Review**, 1965.

SARAIVA JÚNIOR, A. F.; DE MESQUITA T.C.; DA COSTA, R. P. Monte Carlo Simulation Applied To Order Economic Analysis. *Producao*, V. 21, N. 1, P. 149–164, 2011.

SOUSA D.B., CARVALHO G.S., RAMOS E.J.A. Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke). Manaus: INPA. (Informativo técnico Rede Sementes da Amazônia, 13). 2 p.2005.

TRIGEORGIS, L. Real Options. 1996.

CAPÍTULO 1 – APLICAÇÃO DA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NA ANÁLISE FINANCEIRA DE UM EMPREENDIMENTO DE TECA (*TECTONA GRANDIS*), NO ESTADO DO PARÁ – BRASIL

Proposta de Artigo: Aplicação da teoria das opções reais na análise financeira de um empreendimento de produção de teca (*Tectona grandis*) para serraria¹

Andreza Soares BRANCO¹, Álvaro Nogueira de SOUZA²

RESUMO

Estudos econômicos sobre a espécie *Tectona grandis* no Brasil são ainda incipientes, os existentes se utilizam de análise de investimento tradicionais, tais como VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno), BPE (Benefício Periódico Equivalente), que são métodos consagrados, mas não trazem tanta flexibilidade para um empreendedor na tomada de decisão. Este trabalho utilizou a metodologia adaptada de Copeland & Antikarov (2002) para aplicar a Teoria de Opções Reais, método que oferece uma aproximação robusta dos valores futuros e poderá oferecer maior poder de decisão, ao tomador de decisão de uma empresa de teca, ao conceber cenários possíveis considerando incertezas. O trabalho teve objetivo de aplicar a Teoria das Opções Reais para avaliar a viabilidade financeira e de risco de plantios de Teca de um empreendimento com fazendas localizadas em dois municípios no Pará (Capitão Poço e Aurora do Pará). A opção financeira utilizada para análise foi a de abandono do empreendimento, valor correspondente a venda do empreendimento. O valor da opção de abandono embutido no processo de análise da árvore binomial foi de US\$ 104,996.29, ou seja, o empreendedor poderá obter este valor como lucro em caso de abandono do projeto. O empreendedor ao incorporar o valor de venda do empreendimento aumenta o valor do VPL em 28%, em comparação ao VPL sem flexibilidade. O empreendimento em análise se apresentou viável tanto utilizando a avaliação pelo o método tradicional (VPL) quanto com a incorporação da TOR, o VPL obtido pela TOR foi superior ao VPL sem flexibilidade.

PALAVRAS-CHAVE

Teoria das Opções reais, Teca, Valor Presente Líquido, Flexibilidade.

Aplicação da teoria das opções reais na análise financeira de um empreendimento de produção de teca para serraria

ABSTRACT

Economic studies of teak plantations in the Brazil are still few in number, those existing are of traditional investment, such as NPV (Net Present Value), mTIR (Internal Rate of Return), BPE (Equivalent Periodic Benefit), which they are well-established methods, but they do not bring as much flexibility to an entrepreneur in decision making. This work used the methodology adapted from Copeland & Antikarov (2002) to apply the Real Options Theory, a method that offers a robust approximation of future values and offers greater decision power to the decision maker of a company when designing possible scenarios considering uncertainties. The work aimed to apply the Real Options

¹ Trabalho desenvolvido através do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade de Brasília.

² Professor no Departamento de Engenharia Florestal, UnB, DF. E-mail: ansouza@unb.br

Theory to analyze the economic-financial feasibility and risk of teak plantations in an enterprise with payment farms in two municipalities in Pará (Capitão Poço and Aurora of Para). The financial option used to analyze the abandonment of the project, value corresponding to the sale of the project. The value of the abandonment option built into the process of analyzing the binomial tree was US\$ 104,996.29, that is, the entrepreneur can obtain this value as profit in case of abandonment. The entrepreneur, when incorporating the sale value of the venture, increases the value of the NPV by 28%, compared to the NPV without flexibility. The project under analysis is viable both using a valuation by the traditional method (VPL) and with an incorporation of the TOR, the NPV incorporated by the TOR was superior to the NPV without flexibility.

KEY-WORDS

Real Options Theory, Teak, Net Present Value, Flexibility.

INTRODUÇÃO

A indústria florestal no Brasil ocupa lugar de destaque no cenário mundial, já que o país apresenta grande competitividade no mercado nacional e internacional de produtos florestais, em virtude de suas características edafoclimáticas, bem como o seu desenvolvimento tecnológico obtido nas áreas de silvicultura e manejo florestal (MOREIRA; OLIVEIRA, 2017).

A pandemia causada pela chegada da Covid -19 em 2020, gerou crise de saúde global que implantou um período de angústias, incertezas e o sofrimento dilacerante das perdas. A economia brasileira, que já enfrentava desafios antes da chegada da crise sanitária tendo, pela primeira vez na história, entrado em uma recessão sem ter recuperado totalmente as perdas sofridas nas recessões anteriores, alcançou recordes negativos de variação real em diversas atividades econômicas. Apesar dos desafios enfrentados, o crescimento no setor foi segurado por demandas da indústria de papel celulose e carvão, utilizados para produção de embalagens utilizados por delivery, produção de suprimentos e descartáveis para saúde e higiene (IBA, 2021).

O setor florestal no país tem avanço crescente, fechou 2020 com crescimento de 17,6% em relação ao ano anterior. Com cerca de 9,55 milhões de ha de plantios comerciais, a indústria florestal do país contribui com o equivalente de 4,8% das exportações brasileiras e gera 536 mil empregos diretos, arrecadando o equivalente a 12,1 bilhões de reais em tributos federais (IBA, 2021).

Conforme a Indústria de Árvore Brasileira, até 2019, havia cerca de 93.957 hectares de áreas plantadas com teca, no País, ocupando o quinto lugar em quantidade de área plantada (IBÁ, 2019).

A teca, uma espécie tropical de alto valor comercial, devido à sua qualidade, aparência, durabilidade, resistência ao ataque de fungos e insetos, tem origem asiática. É uma das poucas

espécies de madeira valiosa emergente que tem sido utilizada cada vez mais em florestas plantadas em cerca de 70 países tropicais da Ásia, África, América Latina e Oceania. Em grande parte desses países, a teca representa uma boa oportunidade para produzir madeira de qualidade e é um ativo importante para a economia florestal (KHAING et al., 2017).

O histórico da espécie no país, inicia-se com os primeiros plantios de teca no final da década de 60, em Cáceres – MT, pela empresa Cáceres Florestal -SA (MATRICARD, 1989), as condições edafoclimáticas, além dos traços silviculturais do país foram favoráveis para a redução do ciclo de produção da teca, de 80 anos (ciclo no país de origem) o ciclo no Brasil foi para 25 anos (TSUKAMOTO FILHO et al., 2003).

No cenário atual, se extrai mais teca do que se produz, o que pode limitar a oferta num futuro próximo, segundo a associação de reflorestadores do estado do Mato do Grosso. Muitos produtores têm investido em plantios florestais de Teca como forma de poupança, mas ainda insuficientemente se comparado com a demanda internacional crescente da espécie (PATRONI, 2019). O manejo florestal é influenciado por variáveis ligadas ao processo de produção, como a qualidade de sítio, os tratamentos silviculturais que permitem a projeção ou prognose de produção (CAMPOS; LEITE, 2013); e também por fatores exógenos, entre eles a macroeconomia e o desempenho de mercados globais, fatores como estes são cruciais para avaliar o potencial de sucesso de investimentos florestais, apesar de não serem determinados diretamente pelos produtores (RESTREPO; ORREGO, 2015).

Os investimentos florestais geralmente são a longo prazo, para que empreendimento como estes possam vir a ter sucesso, é crucial um estudo econômico, e para tal, conhecer os tipos de riscos e projetá-los no tempo é indispensável para evitar situações adversas no futuro (ANTONIK, 2004). Para a análise financeira os gerentes florestais geralmente empregam técnicas tradicionais de fluxo de caixa descontado (DCF), como valor presente líquido (VPL), valor da expectativa de terra (VET), relação custo / benefício (BCR) e taxa de retorno interna (TIR) nas decisões de investimento florestal (CHAUDHARI; KANE; WETZSTEIN, 2016).

O grande problema dos métodos convencionais, é que eles não conseguem captar com precisão o valor econômico do investimento em um ambiente caracterizado por elevado grau de incerteza e de rápidas mudanças, enquanto que a opção real capta o valor da flexibilidade gerencial de se adaptar as decisões, em resposta as mudanças inesperadas no mercado (SAITO, 2010).

A teoria das opções reais é um aumento do VPL estocástico que oferece uma aproximação robusta dos valores futuros, considerando as incertezas de preços e flexibilidade gerencial (OLAFSSON, 2003; CHAUDHARI; KANE; WETZSTEIN, 2016). A opção real representa o direito de empreender uma ação (adiar, expandir, contrair ou abandonar ou investir em um projeto, entre outros) a um determinado custo, denominado preço de exercício, por um período preestabelecido: a vida da opção (COPELAND; ANTIKAROV, 2002; JOAQUIM et al., 2015).

Uma análise dessa natureza poderá trazer contribuições importantes para o setor florestal, podendo auxiliar numa futura tomada de decisão acerca do planejamento e do retorno financeiro de empreendimento de teca. Desta forma, este trabalho objetivou aplicar a Teoria das Opções Reais para analisar a viabilidade econômica - financeira e de risco de um empreendimento que tem como principal ativo biológico a teca.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Área de estudo

A área de coleta de dados (Coordenadas 2°23'40.0"S, 47°20'02.2"W - WGS 84), é de uma empresa de plantio quase que exclusivo de *Tectona grandis* (teca) para serraria, que exporta toda sua produção, especialmente para países como Índia e China entre outros países asiáticos. A empresa tem duas fazendas (Figura 4), a primeira é a Fazenda Veneza que está localizada no município de Aurora do Pará – PA que possui uma área aproximada de 1064 ha, entre as coordenadas geográficas 2°19'15.5"S 47°30'31.8"W e 2°18'12.8"S 47°26'38.4"W.

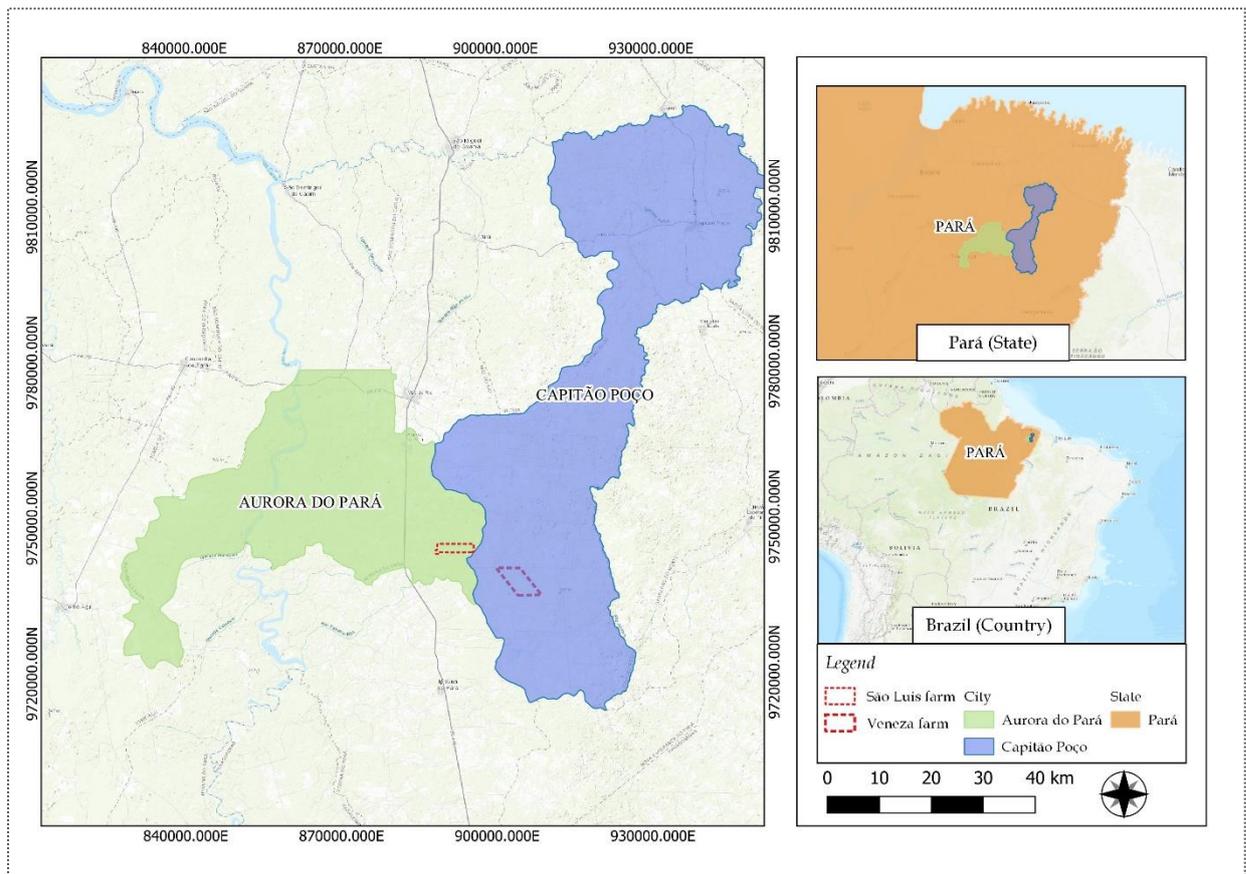


Figura 4. Localização das Fazendas São Luís e Veneza, em Aurora do Pará e Capitão Poço - PA.

