

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**Análise econômica da reposição nutricional pós desbaste em povoamentos de
teca**

Silas Tadin Sardinha
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

SILAS TADIN SARDINHA

Análise econômica da reposição nutricional pós desbaste em povoamentos de teca

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

Orientador: Marcio Lopes da Silva

Coorientador: Helio Garcia Leite

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

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

T

S244a Sardinha, Silas Tadin, 1998-
2024 Análise econômica da reposição nutricional pós desbaste
em povoamentos de teca / Silas Tadin Sardinha. – Viçosa, MG,
2024.

1 dissertação eletrônica (106 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Márcio Lopes da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Florestal, 2024.

Referências bibliográficas: f. 96-106.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.445>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Teca (Árvore) - Manejo - Aspectos econômicos.
2. Plantas - Nutrição. I. Silva, Márcio Lopes da, 1964-.
- II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal.
- III. Título.

GFDC adapt. CDD 634.964

SILAS TADIN SARDINHA

Análise econômica da reposição nutricional pós desbaste em povoamentos de teca

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

APROVADA: 4 de setembro de 2024.

Assentimento:

Silas Tadin Sardinha
Autor

Marcio Lopes da Silva
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 06/08/2025 às 09:18:15 e pelo orientador em 06/08/2025 às 09:43:56. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **MFVZ.JP1A.BLAO** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

Agradeço ao Departamento de Engenharia Florestal por todos esses anos ricos de muitos aprendizados, pessoais e profissionais.

Aos queridos amigos da SIF - EMBRAPAII pelo companheirismo, partilha e amizade diários.

Agradeço imensamente aos professores Márcio, Hélio e Júlio, por toda a paciência, ensinamentos e direcionamentos ao longo dessa jornada. Sem vocês nada disso seria minimamente possível.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Agradeço a toda comunidade da Igreja Presbiteriana de Viçosa – IPV por tudo que tem me proporcionado e amparado desde que cheguei a Viçosa.

Agradeço aos queridos amigos da “Ceita” e outros amigos que estiveram ao meu lado todos os dias, em todos os momentos, compartilhado a vida e tudo que ela traz: vocês são preciosos.

Essa conquista não seria alcançada sem a participação de minha noiva, Rayssa. Você é a melhor coisa que alguém poderia encontrar na vida!

Agradeço à minha família, meus pais Leonardo e Espedita, meus irmãos Levy e Vinicius e suas esposas, por todo apoio em todos os momentos, que me permitiu chegar até aqui.

Acima de tudo, agradeço a Deus, que me deu todos os motivos agradecidos anteriormente, e mais precioso que tudo, me deu seu único Filho como forma de me dar algo melhor do que eu posso imaginar. A Deus seja toda glória e toda honra!

“E você, menino, será chamado profeta do Altíssimo, pois irá adiante do Senhor, para lhe preparar o caminho, para dar ao seu povo o conhecimento da salvação, mediante o perdão dos seus pecados, por causa das ternas misericórdias de nosso Deus, pelas quais do alto nos visitará o sol nascente para brilhar sobre aqueles que estão vivendo nas trevas e na sombra da morte, e guiar nossos pés no caminho da paz”

Lucas 1: 76-79

RESUMO

SARDINHA, Silas Tadin, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2024. **Análise econômica da reposição nutricional pós desbaste em povoamentos de teca.** Orientador: Marcio Lopes da Silva. Coorientador: Helio Garcia Leite.

O manejo de desbastes em povoamentos de teca (*Tectona grandis* L. f.), essencial para a produção de madeira de alto valor, implica na exportação de nutrientes e pode comprometer a produtividade do povoamento remanescente. Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade econômica da fertilização mineral como estratégia de reposição nutricional pós-desbaste em um povoamento de teca no estado do Mato Grosso. Os dados foram obtidos de 1440 parcelas no município de Nova Maringá – MT, utilizando-se um modelo de distribuição de diâmetros para projetar a produção em uma rotação de 21 anos. Foram simulados três cenários de manejo: 1) sem desbastes; 2) com desbastes, mas sem fertilização de reposição; e 3) com desbastes e com fertilização de reposição. A análise econômica, baseada nos critérios de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), entre outros, demonstrou que o cenário com desbaste e fertilização foi a alternativa de maior viabilidade econômica em todos os talhões analisados. A ausência de reposição nutricional ocasionou perdas médias de produtividade de 15% em volume e 8% no diâmetro médio das árvores, quando comparada ao cenário fertilizado. Conclui-se que a reposição nutricional pós-desbaste é uma prática silvicultural eficiente e economicamente recomendada, pois potencializa o incremento em diâmetro e maximiza o retorno financeiro de projetos de teca.

Palavras-chave: teca; análise econômica; desbastes; modelagem florestal; demanda nutricional; balanço nutricional; exportação de nutrientes; modelo de distribuição de diâmetros

ABSTRACT

SARDINHA, Silas Tadin, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2024.
Economic analysis of nutritional replacement after thinning in teka stands.
Adviser: Marcio Lopes da Silva. Co-adviser: Helio Garcia Leite.

Thinning management in teak (*Tectona grandis* L. f.) stands, which is essential for producing high-value timber, leads to nutrient export and can compromise the productivity of the remaining stand. Therefore, this study aimed to evaluate the economic viability of mineral fertilization as a post-thinning nutritional replacement strategy in a teak stand in the state of Mato Grosso, Brazil. Data were obtained from 1,440 plots in the municipality of Nova Maringá, MT, using a diameter distribution model to project production over a 21-year rotation. Three management scenarios were simulated: 1) no thinning; 2) thinning without replacement fertilization; and 3) thinning with replacement fertilization. The economic analysis, based on criteria such as Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR), showed that the scenario with thinning and fertilization was the most economically viable alternative in all analyzed stands. The absence of nutritional replacement resulted in average productivity losses of 15% in volume and 8% in the mean tree diameter compared to the fertilized scenario. It is concluded that post-thinning nutritional replacement is an efficient and economically recommended silvicultural practice for teak stands on sites with nutritional limitations, as it enhances diameter increment and maximizes the financial return of the forestry project.

Keywords: teak; economic analysis; thinnings; forest modeling; nutritional demand; nutrient balance; nutrient export; diameter distribution model

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do município de Nova Maringá, na região médio-norte do Estado do Mato Grosso.....	32
Figura 2 - Gráficos de resíduos das estimativas de β_2 e γ_2	49
Figura 3 - Distribuições diamétricas projetadas para as idades subsequentes através das equações obtidas - talhão A.	49
Figura 4 - Distribuições diamétricas projetadas para as idades subsequentes através das equações obtidas - talhão B.	50
Figura 5 - Distribuições diamétricas projetadas para as idades subsequentes através das equações obtidas - talhão C.	50
Figura 6 - Representação gráfica da redução da área basal em função dos desbastes – Talhão A.	52
Figura 7 - Projeção da distribuição diamétrica considerando-se a realização dos desbastes simulados – Talhão A.	52
Figura 8 - Representação gráfica da redução da área basal em função dos desbastes – Talhão B.	53
Figura 9 - Projeção da distribuição diamétrica considerando-se a realização dos desbastes simulados – Talhão B.	53
Figura 10 - Representação gráfica da redução da área basal em função dos desbastes – Talhão C.	54
Figura 11 - Projeção da distribuição diamétrica considerando-se a realização dos desbastes simulados – Talhão C.	54
Figura 12 - Comparação da produção de volume de madeira entre as três alternativas de manejo – Talhão A.	68
Figura 13 - Distribuição diamétrica com a realização de desbastes mas sem a realização da fertilização pós desbastes – Talhão A.	69
Figura 14 - Comparação da produção de volume de madeira entre as três alternativas de manejo – Talhão B.	70
Figura 15 - Distribuição diamétrica com a realização de desbastes mas sem a realização da fertilização pós desbastes – Talhão B.	70
Figura 16 - Comparação da produção de volume de madeira entre as três alternativas de manejo – Talhão C.	71

Figura 17 - Distribuição diamétrica com a realização de desbastes mas sem a realização da fertilização pós desbastes – Talhão C.....	71
Figura 18 - Diâmetro médio em cada alternativa de manejo em função da idade – Talhão A.....	73
Figura 19 - Diâmetro médio em cada alternativa de manejo em função da idade – Talhão B.....	74
Figura 20 - Diâmetro médio em cada alternativa de manejo em função da idade – Talhão C.	75
Figura 21 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão A sob o cenário de manejo sem desbastes, em Nova Maringá – MT.	76
Figura 22 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão A sob o cenário de manejo de desbaste + Fertilização, em Nova Maringá – MT.	77
Figura 23 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão A sob o cenário de manejo de desbaste - Fertilização, em Nova Maringá – MT.	78
Figura 24 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de manejo sem desbastes, em Nova Maringá – MT.	79
Figura 25 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de manejo de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.	80
Figura 26 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de manejo de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT.	81
Figura 27 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de manejo sem desbaste, em Nova Maringá – MT.	82
Figura 28 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de manejo de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.	83

Figura 29 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de *Tectona grandis* no Talhão C sob o cenário de manejo de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT. 84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equações alométricas para estimativa de biomassa seca (kg/árvore) e seus componentes em função do DAP para teca.	35
Tabela 2 - Equações alométricas para estimativa do conteúdo de macronutrientes (g/árvore) em função do DAP para teca.	35
Tabela 3 - Resultados da análise química do solo de povoamentos clonais e seminais de teca, no município de Nova Maringá – MT.....	36
Tabela 4 - Levantamento dos custos de produção (R\$/ha) de povoamentos de <i>Tectona grandis</i> no Brasil, segundo diferentes autores, corrigidos para julho de 2024.	44
Tabela 5 - Tabela de preço da madeira em tora de <i>Tectona grandis</i> (US\$/m ³) em função da classe de diâmetro (DAP).	45
Tabela 6 - Resultados da simulação de desbastes: frequência total por hectare e áreas basais (m ² /ha-1) total, desbastada e remanescente, nas idades de 6, 10 e 14 anos, de 25, 25 e 30% da área basal – Talhão A.	51
Tabela 7 - Resultados da simulação de desbastes: frequência total por hectare e áreas basais (m ² /ha-1) total, desbastada e remanescente, nas idades de 6, 10 e 14 anos, de 25, 25 e 30% da área basal – Talhão B.	52
Tabela 8 - Resultados da simulação de desbastes: frequência total por hectare e áreas basais (m ² /ha-1) total, desbastada e remanescente, nas idades de 6, 10 e 14 anos, de 25, 25 e 30% da área basal – Talhão C.....	54
Tabela 9 - Estimativa do conteúdo e da partição de biomassa seca (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão A, em diferentes idades de manejo, em Nova Maringá – MT.	56
Tabela 10 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão A, aos 6 anos de idade, em Nova Maringá – MT.....	56
Tabela 11 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão A, aos 10 anos de idade, em Nova Maringá – MT.....	57
Tabela 12 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão A, aos 14 anos de idade, em Nova Maringá – MT.....	58

Tabela 13 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão A, aos 21 anos de idade, em Nova Maringá – MT.....	58
Tabela 14 - Estimativa do conteúdo e da partição de biomassa seca (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão B, em diferentes idades de manejo, em Nova Maringá – MT.	58
Tabela 15 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão B, aos 6 anos de idade, em Nova Maringá – MT.....	59
Tabela 16 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão B, aos 10 anos de idade, em Nova Maringá – MT.....	60
Tabela 17 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão B, aos 14 anos de idade, em Nova Maringá – MT.....	60
Tabela 18 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão B, aos 21 anos de idade, em Nova Maringá – MT.....	61
Tabela 19 - Estimativa do conteúdo e da partição de biomassa seca (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão C, em diferentes idades de manejo, em Nova Maringá – MT.	61
Tabela 20 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão C, aos 6 anos de idade, em Nova Maringá – MT.....	62
Tabela 21 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão C, aos 10 anos de idade, em Nova Maringá – MT.....	63
Tabela 22 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão C, aos 14 anos de idade, em Nova Maringá – MT.....	63
Tabela 23 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de <i>Tectona grandis</i> no Talhão C, aos 21 anos de idade, em Nova Maringá – MT.....	64

Tabela 24 - Quantidades de macronutrientes média disponibilizados pelos solos da empresa Guavirá nos horizontes 00 – 20 cm e 20 – 40 cm.	65
Tabela 25 - Conversão da demanda nutricional pós desbaste, não suprida pelo solo, a ser atendida por fertilização após desbaste – Talhão A.....	65
Tabela 26 - Conversão da demanda nutricional pós desbaste, não suprida pelo solo, a ser atendida por fertilização após desbaste – Talhão B.....	66
Tabela 27 - Conversão da demanda nutricional pós desbaste, não suprida pelo solo, a ser atendida por fertilização após desbaste – Talhão C.	66
Tabela 28 - Produções por hectare ($\text{m}^3/\text{ha-1}$) e áreas basais ($\text{m}^2/\text{ha-1}$) total, desbastada e remanescente, considerando o cenário com reposição nutricional – Talhão A.....	68
Tabela 29 -Produções por hectare ($\text{m}^3/\text{ha-1}$) e áreas basais ($\text{m}^2/\text{ha-1}$) total, desbastada e remanescente, considerando o cenário sem reposição nutricional – Talhão A.....	68
Tabela 30 - Produções por hectare ($\text{m}^3/\text{ha-1}$) e áreas basais ($\text{m}^2/\text{ha-1}$) total, desbastada e remanescente, considerando o cenário com reposição nutricional – Talhão B.....	69
Tabela 31 - Produções por hectare ($\text{m}^3/\text{ha-1}$) e áreas basais ($\text{m}^2/\text{ha-1}$) total, desbastada e remanescente, considerando o cenário sem reposição nutricional – Talhão B.....	69
Tabela 32 - Produções por hectare ($\text{m}^3/\text{ha-1}$) e áreas basais ($\text{m}^2/\text{ha-1}$) total, desbastada e remanescente, considerando o cenário com reposição nutricional – Talhão C.	70
Tabela 33 - Produções por hectare ($\text{m}^3/\text{ha-1}$) e áreas basais ($\text{m}^2/\text{ha-1}$) total, desbastada e remanescente, considerando o cenário sem reposição nutricional – Talhão C.	71
Tabela 34 - Produção por alternativa de manejo e diâmetro médio – Talhão A.....	72
Tabela 35 - Produção por alternativa de manejo e diâmetro médio – Talhão B.....	73
Tabela 36 - Produção por alternativa de manejo e diâmetro médio – Talhão C.....	74
Tabela 37 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de <i>Tectona grandis</i> no Talhão A sob o cenário de manejo sem desbastes, em Nova Maringá – MT.	76

Tabela 38 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão A sob o cenário de manejo de desbaste + Fertilização, em Nova Maringá – MT.	77
Tabela 39 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão A sob o cenário de manejo de desbaste - Fertilização, em Nova Maringá – MT.	77
Tabela 40 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de manejo sem desbastes, em Nova Maringá – MT.	78
Tabela 41 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de manejo de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.	79
Tabela 42 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de manejo de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT.	80
Tabela 43 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de manejo sem desbaste, em Nova Maringá – MT.	81
Tabela 44 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de manejo de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.	82
Tabela 45 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de manejo de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT.	83
Tabela 46 - Custos de colheita + fertilização, receitas e saldo final – Talhão A.....	85
Tabela 47 - Custos de colheita + fertilização, receitas e saldo final – Talhão B.....	85
Tabela 48 - Custos de colheita + fertilização, receitas e saldo final – Talhão C.....	86
Tabela 49 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão A sob o cenário sem desbaste, em Nova Maringá – MT.	86
Tabela 50 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão A sob o cenário de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.	86

Tabela 51 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão A sob o cenário de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT.	87
Tabela 52 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário sem desbaste, em Nova Maringá – MT.	87
Tabela 53 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.	87
Tabela 54 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT.	87
Tabela 55 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário sem desbaste, em Nova Maringá – MT.	87
Tabela 56 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.	88
Tabela 57 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT.	88
Tabela 58 - Valor Presente Líquido (VPL) em função da taxa de desconto para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão A, em Nova Maringá – MT.	88
Tabela 59 - Valor Presente Líquido (VPL) em função da taxa de desconto para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão B, em Nova Maringá – MT.	88
Tabela 60 - Valor Presente Líquido (VPL) em função da taxa de desconto para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão C, em Nova Maringá – MT.	89
Tabela 61 - Taxa Interna de Retorno (TIR) para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão A, em Nova Maringá – MT.	90
Tabela 62 - Taxa Interna de Retorno (TIR) para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão B, em Nova Maringá – MT.	90
Tabela 63 - Taxa Interna de Retorno (TIR) para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão C, em Nova Maringá – MT.	90

Tabela 64 - Relação B/C para três cenários de manejo de <i>Tectona grandis</i> no Talhão A, em Nova Maringá – MT.....	91
Tabela 65 - Relação B/C para três cenários de manejo de <i>Tectona grandis</i> no Talhão B, em Nova Maringá – MT.....	91
Tabela 66 - Relação B/C para três cenários de manejo de <i>Tectona grandis</i> no Talhão C, em Nova Maringá – MT.....	92
Tabela 67 - Valor Anual Equivalente (VAE) em função da taxa de desconto para três cenários de manejo de <i>Tectona grandis</i> no Talhão A, em Nova Maringá – MT.....	92
Tabela 68 - Valor Anual Equivalente (VAE) em função da taxa de desconto para três cenários de manejo de <i>Tectona grandis</i> no Talhão B, em Nova Maringá – MT.....	93
Tabela 69 - Valor Anual Equivalente (VAE) em função da taxa de desconto para três cenários de manejo de <i>Tectona grandis</i> no Talhão C, em Nova Maringá – MT.....	93
Tabela 70 - Payback simples para três cenários de manejo de <i>Tectona grandis</i> no Talhão A, em Nova Maringá – MT.....	94
Tabela 71 - Payback descontado para três cenários de manejo de <i>Tectona grandis</i> no Talhão A, em Nova Maringá – MT.....	94
Tabela 72 - Tabela 5.70. Payback simples e descontado para três cenários de manejo de <i>Tectona grandis</i> no Talhão B, em Nova Maringá – MT.....	94
Tabela 73 - Payback simples para três cenários de manejo de <i>Tectona grandis</i> no Talhão C, em Nova Maringá – MT.....	94
Tabela 74 - Payback descontado para três cenários de manejo de <i>Tectona grandis</i> no Talhão C, em Nova Maringá – MT.....	94

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	17
2.	OBJETIVO GERAL	19
2.1	Objetivos específicos	19
3.	REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1	A espécie	20
3.2	Origem e importância mundial	21
3.3	Teca no Brasil	22
3.4	Nutrição de Teca	24
3.5	Regime de desbastes em Teca	25
3.6	Planejamento e análise econômica de povoamentos de teca	29
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1	Fonte de dados e caracterização da área de estudo	31
4.2	Modelagem da distribuição diamétrica	33
4.3	Simulação de desbastes	33
4.4	Exportação de nutrientes.....	34
4.5	Reposição nutricional pós desbaste	36
4.6	Projeção de produção	38
4.7	Análise econômica.....	42
4.7.1	Estrutura dos custos	42
4.7.2	Estrutura das receitas	45
	Fonte: Guavirá.....	46
4.7.3	Critérios para análise econômica	46
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1	Modelo de Distribuição de Diâmetros	47
5.2	Desbastes	51
5.3	Biomassa, nutrientes e reposição nutricional pós desbaste	55
5.4	Projeção de produção	67
5.5	Análise econômica.....	75
5.5.1	Valor Presente Líquido	88
5.5.2	Taxa Interna de Retorno	90
5.5.3	Razão Benefício / Custo	91
5.5.4	Valor Anual Equivalente - VAE	92
5.5.5	Payback	94
6.	CONCLUSÕES.....	95
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96

1. INTRODUÇÃO

A teca (*Tectona grandis* L.f.) é uma espécie florestal tropical de alto valor econômico, nativa do sudeste asiático, amplamente cultivada em mais de 70 países devido à qualidade superior de sua madeira e à facilidade de propagação e manejo (TAKIZAWA *et al.*, 2022). Estimativas indicam que a área total de plantios comerciais de teca no mundo é de aproximadamente 4,854 milhões de hectares, distribuídos em 51 países, com 80% localizados na Ásia, 13% na África e 7% na América Latina, sendo a espécie de madeira tropical nobre mais plantada globalmente (FAO, 2022). No entanto, a ausência de dados de 43 países produtores sugere que esses números subestimam a real extensão das plantações de teca no mundo.

No Brasil, a introdução da teca ocorreu em 1971, na região de Cáceres, Mato Grosso (CÁCERES FLORESTAL S/A, 2006). Atualmente, estima-se que existam cerca de 100.000 hectares de florestas de teca plantadas no país, distribuídas entre mais de 100 empresas, o que dificulta a obtenção de dados precisos (FAO, 2022). O Brasil tem se destacado como um dos principais produtores de teca, atraindo investimentos nacionais e internacionais, devido à disponibilidade de terras, clima tropical favorável e expertise em silvicultura (TAKIZAWA & CALDEIRA, 2022).

A teca apresenta elevada exigência nutricional, especialmente nos primeiros anos de desenvolvimento, com significativa remoção de nutrientes do solo. Estudos indicam que a ordem de absorção e demanda nutricional segue, geralmente, a sequência: potássio (K) > cálcio (Ca) > nitrogênio (N) > fósforo (P) > magnésio (Mg), embora essa ordem possa variar conforme a idade da planta e as condições edafoclimáticas (FERNÁNDEZ - MOYA *et al.*, 2013; ZHOU *et al.*, 2017). O potássio destaca-se como o nutriente mais exigido ao longo do ciclo da planta, desempenhando papel fundamental na regulação osmótica e na fotossíntese, enquanto o cálcio é essencial para a integridade estrutural celular, sendo altamente exigido nas fases iniciais de crescimento (FERNÁNDEZ - MOYA *et al.*, 2013). O nitrogênio apresenta maior exigência nos primeiros anos, com tendência à redução da concentração foliar com o avanço da idade da árvore, sugerindo um mecanismo de reciclagem interna (FERNÁNDEZ - MOYA *et al.*, 2013). Por sua vez, o magnésio tende a aumentar sua concentração foliar com o envelhecimento das árvores,

refletindo mudanças na dinâmica de alocação de nutrientes ao longo do ciclo de vida da planta (ZHOU et al., 2017).

É importante observar que o pico de maior exigência nutricional da teca ocorre por volta dos 9 anos de idade, como esperado em plantios florestais estabelecidos (CARVALHO et al., 2023). A fertilização, portanto, requer atenção especial no cultivo da teca, uma vez que a espécie é exigente quanto aos teores de nutrientes e tem baixa tolerância ao alumínio, além de ser responsiva à adição de fertilizantes (MATRICARDI, 1989). Favare (2010) concluiu que a teca responde positivamente à adubação fosfatada e à calagem no plantio. Contudo, embora existam informações técnicas e científicas sobre fertilização no campo (MATRICARDI, 1989; BEHLING, 2009; PELISSARI et al., 2012, 2014; BEHLING et al., 2014), ainda há necessidade de estudos envolvendo épocas de aplicação, dosagens, tipos de fertilizantes, eficiência de absorção e uso, entre outros fatores, e a correlação com o crescimento e a produção de teca (CARVALHO et al., 2023).

O desbaste é uma prática silvicultural que consiste na remoção seletiva de árvores em um povoamento, com o objetivo de reduzir a competição por recursos e direcionar o crescimento para indivíduos remanescentes, visando maior valor agregado ao final da rotação (CARVALHO et al., 2023). É considerado a principal técnica aplicada ao manejo intensivo de plantações de teca, proporcionando ganhos na qualidade da madeira e no desenvolvimento adequado dos fustes (KOLLERT & KLEINE, 2017). Nos programas de manejo de teca, geralmente, o regime de desbaste se inicia antes dos 9 anos (idade de maior exigência nutricional) e, no corte final, espera-se gerar, através dos desbastes, indivíduos com diâmetros à altura do peito (DAP) entre 45 e 50 cm (UGALDE ARIAS, 2013).

Estudos recentes reforçam a importância do desbaste no manejo da teca. Por exemplo, Gupta e Sharma (2021) utilizaram o modelo 3-PGmix para simular o crescimento da teca sob diferentes regimes de desbaste e cenários climáticos na Índia, concluindo que o desbaste influencia significativamente o crescimento e a produtividade da espécie. Além disso, Quintero-Méndez e Jerez-Rico (2019) desenvolveram um modelo de otimização para determinar cronogramas de desbaste em plantações de teca na Venezuela, visando maximizar a produção de madeira e a

sequestro de carbono, destacando a importância de estratégias de manejo adaptadas às condições locais.

Apesar dos benefícios do desbaste, essa prática pode resultar na exportação de nutrientes do solo, uma vez que a remoção de biomassa implica na retirada de elementos essenciais do ciclo biogeoquímico do povoamento. Isso pode comprometer o crescimento dos indivíduos remanescentes e a eficiência do manejo. Estudos recentes, como o de Zhou et al. (2017), indicam que a fertilização após o desbaste pode mitigar esses efeitos, promovendo incrementos significativos no crescimento diamétrico das árvores. No entanto, ainda são necessários mais estudos que analisem o impacto técnico e econômico da exportação de nutrientes através do desbaste e a viabilidade da adubação de manutenção como estratégia compensatória.

Diante desse contexto, justifica-se a realização de pesquisas que avaliem a interação entre desbaste e fertilização em plantios de teca, especialmente no Brasil, onde a espécie tem ganhado destaque. Compreender os efeitos dessas práticas no crescimento e na produtividade da teca é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentáveis e economicamente viáveis.

2. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem por objetivo simular e avaliar o efeito da realização da fertilização mineral após os desbastes e seu impacto na viabilidade econômica em povoamentos de *Tectona grandis* L. f..

2.1 Objetivos específicos

- Modelar a distribuição dos diâmetros dos povoamentos de teca e utilizar o modelo para projetar a produção sem desbaste e para um regime de desbaste, em uma rotação de 21 anos;
- Estimar a exportação de biomassa e nutrientes por meio dos desbastes e avaliar a necessidade de realização de fertilização após os desbastes;
- Avaliar o impacto da fertilização após os desbastes na produtividade e na viabilidade econômica de povoamentos de teca no estado do Mato Grosso.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A espécie

A teca (*Tectona grandis* L.f.) é uma espécie arbórea tropical pertencente à família *Lamiaceae*, subfamília *Tectonoideae*. Originalmente, era classificada na família *Verbenaceae*, mas estudos filogenéticos baseados em dados moleculares justificaram sua reclassificação para *Lamiaceae* (LI *et al.*, 2016; LI & OLMSTEAD, 2017; IUCN, 2020). O gênero *Tectona* compreende três espécies reconhecidas: *T. grandis*, *T. hamiltoniana* e *T. philippinensis*, sendo a *T. grandis* a mais amplamente cultivada e economicamente significativa (KAOSA-ARD, 1989; BEHAGHEL, 1999).

Originária das florestas tropicais do sul e sudeste asiático, especialmente da Índia, Mianmar, Tailândia e Laos, a teca foi introduzida em diversas regiões tropicais do mundo devido ao alto valor de sua madeira (PRACIAK *et al.*, 2013). No Brasil, os primeiros plantios comerciais ocorreram no início do século XX, com destaque para o estado de Mato Grosso, que atualmente abriga extensas plantações comerciais (TAKIZAWA *et al.*, 2022).

A teca é uma espécie decídua, heliófita e de crescimento rápido, podendo atingir até 40 metros de altura e 2,5 metros de diâmetro em condições ideais (LOUPPE *et al.*, 2008). Apresenta tronco retilíneo, com casca de coloração marrom-acinzentada, fissurada em árvores adultas. As folhas são grandes, opostas, simples, de formato elíptico a ovado, podendo medir até 60 x 80 cm em indivíduos jovens (PRACIAK *et al.*, 2013).

A espécie é predominantemente alógama, com polinização cruzada realizada principalmente por insetos, como abelhas do gênero *Ceratina* (PALUPI *et al.*, 2010). As flores são pequenas, brancas e perfumadas, organizadas em panículas terminais. Os frutos são drupas globosas, envoltas por um cálice membranoso, contendo de uma a quatro sementes (LOUPPE *et al.*, 2008).

A madeira da teca é altamente valorizada por sua durabilidade natural, estabilidade dimensional e resistência a agentes biológicos, características atribuídas à presença de compostos como tequinina e sílica (MIRANDA *et al.*, 2011). No Brasil, estudos indicam que a densidade básica da madeira varia entre 0,55 e 0,68 g/cm³, sendo classificada como moderadamente pesada (RIOS *et al.*, 2021).

O cultivo da teca no Brasil tem se expandido significativamente, impulsionado pela demanda crescente por madeira de alta qualidade e pelo potencial econômico da espécie. Práticas silviculturais adequadas, incluindo espaçamentos otimizados e manejo adequado, têm contribuído para o aumento da produtividade e qualidade da madeira (TAKIZAWA et al., 2022).

3.2 Origem e importância mundial

A teca (*Tectona grandis* L.f.) é uma espécie arbórea tropical de grande valor econômico e ecológico, nativa do sul e sudeste da Ásia. Sua distribuição natural é descontínua, abrangendo principalmente a Índia, Mianmar, Tailândia, Laos e Bangladesh. Estudos genéticos indicam dois centros principais de diversidade genética: um na Índia e outro no Mianmar e Laos (VERHAEGEN et al., 2010).

Em reconhecimento à sua importância, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura designou a teca como uma das principais espécies florestais a ter seus recursos genéticos conservados (FAO, 2014). Essa designação reflete a necessidade de preservar a diversidade genética da espécie, essencial para a sustentabilidade de seus plantios e para a adaptação a diferentes condições ambientais.

Esse reconhecimento se deve à capacidade da espécie em atender às crescentes demandas globais por madeiras tropicais de crescimento rápido, além de ser altamente valorizada no mercado internacional devido às suas propriedades físico-mecânicas, como durabilidade natural, estabilidade dimensional e resistência a agentes biológicos. A madeira da teca é utilizada na fabricação de móveis finos e na construção naval. Essas características tornam a teca uma das madeiras tropicais mais valiosas, com preços que podem variar entre US\$ 420,50 e US\$ 499,00 por metro cúbico, dependendo da qualidade e origem da madeira (ITTO, 2021; TAKIZAWA et al., 2022).

Os elevados valores associados às madeiras tropicais de alta durabilidade estão vinculados à demanda global, estimada em cerca de 90 milhões de metros cúbicos por ano (REIS et al., 2023; TAKIZAWA et al., 2022). No entanto, grande parte desse volume provém da exploração de florestas tropicais naturais, resultando em uma taxa de devastação de aproximadamente 13 milhões de hectares por ano, em

um cenário global onde apenas 10 milhões de hectares são certificados para a produção florestal (TAKIZAWA et al., 2022).

Nesse contexto, a teca emerge como uma alternativa sustentável, capaz de atender a parte dessa demanda por meio de plantios comerciais, especialmente considerando a sua limitada presença nos mercados internacionais, totalizando cerca de 3 milhões de metros cúbicos por ano (KOLLERT; KLEINE, 2017). Esse comércio envolve aproximadamente 70 países espalhados pela Ásia, África, América Latina e Oceania (KEOGH, 2009).

A distribuição na zona tropical é uma das características mais distintivas dessa espécie, uma vez que seu crescimento e produção estão estreitamente ligados às condições edáficas e climáticas dessa região do globo. A ocorrência natural da teca é encontrada entre as latitudes 10° e 25° Norte, abrangendo aproximadamente 29,035 milhões de hectares de área natural, em ampla variação edafoclimática, em regiões tropicais com precipitação anual variando entre 500 mm e 5.000 mm, sendo que seu crescimento ótimo ocorre em áreas com precipitação entre 1.250 mm e 3.750 mm e uma estação seca de 3 a 5 meses (LOUPPE et al., 2008; TAKIZAWA et al., 2022). Notavelmente, cerca de 50% dessa área está localizada em Mianmar (FAO, 2010).

Segundo George (1961) as primeiras tentativas de se cultivar a teca (*Tectona grandis* Linn f.), de forma extensiva, ocorreram em 1865. Ele destacou que a pequena ilha de Vembooram, no rio Periyar (Índia), foi a experiência de maior sucesso. Estima-se que a área global de plantios de teca seja entre 4,5 e 6,5 milhões de hectares, com mais de 80% localizada na Ásia, 10% na África e 6% nas Américas (KOLLERT; KLEINE, 2017; TAKIZAWA et al., 2022; FAO, 2022).

3.3 Teca no Brasil

Segundo Sampaio (1930), a espécie foi plantada pela primeira vez no Brasil em 1930, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro e no Horto Florestal de Rio Claro - SP, sendo consideradas duas experiências promissoras e com boas perspectivas para o futuro do país (REIS et al., 2023).

Talvez o experimento pioneiro sobre a teca tenha sido instalado em 1959, em Piracicaba, SP (REIS et al., 2023). Ao longo das últimas décadas, a teca ganhou notoriedade no Brasil e, na atualidade, observa-se uma proliferação de plantios com

diversas idades e em distintas localidades. Destacam-se, entre eles, os Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Pará, Acre, São Paulo, Paraná, Amapá e Pernambuco como importantes pólos nacionais para o cultivo dessa espécie.

No estado do Mato Grosso, a introdução da teca provavelmente ocorreu em 1967, quando foram avaliadas diversas espécies, incluindo as nativas: mogno (*Swietenia macrophylla* King), cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo) e cerejeira; e as exóticas: teca, cadam (*Anthocephalus cadamba* Roxb.) e cedro australiano (*Toona ciliata* var. *australis*) (REIS et al., 2023). De acordo com Veit (1993), entre as espécies testadas, a teca destacou-se pela sua robustez, rusticidade e excelente formação de fuste. Por outro lado, Matricardi (1989) sustenta que a teca foi pela primeira vez plantada em Mato Grosso como parte de um povoamento pela Madeireira Cáceres Florestal S.A. em 1971, na propriedade Castiçal do Jauru, no município de Cáceres – MT, por meio de plantios seminais de mudas do tipo stump (raiz nua), com uma produção de 237 m³/ha, em um ciclo de 33 anos, resultando em um incremento médio anual (IMA) de 7,18 m³/ha ano (CHAVES, 2013).

No Brasil, os plantios comerciais de teca têm se expandido, especialmente no estado de Mato Grosso, que concentra cerca de 78% da área plantada no país, totalizando aproximadamente entre 60 e 100 mil hectares, apresentando um notável crescimento da ordem de 43% na última década (IBÁ, 2019; TAKIZAWA et al., 2022; FAO, 2022). A introdução de clones em 2003, aliada aos avanços na silvicultura e manejo da espécie, resultou em um aumento significativo na produtividade das plantações de teca, com valores variando entre 10-20 m³/ha/ano, em uma projeção de rotação de 20 anos (RANCE et al., 2013).

Quanto às condições edáficas e climáticas, os plantios devem ser estabelecidos em solos variando de franco-arenosos a argilosos com média à alta fertilidade natural, drenados e profundos (LAMPRECHT, 1990), com precipitação média entre 1.250 e 2.500mm/ano, e temperatura entre 27 a 36C° durante o dia, e 20 a 30C° durante as noites (TAKIZAWA et al., 2022).

3.4 Nutrição de Teca

O desempenho produtivo da teca (*Tectona grandis* L.f.) é fortemente influenciado pelas condições edáficas e climáticas do local de cultivo (TAKIZAWA et al., 2022). A fertilização mineral é uma prática essencial no manejo dessa espécie, devido à sua elevada exigência nutricional, especialmente em relação ao pH do solo e aos níveis de cálcio (Ca), fósforo (P) e magnésio (Mg), além da baixa tolerância ao alumínio (Al) (MATRICARDI, 1989).

Estudos realizados na Costa Rica por Alvarado e Fallas (2004) corroboram essas observações, demonstrando que solos com pH inferior a 6 e baixa saturação de Ca resultam em reduções significativas no crescimento em altura da teca, variando de 1,5 a 3,9 m ano⁻¹. Por outro lado, o aumento da saturação de Ca no solo está associado a incrementos no crescimento em altura, evidenciando a importância desse nutriente para o desenvolvimento da espécie.

A teca apresenta alta eficiência na utilização de fósforo para o estabelecimento do sistema radicular (MATA, 1999; BEHLING, 2009). Além disso, o potássio (K) desempenha um papel crucial nos processos metabólicos da planta, influenciando diretamente o crescimento (CASTELLANOS, 2006). Níveis críticos de P e K no solo, inferiores a 0,5 mg/dm³ e 4,5 mg/dm³, respectivamente, indicam a necessidade de adubações minerais para suprir as demandas nutricionais da teca.

Takizawa et al. (2022) destacam que a teca é uma espécie calcícola, caracterizada por uma elevada demanda e acúmulo de Ca nos tecidos, em comparação com outras espécies florestais. No entanto, a resposta da teca à aplicação de nitrogênio (N) e fósforo (P) tende a ser mais pronunciada do que ao cálcio. Nesse contexto, Matricardi (1989) enfatiza que teores adequados de Ca, aliados à ausência de Al no solo, estão correlacionados a melhores produtividades da teca.

No Brasil, sistemas como o NUTRITECA® (OLIVEIRA, 2003) e o FERTTECA® (BEHLING, 2009) foram desenvolvidos para calcular o balanço nutricional e fornecer recomendações de calagem e adubação específicas para plantações de teca. Posteriormente, Pontes (2011) aprimorou esses sistemas, criando os modelos FERT-

UFV TECA® e NUTRI-UFV TECA®, adaptados às condições do estado do Mato Grosso.

Diversos estudos já demonstraram as exigências nutricionais da teca e seu potencial de resposta à fertilização (MATRICARDI, 1989; BEHLING, 2009; PELISSARI et al., 2012, 2014a; FAVARE, 2013; BEHLING et al., 2014). No entanto, ainda são necessários estudos que abordem aspectos como épocas ideais de aplicação, dosagens, eficiência de absorção e outros fatores que influenciam o crescimento e a produção da teca.

A interação entre desbaste e fertilização é um aspecto crucial no manejo da teca. O desbaste, ao reduzir a competição entre as árvores, pode potencializar os efeitos da fertilização, resultando em incrementos significativos no crescimento diamétrico das árvores remanescentes. Estudos indicam que a fertilização após o desbaste pode maximizar o aproveitamento dos recursos disponíveis, promovendo um crescimento mais vigoroso e uniforme das árvores (FERNÁNDEZ-MOYA et al., 2013; ZHOU et al., 2017).

Além disso, é importante considerar que o desbaste pode resultar na exportação significativa de nutrientes do sistema, especialmente N e P, devido à remoção de biomassa (ALVARADO, 2012b). Portanto, a fertilização pós-desbaste não apenas supre as demandas nutricionais das árvores remanescentes, mas também compensa as perdas de nutrientes decorrentes da prática silvicultural, contribuindo para a sustentabilidade e produtividade do povoamento.

3.5 Regime de desbastes em Teca

O manejo silvicultural de povoamentos de teca visa, prioritariamente, à produção de toras de grandes dimensões e elevada proporção de cerne, características desejáveis para a indústria madeireira de alto valor agregado (KOLLERT; KLEINE, 2017). Para alcançar esses objetivos, a adoção de regimes de desbaste adequados é essencial, pois permite controlar a densidade do povoamento, reduzir a competição entre árvores e promover o crescimento das árvores remanescentes (PAIVA; LEITE, 2015).

A escolha do espaçamento inicial influencia diretamente a necessidade e a intensidade dos desbastes subsequentes, pois influencia diretamente na competição

entre as árvores por recursos como luz, água e nutrientes, afetando o crescimento em diâmetro, altura e a forma do fuste (MEDEIROS et al., 2016; SILVA et al., 2016). Espaçamentos mais adensados tendem a requerer intervenções mais precoces e intensas para evitar a estagnação do crescimento devido à competição por recursos (UGALDE; ARIAS, 2013; MEDEIROS et al., 2016; TAKIZAWA, 2022). Além disso, o regime de desbaste deve ser planejado considerando a idade do povoamento, a área basal, a distribuição diamétrica e os objetivos de produção (UGALDE ARIAS, 2013).

Os desbastes têm como principal objetivo reduzir a densidade do povoamento, minimizando a competição entre as árvores remanescentes e promovendo o crescimento das árvores de melhor forma e vigor. Além disso, os desbastes contribuem para a melhoria das propriedades tecnológicas da madeira, como o aumento da proporção de cerne e a redução de nós.

Os desbastes podem ser classificados em diferentes tipos, conforme os critérios de seleção das árvores a serem removidas:

- **Desbaste por baixo (thinning from below):** Consiste na remoção das árvores dominadas, geralmente de menor vigor e qualidade, favorecendo o crescimento das árvores dominantes e codominantes. É amplamente utilizado em povoamentos de teca para melhorar a qualidade do fuste e aumentar a proporção de cerne (LOUREIRO, 1991).
- **Desbaste por cima (thinning from above):** Envolve a remoção de algumas árvores dominantes, geralmente para promover a diversidade estrutural ou quando as árvores dominantes apresentam defeitos. É menos comum em plantações de teca, pois pode reduzir o potencial produtivo do povoamento (LOUREIRO, 1991).
- **Desbaste sistemático (mechanical thinning):** Realizado com base em um padrão geométrico predefinido, como a remoção de linhas alternadas de árvores. É operacionalmente eficiente, mas pode não considerar adequadamente a qualidade individual das árvores (LOUREIRO, 1991).
- **Desbaste seletivo (selective thinning):** Baseia-se na avaliação individual das árvores, removendo aquelas com menor qualidade ou vigor. É mais eficaz para

melhorar a qualidade do povoamento, embora seja mais trabalhoso (LOUREIRO, 1991).

- **Desbaste misto:** Combina o desbaste sistemático com o seletivo, iniciando com a remoção de linhas ou faixas e, posteriormente, realizando a seleção individual das árvores a serem removidas nas áreas remanescentes (LOUREIRO, 1991).

A definição do regime de desbaste deve considerar a idade do primeiro desbaste, a frequência das intervenções, a intensidade (volume ou área basal a ser removida) e o tipo de desbaste a ser aplicado (PAIVA; LEITE, 2015).

Estudos indicam que desbastes mais intensos, realizados precocemente, podem promover maiores taxas de crescimento ao longo da rotação e maior incremento em diâmetro das árvores remanescentes, sem comprometer o crescimento em altura, desde que realizados de forma planejada e considerando as características do povoamento (BUDIADI; ISHII, 2017). No entanto, desbastes muito intensos podem aumentar a incidência de brotações epicórmicas, exigindo maior esforço de poda para manter a qualidade do fuste (GÓMEZ; UGALDE, 2006).

A definição de regimes ótimos de desbaste requer o acompanhamento contínuo do crescimento e da produção do povoamento, por meio de inventários florestais periódicos. Esses dados permitem ajustar as intervenções silviculturais e utilizar modelos de crescimento e produção para simular diferentes cenários de manejo (PAIVA; LEITE, 2015). O uso de ferramentas tecnológicas, como softwares de modelagem e sensoriamento remoto, pode auxiliar na tomada de decisões e na otimização dos resultados econômicos e produtivos das plantações de teca (REIS et al., 2023).

Recomenda-se que o primeiro desbaste seja realizado entre 3 e 5 anos de idade, quando as árvores atingem cerca de 8 a 9 metros de altura, com a remoção de aproximadamente 30% da área basal (UGALDE; ARIAS, 2013). Desbastes subsequentes podem ser realizados a cada 5 a 10 anos, dependendo do crescimento do povoamento e dos objetivos de produção, até atingir uma densidade final de 200 a 300 árvores por hectare (INTERNATIONAL SOCIETY OF TROPICAL FORESTERS, 2009).

Estudos recentes têm investigado os efeitos dos desbastes na dinâmica de crescimento e na qualidade da madeira de teca. Por exemplo, em Gana, Nero e Asuenabisa (2023) observaram que desbastes com intensidade de 50% resultaram em aumentos significativos no diâmetro à altura do peito (DAP), altura total e volume individual das árvores remanescentes, dois anos após a intervenção.

Na Indonésia, Budiadi e Ishii (2017) avaliaram o desempenho de clones de teca em áreas degradadas submetidas a diferentes intensidades de desbaste e poda. Os resultados indicaram que desbastes mais intensos promoveram maior crescimento diamétrico inicial, embora o estoque volumétrico total não tenha retornado aos níveis pré-desbaste após três anos. Isso sugere que, em solos de baixa fertilidade, os benefícios dos desbastes podem ser limitados pela disponibilidade de nutrientes.

Além disso, modelos de simulação, como o 3-PGmix, têm sido utilizados para prever o crescimento de plantios de teca sob diferentes regimes de manejo e cenários climáticos. Em estudo realizado na Índia, observou-se que regimes de desbaste mais intensos, iniciados precocemente, podem resultar em menor produtividade primária líquida (NPP) ao longo do tempo, especialmente sob condições climáticas adversas previstas para o futuro (ANNALS OF FOREST SCIENCE, 2021).

No contexto brasileiro, estudos indicam que a aplicação de desbastes em plantios de teca pode influenciar positivamente na proporção de cerne, característica desejável para a indústria madeireira. Em plantios no Amazonas, observou-se que árvores dominantes e codominantes, favorecidas por desbastes seletivos, apresentaram maior eficiência na produção de cerne em comparação com árvores suprimidas (MDPI, 2023).

Por fim, é fundamental que o planejamento dos regimes de desbaste seja baseado em dados empíricos e em modelos de crescimento e produção, considerando as especificidades locais e os objetivos de manejo. A integração de tecnologias como inventários florestais contínuos, sensoriamento remoto e modelagem computacional pode fornecer suporte para decisões mais precisas e sustentáveis no manejo de plantios de teca (REIS et al., 2023).

3.6 Planejamento e análise econômica de povoamentos de teca

O planejamento tem um papel decisivo no processo de gestão, uma vez que os planos são as bases de onde as empresas obtêm e aplicam recursos para alcançar seus objetivos, permitindo medir e acompanhar o alcance destes, e adotar medidas corretivas, quando necessário.

O planejamento florestal tem como objetivo maximizar o lucro e otimizar a utilização dos recursos, ao mesmo tempo em que minimiza os custos associados à produção e distribuição dos produtos florestais (REIS et al, 2023). Além disso, visa garantir um fornecimento sustentável de madeira a curto e longo prazo.

Oliveira et al. (2023) elencou os 7 principais artigos relacionados a análise de viabilidade econômica de plantios de teca. São eles: Tsukamoto Filho et al. (2003), Ângelo et al. (2009), Sanguino (2009), Sá et al. (2010), Bezerra et al. (2011), Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Mato Grosso (2013) e Pires et al. (2020). As idades de rotação utilizadas variaram entre 20-25 anos. Nestes trabalhos não foram considerados o custo da terra e custo de colheita. Os artigos abrangem os seguintes estados: Acre, Goiás, Mato Grosso, Pará e Rondônia.

Destes trabalhos, Bezerra et al. (2011) foram os que trabalharam com maiores custos de manutenção. Em contrapartida, Pires et al. (2020) e Sanguino (2009) tiveram os maiores custos de implantação, devido à maiores investimentos em procedência das mudas, compra de maquinário e outros custos iniciais.

Considerando os trabalhos no estado do Mato Grosso, temos: Tsukamoto Filho et al. (2003), obtiveram VPL de R\$ 17.280,00 a uma taxa de descontos de 3% a.a. Ângelo et al. (2009) buscaram identificar a data de maior viabilidade econômica do povoamento e gerar análises econômicas como suporte para a tomada de decisões, e obtiveram um VPL de R\$ 16.677,00. Bezerra et al. (2011), tiveram os maiores custos de manutenção do povoamento, considerando: desramas; adubações de manutenção; conservação de estradas, aceiros e cercas; vigilância e administração, contando do primeiro ano até a idade de corte. Eles obtiveram o maior VPL dentre os trabalhos no estado do Mato Grosso, no valor de R\$ 28.710,00.

A Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Mato Grosso (FAMATO) realizou o seu primeiro Diagnóstico de Florestas Plantadas do Estado de Mato Grosso,

com apoio do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar, MT). Os dados de custo de produção foram levantados à partir de reuniões com produtores de teca, empresários e engenheiros florestais do estado do Mato Grosso. Após dois anos Imea, Senar e Embrapa (2015) fizeram novo levantamento em reuniões nos municípios de Cáceres e Tangará da Serra, no estado do Mato Grosso. Foram realizadas 36 reuniões para levantamento das informações de custos de produção de teca, com a participação dos principais atores da cadeia produtiva da teca no estado do Mato Grosso.

A viabilidade econômica de projetos envolvendo espécies florestais, de maneira geral, torna-se mais complexa devido à presença de incertezas e riscos inerentes ao projeto. Por exemplo, a produtividade real pode divergir da produtividade estimada, os preços de mercado podem variar significativamente além das previsões, pode haver aumento inesperado nos custos de produção e/ou logística, e mudanças podem ocorrer no cenário macroeconômico (REIS et al, 2023). Oportunidades e riscos permeiam todos os aspectos de um sistema de produção e ao longo de toda a cadeia produtiva. No processo decisório de investir em plantações de teca, uma série de fatores relacionados deve ser minuciosamente considerada.

A solução de problemas de planejamento florestal envolve a identificação e definição do problema, a coleta, processamentos e armazenamento de dados, a geração de alternativas, a escolha de modelos e de tecnologias, o monitoramento e controle, e a capacidade dos indivíduos em lidar com esses fatores. Os gestores, buscando evitar os riscos, solicitam um aumento proporcional no retorno para compensar qualquer aumento no nível de risco. Em outras palavras, ao lidar com riscos mais elevados, os gestores demandam uma maior taxa de retorno. As fontes de risco são diversas, e os efeitos e a instabilidade de um investimento podem originar-se de fatores como políticos, econômicos, naturais ou conjunturais (ANTONIK, 2004).

Para avaliar a viabilidade econômica de projetos florestais que envolvem espécies exóticas tradicionais, como *Pinus* e *Eucalyptus*, diversos estudos recorreram a métodos com premissas determinísticas (REIS et al, 2023). Isso implica que, sob as mesmas condições iniciais, o modelo produzirá consistentemente os mesmos resultados. No entanto, na prática, surgem incertezas relacionadas aos coeficientes

técnicos utilizados na modelagem biológica da espécie em manejo, bem como os coeficientes financeiros adotados na modelagem do fluxo de caixa.

Na resolução de problemas gerenciais, o processo de simulação requer, em sua fase inicial, a formulação matemática do sistema que se deseja examinar. Esse procedimento resulta na identificação das variáveis e dos relacionamentos cruciais do problema, possibilitando a simulação das respostas do sistema diante das diversas opções de tomada de decisão (AGUIAR et al., 2010). Em contraste, a simulação difere do conceito de modelagem, pois não se limita à reprodução simples dos resultados de um modelo matemático (REIS et al, 2023). Na realidade, é uma técnica que viabiliza a análise das consequências resultantes de modificações nas condições originais em que um modelo foi concebido.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Fonte de dados e caracterização da área de estudo

Os dados utilizados no presente estudo são dados da empresa Guavirá Industrial e Agroflorestal Ltda, situada no município de Nova Maringá, região médio-norte do estado de Mato Grosso, a 440 km da capital Cuiabá – MT (Figura 4.1). O trabalho teve como base dados de inventário florestal de povoamentos clonais e seminais de teca, envolvendo diferentes capacidades produtivas. Foram utilizados dados de medições de 1440 parcelas, com idades de 2 a 14 anos, com área média de 1000m², medidas entre 2018 e 2023.

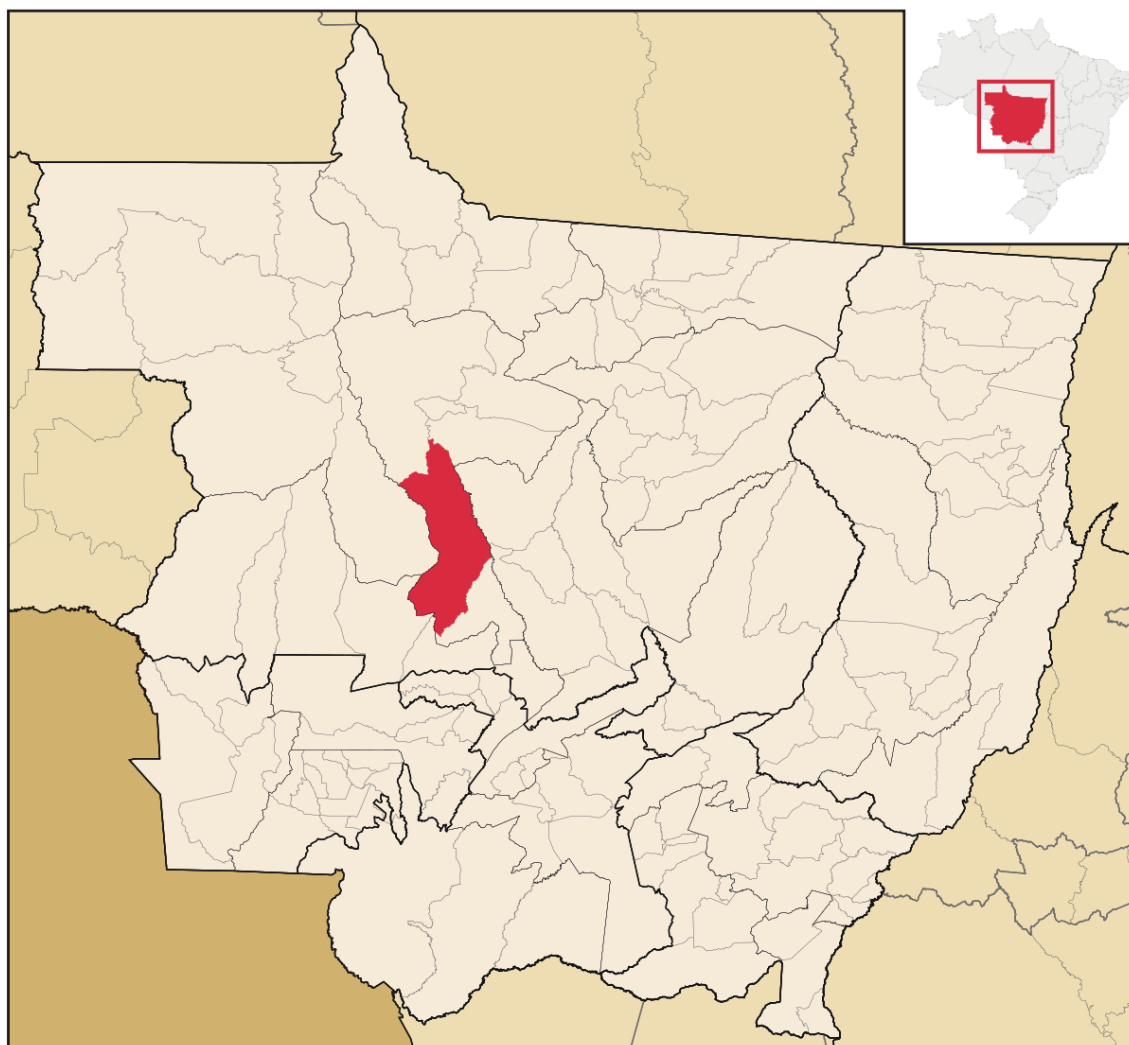


Figura 1 - Localização do município de Nova Maringá, na região médio-norte do Estado do Mato Grosso.

De acordo com a classificação de Köppen o clima da região é caracterizado como tropical de savana (Aw), quente (temperatura média anual é de 24 °C) e semiúmido, apresentando quatro meses de seca (de maio a agosto) e uma precipitação pluviométrica anual média de 1.741 mm, sendo os meses de dezembro, janeiro e fevereiro os mais chuvosos (SOUZA, et al., 2013). O relevo é predominantemente plano, com altitude média de 350 metros, e a vegetação natural é composta por uma mata de transição entre a floresta amazônica e o cerrado. O tipo de solo mais comumente encontrado na região é o Latossolo vermelho distrófico (IBGE, 2015).

4.2 Modelagem da distribuição diamétrica

Para a projeção do modelo de distribuição diamétrica foi utilizada a função Weibull ajustada aos dados de distribuição diamétrica observada de cada parcela em cada medição, e foi utilizado para projetar as distribuições diamétricas, a partir de uma idade atual, para as idades subsequentes até o fim da rotação. O ajuste do modelo foi realizado com o conjunto de dados contendo todas as medições; assim, pôde-se gerar um sistema único para projetar as distribuições diamétricas antes e depois do desbaste. A redistribuição dos diâmetros foi realizada em três talhões: A, B e C, e os dados foram agrupados em classes de diâmetro com amplitude de 1,0 cm. A rotação florestal considerada foi de 21 anos. A projeção da distribuição diamétrica foi avaliada pelo desempenho do sistema de equações gerado, através da análise gráfica dos resíduos considerando os parâmetros β_2 e γ_2 estimados pela função Weibull e aqueles estimados pelos sistemas de equações.

4.3 Simulação de desbastes

Após realizada a projeção da distribuição diamétrica para um horizonte de rotação de 21 anos para cada um dos três talhões selecionados, foi realizada a simulação de desbastes pela redução da área basal do povoamento, levando em conta remoção das árvores apenas nas classes de diâmetros inferiores. O momento e a intensidade dos desbastes foram definidos com base no que é praticado pela empresa Guavirá e pelo que é observado no mercado. Os desbastes foram simulados para as idades de 6, 10 e 14 anos, com intensidades de 25, 25 e 30% da área basal, respectivamente. As áreas basais das árvores removidas foram computadas e somadas até atingir a porcentagem de redução de área basal desejada. Assim, a porcentagem de redução desejada poderá ser atingida utilizando apenas parte do número de árvores de determinada classe. Com a realização da simulação dos desbastes foi avaliada se a projeção da distribuição de diâmetros foi capaz de representar a realidade biológica esperada em um povoamento em que foram realizados desbastes.

$$g = \frac{(\pi \times DAP^2)}{40000}$$

g = área seccional; DAP = diâmetro à altura do peito (1,30m).

Foram consideradas três alternativas de manejo florestal em cada um dos talhões selecionados:

Cenário 1: A rotação se seguiu sem a realização de desbastes até o corte final (21 anos);

Cenário 2: Foram realizados desbastes aos 6, 10 e 14 anos (25, 25, 30% da área basal, respectivamente), mas não foi realizada a reposição nutricional pós desbaste;

Cenário 3: Foram realizados desbastes aos 6, 10 e 14 anos (25, 25, 30% da área basal, respectivamente) e foi realizada a reposição nutricional pós desbaste.

As diferentes estratégias de manejo geram diferenças na produção de madeira colhida durante os desbastes e no corte final, assim como na distribuição diamétrica do povoamento após os desbastes. Essas diferenças estão associadas às intensidades de desbastes aplicadas e ao consequente ritmo de crescimento da floresta. As idades dos desbastes foram escolhidas por serem comuns em florestas de teca no Brasil, além de corresponderem a períodos em que há maior probabilidade de resposta dos povoamentos à fertilização. Essas mesmas estratégias de manejo também foram utilizadas para avaliar a viabilidade econômica, levando em consideração um novo ritmo de crescimento, com base em dados de plantios de teca.

Através a aplicação do modelo, foi possível projetar a quantidade de madeira colhida nos desbastes e corte final e os diâmetros médios dos talhões no momento dos desbastes e do corte final. A partir daqui, ao se referir às idades de desbaste (6, 10 e 14 anos) e à idade de fim da rotação (21 anos), utilizou-se “idade de interesse”.

4.4 Exportação de nutrientes

De posse dos dados do MDD e da simulação dos regimes de desbastes foi feita a estimação do conteúdo e partição de biomassa e dos macronutrientes em cada idade de interesse, através das equações alométricas propostas por Santos et. al (2022). Em seus dois trabalhos, Santos (2015) e Santos et. al (2022) analisou árvores dos mesmos povoamentos da empresa Guavirá analisados no presente trabalho. Nesses trabalhos foram abatidas árvores, realizada a cubagem rigorosa, retirados discos de várias seções ao longo do tronco e medição de densidade básica, biomassa seca e conteúdo de nutrientes. Por meio desses dados foram ajustadas equações

para estimação de volume, densidade, conteúdo e partição de biomassa e nutrientes. Como essas equações foram obtidas de povoamentos em mesmas condições de sítio, manejo e mesmo material genético dos povoamentos utilizados no presente trabalho, muitas dessas equações foram aplicadas em nossas análises, gerando resultados com maior robustez.