A fazenda Veneza possui (2020) aproximadamente 157 hectares com plantio de teca (Figura 5). A outra fazenda, a principal é a São Luís está localizada na Rodovia Belém - Brasília, km

242, antigo ramal km 81, em Capitão Poço – Pará. O plantio contempla 23 talhões de teca, o total de área de plantio é de 833 ha, dos quais 817 ha são ocupados exclusivamente por teca.

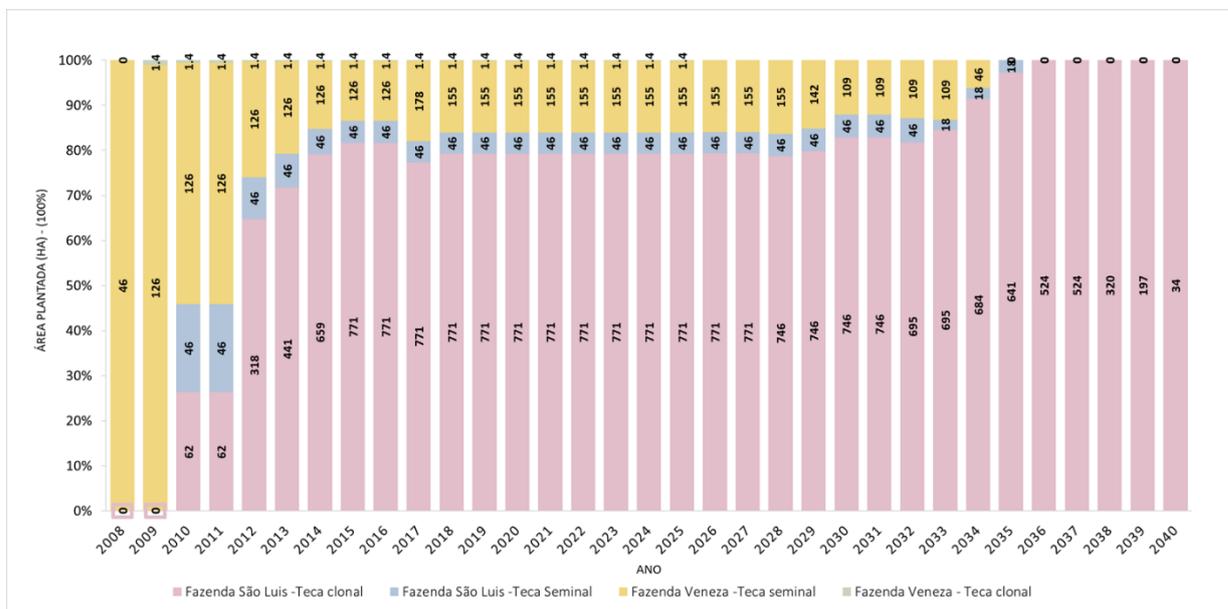


Figura 5- Histórico plantio de teca clonal e seminal desde a implantação na Fazenda Veneza e Fazenda São Luís.

O local está inserido na região de floresta densa ou ainda Floresta Ombrófila Tropical, na sub-região dos altos platôs do Pará-Maranhão (IBGE 2012). Predominam-se os solos como Latossolo Amarelo Distrófico Petroplúntico (LAd), Latossolo Amarelo Distrófico Típico (lad) e Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc), conforme a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2013).

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região da bacia do Guajará, bacia em que se insere a área de estudo, está enquadrada no clima tipo Am, o que o caracteriza como um clima quente e úmido, clima tropical chuvoso, com curta estação seca (ALVARES et al., 2013).

2. Base de dados econômicos

Manejo e silvicultura implementados nos plantios de teca

Classe de sítio: O modelo de produtividade da espécie de teca foi desenvolvido para três classes de sítio (classe de sítio boa, mediana e pobre).

Rotação: As rotações empregadas pela empresa para o manejo de teca divergem em dependência da procedência (clonal ou seminal) e classe de sítio. Enquanto para a teca clonal é previsto um

período de produção de 16 anos, em função do rápido desempenho do crescimento, para a teca seminal pretende-se um período mais longo. A classe de sítio boa e média (1 & 2) da teca seminal foi calculada para uma rotação de 25 anos. A classe de sítio pobre foi determinada para 20 anos, já que o crescimento destes sítios não justifica a espera por incremento volumétrico relativamente estagnado acima desta idade, segundo os modelos testados.

Regime de desbastes: O desbaste tem como objetivo a diminuição do número de indivíduos por área alterando o potencial de aumento de crescimento, especialmente em diâmetro (engorda), por indivíduo, maximizando assim o volume por árvore. Em caso da teca clonal são previstos 2 desbastes, na idade de 5 e 9 anos. Para as rotações de 25 anos da teca seminal um regime de 4 desbastes na idade de 5, 8, 12 e 18 anos. O povoamento de teca seminal da classe de sítio pobre será submetido apenas à 3 desbastes, com 5, 8 e 12 anos de idade.

Incremento médio anual IMA: O incremento médio anual IMA do modelo culmina para os povoamentos seminais na idade de 8 anos, atingindo um valor de 14,3 m³ /ha/ano

Produção volumétrica: Com a divisão em classes de sítio bom, médio e pobre a produção final de teca seminal após as rotações de 25 anos (1. & 2. Classe de sítio) alcançará em média um volume de 96,1 (1.CS) e 72,7 (2.CS) m³ /ha respectivamente no povoamento remanescente. Incluindo os volumes dos 4 desbastes a este valor, chegamos a um montante 195,8 (1.CS) m³ /ha e 170,8 (2.CS) m³ /ha.

Sortimentos comerciais: Para quantificar os volumes comerciais dos desbastes e da colheita final, foi desenvolvido um modelo, baseado na estimativa do número de árvores e volume total pertencente à determinada classe diamétrica do DAP. Em dependência das estimadas alturas comerciais, alcançadas em determinadas idades da retirada volumétrica em desbastes e/ou na colheita final, e em dependência dos diâmetros médios das toras os sortimentos foram divididos em comprimentos praticados no comércio de teca.

Custos

Os custos foram constituídos por dados reais da empresa, com complementação de estimativa de custos de produção e preços de madeira fornecido por estudos da empresa. Para o cálculo do custo, foram consideradas todas as atividades de instalação, condução e da colheita final, dos povoamentos florestais, para cada atividade foram utilizados os valores gastos desde a implantação em 2008, mas devido à base de dados não conter todos os dados necessários, foi

utilizado como base a estimativa calculada fornecida pelo empreendimento com alterações realizadas com os dados reais.

Algumas operações são repetidas ao decorrer da rotação, mesmo assim pode alterar com a idade. Os custos da silvicultura incluem a mão de obra, insumos e gastos operacionais das máquinas envolvidas, já os custos da colheita, que são os desbastes parciais e colheita final, foram obtidas em função da estimativa volumétrica para cada período, sendo então o preço básico, a média volumétrica. Os custos nominais estão na tabela abaixo:

Tabela 1. Custos US\$/ha para implantação, manutenção e extração da teca (Manejo da Teca).

Manejo	Preço	
Limpeza de área (1. ano)	US\$/ha	71.55
Gradagem (1. ano)	US\$/ha	71.55
Adubação de melhoramento (1. ano)	US\$/ha	254.40
Subsolagem (1. ano)	US\$/ha	98.05
Plantio (1. ano)	US\$/ha	520.74
Poda baixa (2. ano)	US\$/ha	87.45
Poda baixa (3. ano)	US\$/ha	87.45
Poda baixa (4. ano)	US\$/ha	87.45
Capina química (2. ano)	US\$/ha	69.17
Roçada (2. ano)	US\$/ha	31.27
Adubação de melhoramento (2. ano)	US\$/ha	226.58
Roçada (3. ano)	US\$/ha	27.06
Roçada (4. ano)	US\$/ha	27.06
Capina química (5. ano)	US\$/ha	9.62
Roçada (5. ano)	US\$/ha	27.06
Adubação (5. ano)	US\$/ha	63.15
Poda alta (5. ano)	US\$/ha	222.61
Adubação (12. ano)	US\$/ha	54.61
Controle de pragas US\$/ha/a 0,60	US\$/ha	0.6
Extração de madeira	US\$/m ³	12
FSC	US\$/há/a	0
Teca clonal – Custo nominal total anual de manejo	US\$/ha	2049.45

Os custos, bem como todos os valores trabalhados neste trabalho será em dólares americanos (fator de conversão R\$ 5,86 - 2019), US\$, já que é a moeda em que o empreendimento comercializa seus produtos. Enquanto o custo total de um manejo de teca por

hectare, pode chegar ao valor entre 6.000 e 8.000 US\$, para produção de 25 anos. Os custos totais para cada fazenda, estão na tabela a seguir:

Tabela 2. Custos totais dos plantios de teca para as fazendas São Luis e Veneza (US\$).

Ano	Custo total			
	São Luís	Veneza	Over heads	Total
2008	0	0	0	78,458
2009	38,838	33,808	5,812	92,603
2010	41,501	44,242	6,860	120,014
2011	95,994	15,130	8,890	231,945
2012	187,464	27,300	17,181	170,379
2013	128,825	28,933	12,621	225,845
2014	199,447	5,499	20,899	230,613
2015	187,684	24,727	18,202	216,356
2016	188,197	11,683	16,476	228,757
2017	203,775	7,580	17,402	728,775
2018	116,875	602	9,900	169,933
2019	157,043	0	12,890	113,883
2020	89,393	14,547	9,943	239,789
2021	208,840	11,029	19,920	173,459
2022	155,124	4,573	13,762	175,972
2023	162,937	0	13,035	165,937
2024	153,645	0	12,292	101,638
2025	92,563	1,546	7,529	175,903
2026	141,090	21,783	13,030	115,422
2027	90,174	16,698	8,550	526,498
2028	477,031	10,467	39,000	367,308
2029	330,773	9,327	27,208	347,323
2030	321,595	0	25,728	212,277
2031	196,553	0	15,724	103,392
2032	95,733	0	7,659	85,699
2033	79,351	0	6,348	101,69
2034	52,892	41,265	7,533	81,566
2035	34,834	40,690	6,042	78,458

Receitas

As receitas (Tabela 3) foram constituídas constituídos por dados reais da empresa, com complementação de estimativa de produção e preços de madeira fornecido por estudos da empresa.

O preço de teca, considerado valores FOB (do Inglês: *Free on board*), onde o comprador assume todos os riscos e custos do transporte (a obrigação do vendedor se encerra quando a mercadoria está dentro do navio para embarque), foram calculados em função das médias obtidas no estudo do Mercado, referentes às propostas dos comerciantes indianos para o porto de Belém e Vila do Conde.

Tabela 3.Preço médio da madeira da Teca por circunferência, utilizada para cálculo da receita.

Comprimento	Circunferênciamédia[cm]	Preço US\$/m ³
6.5	60-70	350.01
	70-80	401.72
	90-100	486.35
5.5	30-40	20.69
	40-50	20.69
	50-60	237.9
	70-80	362.02
	80-90	413.74
	90-100	465.46
	100-110	620.61
	110-120	672.33
120-130	775.76	
5.6	60-70	310.3
	80-90	413.74
5.2	60-70	310.3
	70-80	362.02
4.6	60-70	310.3
	70-80	362.02
	80-90	413.74
	90-100	465.46
	100-110	620.61
110-120	672.33	
4.5	50-60	237.9
	60-70	310.3
2.3	40-50	18.81
	50-60	216.27
	60-70	253.89
	70-80	282.1
	90-100	376.13

No período observado de 10 anos, o índice de preço de teca oriunda de plantios subiu em média 13,19 % ao ano, superando ainda o crescimento do índice do preço da madeira nativa, que atingiu 5,35 % (período de apuração de teca nativa apenas até 2016, das informações da ITTO para o período de 2017 e 2018 são incompletos, desde que a exportação da teca nativa em toras de Myanmar foi proibida). O resultado desta comparação dos índices mostra a clara tendência contínua de incremento dos preços de teca oriunda dos plantios, e isto em taxas relativas ainda superiores às da madeira nativa.

As séries de receitas do modelo de capitalização são calculadas em função dos valores aqui apresentados, quais por sua vez sofrem de 3,8% (média da última década para o Dólar dos Estados Unidos).

Tabela 4. Receita total para a fazenda São Luis e Veneza (US\$).

	Receita Total		
	Veneza	São Luis	Total
2008	0	0	0
2009	0	0	0
2010	0	0	0
2011	0	0	0
2012	0	0	0
2013	0	0	0
2014	0	0	0
2015	0	0	0
2016	0	43,772	43,772
2017	0	51,888	51,888
2018	28,383	16,296	44,679
2019	458,580	0	458,580
2020	0	184,823	242,424
2021	3,387,242	211,854	3,716,704
2022	1,848,475	0	1,899,579
2023	2,194,870	0	2,194,870
2024	1,484,249	0	1,484,249
2025	0	67,272	67,272
2026	2,045,078	590,992	2,636,070
2027	0	486,932	486,932
2028	18,467,423	378,745	18,846,168
2029	12,671,421	344,744	13,016,166
2030	11,465,973	0	11,465,973
2031	4,579,817	0	4,579,817
2032	0	0	0
2033	0	0	0
2034	0	1,786,480	1,786,480
2035	1,642,484	1,872,802	3,515,286

3. Avaliação financeira por métodos determinísticos

A avaliação financeira em um primeiro momento será realizada por métodos determinísticos, os critérios para a análise econômica são apresentados a seguir:

Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido é definido como a soma das receitas descontados dos custos a ele associado. Um projeto é considerado economicamente viável se seu VPL for maior que zero, à determinada taxa de desconto (Rezende & Oliveira, 2013), de acordo com a seguinte equação:

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

Benefício Periódico Equivalente (BPE)

É definido como a parcela periódica que iguala o VPL de uma opção de investimento a ser avaliada, ao longo do período de duração do projeto (Rezende & Oliveira, 2013).

É calculado de acordo com a seguinte equação:

$$BPE = \frac{VPL \cdot i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad [2]$$

Em que VPL = Valor Presente Líquido; n = duração do projeto, em anos; t = número de períodos de capitalização, em anos; i = taxa de desconto. O projeto é considerado viável do ponto de vista econômico se o BPE for positivo.

Taxa Interna de Retorno Modificada (mTIR)

É a taxa de retorno do capital de um determinado investimento, onde se iguala o valor atual dos custos com o valor atual de receitas.

$$TIRm \text{ ou } MTIR = \left[\left(\frac{\sum_{j=0}^n R_j (1+i)^j}{\sum_{j=0}^n C_j (1+i)^j} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \times 100 \quad [3]$$

Em que: R_j = receita no final do ano j ; C_j = custo no final do ano j ; i = taxa de desconto e j = período de ocorrência do custo ou receita. O projeto será economicamente viável quando a mTIR for superior à Taxa Mínima de Atratividade.

Payback

O payback é o método que representa o tempo médio em anos para recuperar o investimento inicial (BRIGHAM; GAPENSKI; EHRHARDT, 2001). Ele é um método bastante utilizado no meio financeiro por contar o tempo necessário para que o capital investido seja recuperado por meio de benefícios (ASSAF NETO, 2008).

$$Payback = \left(\sum_{t=0}^n \frac{Recebimentos}{Valor\ do\ investimento} \right) \quad [4]$$

4. Metodologia de aplicação da Teoria das opções Reais

A aplicação da Teoria das opções reais será conforme as etapas estabelecidas por COPELAND; ANTIKAROV (2002);



5. Determinação do Fluxo de Caixa e VPL (Valor presente líquido) sem flexibilidade

O Horizonte de planejamento inclui os fluxos de caixa esperados num horizonte de capitalização de 27 anos a partir da implementação do empreendimento (2008), o período é equivalente ao tempo de uma rotação máxima dos plantios de teca seminiais. O período de capitalização não inclui o cálculo de uma produção contínua em plantios de teca, em áreas após a colheita final, uma vez que não é objeto do empreendedor.

Será então calculado o VPL, conforme equação 7. Em que: valor presente líquido; R_j = receitas no período j ; C_j = custos no período j ; WACC = taxa de desconto; j = período de ocorrência dos custos e das receitas; n = número total de anos do fluxo de caixa.

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1 + WACC)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1 + WACC)^{-j} \quad [5]$$

6. Construção da árvore binomial de eventos

A árvore de eventos será construída partindo de t_0 (inicial) até t_n (horizonte a ser estabelecido), com objetivo de modelar as incertezas que poderão influenciar no valor do ativo que está sujeito ao risco ao longo do tempo.

O movimento geométrico browniano (MGB) (SAMUELSON, 1965) explica o processo estocástico dos preços, entretanto devido à complexidade do modelo, será utilizado uma versão simplificada proposta por COX; ROSS; RUBINSTEIN, (1979). O MGB consiste em um caminho aleatório com dois estados *up* e *down*, correspondendo a uma alta e baixa no preço, em que considera também a volatilidade (incerteza) e probabilidade de ocorrência. A partir destes dados será feita uma simulação pelo método monte Carlo para obtenção da nova volatilidade, sendo essa a única que será utilizada, aplicada ano a ano e empregada na elaboração da árvore binomial de eventos.

A volatilidade foi feita então a partir do desvio padrão de valores de VPL's calculados para cada período desde o início do projeto.

As decisões a serem tomadas estarão nos nós da árvore do evento, que utilizará probabilidades neutras de risco para transformá-lo em decisões binomiais replicantes. Os valores preveem os movimentos ascendentes (u) e descendentes (d) e suas probabilidades neutras a risco p e $1-p$, taxa de juros livre de risco (RSF), volatilidade do projeto (σ), variação do tempo (Δt), sendo u = movimento ascendente - valor que multiplica o projeto com uma evolução positiva e será sempre maior que 1; d = movimento descendente assumido no momento 1 do projeto e será sempre menor que 1; σ = volatilidade do projeto; Δt = intervalo de tempo limitado a 1; p = probabilidade neutra ao risco (risco-neutro). Conforme as equações 6-10.

$$U = e^{\theta\sqrt{\Delta t}} \quad [6]$$

$$d = \frac{1}{u} \text{ ou } d = e^{-\theta\sqrt{\Delta t}} \quad [7]$$

$$FCn \text{ ascendente} = FC_{n-1} \cdot u \quad [8]$$

$$FCn \text{ ascendente} = FC_{n-1} \cdot d \quad [9]$$

$$p = \frac{(1+Rf)-d}{(u-d)} \quad [10]$$

7. Cálculo da opção real utilizada

O cálculo da opção será realizado de trás para frente, ou seja do último período para o primeiro, sendo que o valor final será o Máximo entre a opção e o zero (vide equação 10) em que o VOR= valor da opção real das células (equação 10) da última coluna será em função de V = valor presente da árvore de eventos e X = preço de exercício da opção. Sendo calculada para u e d. Desta forma, quando o V do projeto calculado no nó correspondente da árvore de eventos for maior que o investido, a opção deverá ser exercida pelo valor V-X, caso contrário não deverá ser executada e obterá como valor zero.

A partir do penúltimo período foi considerada a metodologia do portfólio replicado para estimar o valor do projeto, pela seguinte fórmula:

$$Vor = Max[V^{ou d} - X; 0] \quad [11]$$

O modelo binomial pode ser representado graficamente por duas formas distintas entre si. Uma delas serve para cálculos de precificação de opção de compra para no máximo dois períodos, conforme apresentado a seguir:

$$F = \frac{pFu + (1 - p)Fd}{r} \quad [12]$$

Em que:

F: valor da opção de compra;

Fu: valor da ação em caso de aumento em seu valor bruto;

Fd: valor da ação em caso de queda em seu bruto;

valor bruto da ação;

p: probabilidade neutra ao risco;

r: 1 + taxa livre de risco;

u: 1 + mudança percentual no valor bruto da ação entre períodos, caso este aumente;

d: 1 + mudança percentual no valor bruto da ação entre períodos, caso este diminui.

A árvore de decisão será montada com valores obtidos para visualizar as decisões a serem tomadas. A abordagem da análise por árvore de decisão para orçamento de capital pode levar em consideração decisões futuras a serem feitas pela empresa e incorporar uma possível flexibilidade do projeto.

O valor do VPL mais o da opção (VPL expandido) será calculado conforme a equação 11; em que VPL_{exp} = Valor Presente Líquido expandido; $VPLT$ = Valor Presente Líquido tradicional; $VPLOR$ = Valor Presente da opção.

$$VPL_{exp} = VPLt + VPLor \quad [13]$$

8. Opção de abandono

No trabalho será considerado a opção de abandono do empreendimento, caso seu desenvolvimento encontre dificuldade em alguma de suas atividades, que possa o tornar inviável, como aumento do preço de produção, falta de mercado para seus produtos, ou outra situação em que poderia tornar o negócio inviável.

A opção de abandono será exercida quando o Valor Presente Líquido Expandido (VPL_{exp}) for menor que seu preço de venda. Como o projeto já fora realizado e nem todo seu capital investido pode ser recuperado, no caso de venda dos seus ativos já investidos, considerou-se seu preço de venda o correspondente a 80% dos investimentos florestais acumulados, ou seja, os seus custos acumulados até o ano considerado, conforme proposto, subjetivamente, por Albuquerque (2005).

9. Taxas

Taxa Mínima De Atratividade (TMA)

A empresa não adota uma Taxa Mínima de Atratividade própria, desta forma foi utilizada a taxa de juros de programas de investimentos em florestas comerciais, para comparação e avaliação da viabilidade do empreendimento, neste caso foi utilizado a Taxa de juros do programa ABC do BNDES para financiamento de florestas comerciais que é de 6% (BNDES, 2021).

Taxa Livre De Risco

A taxa livre de risco foi obtida por meio de dados históricos sobre retornos médios de títulos livres de risco e ações.

Damodoran (2008) considera que deve se atentar a extensão do período de medição. O autor argumenta que o uso de séries maiores se justifica pela ausência de qualquer tendência de prêmios ao longo do tempo, obtendo-se desta forma erros menores e interpretações distorcidas quanto ao bom desempenho do mercado em períodos mais curtos.