As equações para estimar a biomassa e os nutrientes foi realizada para as árvores antes do desbaste e para as árvores que foram desbastadas, de forma que obtivemos o conteúdo e partição total de biomassa e macronutrientes que foram exportados através dos desbastes, o remanescente, e o incremento entre uma idade de interesse e outra, de forma que podemos analisar se esse incremento simulado irá de fato ocorrer ou não. As equações aplicadas se encontram na Tabela 1 e Tabela 2. As cascas foram contabilizadas como a subtração da biomassa de Tronco pela biomassa de Lenho. As equações utilizam o DAP em cm.

Tabela 1 - Equações alométricas para estimativa de biomassa seca (kg/árvore) e seus componentes em função do DAP para teca.

Parte aérea	$Y = 0,0569 \times DAP^{2,4624}$
Tronco	$Y = 0,0296 \times DAP^{2,6036}$
Lenho	$Y = 0,0225 \times DAP^{2,6492}$
Copa	$Y = 0,0328 \times DAP^{2,1059}$

Tabela 2 - Equações alométricas para estimativa do conteúdo de macronutrientes (g/árvore) em função do DAP para teca.

N	$Y = 0,9694 \times DAP^{1,8866}$
P	$Y = 0,1057 \times DAP^{1,7909}$
K	$Y = 0,7684 \times DAP^{2,0493}$
Ca	$Y = 0,5344 \times DAP^{2,1509}$

Mg	$Y = 0,1481 \times DAP^{2,2868}$
S	$Y = 0,0914 \times DAP^{2,1575}$

4.5 Reposição nutricional pós desbaste

Para a avaliação da reposição nutricional pós desbaste foi considerado o nível de fertilidade do solo definido com base na análise de solo considerada por Santos (2015), onde foram analisadas áreas dos povoamentos que estão sendo considerados aqui. Na Tabela 3, são apresentadas as características químicas de amostras compostas de solo (três repetições, a partir de 10 amostras simples), nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, das áreas em estudo.

Tabela 3 - Resultados da análise química do solo de povoamentos clonais e seminais de teca, no município de Nova Maringá – MT.

Idade (meses)	Prof. cm	pH H ₂ O	P --- mg/dm ³ ---	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	MO	P-Rem
													%		mg/L
15 Clone	0-20	5,35	4,80	18,33	1,14	0,50	0,00	2,40	1,69	1,69	4,09	41,63	0,00	1,45	34,83
	20-40	5,42	1,27	15,67	0,54	0,22	0,10	2,93	0,80	0,90	3,73	21,23	9,70	0,94	30,03
	40-60	5,36	0,67	18,33	0,43	0,12	0,27	2,67	0,60	0,86	3,26	18,27	30,67	0,73	28,27
51 Clone	0-20	5,51	1,63	4,33	1,96	0,42	0,13	2,77	2,38	2,52	5,15	43,20	8,77	1,20	31,30
	20-40	5,36	1,27	5,67	1,35	0,32	0,27	2,77	1,69	1,95	4,45	33,73	26,27	1,07	31,50
	40-60	5,00	0,47	3,67	0,38	0,12	0,30	2,87	0,51	0,81	3,38	15,10	35,30	0,60	30,20
63 Clone e Semente	0-20	5,29	2,33	7,00	2,16	0,58	0,00	2,10	2,76	2,76	4,86	55,87	0,00	1,32	35,63
	20-40	5,32	0,57	5,33	0,77	0,31	0,13	2,23	1,09	1,23	3,33	33,73	13,20	0,73	33,23
	40-60	5,28	0,50	3,33	0,38	0,18	0,33	2,47	0,57	0,90	3,03	18,63	36,20	0,60	33,07
75 Clone	0-20	5,25	2,57	13,00	2,09	0,46	0,00	2,30	2,58	2,58	4,88	49,70	0,00	1,45	30,30
	20-40	5,27	0,63	7,00	0,75	0,20	0,20	2,60	0,96	1,16	3,56	27,00	17,70	0,94	27,13
	40-60	5,40	0,63	6,33	0,54	0,17	0,23	2,90	0,73	0,96	3,63	20,37	25,53	0,81	26,83
75 Semente	0-20	5,35	3,97	10,33	2,00	0,65	0,00	1,87	2,68	2,68	4,55	59,43	0,00	1,49	32,23
	20-40	5,71	1,00	11,00	0,96	0,24	0,00	2,40	1,23	1,23	3,63	33,97	0,00	0,94	30,23
	40-60	5,32	0,73	10,67	0,73	0,20	0,03	2,33	0,96	0,99	3,29	30,10	3,80	0,86	28,30

Métodos: P, K: Mehlich-1; Ca, Mg e Al: KCl 1 mol/L; H+Al: Acetato de Cálcio 0,5 mol/L pH 7,0; MO: Walkey e Black; P-rem: Alvarez V. et al. (2000).

Fonte: Santos (2015)

Apesar de que, as idades em que serão realizados os desbastes e a reposição nutricional pós desbaste, serem idades em que o sistema radicular do povoamento já está plenamente desenvolvido, a experiência de campo demonstra que o sistema radicular da teca é caracterizado por raízes superficiais, nos primeiros horizontes do solo. Com isso, no presente trabalho, foi considerado apenas os horizontes A e B (0 – 20 e 20 – 40cm) para avaliação da disponibilidade de nutrientes no solo. Ou seja, foi realizada a soma do conteúdo de nutrientes disponibilizado pelo solo em cada um desses horizontes como sendo o conteúdo de nutrientes total disponibilizado pelo solo para atender a demanda nutricional dos povoamentos. Ou seja, caso não haja a reposição nutricional após os desbastes, o conteúdo de nutrientes disponível no solo será o total de nutrientes absorvido e convertido em biomassa pelo povoamento. Foram consideradas, para N, P e K, as seguintes porcentagens de taxa de extração por *Mehlich* – 1: 70, 40 e 75%, respectivamente; e a taxa de recuperação pela planta: 70, 42 e 70%, respectivamente.

A partir dos resultados da interpretação da análise de solo e da estimativa do conteúdo de nutrientes na próxima idade de desbaste é possível calcular o incremento no conteúdo de nutrientes entre duas idades de interesse. Ou seja, após o desbaste aos 6 anos, o povoamento remanescente possui um conteúdo de nutrientes; esse mesmo povoamento seguirá até a idade de 10 anos, onde terá um novo conteúdo de nutrientes; a diferença no conteúdo de nutrientes entre duas idades representa o incremento nutricional do povoamento.

Esse incremento nutricional só ocorrerá caso a demanda nutricional do povoamento seja atendida, ou seja, caso sejam disponibilizados nutrientes em quantidade e qualidade necessárias para que o povoamento tenha o crescimento esperado.

Com o cálculo da diferença no conteúdo de nutrientes do povoamento entre duas idades, temos a quantia dos nutrientes necessária para que povoamento siga o crescimento esperado. Com isso, é possível avaliar se o conteúdo de nutrientes disponibilizado pelo solo é suficiente para atender a demanda nutricional do povoamento. Caso o solo não esteja suprindo a demanda nutricional do povoamento e não seja realizado nova fertilização, ocorrerá perdas de produtividade. Da mesma forma, a diferença entre a demanda nutricional do povoamento e o conteúdo dos

nutrientes disponibilizados pelo solo, consiste no conteúdo de nutrientes a serem repostos através da fertilização pós desabaste.

4.6 Projeção de produção

A estimação da produção em volume, total e por classe de diâmetro, em diferentes idades, foi obtida a partir da distribuição diamétrica projetada recuperada pelo sistema selecionado. Para as estimativas de volume de tronco (lenho + cascas) e para as estimativas de densidade de lenho, foram utilizadas as equações obtidas por Santos (2015) e Santos et. al (2022). Para as estimativas de densidade de tronco foi considerado que a densidade de tronco é 8% menor que a densidade de lenho, conforme é observado no campo.

Volume com casca:

$$\text{Log } Y = -3,8889 + 2,4826 \times \text{Log}(DAP) \quad R^2 = 0,996$$

Densidade de lenho:

$$Y = -43,92 + 226,64 \times \text{Log}(DAP) \quad R^2 = 0,974$$

Para se atingir a produtividade esperada através da projeção da distribuição diamétrica é necessário atender a demanda nutricional das árvores do povoamento. Ao se comparar as curvas de crescimento em diâmetro projetadas no presente trabalho e de outros trabalhos, observou-se que as curvas projetadas aqui se aproximam das curvas de crescimento superiores destes demais trabalhos. Para que o crescimento projetado ocorra, é necessário suprir a demanda nutricional do povoamento, seja através do solo ou através da fertilização mineral. Com isso, definiu-se que as sucessivas distribuições diamétricas projetadas para as idades posteriores só ocorrerão caso seja realizada a reposição nutricional pós-desbaste, e a não realização da reposição nutricional acarretará em redução de produtividade.

Essa definição está em consonância com as observações de Serafim et al. (2022), que pontua que, por se tratar de uma espécie de ciclo longo, as entradas de nutrientes em povoamentos de teca são significativas. Os autores mencionam que a exportação de nutrientes pelos desbastes, e as perdas de nutrientes do solo por lixiviação, erosão e volatilização geram decréscimos no estoque de nutrientes do sistema, que devem ser repostos. Behling (2009) observou decréscimos nos teores de nutrientes do solo com o passar dos anos, e sugeriu a possibilidade da reposição nutricional.

Com isso, a avaliação foi realizada para as três alternativas de manejo definidas:

Cenário 1: A projeção da distribuição através das equações obtidas seguiu sem a simulação de desbastes até o corte final (21 anos);

Cenário 2: Foram realizados desbastes aos 6, 10 e 14 anos (25, 25, 30% da área basal, respectivamente), mas não foi realizada a reposição nutricional pós desbaste;

Cenário 3: Foram realizados desbastes aos 6, 10 e 14 anos (25, 25, 30% da área basal, respectivamente) e foi realizada a reposição nutricional pós desbaste.

Para o caso do Cenário 1, a distribuição se segue sem nenhuma alteração. Para o Cenário 3 a distribuição segue a distribuição esperada com a simulação dos desbastes. Ou seja, a cada desbaste retira-se as árvores das menores classes de diâmetro até se alcançar a porcentagem da área basal definida (intensidade), e se projeta as próximas distribuições com base na distribuição remanescente até a idade do próximo desbaste, onde esse processo é novamente aplicado. Para o Cenário 2 foi necessário simular a perda de produção por consequência do não suprimento da demanda nutricional do povoamento remanescente.

Para simular a perda de produção foram seguidos os passos a seguir:

1º passo: estimar a biomassa seca e conteúdo dos nutrientes na idade de desbaste, antes do desbaste ser realizado;

2º passo: estimar a biomassa seca e o conteúdo dos nutrientes que serão exportados do povoamento através das árvores desbastadas;

Para a estimação do conteúdo de biomassa seca e nutrientes exportado via desbaste, considerou-se somente a retirada dos troncos (lenho e casca) das árvores desbastadas.

3º passo: calcular a biomassa seca e o conteúdo dos nutrientes remanescente, ou seja, que continuam no povoamento através das árvores remanescentes;

O povoamento remanescente após um desbaste é o novo povoamento utilizado para projeção da distribuição até um novo desbaste ou corte final. Com isso, o povoamento remanescente após um desbaste é o novo povoamento total que progride a uma nova distribuição na próxima idade interesse. Esses indivíduos absorvem e acumulam nutrientes, tendo incremento em biomassa, diâmetro e consequentemente volume até a próxima idade de interesse.

4º passo: estimar a biomassa seca e o conteúdo de nutrientes na próxima idade de interesse;

5º passo: calcular a diferença entre a biomassa seca e o conteúdo de nutrientes entre duas idades de interesse;

Essa diferença de biomassa e de conteúdo de nutrientes representa o incremento do mesmo povoamento entre um desbaste e a próxima idade de interesse. Ao se calcular o incremento de biomassa e conteúdo de nutrientes entre duas idades de interesse pôde-se, também, calcular o Coeficiente de Utilização Biológico (CUB). O CUB expressa a quantia de biomassa que foi produzida em função de 1 quilograma (kg) de um nutriente.

6º passo: calcular o CUB entre as duas idades de interesse;

Ao calcular o CUB obtém-se um coeficiente que representa a conversão de nutrientes em biomassa esperada entre as duas idades de interesse. Ou seja, para que o povoamento alcance a distribuição e produção esperada é necessário que a sua demanda nutricional seja atendida para que esses nutrientes sejam convertidos em biomassa e, consequentemente, volume de madeira.

Como pontuado anteriormente, o solo normalmente não atende a demanda nutricional dos povoamentos, e que, ela só será atendida, e será alcançada a

produção projetada, caso haja a reposição nutricional pós desbaste. Com isso, o próximo passo visa calcular a diferença entre a demanda nutricional do povoamento e a disponibilidade de nutrientes no solo.

7º passo: calcular a diferença entre o incremento no conteúdo de nutrientes entre duas idades de interesse e o conteúdo de nutrientes disponibilizado pelo solo;

Com essa diferença foi possível estimar o quanto da demanda nutricional do povoamento está sendo atendida pelo solo e o quanto não está sendo atendida. Para o caso do Cenário 3, a diferença entre a demanda nutricional do povoamento e o conteúdo de nutrientes fornecido pelo solo será suprida através da fertilização pós desbaste. Nesse caso, o conteúdo de nutrientes necessário para atender a demanda nutricional do povoamento foi convertido em uma quantia de um fertilizante mineral comumente utilizado, levando-se em conta a taxa de absorção dos nutrientes pelas árvores, forma comercial do nutriente e teor do nutriente no fertilizante mineral.

Para o caso do Cenário 2, em que não foi feita a reposição nutricional após o desbaste, o incremento no conteúdo de nutrientes do povoamento foi com base apenas no conteúdo de nutrientes fornecidos pelo solo, sendo inferior ao esperado pela projeção (Cenário 3), levando a perdas de produtividade. Estimando-se o incremento no conteúdo de nutrientes do Cenário 2 e o CUB, foi feito o cálculo de produção de biomassa seca esperada para a próxima idade de interesse, multiplicando-se o CUB pelo conteúdo dos nutrientes.

8º passo: estimar a produção de biomassa para a próxima idade de interesse a partir do conteúdo de nutrientes fornecido pelo solo;

Com a estimativa de produção de biomassa seca foi possível calcular a produção de volume de madeira esperada para a próxima idade de interesse através da divisão da biomassa seca pela densidade.

9º passo: estimar a produção de volume madeira, dividindo a produção de biomassa seca pela densidade de tronco esperada para essa idade;

Assim, temos a produção de volume de madeira esperada para a próxima idade de interesse. Dessa forma, para se estimar a perda de produtividade por consequência da não reposição nutricional pós desbaste bastou-se calcular a

diferença entre a produção esperada para o Cenário 3 e para o Cenário 2. Estimada a perda de produtividade, relativa e absoluta, em cada idade de interesse, foi necessário aplicar essa perda de produtividade na projeção do Modelo de Distribuição de Diâmetros.

10º passo: aplicação da perda de produtividade no Modelo de Distribuição de Diâmetros;

Para tal, foi considerado que perdas de produtividade, ou seja, perdas no incremento em volume de madeira de um povoamento florestal se dão pela estagnação no crescimento. Campos e Leite (2017) definem crescimento como a adição progressiva de camadas de lenho em toda a árvore, gerando alterações no tamanho e forma do tronco. Tendo em vista que os desbastes em povoamentos de teca possuem a finalidade de produzir crescimento, principalmente em diâmetro já que as toras mais grossas recebem preço diferenciado, entendeu-se que a melhor forma de representar as perdas de produtividade em um Modelo de Distribuição de Diâmetros seria através da estagnação do incremento em diâmetro.

Diante disso, a perda de produtividade do Cenário 2 foi aplicada ao MDD através do acúmulo da distribuição remanescente pós desbaste ao entorno das menores classes de diâmetro remanescente. Esse acúmulo da distribuição foi realizado de forma que, seguindo-se a projeção, levasse à perda de produtividade estimada na próxima idade de interesse.

4.7 Análise econômica

Para a realização da análise econômica de um projeto florestal é necessário se ter dados de custos e receitas em um fluxo de caixa. Em casos de trabalhos de simulação, em que é feita uma projeção do empreendimento florestal, é necessário se definir uma metodologia que forneça estimativas dos custos e receitas. Essa metodologia deve intencionar ser o mais próxima possível da realidade que seguirá o projeto em análise.

4.7.1 Estrutura dos custos

Para analisar a viabilidade econômica das alternativas de manejo propostas para esses três cenários, foi-se levantado da literatura os principais trabalhos

científicos sobre análise econômica de empreendimentos de teca no Brasil. Oliveira et al. (2023) compilaram os trabalhos mais relevantes nesse sentido, por isso, no presente trabalho foi utilizado a média dos custos de produção destes trabalhos. Todos os valores já haviam sido corrigidos para o ano de 2020 (OLIVEIRA et al, 2023), e foram novamente corrigidos para julho de 2024 seguindo o cálculo do IGP-M.

Tabela 4 - Levantamento dos custos de produção (R\$/ha) de povoamentos de Tectona grandis no Brasil, segundo diferentes autores, corrigidos para julho de 2024.

Idade (anos)	Sanguino (2009)	Sá et al. (2010)	Pires et al. (2020)	Tsukamoto Filho et al. (2003)	Ângelo et al. (2009)	Bezerra et al. (2011)	FAMATO (2013)	Média
0	R\$ 16.522,55	R\$ 9.896,59	R\$ 28.945,62	R\$ 5.557,53	R\$ 10.065,99	R\$ 8.565,59	R\$ 11.207,02	R\$ 12.965,84
1	R\$ 7.889,20	R\$ 2.522,85	R\$ 1.039,39	R\$ 1.868,24	R\$ 2.288,11	R\$ 2.543,42	R\$ 1.372,14	R\$ 2.789,05
2	R\$ 520,30	R\$ 2.883,43	R\$ 1.039,39	R\$ 1.739,98	R\$ 1.372,14	R\$ 2.141,70	R\$ 1.893,65	R\$ 1.655,80
3	R\$ 520,30	R\$ 983,73	R\$ 1.039,39	R\$ 1.739,98	R\$ 913,55	R\$ 1.605,67	R\$ 1.511,29	R\$ 1.187,70
4	R\$ 379,94	R\$ 1.495,56	R\$ 1.039,39	R\$ 1.842,83	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 268,62	R\$ 1.012,77
5	R\$ 379,94	R\$ 447,70	R\$ 1.039,39	R\$ 926,86	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.621,40	R\$ 925,48
6	R\$ 379,94	R\$ 447,70	R\$ 1.039,39	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.497,98	R\$ 877,08
7	R\$ 379,94	R\$ 223,85	R\$ 486,42	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.497,98	R\$ 766,10
8	R\$ 379,94	R\$ 492,47	R\$ 486,42	R\$ 816,75	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.497,98	R\$ 819,52
9	R\$ 379,94	R\$ 285,56	R\$ 486,42	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.511,29	R\$ 776,82
10	R\$ 379,94	R\$ 419,87	R\$ 486,42	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 268,62	R\$ 618,48
11	R\$ 379,94	R\$ 419,87	R\$ 468,27	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.620,19	R\$ 808,97
12	R\$ 379,94	R\$ 467,06	R\$ 468,27	R\$ 816,75	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.501,61	R\$ 813,81
13	R\$ 379,94	R\$ 223,85	R\$ 468,27	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.501,61	R\$ 764,03
14	R\$ 379,94	R\$ 336,38	R\$ 468,27	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.511,29	R\$ 781,49
15	R\$ 379,94	R\$ 371,47	R\$ 468,27	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 268,62	R\$ 608,98
16	R\$ 379,94	R\$ 319,44	R\$ 330,33	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.620,19	R\$ 774,92
17	R\$ 379,94	R\$ 319,44	R\$ 330,33	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.501,61	R\$ 757,98
18	R\$ 379,94	R\$ 272,25	R\$ 330,33	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.501,61	R\$ 751,24
19	R\$ 379,94	R\$ 223,85	R\$ 330,33	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.501,61	R\$ 744,32
20	R\$ 379,94	R\$ 319,44	R\$ 330,33	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 1.501,61	R\$ 757,98
21	R\$ 379,94	R\$ 319,44	R\$ 330,33	R\$ 711,48	R\$ 457,38	R\$ 1.605,67	R\$ 177,87	R\$ 568,87
Total	R\$ 32.291,27	R\$ 23.691,80	R\$ 41.450,97	R\$ 25.269,64	R\$ 22.872,63	R\$ 43.758,44	R\$ 38.355,79	R\$ 32.527,22

Fonte: EMBRAPA (2023).

Para o levantamento dos custos dos desbastes, corte final e para a operação de fertilização, no caso do Cenário 3, os valores utilizados foram fornecidos pela empresa Guavirá. Os valores dos custos das operações de desbaste e corte final foram calculados em função do volume de madeira retirada do povoamento. Para os custos dos fertilizantes a serem utilizados na fertilização pós desbaste, foi feito um levantamento do preço de mercado através de pesquisas em sites de empresas de fertilizantes no estado do Mato Grosso em julho de 2024. Para a operação de fertilização os valores de custo foram calculados em função de 1 (um) hectare.

4.7.2 Estrutura das receitas

Para a determinação das receitas provenientes da venda da madeira dos desbastes e do corte final foram valoradas conforme suas dimensões e uso final. Madeiras de maiores diâmetros terão maior valor agregado (laminação e serraria). Os preços utilizados para as diferentes classes de diâmetro podem ser observados na Tabela 5 e foram fornecidos pela empresa Guavirá. Os valores de preço por classe de DAP foram aplicados sobre o diâmetro médio do povoamento no momento dos desbastes e do corte final, e foi considerado que serão retiradas toras com casca, ou seja, foi considerado o volume de tronco, por ser o praticado hoje pela empresa Guavirá. Nesta análise, não foi feita distinção de receitas para especificações de venda da madeira; as receitas geradas contemplaram todas as alternativas de comercialização.

*Tabela 5 - Tabela de preço da madeira em tora de *Tectona grandis* (US\$/m³) em função da classe de diâmetro (DAP).*

Tabela de preços	
DAP (cm)	USD (\$)
22 - 25	\$ 10,00
25 - 28	\$ 60,00
28 - 31	\$ 110,00
31 - 35	\$ 160,00
35 - 38	\$ 210,00
38 - 41	\$ 260,00
41 - 44	\$ 310,00
44 - 47	\$ 360,00
> 47	\$ 410,00

Fonte: Guavirá.

4.7.3 Critérios para análise econômica

Após a quantificação dos custos despendidos e receitas geradas ao longo do projeto, foram elaborados os respectivos fluxos de caixa para as diferentes alternativas de manejo utilizadas (cenários 1, 2 e 3) para cada um dos talhões selecionados (talhão A, B e C). Para verificar a viabilidade econômica dos povoamentos, foram utilizados os seguintes critérios de análise econômica de projetos:

4.7.3.1 Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL é um método que leva em conta a variação do valor do capital ao longo do tempo e pode ser descrito como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa relacionado ao projeto. A viabilidade econômica de um projeto avaliado pelo método do VPL é determinada pela diferença positiva entre receitas e custos atualizados conforme uma taxa de desconto específica.

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

4.7.3.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

É a taxa de desconto que iguala o VPL a 0. Ou seja, é a taxa percentual do retorno do capital investido. O projeto será viável se a sua TIR for maior que a Taxa Mínima de Atratividade – TMA.

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

Os termos são: R_j = valor das receitas do projeto; C_j = valor dos custos do projeto; i = taxa de juros; j = período em que a receita ou o custo ocorrem; n = número máximo de períodos.

4.7.3.3 Relação Benefício Custo (B/C)

Razão entre o valor atual das receitas e o valor atual dos custos.

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

4.7.3.4 Valor anual equivalente (VAE)

O VAE transforma o valor atual do projeto, ou o seu VPL, em um fluxo de receitas ou custos contínuos. Ele representa a parcela periódica e constante necessária ao pagamento de uma quantia igual ao VPL do projeto em análise, ao longo de sua vida útil. O VAE representa o lucro descontado que o projeto proporciona a cada ano.

$$VAE = \frac{VPL \times i}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

4.7.3.5 Payback

Tempo necessário para que as receitas se igualem aos custos. O *payback* verifica qual é o tempo de retorno do capital, ou seja, o tempo necessário para que o somatório das receitas iguale ao somatório dos custos. No caso do *payback* simples não há taxa de juros, ou ela é considerada igual 0 (zero). O *payback* descontado considera a taxa de juros definida para a análise econômica.

$$\frac{\sum_{j=0}^n R_j}{j} - \frac{\sum_{j=0}^n C_j}{j} = 0$$

A taxa de desconto escolhida foi de 6% ao ano, por ser uma das mais utilizadas pelo setor florestal brasileiro, que tradicionalmente trabalha com taxas entre 4 e 8% (MOREIRA, 2022).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Modelo de Distribuição de Diâmetros

A projeção da distribuição diamétrica, por classes de diâmetro, nas idades futuras, foi realizada através de regressões que utilizaram como variáveis dependentes os parâmetros da função Weibull em uma idade futura (β_2 e γ_2) e, como variáveis independentes, os parâmetros da função Weibull em uma idade atual (β_1 e γ_1) e outros atributos do povoamento em uma idade atual e futura. Os atributos do

povoamento que foram testados são: idade, diâmetro máximo, diâmetro médio, altura média e número de árvores.

O modelo de distribuição diamétrica ajustado resultou no seguinte sistema de equações:

$$Ht = 24,595793 \times e^{-e^{(0,906354 - 0,08047 \times DAP)}} \quad R^2 = 0,88$$

$$\beta = \alpha_1 \times \frac{e^{-e^{(0,946026 - 0,218334 \times I_2)}}}{e^{-e^{(0,946026 - 0,218334 \times I_1)}}} \quad R^2 = 0,96$$

$$\gamma_2 = e^{(1,102306 + 0,654279 \times \ln(\gamma_1)) - 0,02843 \times (Dmax_2 - Dmed_2)} \quad R^2 = 0,93$$

$$Dmax_2 = Dmax_1 \times \frac{e^{-e^{(0,897001 - 0,209695 \times I_2)}}}{e^{-e^{(0,897001 - 0,209695 \times I_1)}}} \quad R^2 = 0,98$$

$$Dmed_2 = Dmed_1 \times \frac{e^{-e^{(0,954660 - 0,221265 \times I_2)}}}{e^{-e^{(0,954660 - 0,221265 \times I_1)}}} \quad R^2 = 0,98$$

I_1 e I_2 são as idades atual e futura, respectivamente, em meses; γ_1 e γ_2 são os parâmetros de forma da função Weibull nas idades atual e futura; β_1 e β_2 são os parâmetros de escala da função Weibull nas idades atual e futura; $Dmax_1$ e $Dmax_2$ são os diâmetros máximos nas idades atual e futura, em cm; $Dmed_1$ e $Dmed_2$ são os diâmetros médios nas idades atual e futura, em cm; DAP é o diâmetro da árvore à altura do peito (130 cm do chão).

A análise gráfica dos resíduos foi realizada através da correlação entre os parâmetros β_2 e γ_2 estimados pela função Weibull com o estimado pelas equações. De acordo com a análise gráfica dos resíduos (Figura 2 - Gráficos de resíduos das estimativas de β_2 e γ_2), sistema gera estimativas de β_2 e γ_2 precisas e consistentes.

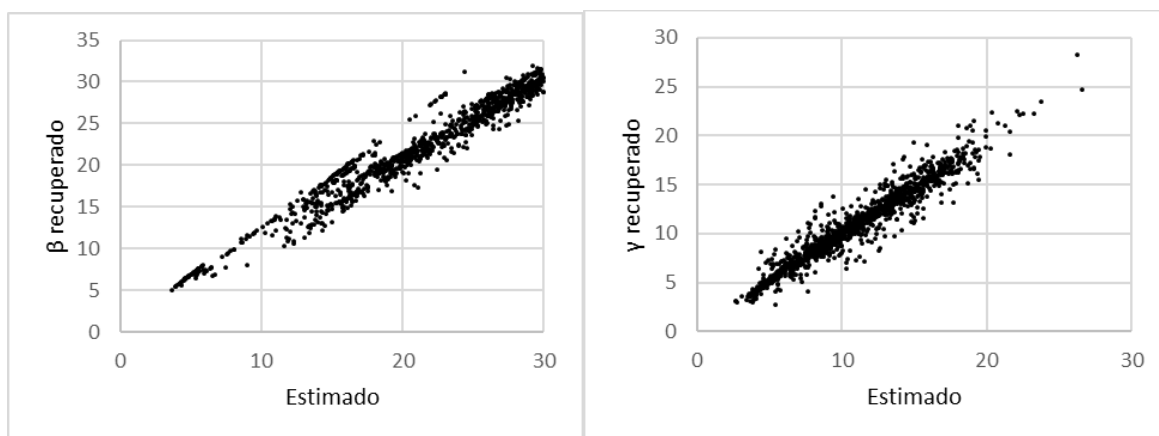


Figura 2 - Gráficos de resíduos das estimativas de β_2 e γ_2 .

A projeção da distribuição dos diâmetros foi feita a partir de uma distribuição observada em uma idade atual e projetada para uma idade futura. A redistribuição teórica dos diâmetros por classe de diâmetro para cada talhão pode ser observadas nas figuras Figura 3 a Figura 5:

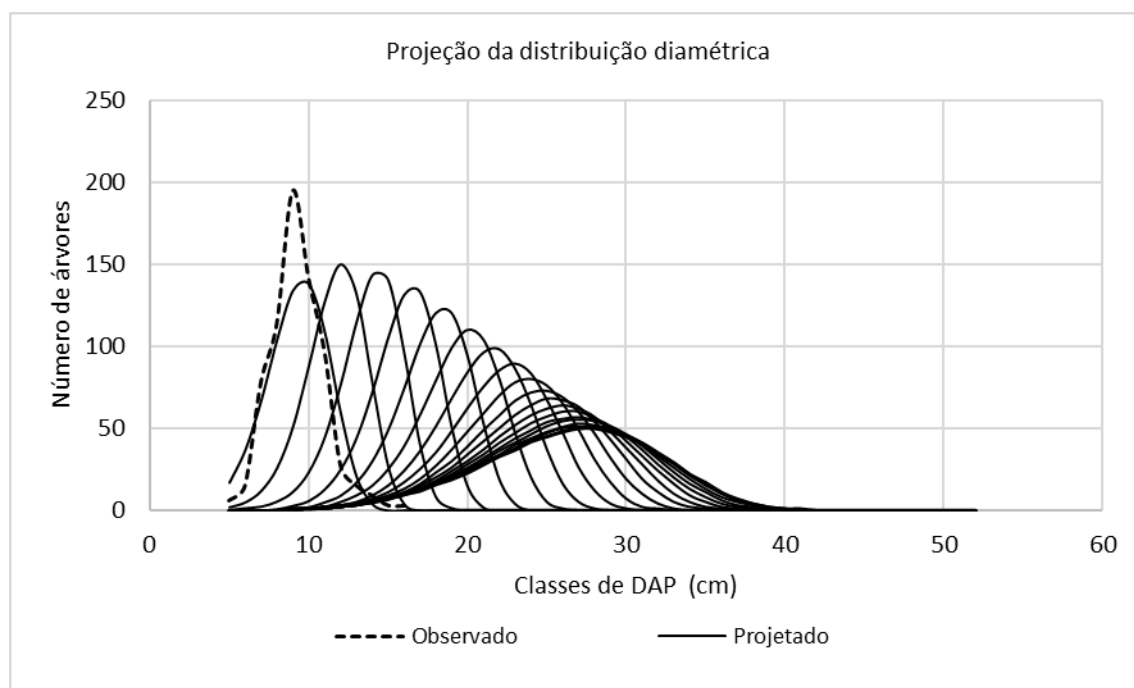


Figura 3 - Distribuições diamétricas projetadas para as idades subsequentes através das equações obtidas - talhão A.

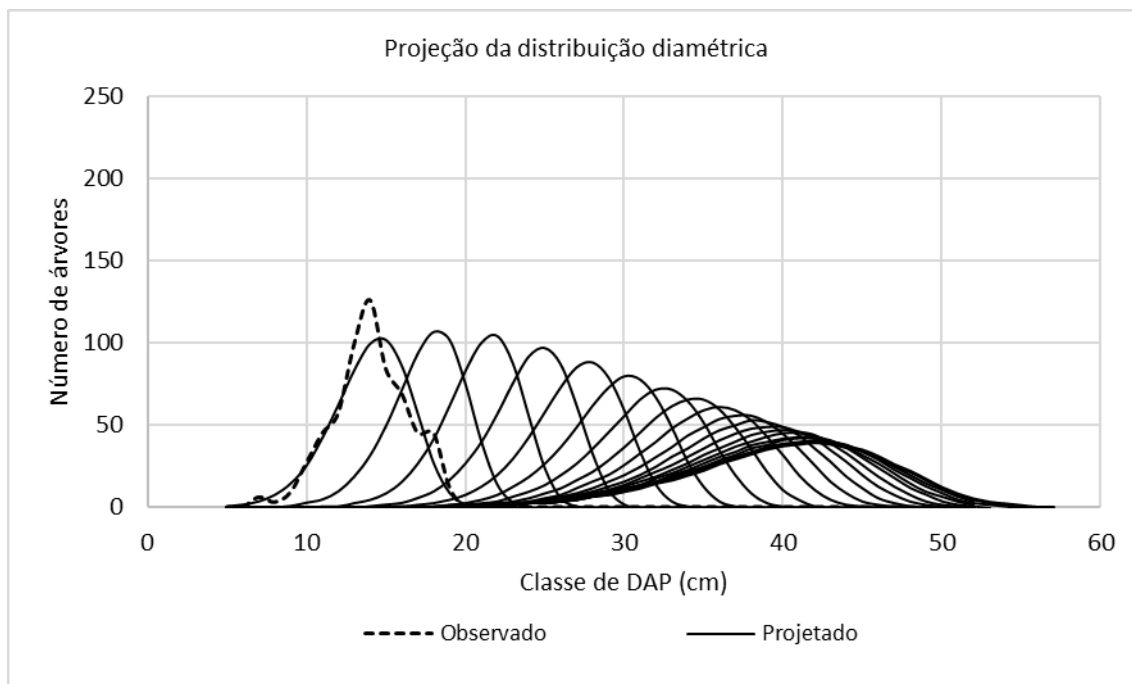


Figura 4 - Distribuições diamétricas projetadas para as idades subsequentes através das equações obtidas - talhão B.

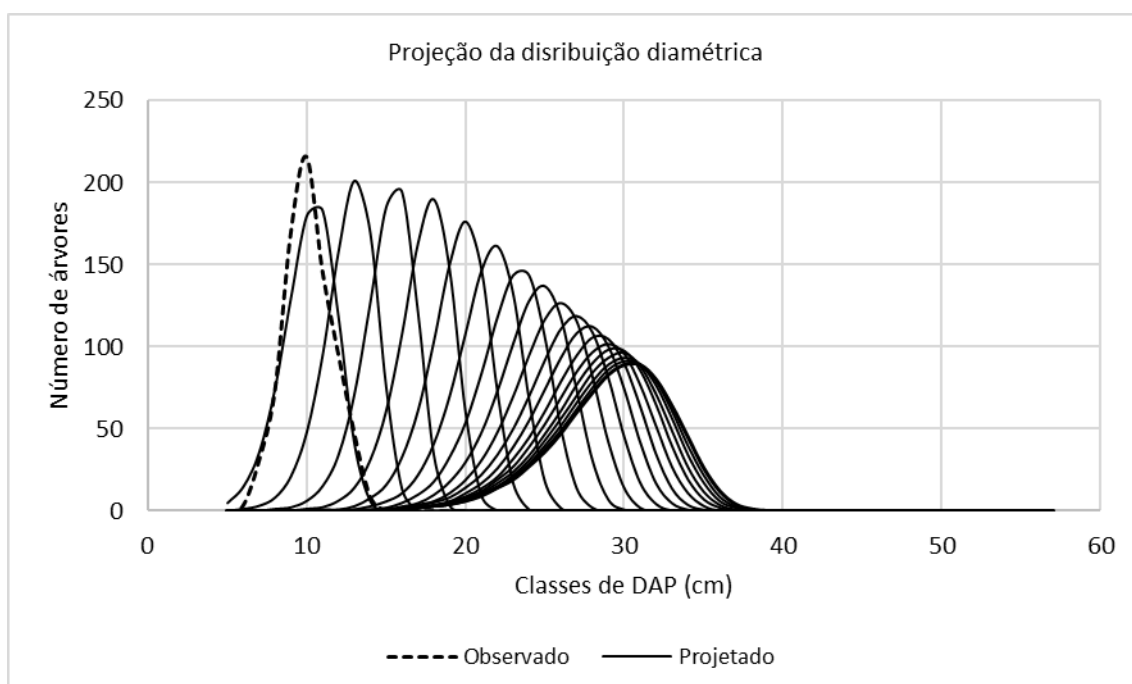


Figura 5 - Distribuições diamétricas projetadas para as idades subsequentes através das equações obtidas - talhão C.

É possível observar, através da projeção, o comportamento da estrutura de cada um dos povoamentos. O talhão B demonstra achatamento à direita que se torna mais acentuado em idades mais avançadas da projeção, demonstrando o

deslocamento da distribuição e ingresso de árvores em classes de diâmetro superiores. Para o caso dos talhões A e C é possível notar um maior acúmulo da distribuição próxima à média dos diâmetros e um menor ingresso de árvores nas maiores classes de diâmetro.

Esse tipo de comportamento representa um menor crescimento dos povoamentos, menor diâmetro médio e consequente pior desempenho financeiro do projeto florestal, principalmente para teca. Com isso, a principal alternativa para se contornar essa situação é a realização de desbastes, que visa promover o incremento em diâmetro do povoamento através da redução do número de árvores por hectare e consequentemente a redução da competição pelos recursos necessários para o crescimento.

5.2 Desbastes

Por meio das distribuições projetadas nota-se o achatamento das curvas em relação ao eixo horizontal e uma redução das distâncias entre curvas de anos sucessivos. Esse comportamento demonstra a redução do ingresso de árvores em sucessivas classes de diâmetro ao longo da rotação. A partir de uma certa idade esse ingresso se torna não significativo, comprometendo a viabilidade financeira dos projetos de povoamentos de teca. Dessa forma, são realizados desbastes para que não ocorra essa estagnação do crescimento em diâmetro.

Foram simulados desbastes para cada um dos talhões nas idades de 6, 10 e 14 anos, e com intensidades de 25, 25 e 30% da área basal, respectivamente. Para essa análise foi considerado o Cenário 3 dentre as alternativas de manejo florestal definidas, onde a distribuição diamétrica após o desbaste segue a projeção do MDD, sem ocorrência de perdas de produtividade.

Tabela 6 - Resultados da simulação de desbastes: frequência total por hectare e áreas basais ($m^2/ha-1$) total, desbastada e remanescente, nas idades de 6, 10 e 14 anos, de 25, 25 e 30% da área basal – Talhão A.

Idade	B inicial	B desbastada	B remanescente	N inicial	N desbastado	N remanescente
6	10,65	2,66	7,99	693	244	449
10	8,00	4,49	13,48	449	139	310
14	10,51	5,57	12,94	309	109	199

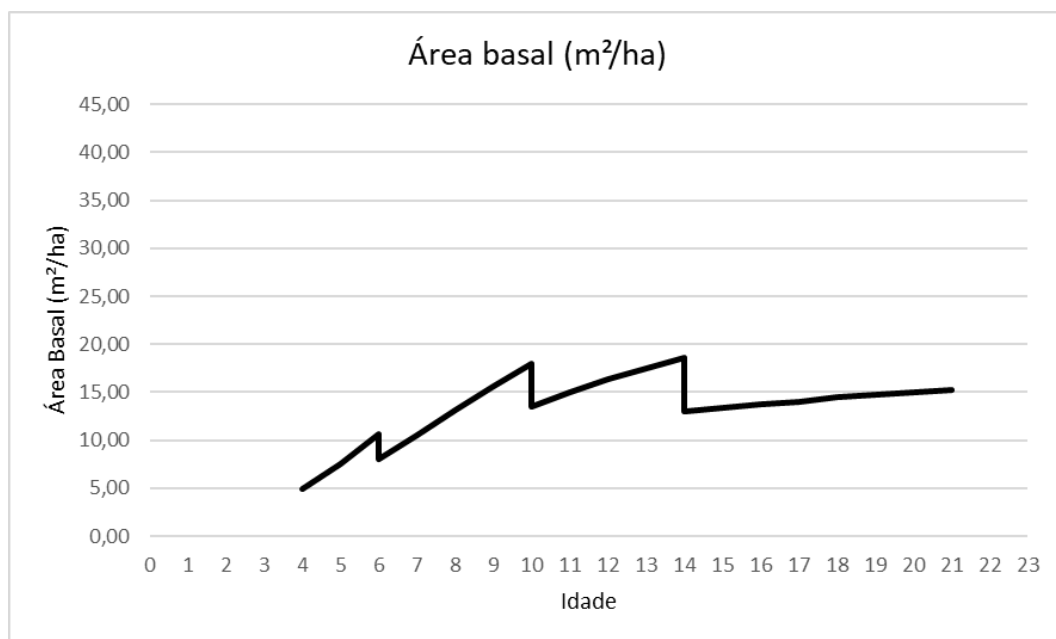


Figura 6 - Representação gráfica da redução da área basal em função dos desbastes – Talhão A.

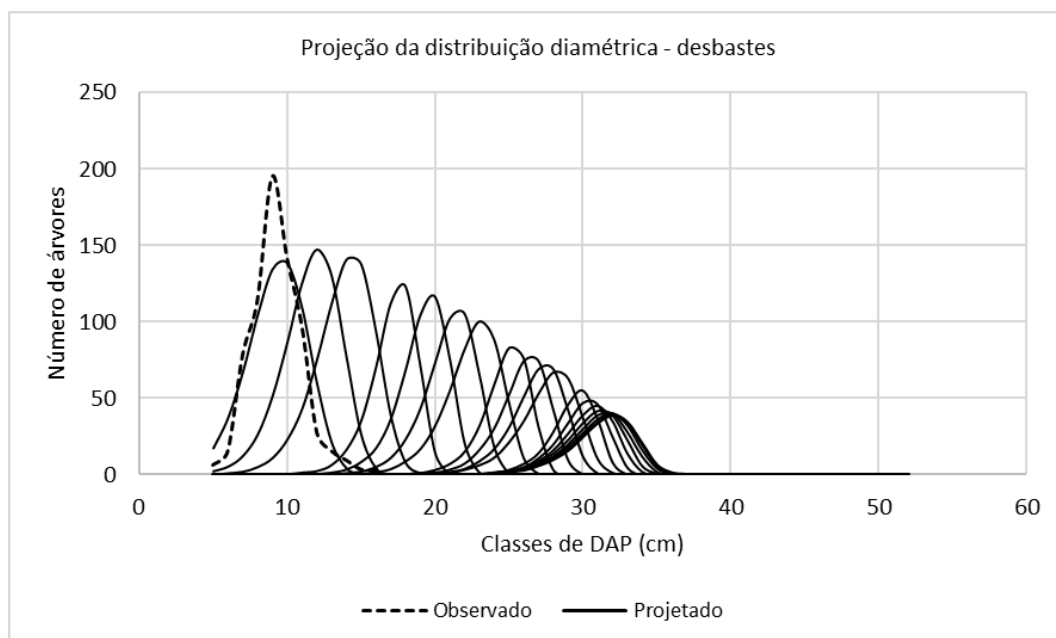


Figura 7 - Projeção da distribuição diamétrica considerando-se a realização dos desbastes simulados – Talhão A.

Tabela 7 - Resultados da simulação de desbastes: frequência total por hectare e áreas basais (m²/ha-1) total, desbastada e remanescente, nas idades de 6, 10 e 14 anos, de 25, 25 e 30% da área basal – Talhão B.

Idade	B inicial	B desbastada	B remanescente	N inicial	N desbastado	N remanescente
-------	-----------	--------------	----------------	-----------	--------------	----------------

6	22,12	5,53	16,59	632	211	421
10	36,98	9,25	27,74	420	130	290
14	38,12	11,44	26,69	289	103	186

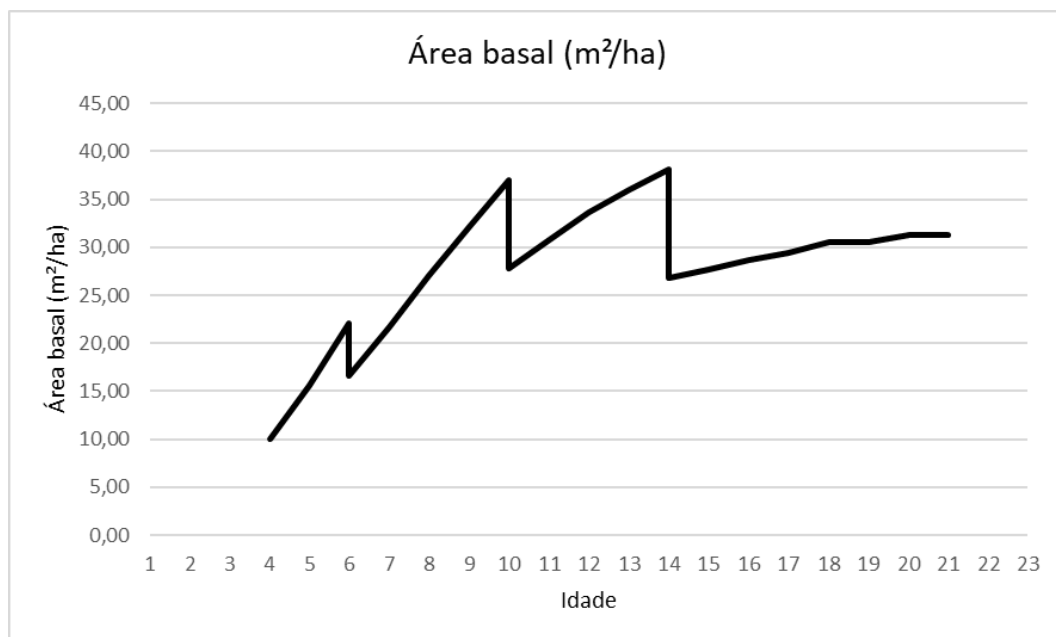


Figura 8 - Representação gráfica da redução da área basal em função dos desbastes – Talhão B.

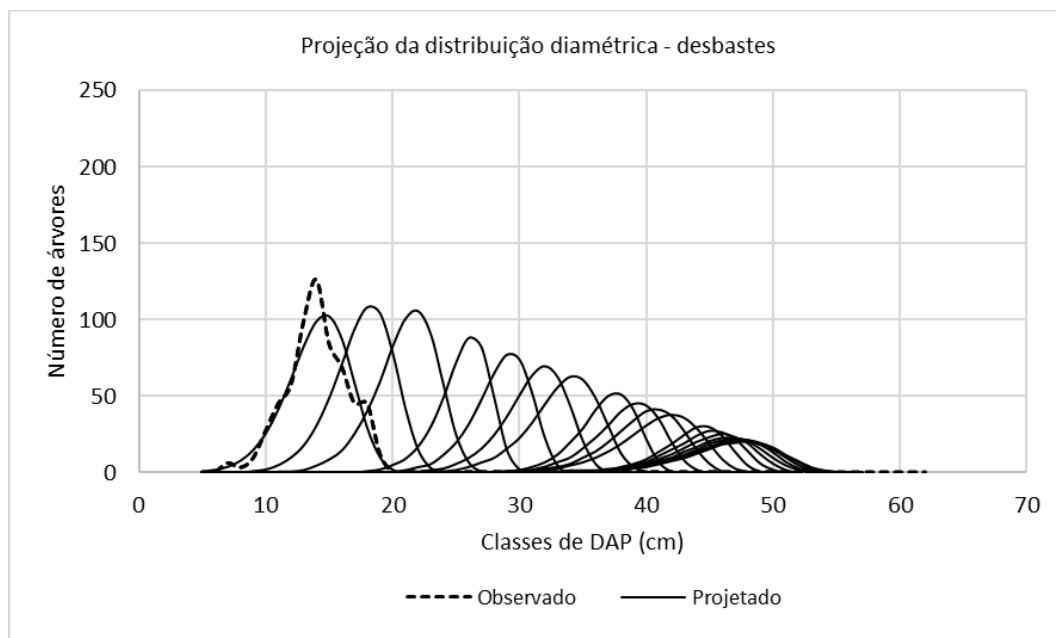


Figura 9 - Projeção da distribuição diamétrica considerando-se a realização dos desbastes simulados – Talhão B.

Tabela 8 - Resultados da simulação de desbastes: frequência total por hectare e áreas basais (m^2/ha -1) total, desbastada e remanescente, nas idades de 6, 10 e 14 anos, de 25, 25 e 30% da área basal – Talhão C.

Idade	B inicial	B desbastada	B remanescente	N inicial	N desbastado	N remanescente
6	14,27	3,57	10,71	789	260	529
10	23,92	5,98	17,94	529	159	370
14	24,75	7,43	17,33	369	129	240

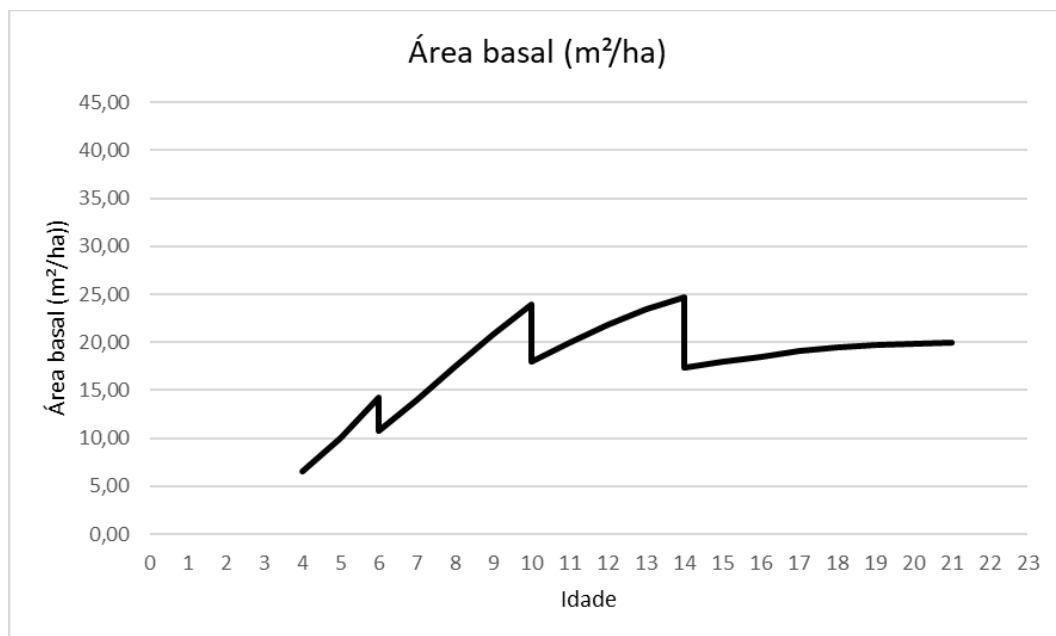


Figura 10 - Representação gráfica da redução da área basal em função dos desbastes – Talhão C.

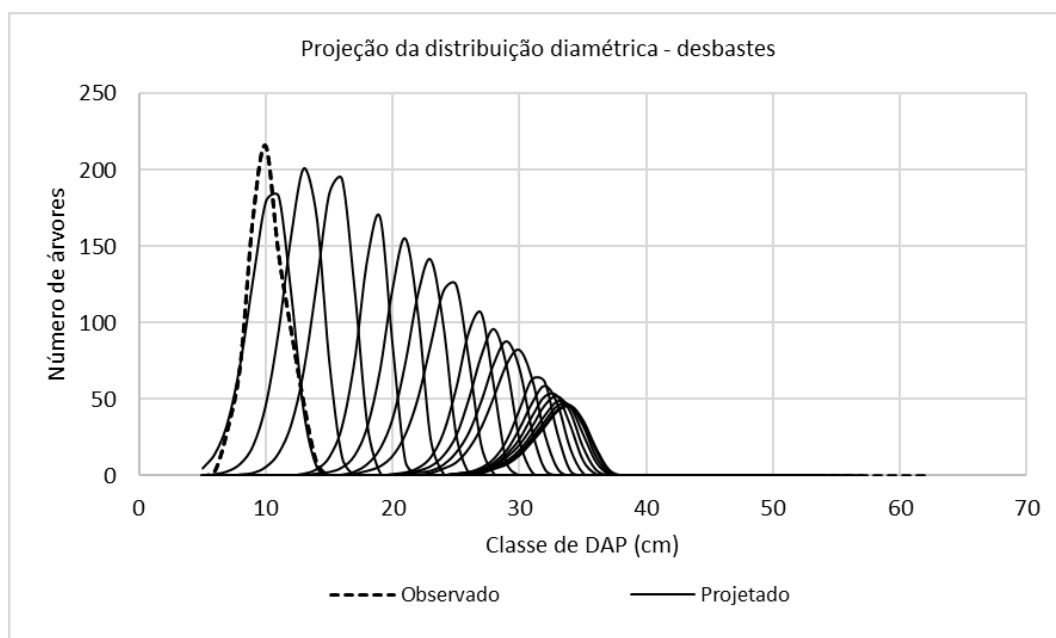


Figura 11 - Projeção da distribuição diamétrica considerando-se a realização dos desbastes simulados – Talhão C.

É possível observar pela análise gráfica da projeção da distribuição que o comportamento de redução do ingresso de árvores em sucessivas classes de diâmetros ocorre, também, mesmo após os desbastes, pois é uma característica inerente do crescimento fisiológico sigmoidal de indivíduos arbóreos. Mas é importante notar que, em todos os talhões, ao se comparar a projeção da distribuição diamétrica sem e com a realização de desbastes, a projeção onde foram realizados desbastes gerou maiores incrementos em diâmetros, o que é o objetivo dos desbastes. Isso demonstra a coerência do modelo obtido em representar a realidade biológica, e teórica, da realização dos desbastes.

Essa análise indica que os desbastes simulados foram bem-sucedidos, tendo em vista que mitigou a estagnação do crescimento e gerou incrementos em diâmetro em todos os talhões, o que pode ser um fator decisivo para a viabilidade financeira de um projeto com teca.

5.3 Biomassa, nutrientes e reposição nutricional pós desbaste

A estimativa da produção, partição e conteúdo de biomassa e de acúmulo de macronutrientes foi realizada em cada classe de diâmetro para cada talhão considerando o Cenário 3 dentre as alternativas de manejo florestal definidas, onde a distribuição diamétrica após o desbaste segue a projeção do MDD, sem ocorrência de perdas de produtividade. A estimativa foi realizada e totalizada em cada idade de interesse, considerando o povoamento antes do desbaste, o que foi desbastado e o remanescente.

Com base no acúmulo dos macronutrientes em cada idade de interesse e nas quantidades de macronutrientes disponibilizados pelo solo, foi avaliado o suprimento da demanda nutricional do povoamento através solo, ou, se caso não seja realizada a reposição nutricional pós desbaste, levarão a perdas de produtividade. Para o caso em que o solo não suprir a demanda nutricional do povoamento, a diferença entre o incremento nutricional esperado pela distribuição e as quantidades de macronutrientes fornecidos pelo solo será utilizada para a estimativa das quantidades de fertilizantes que será necessária para atender a demanda nutricional do povoamento.

Tabela 9 - Estimativa do conteúdo e da partição de biomassa seca (kg/ha) nos diferentes componentes de Tectona grandis no Talhão A, em diferentes idades de manejo, em Nova Maringá – MT.

Idade	Componente	Inicial	Desbaste	Remanescente
6	Parte aérea	25.912,55	5.925,42	19.987,13
	Tronco	20.020,69	4.481,99	15.538,70
	Lenho	17.187,66	3.815,80	13.371,86
	Copa	5.891,87	1.443,43	4.448,43
	Casca	2.833,03	666,19	2.166,84
	Partição para casca (%)	10,93	11,24	10,84
10	Parte aérea	55.138,90	13.033,83	42.105,07
	Tronco	44.690,40	10.452,18	34.238,22
	Lenho	39.178,91	9.116,89	30.062,02
	Copa	10.448,50	2.581,65	7.866,85
	Casca	5.511,48	1.335,29	4.176,20
	Partição para casca (%)	10,00	10,24	9,92
14	Parte aérea	63.225,78	13.033,83	50.191,95
	Tronco	52.185,65	10.452,18	41.733,47
	Lenho	46.169,69	9.116,89	37.052,80
	Copa	11.040,13	2.581,65	8.458,48
	Casca	6.015,95	1.335,29	4.680,67
	Partição para casca (%)	9,52	10,24	9,33
21	Parte aérea	55.104,82		
	Tronco	45.962,70		
	Lenho	40.894,45		
	Copa	9.142,12		
	Casca	5.068,25		
	Partição para casca (%)	9,20		

Tabela 10 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de Tectona grandis no Talhão A, aos 6 anos de idade, em Nova Maringá – MT.

Inicial					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	97,22	35,71	21,33	59,89	14,38
P	8,22	4,20	2,44	3,76	1,77
K	118,74	80,00	56,51	36,12	23,49
Ca	108,20	58,72	19,57	47,32	39,14
Mg	43,05	25,69	12,85	16,58	12,84
S	18,83	10,52	8,13	7,94	2,39
Desbaste					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca

N	24,77	8,70	5,28	15,63	3,41
P	2,13	1,04	0,62	1,01	0,42
K	29,39	19,32	13,75	9,38	5,56
Ca	26,29	13,77	4,72	11,92	9,05
Mg	10,21	5,95	3,05	4,03	2,90
S	4,57	2,46	1,90	2,01	0,55
Remanescente					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	72,45	27,01	16,05	44,27	10,96
P	6,09	3,16	1,81	2,75	1,35
K	89,35	60,68	42,76	26,74	17,92
Ca	81,91	44,95	14,86	35,40	30,09
Mg	32,84	19,74	9,80	12,55	9,94
S	14,26	8,07	6,22	5,93	1,84

Tabela 11 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de Tectona grandis no Talhão A, aos 10 anos de idade, em Nova Maringá – MT.

Inicial					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	155,65	64,32	36,81	90,05	27,51
P	12,59	7,24	3,84	5,22	3,40
K	205,10	147,29	101,99	54,94	45,30
Ca	195,94	116,50	36,24	78,09	80,26
Mg	83,04	52,56	24,68	29,95	27,88
S	34,21	21,14	16,17	12,95	4,97
Desbaste					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	39,39	15,83	9,15	23,13	6,68
P	3,22	1,80	0,98	1,37	0,83
K	50,99	36,07	25,10	14,07	10,98
Ca	48,17	28,03	8,86	19,62	19,16
Mg	20,11	12,55	5,98	7,37	6,57
S	8,40	5,07	3,89	3,26	1,18
Remanescente					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	116,26	48,49	27,66	66,92	20,83
P	9,37	5,44	2,87	3,86	2,57
K	154,11	111,22	76,89	40,87	34,32
Ca	147,76	88,47	27,38	58,47	61,09
Mg	62,92	40,00	18,69	22,58	21,31
S	25,81	16,07	12,28	9,68	3,79

Tabela 12 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de Tectona grandis no Talhão A, aos 14 anos de idade, em Nova Maringá – MT.

Inicial					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	157,36	68,43	38,44	88,60	29,98
P	12,48	7,56	3,86	4,97	3,70
K	214,26	158,18	108,59	54,33	49,59
Ca	208,92	129,24	39,01	79,99	90,22
Mg	90,99	59,08	26,99	31,90	32,09
S	36,52	23,58	17,96	13,19	5,62
Desbaste					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	47,77	20,35	11,52	27,19	8,83
P	3,82	2,27	1,17	1,54	1,09
K	64,19	46,86	32,28	16,64	14,58
Ca	62,07	37,78	11,55	24,15	26,24
Mg	26,73	17,18	7,94	9,48	9,24
S	10,85	6,88	5,25	3,99	1,63
Remanescente					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	109,59	48,08	26,92	61,41	21,15
P	8,66	5,29	2,69	3,42	2,61
K	150,07	111,32	76,31	37,69	35,01
Ca	146,85	91,45	27,47	55,84	63,98
Mg	64,26	41,90	19,05	22,42	22,85
S	25,68	16,70	12,71	9,20	3,99

Tabela 13 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de Tectona grandis no Talhão A, aos 21 anos de idade, em Nova Maringá – MT.