Para Povoá (2020), um ativo para ser considerado livre de risco deve apresentar três características básicas:

- Inexistência de risco de default (calote no pagamento);
- Risco de reinvestimento (se houver pagamento de juros e amortização durante a vida do título, teoricamente já não serve);
- Imunidade relativamente a oscilação de taxa de juro.

A taxa livre de risco a ser utilizada, será a SELIC, taxa básica de juros da economia no país. A taxa foi estimada pela média desta taxa nos últimos 10 anos (9,35%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Fluxo de caixa

Os fluxos de caixa resultante da análise financeira se mantêm positiva a partir do ano de 2019 (Tabela 5), quando as receitas obtidas superaram os custos da produção com as colheitas parciais que vieram dos desbastes para manutenção do plantio. À medida que avança o período, maiores serão as colheitas obtidas e, desta forma, maiores serão as receitas nos próximos períodos.

Tabela 5. Fluxo de caixa anualizado com seu respectivo VPL

Ano	Fluxo de Caixa (US\$)	VPL (US\$)
2009	-78,457.49	18,446,094.66
2010	-92,603.29	19,691,598.95
2011	-120,013.48	21,030,606.98
2012	-231,944.71	22,483,109.55
2013	-170,378.85	24,146,102.69
2014	-225,844.82	25,848,419.88
2015	-230,613.17	27,716,943.38
2016	-172,585.23	29,708,252.62
2017	-176,868.69	31,763,330.64
2018	-82,698.13	33,952,431.90
2019	288,647.63	36,179,343.22
2020*	70,940.17	38,151,809.41
2021	3,359,307.09	40,479,963.99
2022	1,675,015.21	39,459,258.28
2023	2,018,897.84	40,164,650.38
2024	1,318,312.78	40,548,934.94
2025	-34,366.39	41,702,151.36
2026	2,460,167.10	44,365,918.37
2027	371,510.02	44,545,813.59
2028	18,319,670.95	46,957,284.69
2029	12,648,858.68	30,441,783.41
2030	11,118,650.89	18,913,878.98
2031	4,367,539.73	8,286,327.46
2032	-103,391.15	4,165,671.35
2033	-85,698.93	4,538,013.44
2034	1,684,790.01	4,915,006.25
2035	3,433,719.86	6,663,936.11

*Ano base para montagem da árvore de eventos.

Ângelo et al. (2008) em avaliação de plantios florestais de teca em Mato Grosso, obteve que o valor da floresta variou de US\$4,973.09 a US\$14,059.45 (taxas de 6 a 10%) por hectare, época que a cotação do dólar estava em valores aproximados a 2.130 reais o dólar (em comparação a 2020, houve aumento de 143%). A maturidade financeira encontrada na avaliação foi de 14 a 20 anos.

2. Análise financeira tradicional

O VPL positivo em 38,151,809.41 US\$ (2020) mostra a viabilidade durante toda a vida do projeto, conforme tabelas 6 e 7. A mTIR de 19% também confirma a viabilidade do mesmo ao obter valor superior ao esperado (TMA - 6%).

A análise de viabilidade realizada por meio do VPL, TIR e BPE indicam que o empreendimento é viável até o ano de 2035, conforme demonstra abaixo.

Tabela 6. Indicadores tradicionais de viabilidade financeira

VPL 2020 (US\$)	mTIR (%)	BPE (US\$)	TMA (%)	Payback
38,151,809.41 US\$	19%	US\$ 2,975,197.47	6%	11 anos

O período de retorno do investimento indicado pelo *Payback* é de 11 anos, conforme Tabela 6. O valor encontrado está dentro do valor encontrado em literatura.

Affendy et al (2013), obteve *payback* de 19 anos para plantio de monocultura de Teca, na Malásia, em seu estudo para comparar o plantio de monocultura com o consórcio com outra espécie. A taxa interna de retorno nesse projeto foi de 14%, próximo ao valor encontrado neste trabalho, conforme Tabela 6.

Os valores anuais calculados pelo BPE em US\$ 2,975,197.47 confirmam a premissa da viabilidade do empreendimento.

Filho et al., 2003, ao avaliar a viabilidade econômica de um plantio de teca submetido a debates, obteve o VPL positivo com taxa de desconto de 10% a. a, a TIR obtida foi de 15,1% ao ano.

De Sá et al., 2010, em análise ao custo da Teca no Acre, obteve indicadores financeiros que demonstraram a viabilidade do empreendimento, cujo TIR encontrado foi de 10,98%, valor aproximado ao encontrado neste trabalho. Observe-se que a comparação com os demais indicadores não é pertinente no presente estudo, vez que a análise financeira do estudo citado foi feito utilizando custo/receita por hectare.

Em estudo de avaliação econômica de plantios de teca não desbastados em duas áreas, Figueiredo et al. (2005) obteve a rotação econômica ótima definida pela maximização do VPL e B(C)PE que se deu aos 25 anos para a área 1, com valores de R\$ 3.241,50 .ha-1 e R\$ 357,11.ha-1.ano-1, respectivamente. Para a área 2, a rotação econômica foi dois anos mais longa, ou seja, a

maximização do VPL e B(C)PE ocorreram aos 27 anos, quando os valores dos critérios econômicos foram de R\$ 2.310,79.ha-1 e R\$ 250,16.ha-1.ano -1 , respectivamente.

3. Volatilidade e cálculo de u e d

A volatilidade (z) encontrada utilizando por base o Valor presente líquido foi de 0,199. Os valores de z, podem ser encontrados na Tabela 7.

Tabela 7. Calculo de valores de z para obtenção da volatilidade.

ANO	VPL (US\$)	z
1	18,446,094.66	1.0675
2	19,691,598.95	1.0680
3	21,030,606.98	1.0691
4	22,483,109.55	1.0740
5	24,146,102.69	1.0705
6	25,848,419.88	1.0723
7	27,716,943.38	1.0718
8	29,708,252.62	1.0692
9	31,763,330.64	1.0689
10	33,952,431.90	1.0656
11	36,179,343.22	1.0545
12	38,151,809.41	1.0610
13	40,479,963.99	0.9748
14	39,459,258.28	1.0179
15	40,164,650.38	1.0096
16	40,548,934.94	1.0284
17	41,702,151.36	1.0639
18	44,365,918.37	1.0041
19	44,545,813.59	1.0541
20	46,957,284.69	0.6483
21	30,441,783.41	0.6213
22	18,913,878.98	0.4381
23	8,286,327.46	0.5027
24	4,165,671.35	1.0894
25	4,538,013.44	1.0831
26	4,915,006.25	1.3558
27	6,663,936.11	

4. Monte Carlo

A partir da média e desvio padrão de z (Tabela 7), foram feitas, diversas vezes, a simulação Monte Carlo para analisar o comportamento da volatilidade a partir da qual foi obtida a frequência de ocorrência de valores que compôs o histograma da Figura 6.

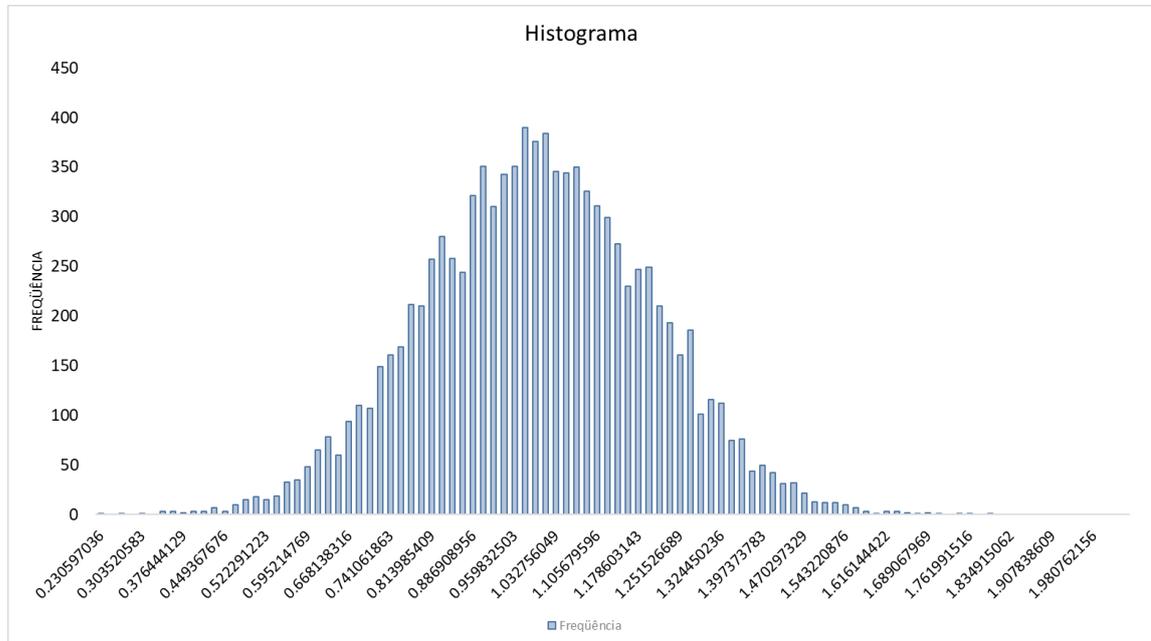


Figura 6. Histograma distribuição dos valores de volatilidade simulados pelo Monte Carlo.

Após vários ensaios, foi obtida a distribuição normal, pré-requisito para que se possa efetuar a análise das opções reais, conforme determina a premissa básica prevista por BRASIL et al 2007.

Tabela 8. Media e desvio padrão de z , utilizados para simulação Monte Carlo.

Média	0.9913
Desvio Padrão	0.1998

A nova volatilidade obtida pelo Monte Carlo foi de 1.9803, valor esse que foi utilizado em toda a análise das opções reais. A partir da nova volatilidade e da taxa livre de calculou-se os valores de u , d , p e $1-p$ pelo método adaptado de Copland e Antikarov (2002). Os valores encontrados estão na Tabela 8.

Tabela 9. Valores de u, d p e 1-p para construção da árvore binomial.

u	d	p	1-p
1.2199	0.8197	0.6841	0.3158

Utilizando-se o método multiplicativo, obteve-se que a probabilidade de o movimento ascendente ocorrer é de 68.41 % e do movimento descendente é de 31.58%.

A árvore binomial com os valores tradicionais sem flexibilidade (sem inclusão do valor da opção) foi então montada com base nos valores apresentados na Tabela 9 juntamente com o valor de VPL (2020).

5. Arvore tradicional

Considerando o ápice (nó 1) dos valores da árvore de eventos (Tabela 10), tem-se um cenário muito positivo que chega ao patamar de VPL de US\$ 1,120,298,385.00, o que equivale a cerca de US\$ 1,002,441.50 por hectare.

Tabela 10. Árvore Binomial com VPL sem flexibilidade.

2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037															
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27															
																	1120295385															
																918312184	1															
															752745462	19	752745462															
														617029525	36	617029525	2															
														505782438	52	505782438	20	505782438														
														414592599	67	414592599	37	414592599	3													
														339843795	81	339843795	53	339843795	21	339843795												
														278571796	94	278571796	68	278571796	38	278571796	4											
														228346807	106	228346807	82	228346807	54	228346807	22	228346807										
														187177112	117	187177112	95	187177112	69	187177112	39	187177112	5									
														153430091	127	153430091	107	153430091	83	153430091	55	153430091	23	153430091								
														125767475	136	125767475	118	125767475	96	125767475	70	125767475	40	125767475	6							
														103092279	144	103092279	128	103092279	108	103092279	84	103092279	56	103092279	24	103092279						
														84505299	151	84505299	137	84505299	119	84505299	97	84505299	71	84505299	41	84505299	7					
														69269450	157	69269450	145	69269450	129	69269450	109	69269450	85	69269450	57	69269450	25	69269450				
														56780543	162	56780543	152	56780543	138	56780543	120	56780543	98	56780543	72	56780543	42	56780543	8			
														46543318	166	46543318	158	46543318	146	46543318	130	46543318	110	46543318	86	46543318	58	46543318	26	46543318		
														38151809	169	38151809	163	38151809	153	38151809	139	38151809	121	38151809	99	38151809	73	38151809	43	38151809	9	
														171	31273244	167	31273244	159	31273244	147	31273244	131	31273244	111	31273244	87	31273244	59	31273244	27	31273244	
														170	25634848	168	25634848	164	25634848	154	25634848	140	25634848	122	25634848	100	25634848	74	25634848	44	25634848	10
															21013023	168	21013023	160	21013023	148	21013023	132	21013023	112	21013023	88	21013023	60	21013023	28	21013023	
															165	17224489	165	17224489	155	17224489	141	17224489	123	17224489	101	17224489	75	17224489	45	17224489	11	
															161	14119006	161	14119006	149	14119006	133	14119006	113	14119006	89	14119006	61	14119006	29	14119006	12	
															156	11573426	156	11573426	142	11573426	124	11573426	102	11573426	76	11573426	46	11573426	30	11573426	13	
															150	9486800	150	9486800	134	9486800	114	9486800	94	9486800	77	9486800	47	9486800	31	9486800	14	
															143	7776381	143	7776381	125	7776381	103	7776381	81	7776381	53	7776381	27	7776381	32	7776381	15	
															135	6374342	135	6374342	115	6374342	91	6374342	69	6374342	41	6374342	17	6374342	33	6374342	16	
															126	5225082	126	5225082	104	5225082	78	5225082	56	5225082	29	5225082	19	5225082	34	5225082	17	
															116	4283028	116	4283028	92	4283028	64	4283028	40	4283028	18	4283028	10	4283028	35	4283028	18	
															105	3510821	105	3510821	79	3510821	51	3510821	25	3510821	11	3510821	6	3510821	36	3510821	19	
															93	2877839	93	2877839	65	2877839	37	2877839	13	2877839	7	2877839	2	2877839	37	2877839	20	
															80	2358980	80	2358980	50	2358980	21	2358980	10	2358980	4	2358980	1	2358980	38	2358980	21	
															66	1933669	66	1933669	34	1933669	14	1933669	6	1933669	2	1933669	1	1933669	39	1933669	22	
															51	1585039	51	1585039	25	1585039	15	1585039	8	1585039	3	1585039	2	1585039	40	1585039	23	
															35	1299265	35	1299265	18	1299265	10	1299265	5	1299265	3	1299265	2	1299265	41	1299265	24	
															18		18		12		6		4		2		1	42		25		

Importante ressaltar que os cenários mais prováveis são os representados pelos valores em torno da média, dificilmente ocorrendo os representados pelos pontos extremos da árvore (CORREIA NETO, 2009).

6. Cálculo opção de abandono.

Os valores estimados para venda do empreendimento podem ser encontrados na Tabela 11.

Tabela 11. Valor do abandono por período.

Período	Custos capitalizado Acumulado (US\$)	Valor de Abandono (US\$)
0	2038589.745	1630871.796
1	4205610.643	3364488.514
2	6464566.817	5171653.454
3	8818191.866	7054553.493
4	11209890.85	8967912.68
5	13537050.72	10829640.58
6	15862925.23	12690340.19
7	18106356.39	14485085.11
8	20275654.75	16220523.8
9	22365560.84	17892448.67
10	24353189.39	19482551.51
11	26331861.32	21065489.05
12	28254898.33	22603918.66
13	30196460.28	24157168.23
14	32020583.94	25616467.15
15	33781538.32	27025230.66
16	35466374.54	28373099.63
17	37080965.26	29664772.21
18	38691009	30952807.2
19	40234603.48	32187682.79
20	41784102.71	33427282.17
21	42877293.18	34301834.54
22	43659614.57	34927691.65
23	44122018.43	35297614.75
24	44387903.06	35510322.45
25	44560633.63	35648506.91
26	44653148.26	35722518.61
27	44726160.5	35780928.4

7. Arvore de decisão

Nos nós do último período (27°), a opção de abandono será exercida quando o valor de venda do projeto for maior do que o VPL calculado (Tabela 10).

Para calcular o VPL incorporando a flexibilidade para os demais nós da árvore, foi utilizada a metodologia do portfólio replicante, utilizando os valores de VPL já calculados em $t=27$, último ramo da árvore.

Os valores (Tabela 10) foram então comparados nó a nó aos valores de venda do projeto para seu respectivo período e a árvore de decisão foi gerada (Tabela 12), demonstrando a decisão gerencial a ser tomada em cada situação.

Apesar da opção de venda já ocorrer nos primeiros períodos de análise (nó 165), esses cenários aparecem com maior frequência (maior probabilidade de ocorrer) no 16º período, cenários estes que a melhor decisão a ser feita o abandono do projeto e recuperar pelo menos o valor residual já investido, fazendo com que o empreendedor evite maiores custos fixos com o projeto.

Os nós superiores da árvore não sofrem alterações, somente os nós inferiores, citados anteriormente, o que eleva o valor do projeto até a origem (em $t=10$). A opção de abandono funciona, portanto, como um limitador ou hedge contra eventuais diminuições do valor do projeto (ALBUQUERQUE, 2005).

Foi verificado que o valor da opção de abandono embutido no processo de análise da árvore binomial foi de U\$\$ 104,996.29. Ou seja, o empreendedor poderá obter este valor como lucro em caso de abandono do projeto.

Considerando o último nó da árvore (nó 171) percebe-se que o empreendimento continua sendo financeiramente viável ao inserir a flexibilidade a análise. E, portanto, a metodologia tradicional de análise econômica e a TOR demonstram a eficiência do projeto.

O empreendedor ao incorporar o valor de venda do empreendimento aumenta o valor do VPL em 28%, em comparação ao VPL sem flexibilidade.

É possível observar que tanto o método tradicional (VPL) quanto a TOR demonstraram que o projeto é eficiente, mas em uma análise geral, a TOR demonstra que o empreendimento tem maior chance de ter sucesso financeiro do que fracassar até o fim do estoque, mas o cenário de fracasso ocorre, conforme descrito acima.

Joaquim (2015), corrobora em seu trabalho que o método de TOR com as etapas estabelecidas por Copeland & Antikarov é plausível, desde que sejam feitas algumas adaptações para as peculiaridades de Projetos de SAF. Destaca também que a avaliação do planejamento do projeto, (SAF's) como o método, pode ser feito com maior segurança.

Araújo (2017) trabalhando com sistemas agroflorestais, conclui que teoria de opções reais é eficiente para análise financeira de investimentos agroflorestais, possibilitando que o produtor compreenda as potencialidades e gargalos de seu processo produtivo frente aos riscos do mercado.

A aplicação da TOR na análise de projetos de geração de energia elétrica utilizando cavacos de madeira de eucalipto e gases de carbonização se mostrou plausível, conforme Souza (2017), fazendo-se necessário maiores estudos para as particularidades ao mercado SPOT.

Fonseca et al., 2017, em análise de viabilidade de desenvolvimento de um campo real de petróleo localizado no continente africano, buscou avaliar o empreendimento implementando a opção de adiar a implantação do campo de petróleo, os resultados apontaram que, caso o gestor tenha o direito de investir no futuro e esperar por melhores condições do preço do petróleo, ter a opção de adiar o desenvolvimento do campo de petróleo gera valor a seu ativo.

1 Tabela 12. Árvore de Decisão (Com a opção de abandono).

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	2027
2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
																918312184	112029538
																19	1
														617029525	36	617029525	2
													505782438	52	505782438	20	505782438
												414592599	67	414592599	37	414592599	3
											339843795	81	339843795	53	339843795	21	339843795
										278571796	94	278571796	68	278571796	38	278571796	4
								228346807	106	228346807	82	228346807	54	228346807	22	228346807	228346807
							187177112	117	187177112	95	187177112	69	187177112	39	187177112	5	187177112
						153430546	127	153430310	107	153430091	83	153430091	55	153430091	23	153430091	153430091
					125769273	136	125768915	118	125768233	96	125767475	70	125767475	40	125767475	6	125767475
					103097430	144	103097517	128	103096787	108	103094901	84	103092279	56	103092279	24	103092279
				84517263	151	84519233	137	84520312	119	84519262	97	84514373	71	84505299	41	84505299	7
			69293357	157	69299708	145	69306338	129	69311651	109	69312101	85	69300859	57	69269450	25	69269450
		56823151	162	56837384	152	56855098	138	56875714	120	56896375	98	56908517	72	56889256	42	56780543	56780543
	46612699	166	46639028	158	46674541	146	46721496	130	46781346	110	46851886	86	46918252	58	46919593	26	465433
38256805.7	169	38299694	163	38360004	153	38444565	139	38562451	121	38724863	99	38942724	73	39214135	43	39454164	9
171	31486429	167	31577867	159	31709716	147	31900729	131	32187683	111	32301835	87	325297615	59	32648507	27	3278099
	170	26052514	164	26238411	154	26373100	140	2652807	122	2668282	100	26827692	74	269510322	44	270722519	10
		168	24157168	160	2425231	148	24364772	132	2447683	112	24581835	88	24697615	60	24808507	28	2491992
			165	25616467	155	2573100	141	25852807	123	2597282	101	26092692	75	2620322	45	26312519	11
				161	27025231	149	2714772	133	272683	113	27381835	89	27497615	61	27608507	29	2771992
					156	28373100	142	28492807	124	28607282	102	28727692	76	28830322	46	28932519	12
						150	29664772	134	29787683	114	29901835	90	29997615	62	30108507	30	3021992
							143	30952807	125	3107282	103	31192692	77	3129322	47	31392519	13
								135	32187683	115	32301835	91	32407615	63	32508507	31	3261992
									126	33427282	104	33542692	78	336510322	48	33752519	14
										116	34301835	92	34407615	64	34508507	32	3461992
											105	34927692	79	350322	49	35132519	15
												93	35297615	65	35408507	33	3578099
													80	35510322	50	35722519	16
														66	35648507	34	3578099
															51	35722519	17
																35	3578099
																	18

2

CONCLUSÕES

O empreendimento de teca se apresentou viável tanto utilizando o método tradicional quanto com a incorporação da TOR.

O VPL obtido com a teoria das opções reais foi superior ao VPL sem flexibilidade da metodologia tradicional.

O valor da opção de abandono embutido no processo de análise da árvore binomial foi de US\$ 104,996.29 ou seja, o empreendedor poderá obter este valor como lucro em caso de abandono do projeto.

O método tradicional de análise de viabilidade financeira do projeto por meio do fluxo de caixa descontado e índices financeiros subestima o valor do projeto analisado não considerando as possíveis alternativas para o investidor.

A teoria das opções reais é eficiente para avaliar a viabilidade financeira, acrescentando decisões gerenciais que podem ser feitas pelo empreendedor, com a visualização de possíveis cenários negativos ou oportunidades de investimentos.

A volatilidade foi estipulada a partir da ASSR, que está embutido a taxa de desconto, as receitas e os custos. Dessa forma, sugere-se como trabalho futuro a inserção de outras variáveis para a obtenção de estimativas mais precisas da volatilidade, a exemplo, tem-se a variação do valor da Teca no Mercado internacional entre outras variáveis que possam vir a influenciar nos custos/receitas do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFENDY, H. et al. Economic viability of *Tectona grandis* sole cropping and intercropping for 20 years planting project. **Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences**. ISSN, v. 2320, p. 6063, 2013.

ALBUQUERQUE, M. H. F. Aplicação da Teoria de Opções Reais na Análise de Viabilidade Econômica de um Projeto: O Caso da Aracruz Celulose SA Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Administração. Faculdades Ibmecc, Rio de Janeiro, 2005.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's Climate Classification Map For Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, V. 22, N. 6, P. 711-728, 2013.

AMRAM, M., KULATILAKA, N., HENDERSON, J.C. Managing Business Risk By IT Investment: The Real Options View. Relazione Tecnica, School Of Management, Boston University, 1999.