Inicial					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	126,81	56,90	31,60	70,22	25,30
P	9,94	6,21	3,10	3,86	3,11
K	176,18	132,31	90,34	43,19	41,96
Ca	173,97	110,28	32,68	64,98	77,60
Mg	77,06	50,83	22,83	26,55	28,00
S	30,44	20,19	15,34	10,68	4,85

Tabela 14 - Estimativa do conteúdo e da partição de biomassa seca (kg/ha) nos diferentes componentes de Tectona grandis no Talhão B, em diferentes idades de manejo, em Nova Maringá – MT.

Idade	Componente	Inicial	Desbaste	Remanescente
6	Parte aérea	65.849,48	15.231,97	50.617,51
	Tronco	53.073,41	12.092,46	40.980,95

	Lenho	46.406,92	10.499,96	35.906,96
	Copa	12.776,07	3.139,51	9.636,56
	Casca	6.666,49	1.592,50	5.073,99
	Partição para casca (%)	10,12	10,45	10,02
10	Parte aérea	139.083,74	32.801,56	106.282,18
	Tronco	116.665,21	27.264,70	89.400,52
	Lenho	104.131,70	24.211,88	79.919,82
	Copa	22.418,53	5.536,86	16.881,67
	Casca	12.533,52	3.052,82	9.480,70
	Partição para casca (%)	9,01	9,31	8,92
14	Parte aérea	159.379,20	45.247,69	114.131,51
	Tronco	135.771,12	38.277,69	97.493,43
	Lenho	122.298,73	34.333,00	87.965,73
	Copa	23.608,08	6.970,00	16.638,08
	Casca	13.472,39	3.944,69	9.527,70
	Partição para casca (%)	8,45	8,72	8,35
21	Parte aérea	139.716,05		
	Tronco	120.108,61		
	Lenho	108.818,25		
	Copa	19.607,43		
	Casca	11.290,36		
	Partição para casca (%)	8,08		

Tabela 15 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de Tectona grandis no Talhão B, aos 6 anos de idade, em Nova Maringá – MT.

Inicial (kg/há)					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	192,88	78,49	45,17	112,51	33,32
P	15,69	8,89	4,77	6,59	4,12
K	251,65	179,23	124,43	68,55	54,80
Ca	238,94	140,42	44,07	96,39	96,35
Mg	100,45	63,10	29,87	36,54	33,23
S	41,70	25,44	19,49	16,00	5,95
Desbaste (kg/há)					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	48,98	19,19	11,20	29,15	7,99
P	4,04	2,21	1,22	1,75	0,99
K	62,37	43,51	30,40	17,70	13,11
Ca	58,32	33,26	10,68	24,24	22,59
Mg	24,02	14,80	7,15	8,92	7,65
S	10,17	6,00	4,61	4,04	1,39

Remanescente (kg/há)					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	143,89	59,30	33,97	83,36	25,33
P	11,65	6,69	3,55	4,84	3,13
K	189,28	135,72	94,03	50,85	41,70
Ca	180,62	107,15	33,39	72,15	73,76
Mg	76,43	48,30	22,72	27,61	25,58
S	31,53	19,44	14,87	11,96	4,56

Tabela 16 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de Tectona grandis no Talhão B, aos 10 anos de idade, em Nova Maringá – MT.

Inicial					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	306,32	139,85	77,19	168,08	62,66
P	23,85	15,17	7,47	9,12	7,70
K	430,36	326,25	222,12	103,56	104,14
Ca	427,93	274,98	80,66	157,67	194,32
Mg	191,33	127,32	56,64	65,28	70,67
S	74,91	50,44	38,26	25,86	12,18
Desbaste					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	77,50	34,41	19,19	43,15	15,23
P	6,10	3,77	1,90	2,39	1,88
K	106,95	79,86	54,63	26,52	25,23
Ca	105,16	66,12	19,72	39,61	46,40
Mg	46,32	30,39	13,73	16,05	16,66
S	18,40	12,09	9,19	6,52	2,90
Remanescente					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	228,82	105,44	58,00	124,92	47,44
P	17,76	11,40	5,57	6,74	5,82
K	323,41	246,39	167,49	77,04	78,90
Ca	322,76	208,86	60,94	118,07	147,92
Mg	145,01	96,93	42,92	49,23	54,01
S	56,51	38,34	29,06	19,34	9,28

Tabela 17 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de Tectona grandis no Talhão B, aos 14 anos de idade, em Nova Maringá – MT.

Inicial					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	308,66	148,27	80,34	164,84	67,93
P	23,58	15,77	7,48	8,65	8,29
K	448,07	349,19	235,69	102,08	113,50
Ca	454,73	304,01	86,54	160,97	217,47

Mg	208,94	142,63	61,73	69,30	80,90
S	79,71	56,06	42,34	26,26	13,72
Desbaste					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	92,98	43,64	23,85	50,27	19,79
P	7,17	4,68	2,26	2,68	2,42
K	132,98	102,33	69,34	31,06	32,99
Ca	133,70	87,77	25,33	48,20	62,44
Mg	60,67	40,93	17,94	20,38	22,99
S	23,42	16,15	12,22	7,88	3,93
Remanescente					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	215,68	104,63	56,49	114,57	48,14
P	16,41	11,09	5,22	5,97	5,87
K	315,09	246,86	166,35	71,02	80,52
Ca	321,03	216,24	61,21	112,77	155,03
Mg	148,27	101,70	43,79	48,91	57,91
S	56,29	39,92	30,13	18,38	9,79

Tabela 18 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de *Tectona grandis* no Talhão B, aos 21 anos de idade, em Nova Maringá – MT.

Corte final					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	249,33	123,67	66,23	130,91	57,44
P	18,82	13,00	6,02	6,73	6,98
K	369,48	293,00	196,69	81,32	96,31
Ca	379,83	260,36	72,72	131,10	187,63
Mg	177,56	123,18	52,40	57,85	70,78
S	66,63	48,18	36,29	21,31	11,89

Tabela 19 - Estimativa do conteúdo e da partição de biomassa seca (kg/ha) nos diferentes componentes de *Tectona grandis* no Talhão C, em diferentes idades de manejo, em Nova Maringá – MT.

Idade	Componente	Inicial	Desbaste	Remanescente
6	Parte aérea	35.992,64	8.380,20	27.612,44
	Tronco	28.031,58	6.420,77	21.610,81
	Lenho	24.141,63	5.493,16	18.648,46
	Copa	7.961,07	1.959,43	6.001,63
	Casca	3.889,95	927,61	2.962,34
	Partição para casca (%)	10,81	11,07	10,73
10	Parte aérea	75.619,95	17.944,16	57.675,79
	Tronco	61.626,20	14.491,76	47.134,44
	Lenho	54.169,67	12.682,16	41.487,51

	Copa	13.993,75	3.452,40	10.541,36
	Casca	7.456,53	1.809,61	5.646,93
	Partição para casca (%)	9,86	10,08	9,79
14	Parte aérea	86.558,32	24.990,77	61.567,55
	Tronco	71.773,81	20.583,28	51.190,53
	Lenho	63.654,64	18.189,77	45.464,86
	Copa	14.784,51	4.407,48	10.377,03
	Casca	8.119,17	2.393,51	5.725,66
	Partição para casca (%)	9,38	9,58	9,30
21	Parte aérea	74.555,18		
	Tronco	62.446,32		
	Lenho	55.689,74		
	Copa	12.108,86		
	Casca	6.756,58		
	Partição para casca (%)	9,06		

Tabela 20 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de Tectona grandis no Talhão C, aos 6 anos de idade, em Nova Maringá – MT.

Inicial					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	129,25	48,37	28,70	78,83	19,67
P	10,85	5,65	3,23	4,88	2,42
K	159,78	108,73	76,57	47,63	32,16
Ca	146,68	80,74	26,63	63,21	54,11
Mg	58,94	35,50	17,59	22,47	17,91
S	25,54	14,50	11,18	10,59	3,31
Desbaste					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	32,83	11,85	20,40	20,40	4,72
P	2,79	1,40	1,29	1,29	0,58
K	39,65	26,45	12,29	12,29	7,71
Ca	35,87	19,19	15,91	15,91	12,73
Mg	14,13	8,36	5,50	5,50	4,13
S	6,24	3,43	2,68	2,68	0,78
Remanescente					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	96,43	36,52	8,29	58,42	14,95
P	8,06	4,25	1,94	3,59	1,84
K	120,13	82,28	64,28	35,35	24,45
Ca	110,81	61,55	10,72	47,31	41,39
Mg	44,81	27,14	12,09	16,97	13,78
S	19,30	11,06	8,51	7,92	2,54

Tabela 21 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de Tectona grandis no Talhão C, aos 10 anos de idade, em Nova Maringá – MT.

Inicial					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	205,78	86,32	49,14	118,10	37,18
P	16,55	9,67	5,07	6,78	4,59
K	273,77	198,21	136,90	72,17	61,31
Ca	263,12	158,26	48,80	103,64	109,46
Mg	112,40	71,67	33,39	40,21	38,29
S	45,96	28,76	21,98	17,15	6,79
Desbaste					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	51,84	21,23	12,19	30,14	9,04
P	4,21	2,40	1,28	1,76	1,12
K	67,91	48,52	33,65	18,37	14,87
Ca	64,63	38,15	11,93	25,95	26,21
Mg	27,25	17,17	8,10	9,88	9,06
S	11,28	6,92	5,29	4,31	1,62
Remanescente					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	153,93	65,09	36,95	87,96	28,15
P	12,34	7,27	3,79	5,02	3,48
K	205,86	149,69	103,25	53,79	46,44
Ca	198,48	120,12	36,87	77,69	83,25
Mg	85,15	54,51	25,28	30,33	29,22
S	34,68	21,85	16,68	12,85	5,17

Tabela 22 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de Tectona grandis no Talhão C, aos 14 anos de idade, em Nova Maringá – MT.

Inicial					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	208,25	91,80	51,32	116,41	40,48
P	16,43	10,09	5,10	6,47	4,99
K	286,05	212,75	145,71	71,48	67,04
Ca	280,45	175,33	52,51	106,23	122,82
Mg	123,04	80,43	36,48	42,81	43,96
S	49,05	32,04	24,37	17,49	7,66
Desbaste					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	63,14	27,30	15,37	35,66	11,93
P	5,02	3,02	1,55	2,01	1,47
K	85,65	63,03	43,31	21,86	19,72
Ca	83,31	51,29	15,54	32,05	35,75
Mg	36,17	23,41	10,73	12,72	12,68

S	14,56	9,35	7,13	5,29	2,23
Remanescente					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	145,11	64,50	35,95	80,74	28,55
P	11,41	7,07	3,55	4,46	3,52
K	200,40	149,72	102,40	49,62	47,32
Ca	197,13	124,04	36,97	74,18	87,07
Mg	86,87	57,02	25,75	30,09	31,28
S	34,48	22,68	17,25	12,20	5,44

Tabela 23 - Estimativa do conteúdo e da partição de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes componentes de Tectona grandis no Talhão C, aos 21 anos de idade, em Nova Maringá – MT.

Inicial					
Nutriente	Parte aérea	Tronco	Lenho	Copa	Casca
N	166,08	75,49	41,74	91,33	33,76
P	12,95	8,20	4,05	4,97	4,15
K	232,68	175,97	119,89	56,25	56,08
Ca	230,95	147,88	43,49	85,39	104,39
Mg	103,01	68,39	30,50	35,24	37,89
S	40,42	27,11	20,57	14,01	6,54

De forma geral, é possível se observar que o acúmulo de macronutrientes ao longo dos anos seguiu a seguinte sequência: $K > Ca > N > Mg > S > P$. Behling (2009) observou em plantios no estado do Mato Grosso em concordância com o que foi obtido no presente trabalho através da utilização de equações, que para todos os macronutrientes, a partição de nutrientes para copa reduz e para e para tronco aumenta, com a idade do povoamento.

Apesar disso, cabe notar no talhão B uma inversão no acúmulo de K e Ca na parte aérea com o passar dos anos. Inicialmente o acúmulo de K é superior ao acúmulo de Ca, mas com o passar dos anos o acúmulo de Ca supera ao acúmulo de K na parte aérea. Tendo em vista que o talhão B é o mais produtivo, isso pode ser um indicativo de que maiores acúmulos de Ca na parte aérea podem estar relacionados com maiores produtividades de teca no Mato Grosso. Behling (2009) observou que, de maneira geral, Ca é o nutriente mais acumulado na planta, enquanto K é o nutriente mais acumulado no lenho, estando em concordância com os resultados aqui obtidos. O acúmulo de Ca superior ao acúmulo de K foi encontrado por Behling (2009) e por Santos (2015).

Para o cálculo das quantidades de fertilizantes foram considerados apenas os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), e foram realizadas as conversões considerando os fertilizantes Sulfato de amônia, Superfosfato triplo e Cloreto de Potássio (KCl). Para nitrogênio não foram considerados valores disponibilizados pelo solo, sendo considerado a totalidade da demanda nutricional de N pelo povoamento sendo atendida pela fertilização mineral. Com base nos resultados das análises de solo considerada, levando-se em conta os horizontes de 00 – 20 e 20 – 40 cm, as médias dos valores de P e K disponíveis no solo são.

Tabela 24 - Quantidades de macronutrientes média disponibilizados pelos solos da empresa Guavirá nos horizontes 00 – 20 cm e 20 – 40 cm.

N (kg/ha)	0,00
P (kg/ha)	20,04
K (kg/ha)	36,46

Com base nos valores das quantidades de nutrientes fornecidos pelo solo e na demanda nutricional do povoamento, representada pelo incremento entre duas idades de interesse, foi realizado o cálculo das quantidades de fertilizantes necessária para atender a demanda nutricional do povoamento.

Tabela 25 - Conversão da demanda nutricional pós desbaste, não suprida pelo solo, a ser atendida por fertilização após desbaste – Talhão A.

6 a 10 anos					
Nutriente	Forma	Demanda (kg/ha)	Recuperação pela planta (%)	Fertilizante (Kg/ha)	Fertilizante
N	N	83,20	70,00	594,31	Sulfato de amônia
P	P ₂ O ₅	0,00	42,00	0,00	Superfosfato triplo
K	K ₂ O	62,75	70,00	185,45	KCl
10 a 14 anos					
Nutriente	Forma	Demanda (kg/ha)	Recuperação pela planta (%)	Fertilizante (Kg/ha)	Fertilizante
N	N	41,10	70,00	293,54	Sulfato de amônia
P	P ₂ O ₅	0,00	42,00	0,00	Superfosfato triplo
K	K ₂ O	37,40	70,00	110,54	KCl
14 a 21 anos					
Nutriente	Forma	Demanda (kg/ha)	Recuperação pela planta (%)	Fertilizante (Kg/ha)	Fertilizante
N	N	17,22	70,00	123,01	Sulfato de amônia
P	P ₂ O ₅	0,00	42,00	0,00	Superfosfato triplo

K	K ₂ O	3,36	70,00	9,94	KCl
---	------------------	------	-------	------	-----

Tabela 26 - Conversão da demanda nutricional pós desbaste, não suprida pelo solo, a ser atendida por fertilização após desbaste – Talhão B.

6 a 10 anos					
Nutriente	Forma	Demanda (kg/ha)	Recuperação pela planta (%)	Fertilizante (kg/ha)	Fertilizante
N	N	162,43	70,00	1160,20	Sulfato de amônia
P	P ₂ O ₅	3,79	42,00	45,92	Superfosfato triplo
K	K ₂ O	204,62	70,00	604,80	KCl
10 a 14 anos					
Nutriente	Forma	Demanda (kg/ha)	Recuperação pela planta (%)	Fertilizante (kg/ha)	Fertilizante
N	N	79,84	70,00	570,25	Sulfato de amônia
P	P ₂ O ₅	0,00	42,00	0,00	Superfosfato triplo
K	K ₂ O	88,20	70,00	260,70	KCl
14 a 21 anos					
Nutriente	Forma	Demanda (kg/ha)	Recuperação pela planta (%)	Fertilizante (kg/ha)	Fertilizante
N	N	33,65	70,00	240,38	Sulfato de amônia
P	P ₂ O ₅	0,00	42,00	0,00	Superfosfato triplo
K	K ₂ O	17,93	70,00	53,00	KCl

Tabela 27 - Conversão da demanda nutricional pós desbaste, não suprida pelo solo, a ser atendida por fertilização após desbaste – Talhão C.

6 a 10 anos					
Nutriente	Forma	Demanda (kg/ha)	Recuperação pela planta (%)	Fertilizante (kg/ha)	Fertilizante
N	N	109,35	70,00	781,08	Sulfato de amônia
P	P ₂ O ₅	0,07	42,00	0,86	Superfosfato triplo
K	K ₂ O	117,19	70,00	346,36	KCl
10 a 14 anos					
Nutriente	Forma	Demanda (kg/ha)	Recuperação pela planta (%)	Fertilizante (kg/ha)	Fertilizante
N	N	54,32	70,00	387,99	Sulfato de amônia
P	P ₂ O ₅	0,00	42,00	0,00	Superfosfato triplo
K	K ₂ O	43,73	70,00	129,26	KCl
14 a 21 anos					
Nutriente	Forma	Demanda (kg/ha)	Recuperação pela planta (%)	Fertilizante (kg/ha)	Fertilizante
N	N	20,97	70,00	149,81	Sulfato de amônia
P	P ₂ O ₅	0,00	42,00	0,00	Superfosfato triplo
K	K ₂ O	0,00	70,00	0,00	KCl

É possível observar que a demanda nutricional de P ocorre somente no horizonte de 6 a 10 anos, o que demonstra que a demanda de P após as idades de desbastes definidas aqui é pequena. É consolidado na literatura que a demanda de P por espécies florestais ocorre, principalmente, na fase de estabelecimento dos povoamentos, que ocorre nos primeiros anos. No presente caso, a demanda de P para cada um dos talhões, após a idade de 6 anos é quase integralmente atendida pelo solo. Para o caso de N e K a demanda também reduz ao passar dos anos, mas ainda houve demanda significativa até o fim da rotação florestal definida (21 anos).

É importante salientar que a avaliação realizada no presente trabalho é em função da produção de volume, ou seja, a demanda nutricional foi avaliada em relação à produção potencial de volume de madeira. Para o caso de povoamentos teca, em sistemas de manejo com desbastes, e no caso do presente trabalho em que se está sendo avaliada há a fertilização pós desbaste, o principal objetivo não é apenas o crescimento quantitativo em volume, mas também o crescimento “qualitativo”. Por crescimento qualitativo queremos dizer o crescimento em diâmetro, que maximiza as receitas. Diante disso, mesmo com a redução da demanda nutricional em idades mais avançadas no ciclo de rotação, e mesmo que essa demanda não seja convertida em grandes ganhos quantitativos em volume, ela pode representar significativos ganhos em incremento em diâmetro e consequentemente significativos ganhos econômicos. Serafim et al. (2022) pontua que a realização da fertilização em períodos de maior luminosidade e umidade geram maiores respostas em povoamentos de teca.

De posse dos dados da quantidade dos fertilizantes que deverão ser aplicados após os desbastes, foi realizada a análise da produção para cada um dos cenários de alternativas de manejo definidas. Para o caso do cenário 3 foi inserido os custos dos fertilizantes e da operação da fertilização após os desbastes e a distribuição seguiu a projeção do MDD. Para o cenário 2, não será realizada a fertilização após os desbastes, o que levará a perdas de produtividade que foram inseridas no MDD conforme definido anteriormente.

5.4 Projeção de produção

De posse da projeção da distribuição diamétrica pelo MDD e da simulação dos desbastes, estimou-se a produção por classe de diâmetro e volume total por idade.

As projeções foram feitas para cada um dos 3 talhões selecionados, em todas as idades projetadas, sendo as análises feitas antes e após os desbastes.

Tabela 28 - Produções por hectare ($m^3/ha-1$) e áreas basais ($m^2/ha-1$) total, desbastada e remanescente, considerando o cenário com reposição nutricional – Talhão A.

Idade	B inicial	B desbastada	B remanescente	V inicial	V desbastado	V remanescente
6	10,65	2,66	7,99	63,26	14,48	48,78
10	8,00	4,49	13,48	133,56	31,66	101,90
14	10,51	5,57	12,94	152,22	44,01	108,21

Tabela 29 -Produções por hectare ($m^3/ha-1$) e áreas basais ($m^2/ha-1$) total, desbastada e remanescente, considerando o cenário sem reposição nutricional – Talhão A.

Idade	B inicial	B desbastada	B remanescente	V inicial	V desbastado	V remanescente
6	10,65	2,66	7,99	63,26	14,48	48,78
10	8,00	4,49	13,48	112,08	26,85	85,23
14	10,51	5,57	12,94	125,57	36,26	89,31

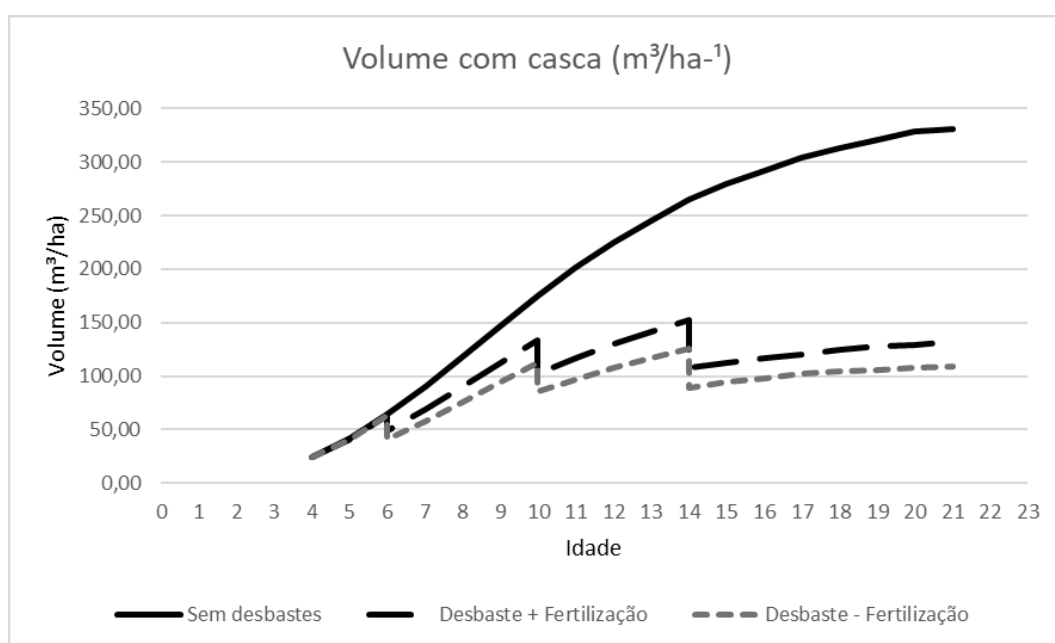


Figura 12 - Comparação da produção de volume de madeira entre as três alternativas de manejo – Talhão A.

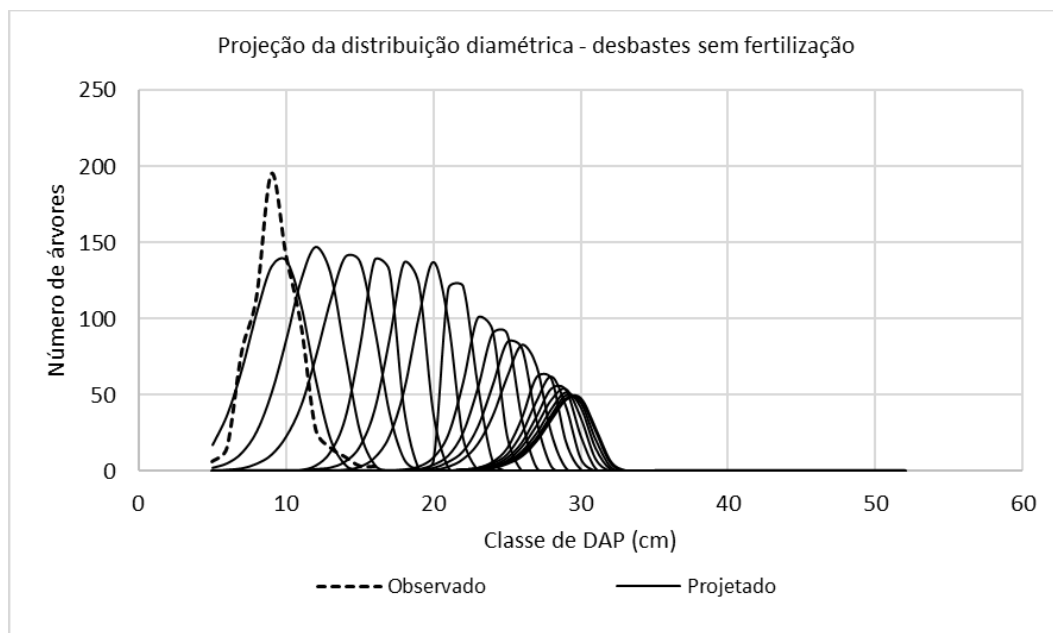


Figura 13 - Distribuição diamétrica com a realização de desbastes mas sem a realização da fertilização pós desbastes – Talhão A.

Tabela 30 - Produções por hectare ($m^3/ha-1$) e áreas basais ($m^2/ha-1$) total, desbastada e remanescente, considerando o cenário com reposição nutricional – Talhão A.

Idade	B inicial	B desbastada	B remanescente	V inicial	V desbastado	V remanescente
6	22,12	5,53	16,59	159,72	37,07	122,65
10	36,98	9,25	27,74	332,42	78,74	253,68
14	38,12	11,44	26,69	377,58	107,66	269,92

Tabela 31 - Produções por hectare ($m^3/ha-1$) e áreas basais ($m^2/ha-1$) total, desbastada e remanescente, considerando o cenário sem reposição nutricional – Talhão B.

Idade	B inicial	B desbastada	B remanescente	V inicial	V desbastado	V remanescente
6	22,12	5,53	16,59	159,72	37,07	122,65
10	36,98	9,25	27,74	273,20	65,84	207,36
14	38,12	11,44	26,69	304,73	88,06	216,67

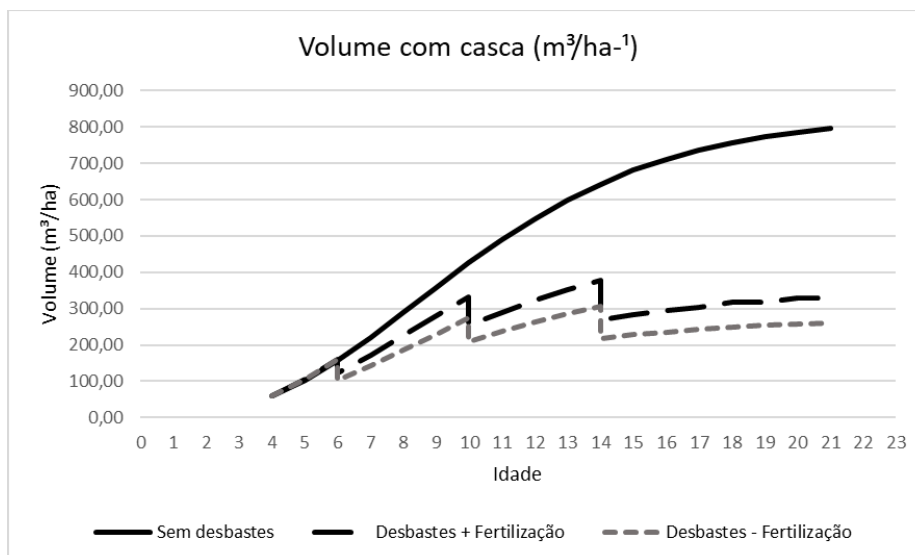


Figura 14 - Comparação da produção de volume de madeira entre as três alternativas de manejo – Talhão B.

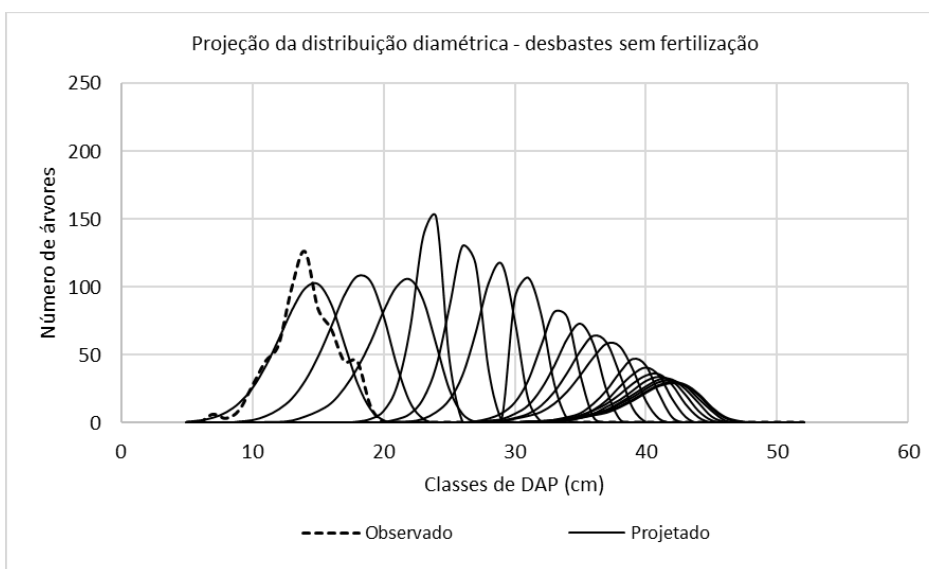


Figura 15 - Distribuição diamétrica com a realização de desbastes mas sem a realização da fertilização pós desbastes – Talhão B.

Tabela 32 - Produções por hectare ($m^3/ha-1$) e áreas basais ($m^2/ha-1$) total, desbastada e remanescente, considerando o cenário com reposição nutricional – Talhão C.