ÂNGELO, H. et al. Aspectos financeiros da produção de teca no Estado de Mato Grosso. **Floresta**, v. 39, n. 1, 2009.

ANTONIK, L. R. Análise De Projetos De Investimento Sob Condições De Risco. **Revista Da FAE**, V. 7, N. 1, 2004.

ARAÚJO, J. B. C. N. Análise Financeira E De Custos De Um Sistema Agroflorestal Sucessional: Estudo De Caso No Distrito Federal. 2017.

ASSAF NETO, A. Finanças corporativas e valor. –3. reimpr. São Paulo: Atlas. 2008.

BNDES. Programa ABC. Disponível Em <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/programa-abc>>. Acesso Em 10 De Fevereiro De 2021.

BRASIL, H. G. et al. Opções Reais: Conceitos E Aplicações A Empresas E Negócios. São Paulo: **Saraiva**, 2007.

BRIGHAM, E. F.; GAPENSKI, L.; EHRHARDT, M. C. Time Value of Money. **Financial Management-Theory and Practice**, 2001.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G.. Mensuração Florestal: Perguntas E Respostas. Atual. Ampl. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013.

CHAUDHARI, U. K.; KANE, M. B.; WETZSTEIN, M. E. The Key Literature Of, And Trends In, Forestry Investment Decisions Using Real Options Analysis. **International Forestry Review**, V. 18, N. 2, P. 146–179, 28 Maio 2016.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. Opções Reais: Um Novo Paradigma Para Reinventar a Avaliação De Investimentos. 2002.

CORREIA NETO F., J. **Elaboração e Avaliação de Projetos de Investimento**. Elsevier, 2009.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach*. [s.l: s.n.]. **Journal of financial Economics**, v. 7, n. 3, p. 229-263, 1979.

DE SA, C. P.; FIGUEIREDO, E. O.; DE OLIVEIRA, L. C. Caracterização E Análise Da Rentabilidade Financeira Do Cultivo Da Teca (*Tectona Grandis Lf*) Para Produção De Madeira Em Rio Branco, Acre. **Embrapa Acre-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2010.

DAMODARAN, Aswath. What is the riskfree rate? A Search for the Basic Building Block. **A Search for the Basic Building Block (December 14, 2008)**, 2008.

DIXIT, A. K.; DIXIT, R. K.; PINDYCK, R. S. Investment Under Uncertainty. Princeton University Press, 1994.

FILHO, C. E. P.; OLIVETTE, M. P. A.; ÂNGELO, J. A.; MARTINS, V. A. Elaboração De Índice De Preços De Resinas E Aspectos Da Cadeia Produtiva De Pínus Para o Estado De São Paulo, e Seu Comportamento De Janeiro De 2005 A Abril De 2011.

FIGUEIREDO, E. O.; DE OLIVEIRA, L. C.; BARBOSA, L. K. F. Teca (*Tectona grandis L. f.*): principais perguntas do futuro empreendedor florestal. 2005.

FONSECA, M. N. et al. Feasibility analysis of the development of an oil field: a real options approach in a production sharing agreement. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 19, p. 574-593, 2017.

IBÁ, Relatório Anual. Indústria Brasileira De Árvores. São Paulo. 2019.

IBGE. Manual Técnico Da Vegetação Brasileira. Rio De Janeiro, 2012.

JOAQUIM, M. S. et al. Aplicação Da Teoria Das Opções Reais Na Análise De Investimentos Em Sistemas Agroflorestais. **Cerne**, V. 21, N. 3, P. 439-447, 1 Jul. 2015.

KHAING, N. Et Al. Natural Teak Forests - Silviculture And Stand Management. In: KOLLERT, W.; KLEINE, M. (Ed.). The Global Teak Study: Analysis, Evaluation And Future Potential Of Teak Resources. [S.L.] IUFRO, **International Union Of Forest Research Organizations**, 2017. P. 39-47.

LI, L. et al. Economic Globalization, Trade And Forest Transition-The Case Of Nine .

MATRICARDI, W. A. T. Efeitos Dos Fatores Do Solo Sobre O Desenvolvimento Da Teca (*Tectona Grandis L. F.*) Cultivada Na Grande Cáceres, Mato Grosso. 1989. 151 F. Dissertação (Mestrado Em Ciências Florestais) - Escola Superior De Agricultura "Luiz De Queiroz", Piracicaba, 1989.

MOREIRA, J.M.M.A.P; OLIVEIRA, E. B. Importância Do Setor Florestal Brasileiro Com Ênfase Nas Plantações Florestais Comerciais. **Embrapa Florestas**-Capítulo Em Livro Científico (ALICE), 2017.

MYERS, S. C. Finance Theory And Financial Strategy. **Interfaces**, V. 14, N. 1, P. 126–137, Fev. 1984.

OLAFSSON, S. Making Decisions Under Uncertainty -Implications For High Technology 61Investments. **BT Technology Journal**, V. 21, N. 2, P. 170–183, 2003.

PATRONI, L. Apesar Do Mercado Consistente, Futuro Do Cultivo De Teca Em MT Ainda É Incerto. Canal Rural, , 2019. Disponível Em: <<https://blogs.canalrural.uol.com.br/canalruralmatogrosso/2018/09/22/apesar-do-mercado-consistente-futuro-do-cultivo-de-teca-em-mt-ainda-e-incerto/>>.

QUINTERO-MÉNDEZ, M. A.; JEREZ-RICO, M. Heuristic Forest Planning Model For Optimizing Timber Production And Carbon Sequestration In Teak Plantations. **Iforest**, V. 10, N. 2, P. 430–439, 1 Abr. 2017.

RESTREPO, H. I.; ORREGO, S. A. A Comprehensive Analysis Of Teak Plantation Investment In Colombia. **Forest Policy And Economics**, V. 57, P. 31–37, 1 Ago. 2015.

REZENDE, José Luiz Pereira; DE OLIVEIRA, Antônio Donizette. **Análise econômica e social de projetos florestais**. UFV, 2013.

ROSS, G.; NORA, B. D.; MILANI, B. Aversão Ao Risco Em Profissionais Do Setor Financeiro. *Revista De Administração Da Universidade Federal De Santa Maria*, V. 8, P. 104-118, 2015.

SAITO, M. B. a. Teoria Das Opções Reais: Uma Aplicação Considerando-Se O Valor Da Flexibilidade Gerencial A Projetos De Investimento Em Inovação Tecnológica. 2010. Dissertação De Mestrado. Universidade Federal De Pernambuco.

SAMUELSON, P. A. Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly. **Industrial Management Review**, 1965.

SOUZASARAIVA JÚNIOR, A. F.; DE MESQUITA TABOSA, C.; DA COSTA, R. P. Monte Carlo Simulation Applied To Order Economic Analysis. **Producao**, V. 21, N. 1, P. 149–164, 2011.

SILVA, B. N. R. Et Al. Interação Biofísica E Do Uso Da Terra Na Dinâmica Da Paisagem Do Município De Capitão Poço-PA, Em Sistema De Informação Geográfica. **Embrapa Amazônia**

Oriental-Documentos (INFOTECA-E), 1999.

SOUSA, A. F.; SECURATO, J. R.; PEREIRA, M. A.. Alavancagem Operacional: Do VPL Às Operações Reais. **Revista Da FAE**, V. 18, N. 1, P. 32-51, 2015.

TRIGEORGIS, L. Real Options. 1996.

TSUKAMOTO FILHO, A. De A. Et al.. Análise Econômica De Um Plantio De Teca Submetido A Desbastes. **Revista Árvore**, V. 27, N. 4, P. 487–494, Ago. 2003.

CAPÍTULO 2- AVALIAÇÃO FINANCEIRA DE PLANTIO COMERCIAL DE PARICÁ (*SCHIZOLOBIUM PARAHYBA VAR. AMAZONICUM (HUBER X DUCKE) BARNEBY*), NA REGIÃO DE AURORA DO PARÁ - PA – BRASIL

ABSTRACT

Paricá is an important character in the promotion of forestry in the state of Pará, especially for the production of plywood in the micro-region of Paragominas – PA, Brazil. In this sense, this study aimed to analyze the economic and financial viability of 134.5 hectares commercial plantations of Paricá in the municipality of Aurora do Pará, state of Pará, located on the Veneza farm belonging to a reforestation company. The study was done through financial analysis using project evaluation methods, such as NPV (Net Present Value), Payback, BPE (Periodic Equivalent Benefit) and mTIR (Modified Internal Rate of Return). The planning horizon was 16 years and a TMA (Minimum Attractive Rate) of 6% per year. After the analyses, it was found that the investment is considered viable, with an NPV of US\$145,630.21 and the mTIR, a result of 9%, higher than the originally defined TMA, still the payback time found with the study points to 7 years. The species is financially viable and is an important economic alternative for local trade, since the timber sector has great weight in the economy of the northern region of the country and it is increasingly necessary to reduce the pressure on native forests.

RESUMO

O Paricá é um importante personagem no fomento florestal no estado do Pará, especialmente para produção de compensados na microrregião de Paragominas – PA, Brasil. Nesse sentido, este trabalho teve por objetivo analisar a viabilidade econômico-financeira de 134,5 hectares plantios comerciais de Paricá no município Aurora do Pará, estado de Pará, localizadas na fazenda Veneza pertencente a uma empresa reflorestadora. O estudo foi feito por meio de análise financeira utilizando métodos de avaliação de projetos, tais como VPL (Valor Presente Líquido), Payback, BPE (Benefício Periódico Equivalente) e mTIR (Taxa Interna de Retorno Modificada). O horizonte de planejamento foi de 16 anos e uma TMA (Taxa Mínima de Atratividade) de 6% ao ano. Após as análises, constatou-se que o investimento é considerado viável, com um VPL de US\$ 145.630,21 e a mTIR, um resultado de 9%, maior do que a TMA originalmente definida, ainda o

tempo de retorno (*Payback*) encontrado com o estudo aponta 7 anos. A espécie apresenta viabilidade financeira e é uma importante alternativa econômica para o comércio local, visto que o setor madeireiro tem grande peso na economia da região norte do país e que é necessário cada vez mais diminuir a pressão sobre as florestas nativas.

INTRODUÇÃO

A redução do estoque de matéria prima disponível provocada pela exploração seletiva de espécies madeireiras de tradição para a produção de compensados tropicais forçou os empresários do setor florestal e madeireiro da Amazônia a investir em outras alternativas (IWAKIRI et al. 2011), como a implantação de florestas com espécies nativas da região, tal como o Paricá.

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; SALES, 2018). A espécie se destaca por sua adaptação natural à região amazônica, resistência a ataque de insetos e doenças, crescimento rápido, tolerância a solos de baixa fertilidade, facilidade de manejo (SCHWARTZ et al. 2017; OLIVEIRA et al. 2019; MASCARENHAS et al. 2021) alta taxa de sobrevivência, dominância apical (fuste longo e sem ramificação) e copa rala (SALES, 2018).

Paricá é de longe o espécie de madeira com maior área plantada na região amazônica, abrangendo cerca de 90.000 hectares. Dentre as vantagens do plantio da espécie, está o seu alto valor adicionados para a indústria moveleira (VIEIRA, 2020) e excelente aceitação comercial, preços competitivos e adequação para fabricação de painéis de madeira e compensados.

Entre os locais onde se percebe o crescente interesse em plantios de paricá, está o Pará, estado brasileiro no qual 54% de sua área total apresenta alto potencial para implantação de florestas da espécie, onde essas florestas se destacam pelo seu acelerado ritmo de crescimento e onde estão concentradas algumas fábricas de compensados que utilizam a espécie (HOFFMAN et al., 2011; MIRANDA et al., 2016; SANTOS et al., 2018).

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 m³ ha⁻¹ 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; SALES, 2018).

A gestão de custos é um fator indispensável para todos os empreendimentos, onde auxilia e dá suporte as estratégias ao longo da vida útil dos projetos. Outro ponto importante é a verificação da análise financeira do projeto, que permite o produtor enxergar com clareza a compensação econômica, ou não (GAMMA, 2020). A análise financeira da implantação do empreendimento e sua gestão, possibilita que o empreendedor tenha noção da perspectiva que terá o empreendimento de ser viável (TIMOFEICZYK JUNIOR et al., 2017; WEIMANN et al., 2017).