Idade	B inicial	B desbastada	B remanescente	V inicial	V desbastado	V remanescente
6	14,27	3,57	10,71	87,82	20,47	67,35
10	23,92	5,98	17,94	182,88	43,51	139,37
14	24,75	7,43	17,33	208,01	60,22	147,79

Tabela 33 - Produções por hectare ($m^3/ha-1$) e áreas basais ($m^2/ha-1$) total, desbastada e remanescente, considerando o cenário sem reposição nutricional – Talhão C.

Idade	B inicial	B desbastada	B remanescente	V inicial	V desbastado	V remanescente
6	14,27	3,57	10,71	87,82	20,47	67,35
10	23,92	5,98	17,94	164,37	39,52	124,85
14	24,75	7,43	17,33	185,39	53,86	131,53

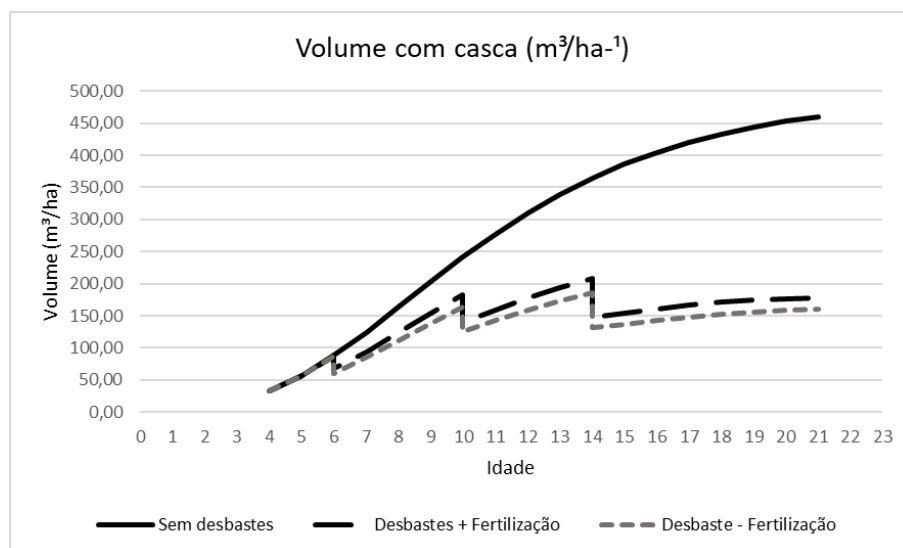


Figura 16 - Comparação da produção de volume de madeira entre as três alternativas de manejo – Talhão C.

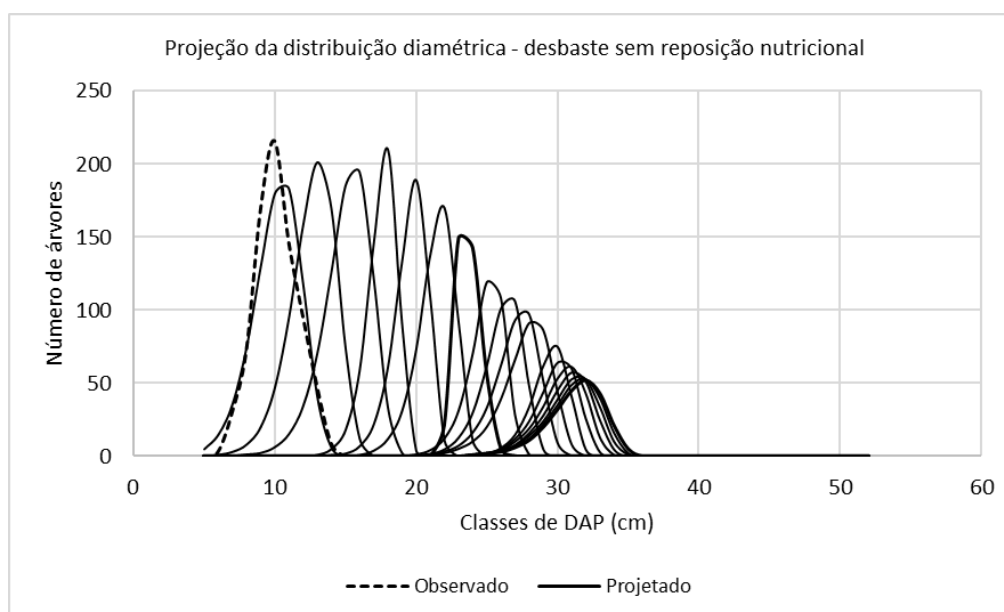


Figura 17 - Distribuição diamétrica com a realização de desbastes mas sem a realização da fertilização pós desbastes – Talhão C.

Sistemas de manejo com desbastes geram menor produção em volume em comparação a regimes de manejo sem desbastes. O principal ganho dos desbastes são indivíduos com maior diâmetro e, para povoamentos de teca, mais valorizados pelo mercado. Com base nesses resultados, é possível observar a perda de produtividade em decorrência da não reposição nutricional após os desbastes. Foi encontrada uma perda média de 15% de volume com casca por hectare (nos desbastes e total) pela não realização da fertilização após os desbastes.

Outra variável importante de ser considerada na avaliação de sistemas produtivos de teca é o diâmetro médio dos povoamentos. A não realização da fertilização pós desbaste também gerou perdas de incremento em diâmetro dos povoamentos (Figura 5.17, Figura 5.18 e Figura 5.19).

Isso foi observado também por Serafim *et al.* (2022), que menciona que de fato os ganhos produtivos através da adubação tardia podem não ser expressivos, mas que os ganhos em viabilidade econômica podem ser. Os autores pontuam que pequenos incrementos no povoamento podem gerar grandes ganhos financeiros, e ilustram uma situação em que um mercado comprador fará um preço diferenciado por toras em maiores diâmetros e uma boa parte do povoamento de um produtor está pouco abaixo desse diâmetro: a fertilização pode acelerar o incremento até esse diâmetro necessário.

Tabela 34 - Produção por alternativa de manejo e diâmetro médio – Talhão A.

Idade	Sem desbaste		Desbaste + Fertilização		Desbaste - Fertilização	
	m³/ha	q (cm)	m³/ha	q (cm)	m³/ha	q (cm)
6	-	-	14,48	14,23	14,48	14,23
10	-	-	31,66	22,48	26,85	20,93
14	-	-	44,01	27,77	36,26	25,76
21	330,53	27,64	132,07	31,53	109,48	29,06
Total	330,53	-	222,22	-	187,06	-

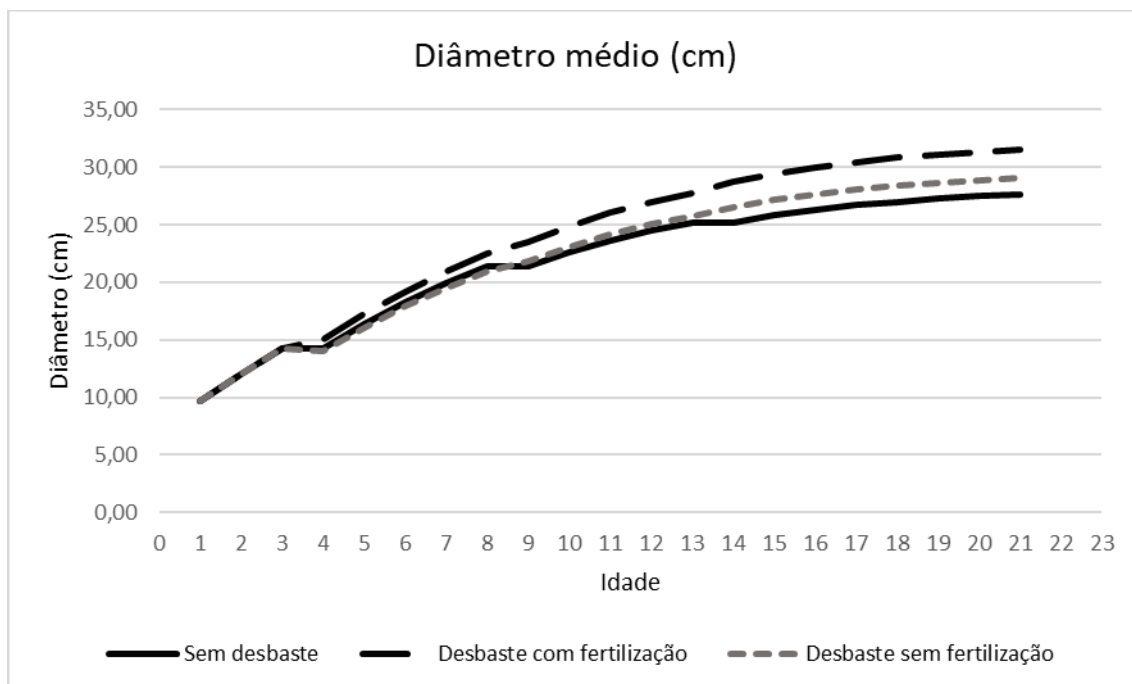


Figura 18 - Diâmetro médio em cada alternativa de manejo em função da idade – Talhão A.

Tabela 35 - Produção por alternativa de manejo e diâmetro médio – Talhão B.

Idade	Sem desbaste		Desbaste + Fertilização		Desbaste - Fertilização	
	m³/ha	q (cm)	m³/ha	q (cm)	m³/ha	q (cm)
6	-	-	37,07	20,92	37,07	20,92
10	-	-	78,74	33,57	65,84	30,46
14	-	-	107,66	41,24	88,06	36,84
21	796,02	39,89	328,94	46,94	259,57	41,48
Total	796,02	-	552,41	-	450,53	-

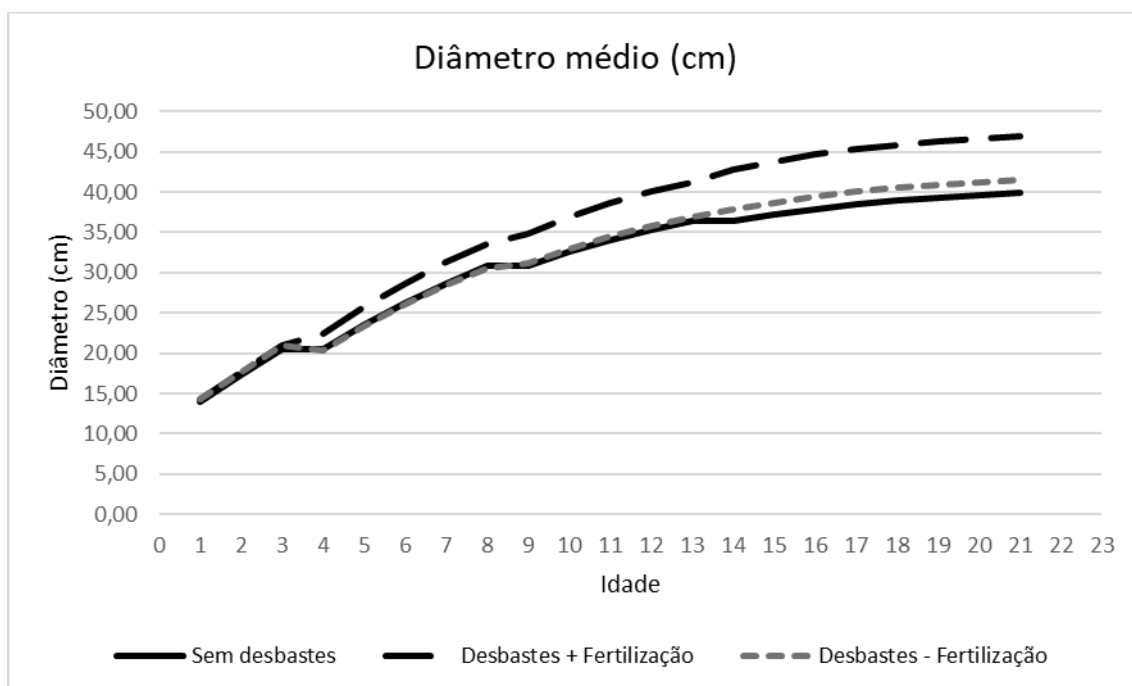


Figura 19 - Diâmetro médio em cada alternativa de manejo em função da idade – Talhão B.

Tabela 36 - Produção por alternativa de manejo e diâmetro médio – Talhão C.

Idade	Sem desbaste		Desbaste + Fertilização		Desbaste - Fertilização	
	m³/ha	q (cm)	m³/ha	q (cm)	m³/ha	q (cm)
6	-	-	20,47	15,04	20,47	15,04
10	-	-	43,51	24,06	39,52	23,01
14	-	-	60,22	29,37	53,86	27,98
21	460,37	28,87	178,34	33,24	161,14	31,56
Total	460,37	-	302,54	-	275,00	-

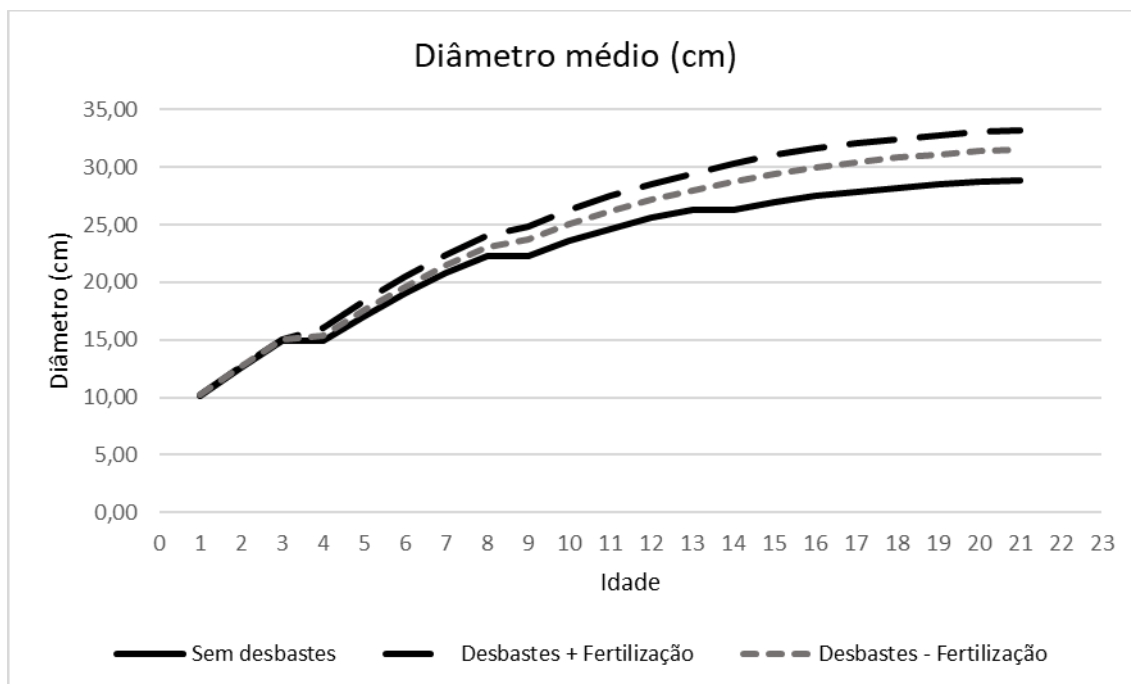


Figura 20 - Diâmetro médio em cada alternativa de manejo em função da idade – Talhão C.

Com base nesses resultados é possível observar que cenário 3 resultou em maiores incrementos em diâmetro em comparação aos demais cenários de manejo alternativos. Esse incremento é mais significativo ao compararmos o cenário 2 e 3 dentre as alternativas de manejo, tendo em vista que nestes dois cenários foram realizados desbastes que tem por objetivo promover incremento em diâmetro, que maximiza as receitas do projeto florestal. Foi observado uma perda média de 8% do diâmetro médio no cenário 2 em comparação ao cenário 3. Ao se optar pela não realização da fertilização após os desbastes o gestor florestal pode estar reduzindo os custos de produção, mas pode estar reduzindo ainda mais as receitas. Diante disso, a avaliação de sistemas de manejo com desbastes e fertilização em povoamentos de teca são mais bem avaliados através de análises de viabilidade econômico, conforme é apresentado no próximo tópico.

5.5 Análise econômica

Os dados de custos de produção foram adaptados do levantamento de Oliveira et al. (2023), que consideraram os custos de produção de Teca levantado por 7 autores em um ciclo de produção de 21 anos. A partir das informações de custos e receitas, foi gerado o fluxo de caixa para o povoamento de teca, considerando-se as

diferentes alternativas de manejo, e o horizonte de planejamento de 21 anos, sendo esta, a idade do corte final.

Tendo em vista o objetivo do presente trabalho em avaliar a realização de uma atividade silvicultural, os custos ao longo de todo o ciclo de rotação foram descritos por atividade. A realização de fertilização pós desbaste implica no acréscimo de um custo operacional visando se obter um maior ganho em receitas do projeto. Essa segmentação de custos foi realizada de forma que fosse possível observar quais os custos mais relevantes do projeto de teca no estado do Mato Grosso.

Tabela 37 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão A sob o cenário de manejo sem desbastes, em Nova Maringá – MT.

Sem desbaste		
Atividade	Custos	%
Implantação	R\$ 12.965,84	20,82%
Manutenção	R\$ 19.561,38	31,41%
Fertilização (desbastes)	-	0,00%
Desbastes	-	0,00%
Corte final	R\$ 29.747,86	47,77%
Total	R\$ 62.275,08	100%

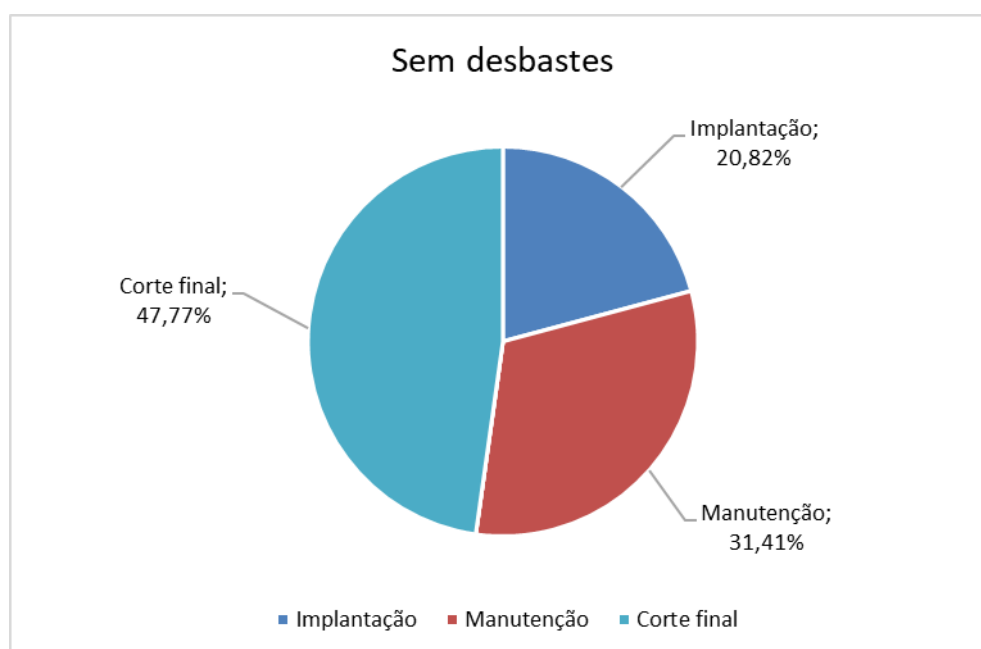


Figura 21 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão A sob o cenário de manejo sem desbastes, em Nova Maringá – MT.

Tabela 38 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de *Tectona grandis* no Talhão A sob o cenário de manejo de desbaste + Fertilização, em Nova Maringá – MT.

Desbaste + Fertilização		
Atividade	Custos	%
Implantação	R\$ 12.965,84	20,82%
Manutenção	R\$ 19.561,38	31,41%
Fertilização (desbastes)	R\$ 7.563,07	12,14%
Desbastes	R\$ 8.113,36	13,03%
Corte final	R\$ 11.886,68	19,09%
Total	R\$ 60.090,33	100%

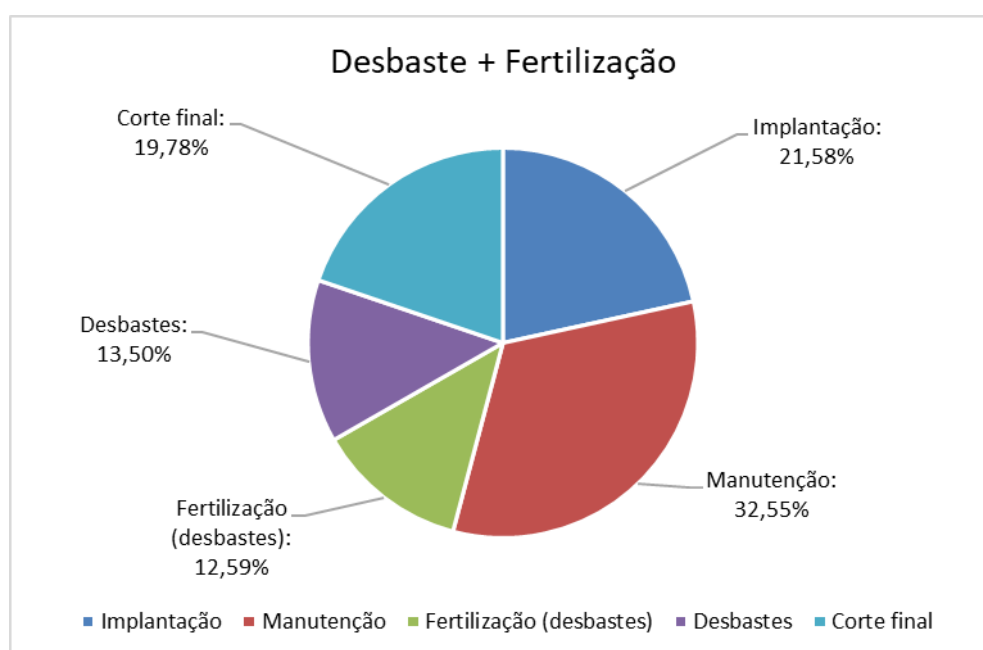


Figura 22 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de *Tectona grandis* no Talhão A sob o cenário de manejo de desbaste + Fertilização, em Nova Maringá – MT.

Tabela 39 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de *Tectona grandis* no Talhão A sob o cenário de manejo de desbaste - Fertilização, em Nova Maringá – MT.

Desbaste - fertilização		
Atividade	Custos	%
Implantação	R\$ 12.965,84	20,82%
Manutenção	R\$ 19.561,38	31,41%
Fertilização (desbastes)	R\$ -	0,00%
Desbastes	R\$ 6.982,83	11,21%
Corte final	R\$ 9.852,86	15,82%
Total	R\$ 49.362,91	100%

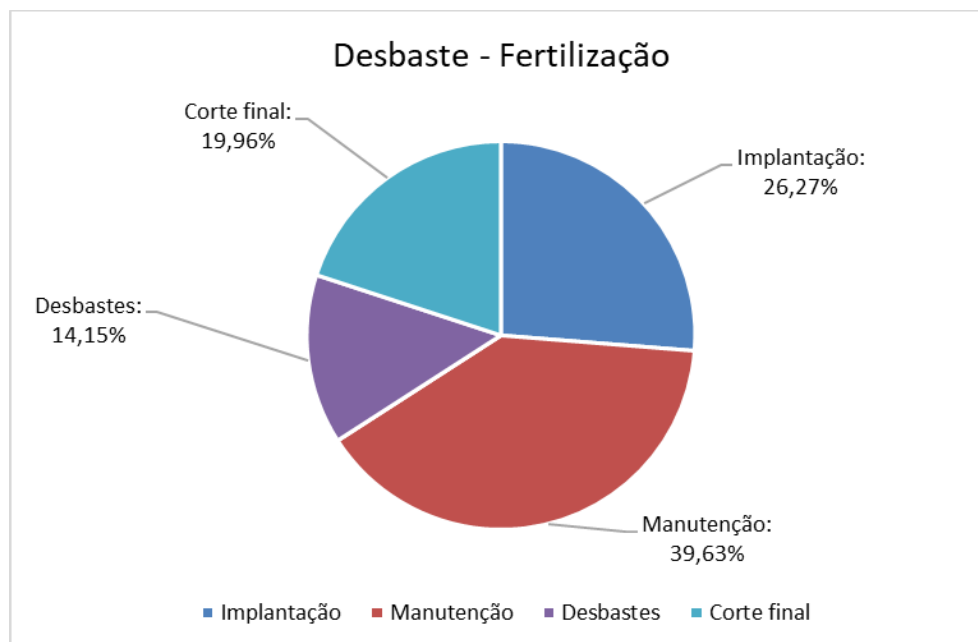


Figura 23 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão A sob o cenário de manejo de desbaste - Fertilização, em Nova Maringá – MT.

Tabela 40 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de manejo sem desbastes, em Nova Maringá – MT.

Sem desbaste		
Atividade	Custos (R\$)	%
Implantação	12.965,84	12,45%
Manutenção	19.561,38	18,78%
Fertilização (desbastes)	-	0,00%
Desbastes	-	0,00%
Corte final	71.641,51	68,77%
Total	104.168,73	100%

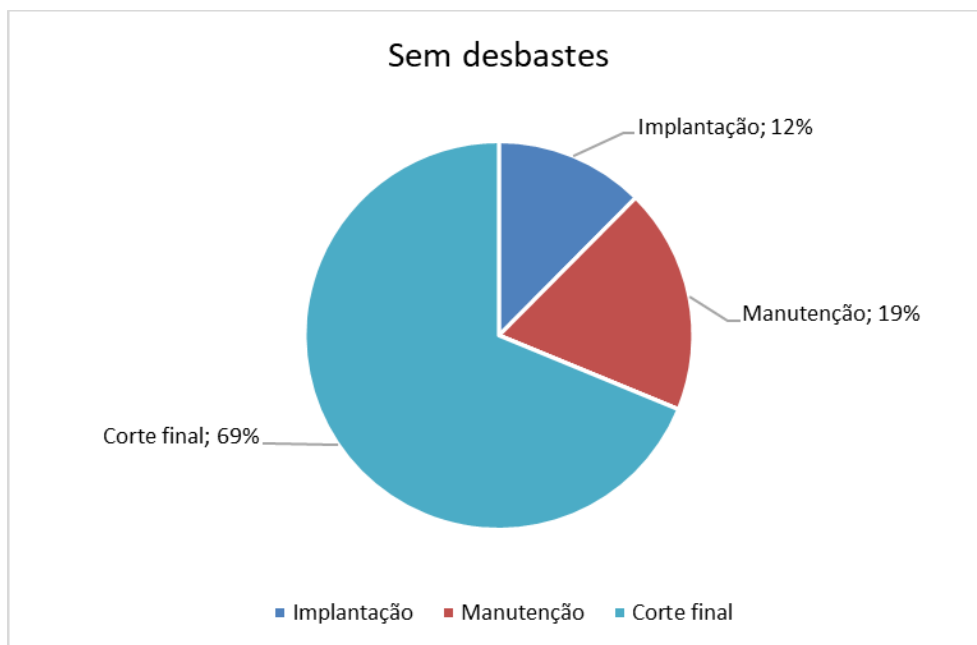


Figura 24 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de manejo sem desbastes, em Nova Maringá – MT.

Tabela 41 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de manejo de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.

Desbaste + fertilização		
Atividade	Custos	%
Implantação	R\$ 12.965,84	12,45%
Manutenção	R\$ 19.561,38	18,78%
Fertilização (desbastes)	R\$ 14.434,67	13,86%
Desbastes	R\$ 20.112,47	19,31%
Corte final	R\$ 29.604,37	28,42%
Total	R\$ 96.678,73	100%

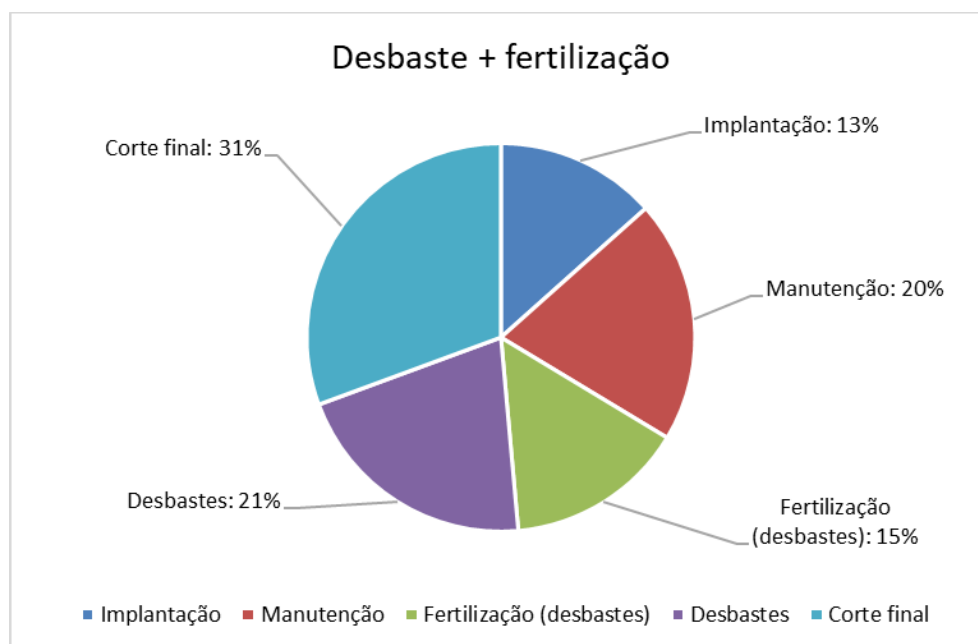


Figura 25 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de manejo de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.

Tabela 42 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de manejo de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT.