Tendo em vista todo o exposto, este trabalho teve por objetivo fazer a análise financeira dos plantios de Paricá de um empreendimento no Pará, que trabalha com carteira diversa de plantios comerciais.

MATERIAIS E MÉTODOS

1. Área de estudo

A área de estudo situa-se na região de Floresta Ombrófila Tropical, na sub-região dos altos platôs do Pará-Maranhão (IBGE 2012). De acordo com, na região existem predominância dos solos Latossolo Amarelo Distrófico Petroplúntico (LAd), Latossolo Amarelo Distrófico Típico (lad) e Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018).

Conforme a classificação climática de Köppen, a região está enquadrada no clima tipo Am, o que o caracteriza como quente e úmido, clima tropical chuvoso, com curta estação seca (ALVARES, 2013).

O objeto de estudo foram os plantios de *S. amanozicum* - paricá, localizados no município de Aurora do Pará - PA, em área referente a Fazenda Veneza (Figura 7). Tal fazenda possui uma área aproximada de 1064 ha, entre as coordenadas geográficas 2°19'15.5"S 47°30'31.8"W e 2°18'12.8"S 47°26'38.4"W, e o plantio de Paricá ocupa cerca de 134,5 há, correspondente a 11% dos plantios comerciais do empreendimento Figura 8.

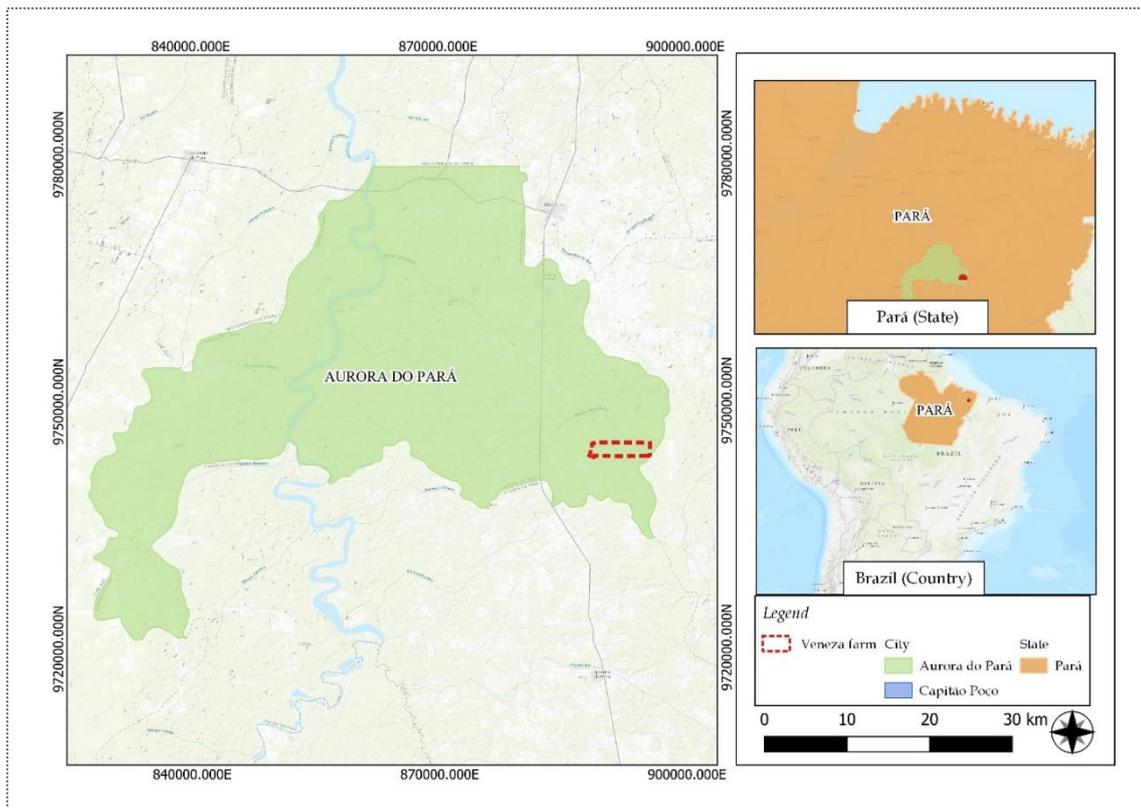


Figura 7- Localização Fazenda Veneza em Aurora do Pará, Pará - Brasil.

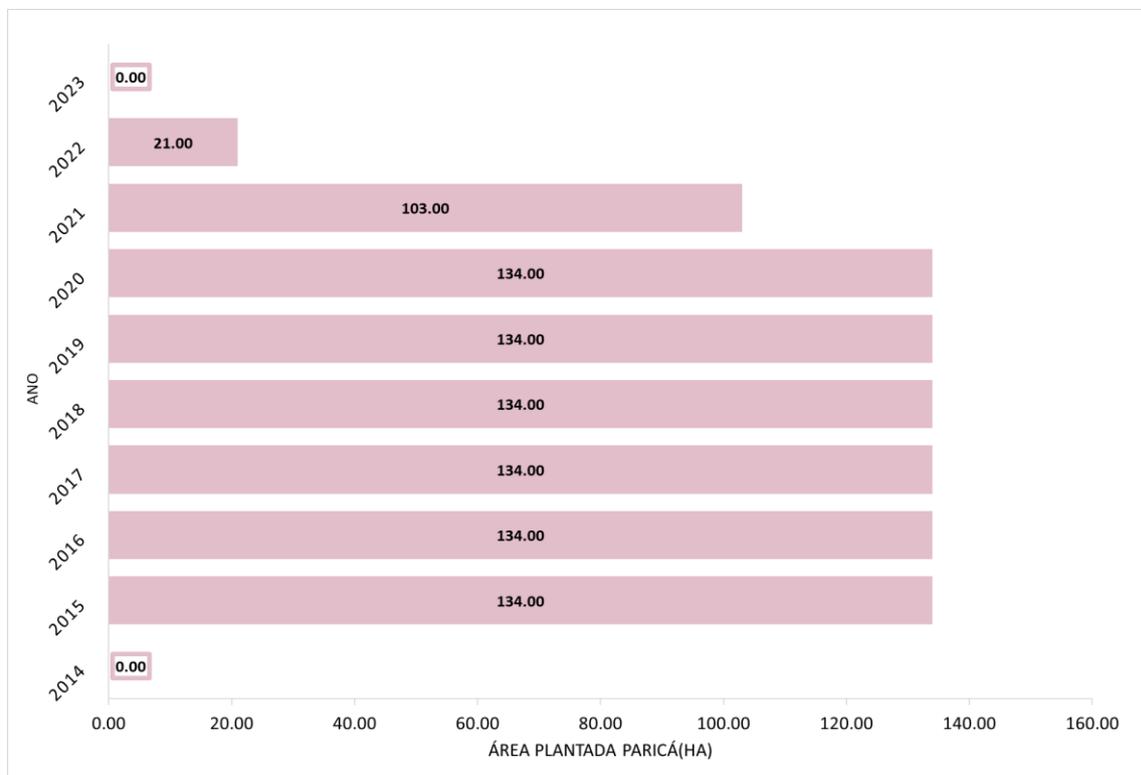


Figura 8 - Histórico área plantada de Paricá, desde o início da implantação.

2. Dados Econômicos

Custos Implantação, manutenção, colheita

O levantamento de dados sobre o ativo biológico da empresa, considerou que os custos do manejo dos plantios incluem a mão de obra, insumos e gastos operacionais das máquinas envolvidas. Os custos das atividades de extração volumétrica (desbastes e colheita final) foram calculadas em função dos respectivos volumes a serem trabalhados em cada período, sendo utilizado como o preço básico, a média volumétrica. A Tabela 13, elenca o custo nominal para as atividades de implantação, manutenção até a extração do Paricá.

Tabela 13- Custo implantação, manutenção e extração Paricá – Manejo Paricá

Manejo		Custo	
Limpeza de área	(1 ano)	US\$/ha	63.62
Gradagem	(1 ano)	US\$/ha	63.62
Adubação de melhoramento	(1 ano)	US\$/ha	58.82
Subsolagem	(1 ano)	US\$/ha	87.18
Plantio	(1 ano)	US\$/ha	117.64
Capina química	(1 ano)	US\$/ha	17.11
Roçada	(1 ano)	US\$/ha	27.81
Capina	(1 ano)	US\$/ha	17.11
Roçada	(2 ano)	US\$/ha	27.81
Adubação de melhoramento	(2 ano)	US\$/ha	0
Roçada	(3 ano)	US\$/ha	27.81
Capina química	(3 ano)	US\$/ha	17.11
Roçada	(4 ano)	US\$/ha	27.81
Capina química	(5 ano)	US\$/ha	17,11
Roçada	(5 ano)	US\$/ha	27,81
Extração de madeiras	(todos desbastes)	US\$/m ³	8.56
Roçada	(6 ano)	US\$/ha	27,81
Combate a pragas	a	US\$/há/a	2.57
Paricá - Custo total anual de Manejo nominal	-	US\$/ha	637.28

O custo aproximado de um hectare de paricá durante um período de 5 a 6 anos é de aproximadamente 1.800 US\$. A colheita final do paricá envolve o manuseio com uma madeira de menor porte, mais leve e sem as ramificações.

Manejo, Silvicultura e Produtividade

No modelo de produtividade, os sortimentos realizados para a espécie paricá foram definidos em função do comprimento, o paricá é comerciável apenas com diâmetros mínimos dos toretes acima dos 12 cm. Os toretes podem ser calculados em valores correspondentes as classes diamétricas identificadas para cortes finais, o preço médio das classes diamétricas (13-20 cm, 20-25 cm, 30-35 cm, 90-100 cm) estipulado (2019) foi de 24,50 US\$/m³.

Os volumes finais do paricá foram divididos em sortimentos apresentados, destacando ainda o número de toras, como unidade de orientação para o produto final. As séries de receitas do modelo de capitalização são calculadas em função dos valores aqui apresentados, quais por sua vez sofrem uma inflação de 1,8 % no caso de parica.

Classe de sítio: O modelo de produtividade da espécie do paricá foi desenvolvido para três classes de sítio (classe de sítio boa, mediana e pobre).

Rotação: A classe de sítio boa foi calculada para uma rotação de 5 anos, a classe de sítio mediana para 6, e a classe de sítio pobre para 7 anos. Esta determinação está vinculada as propriedades de madeira para a produção de lâminas, as quais, segundo o desenvolvimento dos diâmetros médios poderão ser atingidos nos respectivos sítios com diferente vigor de crescimento apenas com estas idades.

Regime de desbastes: Em produção de curta rotação, como no caso do paricá, não se aplica tratamentos que interferem na densidade do povoamento, por razões financeiras (aumento de custo da produção) e fisiológicas da planta (riscos de alteração da qualidade de madeira no corpo a ser laminado).

Incremento médio anual IMA: O incremento médio anual do modelo culmina na idade do corte final de cada classe de sítio, atingindo um valor de 25 m³ /ha/ano (1.CS) na idade de 5 anos em classe de sítio boa, 15 m³ /ha/ano (2.CS) na idade de 6 anos para a classe de sitio mediana, e 14 m³ /ha/ano (3.CS) na idade de 7 anos para a classe de sítio pobre.

Custos e Receita

Os custos e receitas orçados desde a implantação, até a colheita estão relacionados estão na Tabela 14. Em que pese, para este trabalho foi considerado que o empreendedor ao final do primeiro ciclo de corte, no último ano em 2022, realizasse a implantação de mais um ciclo de corte. Dessa forma o primeiro ciclo de corte foi de 2014 a 2022 e segundo implantado em 2022, com previsão de último corte para 2030.

Tabela 14 - Receitas e despesas do Plantio Comercial de Paricá.