Desbaste - fertilização		
Atividade	Custos	%
Implantação	R\$ 12.965,84	12,45%
Manutenção	R\$ 19.561,38	18,78%
Fertilização (desbastes)	R\$ -	0,00%
Desbastes	R\$ 17.186,86	16,50%
Corte final	R\$ 23.361,20	22,43%
Total	R\$ 73.075,28	100%

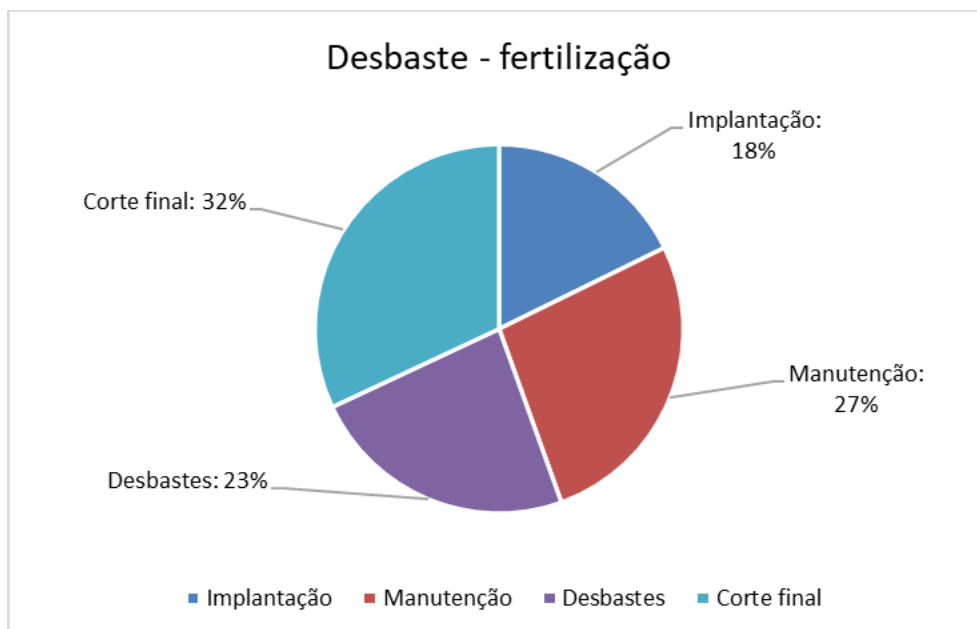


Figura 26 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de manejo de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT.

Tabela 43 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de manejo sem desbaste, em Nova Maringá – MT.

Sem desbaste		
Atividade	Custos	%
Implantação	R\$ 12.965,84	17,53%
Manutenção	R\$ 19.561,38	26,45%
Fertilização (desbastes)	0	0,00%
Desbastes	0	0,00%
Corte final	R\$ 41.432,99	56,02%
Total	R\$ 73.960,21	100%

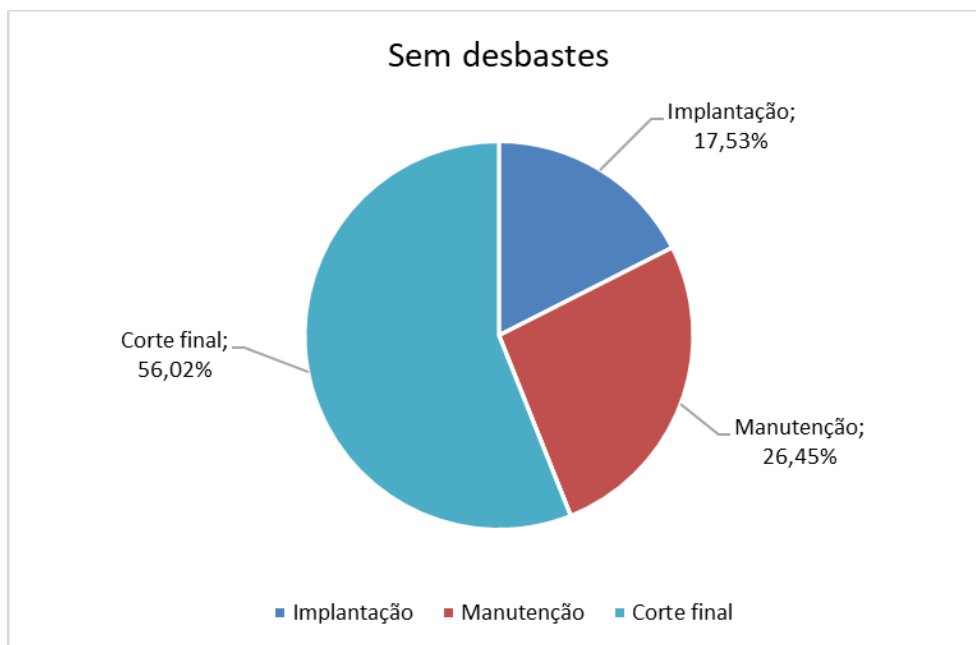


Figura 27 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de manejo sem desbaste, em Nova Maringá – MT.

Tabela 44 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de manejo de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.

Desbaste + fertilização		
Atividade	Custos	%
Implantação	R\$ 12.965,84	17,53%
Manutenção	R\$ 19.561,38	26,45%
Fertilização (desbastes)	R\$ 9.615,58	13,00%
Desbastes	R\$ 11.178,27	15,11%
Corte final	R\$ 16.050,22	21,70%
Total	R\$ 69.371,30	100%

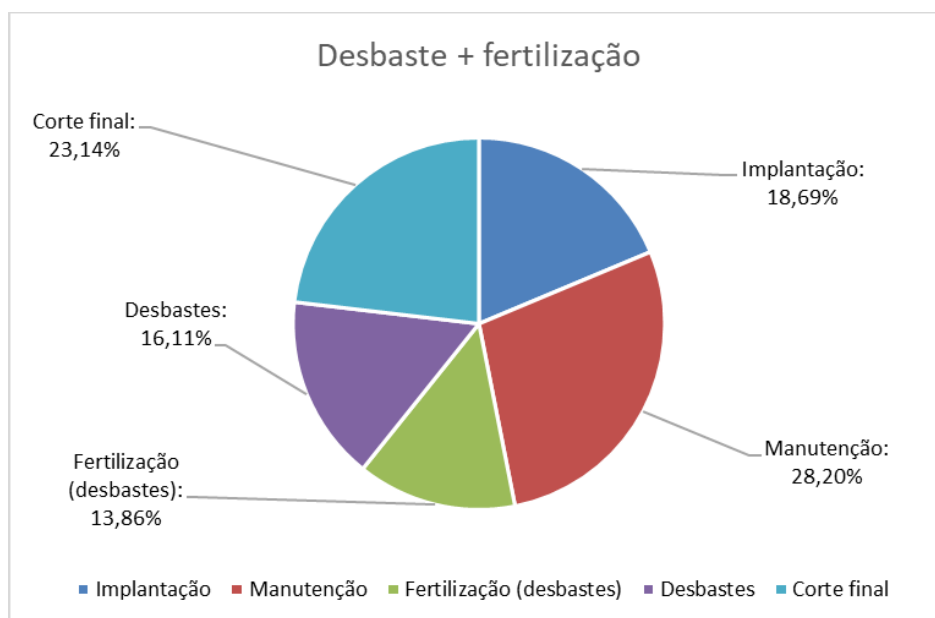


Figura 28 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de manejo de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.

Tabela 45 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de manejo de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT.

Desbaste - fertilização		
Atividade	Custos	%
Implantação	R\$ 12.965,84	17,53%
Manutenção	R\$ 19.561,38	26,45%
Fertilização (desbastes)	R\$ -	0,00%
Desbastes	R\$ 10.247,21	13,86%
Corte final	R\$ 14.502,74	19,61%
Total	R\$ 57.277,17	100%

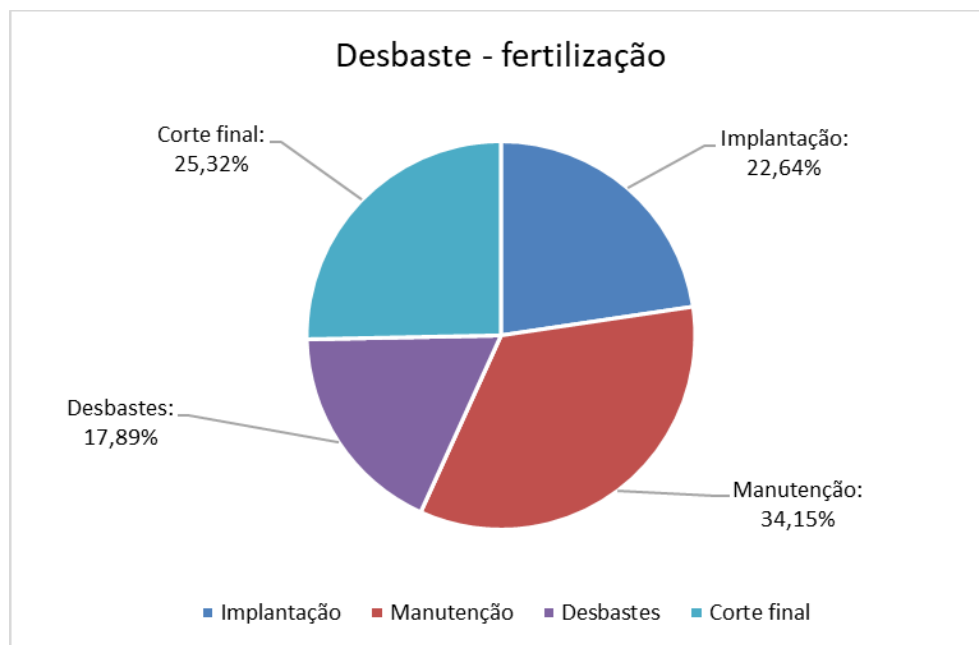


Figura 29 - Estrutura de custos totais (R\$) por atividade para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de manejo de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT.

Diante dessa distribuição dos custos é possível observar que, para o caso do cenário 3 em que ocorre a fertilização pós desbaste, o custo com essa operação não ultrapassou 15% dos custos totais do ciclo de rotação em nenhum dos talhões. Além disso, o custo de manutenção dos povoamentos se demonstrou o mais significativo de maneira geral. Em povoamentos mais produtivos, como é o caso do talhão B, o custo com o corte da madeira, nos desbastes e corte final, se demonstrou o mais relevante dentre todos os custos.

As receitas obtidas com a venda da madeira ao longo do ciclo de 21 anos foram calculadas com base no volume de madeira extraído durante os desbastes e o corte final. Nesta análise, não houve distinção entre receitas para diferentes especificações de venda; as receitas geradas incluíram todas as opções de comercialização. As empresas geralmente enfrentam dificuldades na venda da madeira proveniente do primeiro desbaste, embora suas propriedades sejam consideradas similares às de madeiras de alto valor comercial.

A seguir foram descritos os custos relacionados às atividades de colheita (desbastes + corte final), fertilização pós desbaste e as receitas obtidas ao longo de todo o ciclo de rotação para cada talhão.

Tabela 46 - Custos de colheita + fertilização, receitas e saldo final – Talhão A.

Sem desbastes			
Custos/Receitas	Custos	Receitas	Saldo
Corte final	R\$ 29.747,86	R\$ 110.860,38	R\$ 81.112,51
Total	R\$ 29.747,86	R\$ 110.860,38	R\$ 81.112,51
Desbaste + Fertilização			
Custos/Receitas	Custos	Receitas	Saldo
1º Desbaste	R\$ 5.208,38	R\$ -	-R\$ 5.208,38
2º Desbaste	R\$ 5.265,15	R\$ 1.769,70	-R\$ 3.495,45
3º Desbaste	R\$ 5.202,91	R\$ 14.761,71	R\$ 9.558,80
Corte final	R\$ 11.886,68	R\$ 118.127,15	R\$ 106.240,48
Total	R\$ 27.563,11	R\$ 134.658,56	R\$ 107.095,46
Desbaste - Fertilização			
Custos/Receitas	Custos	Receitas	Saldo
1º Desbaste	R\$ 1.303,01	R\$ -	-R\$ 1.303,01
2º Desbaste	R\$ 2.416,46	R\$ 1.500,89	-R\$ 915,57
3º Desbaste	R\$ 3.263,35	R\$ 12.161,44	R\$ 8.898,08
Corte final	R\$ 9.852,86	R\$ 67.316,95	R\$ 57.464,08
Total	R\$ 16.835,69	R\$ 80.979,27	R\$ 64.143,58

Tabela 47 - Custos de colheita + fertilização, receitas e saldo final – Talhão B.

Sem desbastes			
Custos/Receitas	Custos	Receitas	Saldo
Corte final	R\$ 72.210,38	R\$ 1.156.930,79	R\$ 1.084.720,41
Total	R\$ 72.210,38	R\$ 1.156.930,79	R\$ 1.084.720,41
Desbaste + Fertilização			
Custos/Receitas	Custos	Receitas	Saldo
1º Desbaste	R\$ 11.622,68	R\$ 2.072,24	-R\$ 9.550,44
2º Desbaste	R\$ 11.333,79	R\$ 92.436,95	R\$ 81.103,16
3º Desbaste	R\$ 11.590,67	R\$ 186.560,42	R\$ 174.969,75
Corte final	R\$ 29.604,37	R\$ 753.891,63	R\$ 724.287,26
Total	R\$ 64.151,51	R\$ 1.034.961,24	R\$ 970.809,73
Desbaste - Fertilização			
Custos/Receitas	Custos	Receitas	Saldo
1º Desbaste	R\$ 3.336,34	R\$ 2.072,24	-R\$ 1.264,10
2º Desbaste	R\$ 5.925,38	R\$ 58.885,14	R\$ 52.959,75
3º Desbaste	R\$ 7.925,13	R\$ 103.370,10	R\$ 95.444,97
Corte final	R\$ 23.361,20	R\$ 449.806,92	R\$ 426.445,72
Total	R\$ 40.548,06	R\$ 614.134,40	R\$ 573.586,34

Tabela 48 - Custos de colheita + fertilização, receitas e saldo final – Talhão C.

Sem desbastes			
Custos/Receitas	Custos	Receitas	Saldo
Corte final	R\$ 41.432,99	R\$ 154.406,95	R\$ 112.973,96
Total	R\$ 41.432,99	R\$ 154.406,95	R\$ 112.973,96
Desbaste + Fertilização			
Custos/Receitas	Custos	Receitas	Saldo
1º Desbaste	R\$ 1.842,56	R\$ -	-R\$ 1.842,56
2º Desbaste	R\$ 3.915,98	R\$ 2.432,26	-R\$ 1.483,72
3º Desbaste	R\$ 5.419,74	R\$ 53.860,15	R\$ 48.440,41
Corte final	R\$ 16.050,22	R\$ 159.503,55	R\$ 143.453,33
Total	R\$ 27.228,50	R\$ 215.795,96	R\$ 188.567,46
Desbaste - Fertilização			
Custos/Receitas	Custos	Receitas	Saldo
1º Desbaste	R\$ 1.842,56	R\$ -	-R\$ 1.842,56
2º Desbaste	R\$ 3.557,06	R\$ 2.209,33	-R\$ 1.347,73
3º Desbaste	R\$ 4.847,59	R\$ 18.065,35	R\$ 13.217,76
Corte final	R\$ 14.502,74	R\$ 144.124,99	R\$ 129.622,25
Total	R\$ 24.749,95	R\$ 164.399,67	R\$ 139.649,73

Os valores de custos e receitas do fluxo de caixa, ajustado e não ajustado, estão descritos abaixo para cada um dos talhões e dos cenários das alternativas de manejo.

Tabela 49 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de *Tectona grandis* no Talhão A sob o cenário sem desbaste, em Nova Maringá – MT.

Sem desbaste	Não Ajustado	Ajustado
Custo	-R\$ 62.275,08	-R\$ 34.047,27
Receita	R\$ 110.860,38	R\$ 32.610,18
Fluxo de caixa (lucro)	R\$ 48.585,29	-R\$ 1.437,09

Tabela 50 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de *Tectona grandis* no Talhão A sob o cenário de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.

Desbastes + Fertilização	Não Ajustado	Ajustado
Custo	-R\$ 60.090,33	-R\$ 37.706,29
Receita	R\$ 134.658,56	R\$ 42.265,05
Fluxo de caixa (lucro)	R\$ 74.568,24	R\$ 4.558,76

Tabela 51 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão A sob o cenário de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT.

Desbaste - Fertilização	Não Ajustado	Ajustado
Custo	-R\$ 49.362,91	-R\$ 31.906,34
Receita	R\$ 80.979,27	R\$ 26.018,75
Fluxo de caixa (lucro)	R\$ 31.616,36	-R\$ 5.887,60

Tabela 52 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário sem desbaste, em Nova Maringá – MT.

Sem desbaste	Não Ajustado	Ajustado
Custo	-R\$ 104.168,73	-R\$ 46.370,51
Receita	R\$ 1.156.930,79	R\$ 340.317,44
Fluxo de caixa (lucro)	R\$ 1.052.762,06	R\$ 293.946,93

Tabela 53 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.

Desbastes + Fertilização	Não Ajustado	Ajustado
Custo	-R\$ 96.678,73	-R\$ 53.653,89
Receita	R\$ 1.034.961,24	R\$ 357.354,31
Fluxo de caixa (lucro)	R\$ 938.282,51	R\$ 303.700,42

Tabela 54 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão B sob o cenário de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT.

Desbaste - Fertilização	Não Ajustado	Ajustado
Custo	-R\$ 73.075,28	-R\$ 41.334,59
Receita	R\$ 614.134,40	R\$ 212.375,83
Fluxo de caixa (lucro)	R\$ 541.059,12	R\$ 171.041,25

Tabela 55 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário sem desbaste, em Nova Maringá – MT.

Sem desbaste	Não Ajustado	Ajustado
Custo	-R\$ 73.960,21	-R\$ 37.484,51
Receita	R\$ 154.406,95	R\$ 45.419,64
Fluxo de caixa (lucro)	R\$ 80.446,74	R\$ 7.935,12

Tabela 56 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de desbaste + fertilização, em Nova Maringá – MT.

Desbastes + Fertilização	Não Ajustado	Ajustado
Custo	-R\$ 69.371,30	-R\$ 41.924,45
Receita	R\$ 215.795,96	R\$ 72.099,39
Fluxo de caixa (lucro)	R\$ 146.424,66	R\$ 30.174,93

Tabela 57 - Sumário dos custos e receitas totais, nominais e descontados (R\$), para a produção de Tectona grandis no Talhão C sob o cenário de desbaste - fertilização, em Nova Maringá – MT.

Desbaste - Fertilização	Não Ajustado	Ajustado
Custo	-R\$ 57.277,17	-R\$ 34.992,10
Receita	R\$ 164.399,67	R\$ 51.619,15
Fluxo de caixa (lucro)	R\$ 107.122,51	R\$ 16.627,04

5.5.1 Valor Presente Líquido

Quanto maior for o VPL, mais atrativo será o projeto. Se o VPL for negativo, o projeto será economicamente inviável. Os resultados do VPL, para cada um dos cenários de manejo e cada um dos talhões, estão a seguir.

Tabela 58 - Valor Presente Líquido (VPL) em função da taxa de desconto para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão A, em Nova Maringá – MT.

Taxa de Desconto	Sem desbaste	Desbaste + Fertilização	Desbaste - Fertilização
4%	R\$ 8.491,74	R\$ 18.561,05	R\$ 1.604,12
6%	-R\$ 1.437,09	R\$ 4.558,76	-R\$ 5.887,60
9%	-R\$ 10.004,47	-R\$ 7.612,73	-R\$ 12.376,64
14%	-R\$ 15.575,47	-R\$ 15.614,55	-R\$ 16.587,07
20%	-R\$ 17.728,17	-R\$ 18.757,74	-R\$ 18.122,87
30%	-R\$ 17.582,56	-R\$ 18.560,57	-R\$ 17.785,46

Tabela 59 - Valor Presente Líquido (VPL) em função da taxa de desconto para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão B, em Nova Maringá – MT.

Taxa de Desconto	Sem desbaste	Desbaste + Fertilização	Desbaste - Fertilização
4%	R\$ 449.158,25	R\$ 439.021,64	R\$ 249.931,32
6%	R\$ 293.946,93	R\$ 303.700,42	R\$ 171.041,25
9%	R\$ 154.377,33	R\$ 176.205,31	R\$ 96.704,51
14%	R\$ 54.715,10	R\$ 77.556,52	R\$ 39.144,49
20%	R\$ 3.165,92	R\$ 18.561,03	R\$ 4.636,69

30%	- R\$ 13.756,70	-R\$ 7.092,61	-R\$ 10.463,47
-----	-----------------	---------------	----------------

Tabela 60 - Valor Presente Líquido (VPL) em função da taxa de desconto para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão C, em Nova Maringá – MT.

Taxa de Desconto	Sem desbaste	Desbaste + Fertilização	Desbaste - Fertilização
4%	R\$ 22.473,61	R\$ 54.364,50	R\$ 35.045,70
6%	R\$ 7.935,12	R\$ 30.174,93	R\$ 16.627,04
9%	-R\$ 4.788,81	R\$ 8.114,25	R\$ 223,90
14%	-R\$ 13.345,23	-R\$ 7.849,74	-R\$ 11.176,64
20%	-R\$ 17.065,22	-R\$ 15.971,40	-R\$ 16.541,49
30%	-R\$ 17.461,17	-R\$ 17.991,35	-R\$ 17.545,49

É possível observar pelo método do VPL que, considerando uma taxa de desconto de 6%, a realização da fertilização pós desbaste se mostrou viável em todos os talhões e obteve resultados melhores que as demais alternativas de manejo. Resultados semelhantes foram encontrados por Tsukamoto Filho et al. (2003) em plantios de teca no Mato Grosso submetido a desbastes e com fertilização após os desbastes, onde foi obtido VPL de R\$ 6.270,32/há a uma taxa de desconto de 10%.

Nota-se que, para os talhões A e C, a realização de desbastes sem a reposição nutricional se mostrou menos viável do que o cenário sem a realização dos desbastes. Isso pode ocorrer por características intrínsecas dos povoamentos e a não resposta à realização dos desbastes.

De Sá et al. (2010) encontraram, para povoamentos de teca sem desbaste no Acre, VPL de R\$1.083,00. Nesse mesmo sentido, Figueiredo et al. (2005) avaliando povoamentos de teca sem a realização de desbastes também no Acre, encontrou valores negativos para VPL e VAE até a idade de 19 anos e valores baixos para esses indicadores na idade de 21 anos. Em face disso, e comparando com os resultados obtidos por Tsukamoto Filho et al. (2003), os autores concluem que sistemas de manejo de teca sem a realização de desbastes não permitem o desenvolvimento das toras de maneira a maximizar os lucros do empreendimento florestal.

Bezerra et al. (2011), ao simular 4 alternativas de manejo com a realização de desbastes mas sem a fertilização pós desbaste, em povoamentos de teca no estado do Mato Grosso, encontrou valores negativos para VPL e TIR mesmo a uma taxa de

desconto de 0%. Ao serem simuladas novas curvas de crescimento “ideal” para o povoamento, foram obtidos valores positivos, mas não com ganhos econômicos expressivos.

5.5.2 Taxa Interna de Retorno

O outro critério que pode ser utilizado é a Taxa Interna de Retorno (TIR). A TIR é definida como a taxa anual de retorno do capital investido que iguala o VPL a 0. Um projeto será considerado viável economicamente se sua TIR for maior que uma taxa de desconto correspondente à taxa de remuneração alternativa do capital, usualmente denominada de taxa mínima de atratividade, que aqui foi definida como 6%. Os resultados da TIR, para cada um dos cenários de manejo e cada um dos talhões, estão a seguir.

Tabela 61 - Taxa Interna de Retorno (TIR) para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão A, em Nova Maringá – MT.

Taxa Interna de Retorno (TIR)	
Sem desbaste	5,6%
Desbaste – sem fertilização	4,4%
Desbaste – com fertilização	6,9%

Tabela 62 - Taxa Interna de Retorno (TIR) para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão B, em Nova Maringá – MT.

Taxa Interna de Retorno (TIR)	
Sem desbaste	21,2%
Desbaste – sem fertilização	22,1%
Desbaste – com fertilização	25,9%

Tabela 63 - Taxa Interna de Retorno (TIR) para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão C, em Nova Maringá – MT.

Taxa Interna de Retorno (TIR)	
Sem desbaste	7,6%
Desbaste – sem fertilização	9,1%
Desbaste – com fertilização	10,8%

Segundo a análise pela TIR a realização da fertilização após os desbastes se mostrou viável em todos os talhões, e superior às demais alternativas de manejo. Da mesma forma, Tsukamoto et al. (2003) obteve TIR de 15,1 ao ano para condições semelhantes à estudadas aqui. Para uma taxa de desconto considerada de 10%, De Sá et al. (2010) obteve TIR de 10,95% para povoamentos não desbastados no estado do Acre, demonstrando a importância da realização de desbastes para a viabilidade econômica de povoamentos de teca.

Para o caso do talhão A, a única alternativa de manejo que se mostrou viável economicamente foi o cenário 3, onde há a fertilização após os desbastes. Isso pode ocorrer em decorrência da baixa produtividade esperada para esse talhão ou outros atributos não considerados nas presentes análises. Para os demais talhões, a realização de desbastes mesmo sem a realização da fertilização pós desbaste se mostrou mais viável economicamente do que a não realização dos desbastes.

5.5.3 Razão Benefício / Custo

Segundo o critério da razão B/C o projeto é economicamente viável se apresentar razão B/C maior que 1. Quanto maior a razão B/C mais indicado economicamente é o projeto. Os resultados da razão B/C, para cada um dos cenários de manejo e cada um dos talhões, estão a seguir.

Tabela 64 - Relação B/C para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão A, em Nova Maringá – MT.

Relação Benefício / Custo	
Sem desbaste	1,0
Desbaste – sem fertilização	0,8
Desbaste – com fertilização	1,1

Tabela 65 - Relação B/C para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão B, em Nova Maringá – MT.

Relação Benefício / Custo	
Sem desbaste	7,3
Desbaste – sem fertilização	5,1
Desbaste – com fertilização	6,7

Tabela 66 - Relação B/C para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão C, em Nova Maringá – MT.

Relação Benefício / Custo	
Sem desbaste	1,2
Desbaste – sem fertilização	1,5
Desbaste – com fertilização	1,7

Segundo o critério da razão B/C, a realização de desbastes sem a reposição nutricional, inviabiliza economicamente no talhão A. Para o caso do talhão B, segundo a razão B/C, é mais indicado a não realização dos desbastes nesse talhão. De maneira geral, a realização da fertilização pós desbaste se mostrou uma alternativa viável e interessante de ser considerada no manejo de povoamentos de teca. Cabe também observar que povoamentos mais produtivos (talhão B) tiveram melhor desempenho segundo a razão B/C, o que demonstra que mesmo com o aumento dos custos, maiores produtividades trazem maiores retornos econômicos em projetos de teca.

De Sá et al. (2010) obteve razão B/C de 1,17 para povoamentos não desbastados no estado do Acre, próximos aos resultados obtidos aqui para os talhões A e C.

5.5.4 Valor Anual Equivalente - VAE

A análise segundo o critério do VAE é importante em projetos florestais onde não se há um fluxo de receitas periódico contínuo, e que geram dificuldades de se visualizar “in time” o lucro ou prejuízo que o produtor está tendo. Ele tem a capacidade de trazer à realidade do momento o cenário econômico do investimento em questão. Valores positivos para o VAE indicam que o projeto é economicamente viável. Os resultados do Valor Anual Equivalente, para cada um dos cenários de manejo e cada um dos talhões, estão a seguir.

Tabela 67 - Valor Anual Equivalente (VAE) em função da taxa de desconto para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão A, em Nova Maringá – MT.

Taxa de Desconto	Sem desbaste	Desbaste + Fertilização	Desbaste - Fertilização
4%	R\$ 605,29	R\$ 1.323,03	R\$ 114,34
6%	-R\$ 122,16	R\$ 387,52	-R\$ 500,47

9%	-R\$ 1.076,65	-R\$ 819,26	-R\$ 1.331,93
14%	-R\$ 2.260,95	-R\$ 2.266,62	-R\$ 2.407,80
20%	-R\$ 3.666,24	-R\$ 3.879,16	-R\$ 3.747,86
30%	-R\$ 5.361,13	-R\$ 5.659,33	-R\$ 5.422,99

Tabela 68 - Valor Anual Equivalente (VAE) em função da taxa de desconto para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão B, em Nova Maringá – MT.

Taxa de Desconto	Sem desbaste	Desbaste + Fertilização	Desbaste - Fertilização
4%	R\$ 32.016,05	R\$ 31.293,51	R\$ 17.815,13
6%	R\$ 24.986,83	R\$ 25.815,92	R\$ 14.539,28
9%	R\$ 16.613,57	R\$ 18.962,62	R\$ 10.407,01
14%	R\$ 7.942,50	R\$ 11.258,18	R\$ 5.682,25
20%	R\$ 654,72	R\$ 3.838,48	R\$ 958,88
30%	-R\$ 4.194,58	-R\$ 2.162,62	-R\$ 3.190,43

Tabela 69 - Valor Anual Equivalente (VAE) em função da taxa de desconto para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão C, em Nova Maringá – MT.

Taxa de Desconto	Sem desbaste	Desbaste + Fertilização	Desbaste - Fertilização
4%	R\$ 1.601,92	R\$ 3.875,11	R\$ 2.498,06
6%	R\$ 674,52	R\$ 2.565,01	R\$ 1.413,37
9%	-R\$ 515,36	R\$ 873,23	R\$ 24,10
14%	-R\$ 1.937,21	-R\$ 1.139,48	-R\$ 1.622,41
20%	-R\$ 3.529,14	-R\$ 3.302,93	-R\$ 3.420,83
30%	-R\$ 5.324,11	-R\$ 5.485,77	-R\$ 5.349,82

Segundo o critério do VAE, o cenário 3, onde há a fertilização após os desbastes, se mostrou a melhor alternativa dentre as avaliadas obtendo o melhor desempenho econômico. Tsukamoto et al. (2003) encontrou VAE R\$690,79/ha/ano em plantios de teca com a realização de fertilização pós desbaste.

Considerando uma taxa de desconto de 6%, para o caso do talhão A, o cenário 3 dentre as alternativas de manejo foi o único viável economicamente, ou seja, o único que gera lucros ao invés de prejuízos. Considerando o talhão B, em se tratando da realização dos desbastes (cenários 2 e 3), a realização da fertilização pós desbastes trouxe melhorias expressivas (77,5%) ao desempenho econômico do projeto florestal.