Ano	Receitas totais (US\$)	Custos totais (US\$)
2014	0	56287.3832
2015	0	15112.3453
2016	0	6070.711393
2017	0	6171.125204
2018	0	6278.005697
2019	0	4083.646448
2020	57601.24971	20349.08457
2021	117608.169	29131.71414
2022	51104.27057	68611.16356
2023	0	15112.3453
2024	0	6070.711393
2025	0	6171.125204
2026	0	6278.005697
2027	0	4083.646448
2028	57601.24971	20349.08457
2029	117608.169	29131.71414
2030	51104.27057	0

3. Avaliação financeira

O horizonte de planejamento considerou o cronograma de implantação de plantios pela empresa, com o acréscimo de mais uma rotação, dessa forma o horizonte de planejamento foi de 16 anos.

A avaliação financeira em um primeiro momento será realizada por métodos determinísticos, utilizando taxa mínima de atratividade de 6%, os critérios para a análise econômica são apresentados a seguir:

Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido é definido como a soma das receitas descontados dos custos a ele associado. Um projeto é considerado economicamente viável se seu VPL for maior que zero, à determinada taxa de desconto (Rezende & Oliveira, 2013), de acordo com a seguinte equação:

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

Benefício Periódico Equivalente (BPE)

É definido como a parcela periódica que iguala o VPL de uma opção de investimento a ser avaliada, ao longo do período de duração do projeto (Rezende & Oliveira, 2013).

É calculado de acordo com a seguinte equação:

$$BPE = \frac{VPL \cdot i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad [2]$$

Em que VPL = Valor Presente Líquido; n = duração do projeto, em anos; t = número de períodos de capitalização, em anos; i = taxa de desconto. O projeto é considerado viável do ponto de vista econômico se o BPE for positivo.

Taxa Interna de Retorno Modificada (mTIR)

É a taxa de retorno do capital de um determinado investimento, onde se iguala o valor atual dos custos com o valor atual de receitas.

$$TIRm \text{ ou } MTIR = \left[\left(\frac{\sum_{j=0}^n R_j (1+i)^j}{\sum_{j=0}^n C_j (1+i)^j} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \times 100 \quad [3]$$

Em que: R_j = receita no final do ano j; C_j = custo no final do ano j; i = taxa de desconto e j = período de ocorrência do custo ou receita. O projeto será economicamente viável quando a mTIR for superior à Taxa Mínima de Atratividade.

Payback

O payback é o método que representa o tempo médio em anos para recuperar o investimento inicial (BRIGHAM; GAPENSKI; EHRHARDT, 2001). Ele é um método bastante

utilizado no meio financeiro por contar o tempo necessário para que o capital investido seja recuperado por meio de benefícios (ASSAF NETO, 2008).

$$Payback = \left(\sum_{t=0}^n \frac{Recebimentos}{Valor\ do\ investimento} \right) \quad [4]$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Fluxo de caixa

O custo inicial de investimento do primeiro ciclo foi pago em 7 anos, em 2021. O lucro líquido do primeiro ciclo poderá ser utilizado para replantar o plantio para o segundo ciclo de plantio do Paricá e obter o dobro de lucro, considerando que não há previsão de novos projetos para a área, após o corte final.

Tabela 15-Fluxo de Caixa plantio comercial Paricá.

Ano	Fluxo de Caixa (US\$)	VPL (US\$)
2014	-56,287	32222.90775
2015	-15,112	90540.33414
2016	-6,071	111356.7205
2017	-6,171	124442.9053
2018	-6,278	138453.9335
2019	-4,084	153454.537
2020*	37,252	167205.8193
2021	88,476	140487.6208
2022	-17,507	60861.88599
2023	-15,112	82203.0778
2024	-6,071	102494.217
2025	-6,171	115022.0641
2026	-6,278	128439.5793
2027	-4,084	142809.2785
2028	37,252	155889.9095
2029	88,476	128458.8087
2030	51,104	48075.2587

2. Índices financeiros

O VPL positivo em 145,630.21 US\$ (2020) mostra a viabilidade do projeto, conforme Tabela 16. A mTIR de 9% também confirma a viabilidade do mesmo, ao obter valor superior ao esperado (TMA - 6%).

A análise de viabilidade realizada por meio do VPL, TIR e BPE indicam que o empreendimento é viável para o horizonte de planejamento de dois ciclos de plantio de Paricá, conforme demonstra Tabela 16.

Tabela 16. Indicadores de viabilidade financeira do plantio de Paricá.

VPL 2020 (US\$)	mTIR (%)	BPE (US\$)	TMA (%)	Payback
145,630.21 US\$	9%	US\$ 13,754.50	6%	7 anos

A utilização de ciclos contínuos de implantação e colheita do Paricá, poderia gerar maiores lucros para o empreendimento, bem como aumentar a área de plantio, devido a grande quantidade de área fértil disponível na fazenda.

A produção da espécie paricá está vinculada à um mercado de indústria de painéis, desde que as capas de painéis aglomerados são feitas a partir do laminado de paricá. No entanto a maior parte dos laminados do paricá é utilizada na indústria de painéis de compensados.

As indústrias de laminados e compensado mais próxima estão em Paragominas, cidade próxima, (80 km de distância da fazenda) com mais de 113 mil habitantes (IBGE, 2018). A produção de compensados na microrregião de Paragominas – PA constitui uma importante alternativa econômico para o comercio local, visto que o setor madeireiro impulsiona de forma direta na economia da Amazônia.

Esta microrregião possuía ainda em 2015 uma área total de mais de 48.000, sendo constituída por sete municípios, onde existe um pioneirismo em termos de reflorestamento, principalmente com as espécies de eucalipto e Paricá (*Schizolobium parayba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby).

Há diversos trabalhos que fizeram o estudo da produção de Paricá associado em Sistemas Agroflorestais na região norte do Brasil, como Silva et al. (2018) que verificou que é viável o consórcio do Paricá com as espécies mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.), e com a espécie florestal paricá (*Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke), e Sales et al. (2018) que verificou que as culturas da soja e milho em consórcio com paricá possibilitam amortizar os custos dos dois primeiros anos do sistema (conforme experimento realizado).

A utilização da espécie é um, excelente incentivo ao uso de plantios comerciais na região, como forma de reduzir a pressão sobre as florestas nativas na região, conforme Costa et al. (2020) florestas plantadas são alternativas renováveis de grande potencial para a economia paraense, pois reduzem a pressão sobre as florestas nativas, diminuindo a taxa de desmatamento. Consiste, pois, em uma alternativa para ocupar áreas já alteradas e ofertar produtos de interesse, propiciando considerável agregação de valor e dinamismo econômico.

CONCLUSÕES

Os plantios comerciais de mostraram viáveis conforme os indicadores financeiros utilizados neste trabalho.

A implantação de sistema de plantio envolvendo cenários com ciclo contínuo de corte e replantio e/ ou expandir os plantios poderá aumentar o lucro do empreendedor.

O fato de a espécie ser nativa, as características de sua madeira e do seu crescimento, somada a chegada de indústrias de compensado no Norte do país tornam o Paricá um forte candidato a políticas de fomento florestal na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J. et al. Análise Do Mercado Florestal E A Utilização Do Fluxo De Caixa Como Ferramenta De Planejamento Financeiro: Um Estudo De Caso Em Uma Serraria No Município De Paragominas-PA. Observatório De La Economía Latinoamericana, N. Febrero, 2019.

AFFENDY, H. et al. Economic viability of *Tectona grandis* sole cropping and intercropping for 20 years planting project. **Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences**. ISSN, v. 2320, p. 6063, 2013.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's Climate Classification Map For Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, V. 22, N. 6, P. 711-728, 2013.

ASSAF NETO, A. Finanças corporativas e valor. –3. reimpr. São Paulo: Atlas. 2008.

BRIGHAM, E. F.; GAPENSKI, L.; EHRHARDT, M. C. Time Value of Money. **Financial**

Management-Theory and Practice, 2001.

CARVALHO, P. E. R. et al. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. 1994.

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

COSTA, B. et al. Análise da conjuntura do mercado de madeira de reflorestamento no Estado do Pará. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e80491110578-e80491110578, 2020.

IBGE. Manual Técnico Da Vegetação Brasileira. Rio De Janeiro, 2012.

IWAKIRI, S. et al. Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de *Schizolobium amazonicum*. **Floresta**, v. 41, n. 3, 2011.

GAMA, R. V. et al. Viabilidade econômica de uma monocultura de paricá. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1660-1666, 2020.

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.

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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **De Geografia E Estatística - Ibge**. [S.l: s.n.], 2011. v. 39.

MASCARENHAS, A. R. P. et al. Characterization of wood from *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Huber ex Ducke trees from a multi-stratified agroforestry system established in the Amazon rainforest. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 3, p. 475-486, 2021.

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.

OLIVEIRA S.S.; NASCIMENTO G.O.; SOUZA DP, NASCIMENTO L.O.; OLIVEIRA S.S.; GONÇALVES J.F.C.; FERREIRA J.B.; OLIVEIRA E. Growth of parica seedlings (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) cultivated in different organic substrates. **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 6, p. 303-310, 2019.

REZENDE, J. L. P.; DE OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. UFV, 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.

SALES, A. Análise técnica e econômica do cultivo de paricá em sistema agrissilvicultural. 2018

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.

SANTOS, I. S.; SALIM, S.; PEREIRA, P. C. G.. Caracterização do reflorestamento de paricá na microrregião de paragominas-PA. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 1, p. 145-158, 2018.

SCHWARTZ, G. et al. 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**, v. 390, p. 166-172, 2017.

SILVA, A., BRITO, S., SILVA, I., PAULA, M., & SOUZA, B. S. (2018). Viabilidade econômica em sistema agroflorestal no município de Santa Izabel do Pará, PA. *Enciclopédia Biosfera*, 15(27).

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>.

TIMOFEICZYK JUNIOR, R. et al. Simulação econômica de Monte Carlo aplicada à análise de risco florestal. **Revista Espacios**, v. 38, p. 5, 2017.

VIEIRA, C. R. et al. Bases saturation on growth and quality of parica seedlings. **Scientia Forestalis**, n. 125, 2020.

WEIMANN, C.; DE FARIAS, J. A.; DEPONTI, G. Viabilidade econômica do componente arbóreo de sistema agrossilvipastoril comparado ao de plantio florestal na pequena propriedade rural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 429-436, 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação financeira dos plantios comerciais indicou que o investimento em Paricá, possui um menor tempo de retorno do investimento inicial, com 7 anos, quando comparado a teca que tem o investimento pago em 11 anos. Todavia, conforme indicado pela Taxa Interna de Retorno, a teca possibilita maior retorno econômico, com TIR de 19%, enquanto o Paricá 9%, isso considerando as condições de contorno deste caso.

O empreendimento de teca se apresentou viável tanto utilizando o método tradicional quanto com a incorporação da TOR, embora o VPL obtido com a teoria das opções reais tenha sido superior ao VPL sem flexibilidade da metodologia tradicional. O empreendedor poderá maximizar seu lucro, ao considerar a opção de abandono (venda) do empreendimento em momento oportuno, considerando os possíveis cenários que a empresa poderá enfrentar. Sugere-se avaliar outras opções, como de expansão para verificar cenários com maior possibilidade de lucro, neste caso.

No estudo da aplicação da teoria das opções reais para avaliação do empreendimento de teca, a volatilidade foi estipulada a partir da ASSR, que está embutido a taxa de desconto, as receitas e os custos. Sugere-se como trabalho futuro a inserção de outras variáveis para a obtenção de estimativas mais precisas da volatilidade, a exemplo, tem-se a variação do valor da Teca no Mercado internacional entre outras variáveis que possam vir a influenciar nos custos/receitas do projeto.

O estudo da análise financeira do Paricá colabora com informações sobre investimentos na espécie, na região norte do país. A espécie se mostra como forte candidata a aumentar o fomento na região de Sudeste paranaense, outros estudos sugerem que a espécie é uma ótima opção para consórcio em agrofloresta, para aumentar a renda de pequenos agricultores.