5.5.5 Payback

Os resultados do payback, simples e descontado, para cada um dos cenários de manejo e cada um dos talhões, estão a seguir:

Tabela 70 - Payback simples para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão A, em Nova Maringá – MT.

Payback simples	
Sem desbaste	21,0
Desbaste – sem fertilização	21,0
Desbaste – com fertilização	21,0

Tabela 71 - Payback descontado para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão A, em Nova Maringá – MT.

Payback descontado	
Sem desbaste	21,0
Desbaste – sem fertilização	21,0
Desbaste – com fertilização	21,0

Tabela 72 - Tabela 5.70. Payback simples e descontado para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão B, em Nova Maringá – MT.

Payback simples e descontado	
Sem desbaste	21,0
Desbaste – sem fertilização	10,0
Desbaste – com fertilização	10,0

Tabela 73 - Payback simples para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão C, em Nova Maringá – MT.

Payback simples	
Sem desbaste	21,0
Desbaste – sem fertilização	21,0
Desbaste – com fertilização	14,0

Tabela 74 - Payback descontado para três cenários de manejo de Tectona grandis no Talhão C, em Nova Maringá – MT.

Payback descontado	
Sem desbaste	21,0

Desbaste – sem fertilização	21,0
Desbaste – com fertilização	21,0

Projetos com menores *payback* são preferíveis, principalmente projetos florestais, que são caracterizados por altos investimentos iniciais e longo tempo para retorno. Menores *payback*'s demonstram que esse projeto pode gerar lucro financeiro de forma mais rápida e menor risco para o investidor, tornando-o mais atrativo.

O talhão A teve o pior desempenho considerando todos os cenários, tendo em vista que o seu *payback*, simples e descontado, levam todo o período da rotação florestal. É provável que isso ocorra em decorrência da sua baixa produtividade, conforme já mencionado anteriormente.

Para o caso do talhão B, nota-se que o povoamento respondeu positivamente aos desbastes, de forma que o cenário de manejo sem desbastes obteve o pior desempenho. Segundo o critério do *payback*, a realização de desbastes se mostrou viável economicamente nesse talhão.

O talhão C apresenta resultados interessantes em relação à realização ou não da fertilização pós desbaste. Considerando o *payback* simples, a realização da fertilização pós desbaste se mostra uma boa alternativa para promover maiores retornos econômicos e melhoria da viabilidade econômica do projeto florestal.

6. CONCLUSÕES

- As equações obtidas para o modelo de distribuição diâmetros se mostraram eficientes para projetar a produção e simular a realização de desbastes em povoamentos de *Tectona grandis* L. f.;
- Os desbastes simulados neste estudo se mostraram eficientes para promover incrementos em diâmetro das árvores;
- A fertilização após os desbastes promoveu melhores respostas do povoamento quando realizadas em idades inferiores da rotação. Isso se deve pelo fato de que em idades inferiores o povoamento possui maior demanda nutricional e maior potencial de resposta à fertilização. Essas conclusões podem ser generalizadas para outros povoamentos de *Tectona grandis* L. f.;

- A reposição nutricional após os desbastes se mostrou eficiente para promover incrementos em diâmetro das árvores e melhores resultados econômicos. Este resultado pode ser aplicado para outros povoamentos em que o sítio não supra as demandas nutricionais do povoamento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, G.; ALVES, C., C.; HENNING, E. Gerenciamento de projetos: simulação de Monte Carlo via a ferramenta simular. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos, SP. **Anais [...]**. São Carlos, SP: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2020.

ALVARADO, A. Nutrición y fertilización de *Tectona grandis* Linn. f. In: ALVARADO, A.; RAIGOSA, J. (Eds.). **Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales**. San José: Asociación Costarricense de las Ciencias del Suelo, 2012b. p. 313-340.

ALVARADO, A.; FALLAS, J. Efecto de la fertilización y la calidad del sitio sobre el crecimiento de *Tectona grandis* en Costa Rica. **Revista Forestal Centroamericana**, n. 39, p. 8-12, 2004.

ALVARADO, A.; FALLAS, J. L. La saturación de acidez y el encalado sobre el crecimiento de la teca (*Tectona grandis* L. f.) en suelos ácidos de Costa Rica. **Agronomía Costarricense**, v. 28, n. 1, p. 89-100, 2004.

ALVARADO, Alfredo. Nutrición y fertilización de la teca. **Informaciones agronómicas**, v. 61, n. 2, p. 1-8, 2006.

ANGELO, H.; MORAES, V. S.; SOUZA, A. N.; GATTO, A. C. Aspectos financeiros da produção de teca no estado de Mato Grosso. **Floresta**, v. 39, p. 23-32, 2009.

ANNALS OF FOREST SCIENCE. Modelling the growth response to climate change and management of *Tectona grandis* L. f. using the 3-PGmix model. 2021. Disponível em: <https://annforsci.biomedcentral.com/articles/10.1007/s13595-021-01102-y>. Acesso em: 4 mai. 2025.

ANTONIK, L. R. Administração financeira das pequenas e médias empresas. **Revista FAE Business**, n. 8, p. 35-38, 2004.

BEHAGHEL, I. Deuxième partie la filière du teck. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 262, n. 4, p. 1-18, 1999.

BEHAGHEL, J. La teca: *Tectona grandis* Linn. f. **Bois et Forêts des Tropiques**, n. 259, p. 5-20, 1999.

BEHLING, A. et al. Fertilização de teca (*Tectona grandis* L.f.): crescimento e produção de biomassa. **Revista Árvore**, v. 38, n. 3, p. 429-438, 2014.

BEHLING, A. Sistema FERTTECA®: modelo de crescimento baseado nos princípios fisiológicos para prever o crescimento de teca. 2009. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

BEHLING, M. **Nutrição, partição de biomassa e crescimento de povoamentos de teca em Tangará da Serra-MT**. 2009. 176 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BEZERRA, A. F.; MILAGRES, F. R.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G. Análise da viabilidade econômica de povoamentos de *Tectona grandis* submetidos a desbastes no Mato Grosso. **Cerne**, v. 17, p. 583-592, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602011000400018>.

BEZERRA, Adham Ferreira et al. Análise da viabilidade econômica de povoamentos de *Tectona grandis* submetidos a desbastes no Mato Grosso. **Cerne**, v. 17, p. 583-592, 2011.

BUDIADI; ISHII, H. Effect of thinning on growth and yield of teak (*Tectona grandis* L.f.) plantations in Indonesia. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 29, n. 2, p. 200–208, 2017.

BUDIADI; ISHII, H. Response of a clonal teak plantation to thinning and pruning in Java, Indonesia. **Journal of Tropical Forest Science**, 2017. Disponível em: <https://jtfsc.frim.gov.my/jtfsc/article/view/421>. Acesso em: 4 mai. 2025.

BUDIADI; W.; ISHII, H. Response of a clonal teak plantation to thinning and pruning in Java, Indonesia. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 29, n. 1, p. 44-53, 2017.

CABI. Centre for Agriculture and Bioscience International. ***Tectona grandis* (teak)**. Wallingford, 2021. Disponível em: <https://www.cabi.org/ISC/datasheet/52899>. Acesso em: 08 dez. 2023.

CÁCERES FLORESTAL. **Manual do cultivo da teca**. Cáceres: Cáceres Florestal, 2006. 32p. Disponível em: http://www.caceresflorestal.com.br/Manual_do_cultivo_da_teca-Caceres_Florestal.pdf. Acesso em 10 jul. 2024.

CAMINO, R.; MORALES, J. P. (ed.). **Las plantaciones de teca em América Latina: mitos e realidades**. Turrialba: CATIE, 2013. 392p. (Boletín técnico/CATIE, 397).

CAMPOS, J. C., LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 636 pg. 5. Ed. atual. e ampl., Viçosa (MG). Ed. (Campos & Leite, 2017) UFV, 2017.

CARNIERI, C. **Planejamento florestal otimizado via redes de manejo**. 1989. 144 p, Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1989.

CARVALHO, A. M. et al. Exigências nutricionais e práticas de manejo em plantios de teca. *Revista Brasileira de Silvicultura*, v. 47, n. 2, p. 123-135, 2023.

CARVALHO, Kaio Henrique Adame, Universidade Federal de Viçosa, fevereiro 2012. **Influência de variáveis econômicas em modelos de regulação florestal**. Orientador: Márcio Lopes da Silva. Co-orientados: Hélio Garcia Leite.

CARVALHO, S. P. C. Aspectos silviculturais da teca. In: REIS, C. A. F.; OLIVEIRA, E. B.; SANTOS, A. M. (ed.). **Teca (*Tectona grandis* L. f.) no Brasil**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA Florestas, 2023. v. 1, cap. 9, p. 328-383. ISBN 978-65-89957-90-4. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/item/14>. Acesso em: 10 jul. 2024.

CASTELLANOS, A. F. R. **Efecto del establecimiento de plantaciones forestales de Teca (*Tectona grandis* L.f.) en áreas de potrero sobre las características del suelo en Petén, Guatemala**. 2006. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agroforestería Tropical) – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba – Costa Rica.

CASTELLANOS, J. Nutrición y fertilización de *Tectona grandis* en plantaciones comerciales. Revista Forestal Centroamericana, n. 47, p. 24-28, 2006.

CHAVES, A. G. S. **Modelagem do crescimento e da produção de *Tectona grandis* Linn. f. até a idade de rotação**. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

COLIN, Emerson Carlos. Pesquisa Operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas. Rio de Janeiro: **LTC**, 2007.

DAVIS, L. S.; JOHNSON, K. N. **Forest managemet**. 3. ed. New York: MacGraw-Hill Book Company, 1987. 790 p.

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. 2010.

DYKSTRA, P. D. **Mathematical programming for natural resource management**. New York: MacGraw-Hill Book Company, 1984. 318 p.

FAO 2022. Global Teak Resources and Market Assessment. 2022. Disponível em: <https://www.iufro.org/media/fileadmin/publications/iufro-series/ws44>. Acesso em: 14 out. 2023.

FAO. Food and Agriculture of United Nations. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. **The state of the world's forest genetic**. Rome: FAO, 2014. 304 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3825e/i3825e.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2023.

FAVARE, L. G. Resposta da teca (*Tectona grandis* L.f.) à adubação fosfatada e à calagem no plantio. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

FAVARE, L. Resposta da teca à adubação fosfatada e calagem no plantio. Revista de Ciências Agrárias, v. 33, n. 1, p. 45-52, 2010.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE MATO GROSSO. Diagnóstico de Florestas Plantadas do Estado de Mato Grosso. Cuiabá: Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (Imea), 2013. 106p. Disponível em:

<https://www.imea.com.br/imea-site/view/uploads/estudos-customizados/RelatorioFlorestasPlantadas.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2024.

FERNÁNDEZ-MOYA, J. et al. Forest nutrition and fertilization in teak (*Tectona grandis* L.f.) plantations in Central America. *New Zealand Journal of Forestry Science*, v. 44, n. S1, p. S6, 2014.

FERNÁNDEZ-MOYA, J. et al. Nutrient dynamics and management in teak plantations. *Forest Ecology and Management*, v. 310, p. 729-736, 2013.

FERNÁNDEZ-MOYA, J.; GONZÁLEZ, E.; CARRASCO, B. Concentration of nutrients in leaves of teak (*Tectona grandis* L.f.) plantations of different ages in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, v. 61, n. 2, p. 735-744, 2013. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i2.11125>.

FIGUEIREDO, E O.; OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de povoamentos não desbastados de *Tectona grandis* Lf, na microrregião do baixo rio Acre. 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **The States of the world's forest genetic resources**. Rome: FAO, 2014. 276p.

GEORGE, M. P. Teak plantation of Kerala. **The Indian Forester**, v. 36, n. 4, p. 646-656, 1961.

GÓMEZ, M.; UGALDE, L. Thinning. In: Management of young teak plantations in Panama - effect of pruning and thinning. 2006. p. 57-63.

GUPTA, R.; SHARMA, L. Modelling the growth response to climate change and management of *Tectona grandis* L. f. using the 3-PGmix model. *Annals of Forest Science*, v. 78, n. 83, 2021.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório Ibá 2017**. Brasília, DF: Ibá, 2017. 77 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2019 = Report 2019**. Brasília, DF, 2019. 79 p. Indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2018. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estado de Mato Grosso – Pedologia: Mapa exploratório de solos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>. Acesso em: 6 jul. 2024.

INTERNATIONAL SOCIETY OF TROPICAL FORESTERS. Thinning. In: Management of young teak plantations in Panama - effect of pruning and thinning. 2009. p. 57-63.

IUCN. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. **The IUCN Red List of Threatened Species 2020**. Cambridge, 2020. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/species/32123/126992854>. Acesso em: 16 mar. 2021.

KAOSA-ARD, A. Teak (*Tectona grandis* L. f.): its natural distribution and related factors. **Natural History Bulletin of the Siam Society**, v. 19, p. 55-74, 1989.

KAOSA-ARD, A. Teak: its natural distribution and related factors. In: Proceedings of the International Teak Conference. Chiang Mai: Royal Forest Department, 1989. p. 3-27.

KEOGH, R. M. **The future of teak and the high-grade tropical hardwood sector FAO**. Rome, Italy: FAO, 2009. 47 p.

KOLLERT, W.; KLEINE, M. (ed.). **The global teak study**: analysis, evaluation, and future potential of teak resources. Viena, Austria: IUFRO, 2017. 107 p. (IUFRO. IUFRO world series volume, 36). Disponível em: <https://www.iufro.org/uploads/media/ws36.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2023.

KOLLERT, W.; KLEINE, M. Teak resources and market assessment. FAO Forestry Paper, n. 185, 2017.

KOLLERT, W.; KLEINE, M. The global teak study: Analysis, evaluation and future potential of teak resources. FAO Forestry Paper, n. 185, 2017.

KOLLERT, W.; KLEINE, M. The global teak study: Analysis, evaluation and future potential of teak resources. FAO Forestry Paper, n. 185, 2017.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1990. 343 p.

LEUSCHNER, W.A. **Introduction to forest resource management**. New York: John Wiley & Sons, 1984. 298p.

LI, B.; CANTINO, P. D.; OLMSTEAD, R. G.; BRAMLEY, G. L. C.; XIANG, C. L.; MA, Z. H.; TAN, Y. H.; ZHANG, D. X. A large-scale chloroplast phylogeny of the Lamiaceae sheds new light on its subfamilial classification. **Nature**: Scientific Reports, v. 6, article number 34343, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep34343>.

LI, B.; OLMSTEAD, R. G. Phylogenetic relationships within Lamiaceae subfamily Viticoideae and the resurrection of the genus *Tectona*. *Taxon*, v. 66, n. 1, p. 123-136, 2017.

LI, B.; OLMSTEAD, R. G. Two new subfamilies in Lamiaceae. **Phytotaxa**, v. 313, n. 2, p. 222-226, 2017. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.313.2.9>.

LOUPPE, D. et al. *Tectona grandis* L.f. In: LEMMENS, R. H. M. J.; LEMMENS, R. H. M. J. (Ed.). Plant Resources of Tropical Africa 7(1): Timbers 1. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. p. 540-546.

LOUPPE, D. *Tectona grandis* L. f. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (ed.). **Plant resources of Tropical Africa**: ressources végétales de l'Afrique tropicale. Wageningen: PROTA Foundation, 2005. Disponível em: <https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?p=Tectona+grandis+L.f>. Acesso em: 08/12/2023.

LOUREIRO, C. A. Manual de Silvicultura Tropical. 2. ed. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1991.

MATA, M. M. **Factores de sitio que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis* L. f. y *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand, en Costa Rica.** 1999. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidad Austral de Chile, Valdivia – Chile.

MATA, R. Nutrición y fertilización de *Tectona grandis* en Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana, n. 26, p. 15-19, 1999.

MATRICARDI, E. A. T. Fertilização de teca (*Tectona grandis* L.f.) em plantios comerciais. 1989. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.

MATRICARDI, E. A. T. Fertilização e crescimento de teca em solos ácidos. Boletim de Pesquisa Florestal, n. 19, p. 23-29, 1989.

MATRICARDI, W. A. T. **Efeitos dos fatores de solo sobre o desenvolvimento da teca (*Tectona grandis* L. f.) cultivada na grande Cáceres - Mato Grosso.** 1989. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

MDPI. The Effect of Age on the Evolution of the Stem Profile and Heartwood Proportion of Teak Clonal Trees in the Brazilian Amazon. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/14/10/1962>. Acesso em: 4 mai. 2025.

MEDEIROS, C. A. et al. Influência do espaçamento inicial no crescimento e na qualidade da madeira de teca. Revista Árvore, v. 40, n. 3, p. 553–561, 2016.

MEDEIROS, R. A. et al. Crescimento em altura dominante de plantações de *Tectona grandis* no estado de Mato Grosso. Floresta e Ambiente, v. 23, n. 1, p. 1-9, 2016.

MEDEIROS, R. A. **Potencial produtivo, manejo e experimentação em povoamentos de *Tectona grandis* L. f. no Estado de Mato Grosso.** 2016. 198 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MEDEIROS, R. A.; ARRIEL, D. A. A.; CALDEIRA, S. F. Escolha do local de plantio e do genótipo. In: TAKIZAWA, F. H.; MEDEIROS, R. A.; LEITE, H. G.; BORÉM, A. (ed.). **Teca: do plantio à colheita.** Viçosa, MG: Ed. UFV. 2022. p. 28-51.

MEDEIROS, R. A.; PAIVA, H. N.; D'ÁVILA, F. S.; LEITE, H. G. Growth and yield of teak stands at different spacing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 10, p. 1109-1118, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2018001000004>.

MEDEIROS, R. A.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; VENDRUSCOLO, D. G. S.; SILVA, F. T. Análise silvicultural e econômica de plantios clonais e seminais de *Tectona grandis* L. f. em sistema Taungya. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 893-903, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000500012>.

MEDEIROS, R. A.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; SALLES, T. T.; ARAÚJO, C. A. J. R.; D'ÁVILA, F. S. **Idade técnica do primeiro desbaste de povoamentos de teca em**

diferentes espaçamentos. Scientia Forestalis, v. 45, n. 116, p. 705-716, 2017a. DOI: <https://doi.org/10.18671/scifor.v45n116.11>.

MEDEIROS, R. A.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; SALLES, T. T.; JUNIOR, C. A. A.; D'AVILA, F. S. Idade técnica do primeiro desbaste de povoamentos de teca em diferentes espaçamentos. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 116, p. 705-716, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18671/scifor.v45n116.11>.

MEDEIROS, R. A.; PAIVA, H. N.; MARCATTI, G. E. **Tectona grandis: zoneamento ecológico para o cultivo no Estado de Mato Grosso, Brasil.** Beau Bassim: Novas Edições Acadêmicas, 2018. 84 p.

MIDGLEY, S.; SOMAIYA, R. T.; STEVENS, P. R.; BROWN, A.; NGUYEN, D. K.; LAITY, R. **Planted teak:** global production na markets, with reference to Solomon Islands. Canberra: ACIAR, 2015. 92p. (ACIAR Technical Reports, 85).

MIRANDA, Gabriel de Magalhães. Regulação de florestas equiâneas e implantação e regulação de povoamentos mistos. 2003.

MIRANDA, I.; SOUSA, V.; PEREIRA, H. Wood properties of teak (*Tectona grandis*) from a mature unmanaged stand in East Timor. *Journal of Wood Science*, v. 57, p. 171–178, 2011.

MOREIRA, JMMAP et al. Análise da rentabilidade financeira de um plantio de *Eucalyptus urophylla* ST Blake para energia com financiamento pelo Programa ABC. 2022.

NERO, B. F.; ASUENABISA, M. Effects of thinning on growth performance of teak (*Tectona grandis*) plantations in Tain II Forest Reserve, Ghana. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, v. 85, n. 3-4, p. 174-184, 2023.

OLIVEIRA, E. B.; ARCE, J. E.; SANTANA, C. J. O. Planejamento, análise econômica e pesquisa operacional da teca. In: REIS, C. A. F.; OLIVEIRA, E. B.; SANTOS, A. M. (ed.). **Teca (*Tectona grandis* L. f.) no Brasil.** 1. ed. Brasília: EMBRAPA Florestas, 2023. v. 1, cap. 16, p. 577-614. ISBN 978-65-89957-90-4. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/item/14>. Acesso em: 10 jul. 2024.

OLIVEIRA, J. R. V. de. **Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação de povoamentos de teca - Nutriteca.** 2003. 76 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, M. L. Sistema NUTRITECA®: cálculo do balanço nutricional e recomendações de calagem e adubação para plantações de teca. 2003. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

PAIVA, H. N.; LEITE, H. G. Curso de Silvicultura. Viçosa: UFV, 2015.

PAIVA, H. N.; LEITE, H. G. Desbastes e desramas em povoamentos de eucalyptus. In: SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. (ed.). **Silvicultura do eucalipto no Brasil.** Santa Maria, RS: Ed. da UFSM, 2015. p. 83-112.

PALUPI, E. R. et al. The importance of fruit set, fruit abortion, and pollination success in fruit production of teak (*Tectona grandis*). *Canadian Journal of Forest Research*, v. 40, n. 11, p. 2204-2214, 2010.

PARDÉ, J. The teck: its tropicals forests and plantations. **Revue Forestiere Francaise**, v. 54, n. 3, p. 253-258, 2002.

PELISSARI, A. L. et al. Adubação e crescimento de teca em diferentes espaçamentos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 9, n. 3, p. 456-462, 2014.

PELISSARI, A. L. et al. Efeitos da adubação na produtividade de teca. *Revista Árvore*, v. 36, n. 6, p. 1123-1130, 2012.

PELISSARI, A. L. et al. Fertilização de teca (*Tectona grandis* L.f.): crescimento e produção de biomassa. *Revista Árvore*, v. 36, n. 6, p. 1071-1079, 2012.

PELISSARI, A. L. et al. Fertilização de teca (*Tectona grandis* L.f.): crescimento e produção de biomassa. *Revista Árvore*, v. 38, n. 3, p. 429-438, 2014a.

PELISSARI, A. L.; GUIMARÃES, P. P.; BEHLING, A.; EBLING, A. A. Cultivo da teca: características da espécie para implantação e condução de povoamentos florestais. **Agrarian Academy**, v. 1, n. 1, p. 127-145, 2014.

PIRES, W. K. L.; MARIANO, G. V. P.; FURTADO, J. S.; ARAÚJO, M. S.; SILVA, A. C. Estudo econômico da implantação de *Tectona grandis* L. f. **Revista do Instituto Florestal**, v. 32, n. 1, p. 7-16, 2020. DOI: <https://doi.org/10.24278/2178-5031.202032101>.

PONTES, A. L. F. Modelos FERT-UFV TECA® e NUTRI-UFV TECA® para recomendações de fertilização e monitoramento nutricional de teca no estado do Mato Grosso. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

PONTES, M.S. **Parametrização do modelo 3-PG para Teca (*Tectona grandis* L. F.) e dos sistemas Ferti-UFV e NutriUFV para subsidiar o seu manejo nutricional**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2011. 54p. (Dissertação de Mestrado)

PRACIAK, A. et al. The CABI Encyclopedia of Forest Trees. Wallingford: CABI, 2013.

PRACIAK, A.; PASIECZNIK, N.; SHEIL, D.; VAN HEIST, M.; SASSEN, M.; CORREIA, C. S.; DIXON, C.; FYSON, G.; RUSHFORD, K.; TEELING, C. (ed.). **The CABI encyclopedia of forest trees**. Oxfordshire: CABI, 2013. 523 p.

QUINTERO-MÉNDEZ, M.-A.; JEREZ-RICO, M. Optimizing thinnings for timber production and carbon sequestration in planted teak (*Tectona grandis* L.f.) stands. *Forest Systems*, v. 28, n. 3, e013, 2019.

RANCE, B. W.; MAPANDA, W.; BEDIJO, N. G.; SSALI, F. **Teak silviculture guidelines**. Uganda, 2013. 16 p.

REINEKE, L. H. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. **Journal of Agricultural Research**, v. 46, n. 7, p. 627-638, 1933.

REIS, C. A. F., SANTOS, A. M., RANGEL, A. C. M. Caracterização da espécie *Tectona grandis* L. f. (teca). In: REIS, C. A. F.; OLIVEIRA, E. B.; SANTOS, A. M. (ed.). **Teca (*Tectona grandis* L. f.) no Brasil**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA Florestas, 2023. v. 1, cap. 9, p. 15-45. ISBN 978-65-89957-90-4. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/item/14>. Acesso em: 10 jul. 2024.

REIS, CAF; DE OLIVEIRA, E. B.; SANTOS, A. M. **Teca (*Tectona grandis* L. f.) no Brasil**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA Florestas, 2023. v. 1, cap. 9, p. 15-45. ISBN 978-65-89957-90-4. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/item/14>. Acesso em: 10 jul. 2024.

REIS, G. G. et al. Manejo de povoamentos florestais: princípios e aplicações. Viçosa: Editora UFV, 2023.

REIS, M. G. F. et al. Modelagem do crescimento e produção de teca: Aplicações para o manejo florestal. Embrapa Florestas, 2023.

RIBEIRO, C.A.A.S. **Otimização Florestal**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Engenharia Florestal, 2007, 93p. (Notas de aula).

RIOS, M. F. N. et al. Variations in the physical properties of teak (*Tectona grandis* L. F.) planted in the Brazilian Amazon. *BIOFIX Scientific Journal*, v. 6, n. 1, 2021.

SÁ, C. P. de; FIGUEREDO, E. O.; OLIVEIRA, L. C. **Caracterização e análise da rentabilidade financeira do cultivo da teca (*Tectona grandis* L. f.) para produção de madeira em Rio Branco, Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2010. 6 p. (Embrapa Acre. Circular técnica, 53). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/28922/1/Circular-tec.-53.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2024.

SAMPAIO, A. J. Teca da Índia e a do Brasil. **Revista Florestal**, v. 1, n. 9, p. 7-10, 1930.

SANGUINO, A. C. Custos de implantação e rentabilidade econômica de povoamentos florestais com teca no estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 52, p. 61-78, 2009.

SANTOS, B. B. **Procedimentos híbridos na exploração de espaço de soluções de problemas de natureza combinatória: uma aplicação ao planejamento florestal**. 2007. 50p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SANTOS, Márcio Luiz dos et al. Allometric equations for biomass and contents of macronutrients in a young *Tectona grandis* stand. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, p. e0220030, 2022.

SANTOS, Márcio Luiz dos. **Partição de biomassa e nutrientes em plantios clonais e seminais de Teca**. 2015. 60 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2015.

SERAFIM, M. E.; SILVA, G. A.; CARVALHO, M. B.. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação. In: TAKIZAWA, F. H.; MEDEIROS, R. A.; LEITE, H. G.; BORÉM, A. (ed.). **Teca: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV. 2022. p. 28-51.

SILVA, J. N. M. et al. Crescimento e produção de teca (*Tectona grandis* L.f.) em diferentes espaçamentos e idades no estado de Mato Grosso. *Revista Árvore*, v. 40, n. 5, p. 861-870, 2016.

SILVA, R.T. **Planejamento florestal, modelos de programação inteira multiobjectivos e aplicações**. 2004. 120p. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Economia, Coimbra, Portugal, 2004.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZEMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. *Nativa*, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

TAKIZAWA, F. H. et al. Nutrição e fertilização da teca (*Tectona grandis* L.f.): uma revisão. *Revista Árvore*, v. 46, n. 1, p. e4601, 2022.

TAKIZAWA, F. H. et al. Panorama atual da teca no Brasil. *Revista Floresta*, v. 52, n. 1, p. 1-10, 2022.

TAKIZAWA, F. H. Manejo de povoamentos de teca: práticas e recomendações. Embrapa Florestas, 2022.

TAKIZAWA, F. H.; CALDEIRA, M. V. W. Potencial da teca no setor florestal brasileiro. *Revista Árvore*, v. 46, n. 2, e460205, 2022.

TAKIZAWA, F. H.; MEDEIROS, R. A.; LEITE, H. G.; BORÉM, A. **Teca**: do plantio a colheita. Viçosa – MG: Ed. UFV, 2022, 344p.

THE PLANT LIST. **A working list of all plant species**: Tectona. [2021a]: Disponível em: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Lamiaceae/Tectona/>. Acesso em: 16 mar. 2024.

TSUKAMOTO FILHO, A. A.; SILVA, M. L.; COUTO, L.; MÜLLER, M. D. Análise econômica de um plantio de teca submetido a desbastes. **Revista Árvore**, v. 27, n. 4, p. 487-494, 2003.

UGALDE ARIAS, L. A. (ed.) **Teak**: new trends in silviculture, commercialization, and wood utilization. Cartago, Costa Rica: International Forestry and Agroforestry, 2013. 552 p.

UGALDE ARIAS, L. M. Manejo de plantaciones de teca: experiencias en América Latina. San José: CATIE, 2013.

UGALDE ARIAS, L. Manejo de plantaciones de teca: aspectos técnicos e econômicos. *Revista Forestal Centroamericana*, n. 45, p. 15

UGALDE ARIAS, L. Manejo de plantaciones de teca: experiencias en América Latina. FAO, 2013.

VEIT, L. F. Teca, a substituta natural das madeiras nobres. **Revista da Madeira**, v. 2, n. 6, p. 18-20, 1993.

WEIBULL, W. A statistical distribution function of wide applicability. **Journal of Applied Mechanics**, v. 18, p. 293-297, 1951.

ZHAO, F.; CHEN, Y. P.; SALMAKI, Y.; DREW, B. T.; WILSON, T. C.; SCHEEN, A. C.; CELEP, F.; BRÄUCHLER, C.; BENDIKSBY, M.; WANG, Q.; MIN, D. Z.; PENG, H.; OLMSTEAD, R. G.; LI, B.; XIANG, C. L. An updated tribal classification of Lamiaceae based on plastome phylogenomics. **BMC Biology**, v. 19, n. 2, p. 1-27, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12915-020-00931-z>.

ZHOU, G. et al. Growth and mineral nutrition of *Tectona grandis* L.f. on acidic soils in Southern China. *New Forests*, v. 48, p. 1-15, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9604-0>.

ZHOU, G. et al. Nutrient accumulation and export in teak (*Tectona grandis* L.f.) plantations in Costa Rica. *iForest*, v. 10, p. 1-7, 2017.