



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA

MAXWELL GOMES DE MORAES

DESEMPENHO SILVICULTURAL DE EUCALIPTO EM SISTEMAS
INTEGRADOS NA REGIÃO DO MATOPIBA

PALMAS – TO

2016

MAXWELL GOMES DE MORAES

**DESEMPENHO SILVICULTURAL DE EUCALIPTO EM SISTEMAS
INTEGRADOS NA REGIÃO DO MATOPIBA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Agroenergia.

Orientador: Dr. Joel Carlos Zukowski Junior

Co-orientador: Dr. Alisson Moura Santos

PALMAS – TO

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

MS27d Moraes, Maxwell Gomes de.

DESEMPENHO SILVICULTURAL DE EUCALIPTO EM SISTEMAS INTEGRADOS NA REGIÃO DO MATOPIBA. / Maxwell Gomes de Moraes. – Palmas, TO, 2016.

67 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2016.

Orientador: Dr. Joel Carlos Zukowski Junior

Coorientador: Dr. Alisson Moura Santos

1. Arranjo espacial. 2. Valor presente líquido. 3. Sistemas agroflorestais. 4. Taxa interna de retorno. I. Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

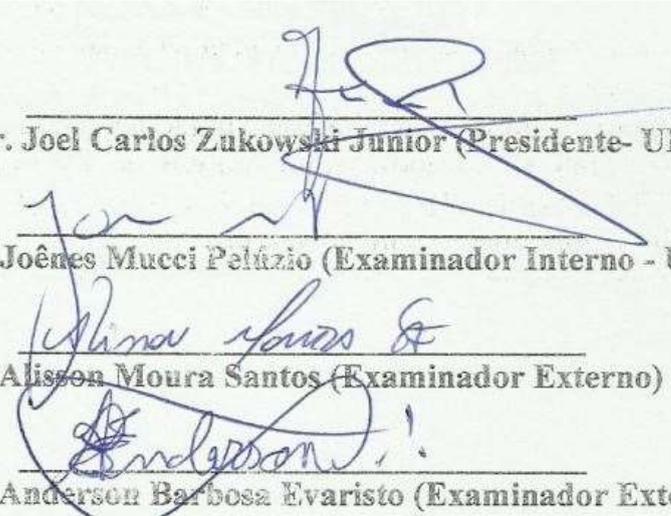
MAXWELL GOMES DE MORAES

**DESEMPENHO SILVICULTURAL DE EUCALIPTO EM SISTEMAS
INTEGRADOS NA REGIÃO DO MATOPIBA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Agroenergia.

Data da Defesa: 08/06/2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Junior (Presidente- UFT)

Prof. Dr. Joênes Mucci Pelázio (Examinador Interno - UFT)

Dr. Alisson Moura Santos (Examinador Externo)

Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo (Examinador Externo)

DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista ao senhor meu Deus e à minha família, por estarem sempre comigo e me ajudarem a superar os difíceis momentos que me levaram ao crescimento.

**“[...] Deus não escolhe os capacitados,
Capacita os escolhidos.
Fazer ou não fazer algo
Só depende de nossa
Vontade e perseverança.”**

Albert Einstein

(1879-1955)

AGRADECIMENTOS

À minha família pela compreensão, destacar minha mãe, por acreditar em mim, por toda dedicação, amor e carinho, definitivamente a pessoa mais importante da minha vida. Sigo agradecendo meus amados pais, Laurina Gomes de Souza e Antônio Moraes de Carvalho, meu irmão Mexwendell Gomes de Moraes e meu tio Bias Gomes de Souza, os quais são responsáveis pela minha jornada e vitória.

Ao prof. Joel Carlos Zukowski Junior e Alisson Moura Santos pela confiança no trabalho.

À equipe da fazenda Santa Luzia em São Raimundo das Mangabeiras no Estado do Maranhão, em especial ao Sr. Oswaldo Massao, Adelmo e Marcos Teixeira (Embrapa Meio Norte).

Aos amigos, Klaydianne, Fernanda, Ana Karla, Gilney, Marcos e Raimundo Nonato.

À rede de fomento iLPF por todo o suporte.

À Equipe de campo: Arlete, Marcos, Bené, Caju, Adelmo.

À equipe da EMBRAPA.

À CAPES pela bolsa oferecida durante o curso.

À todos da equipe do Programa de Pós Graduação em Agroenergia.

*Hoje, neste tempo que é seu,
O futuro está sendo plantado.
As escolhas que você procura,
Os amigos que você cultiva,
As leituras que você faz,
Os valores que você abraça,
Os amores que você ama,
Tudo será determinante
Para a colheita futura.
(Pe. Fábio de Melo)*

RESUMO

MORAES, M. G. **Desempenho Silvicultural de Eucalipto em Sistemas Integrados na Região do Matopiba.** 67 f. 2016. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho silvicultural de um clone de *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* em diferentes arranjos no cultivo integrado com culturas agrícolas e pastagens na região sul do estado do Maranhão para fins energéticos (lenha) e análise de viabilidade econômica. O ensaio foi conduzido na fazenda Santa Luzia, no município de São Raimundo das Mangabeiras/MA. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições e cinco tratamentos. Os tratamentos se constituíram de cinco arranjos espaciais: linhas quádruplas: (3 m x 2 m)+14 m; (3 m x 1,5m)+14 m; (1,5 m x 1,5 m)+14 m e linhas triplas: (3 m x 2 m)+14 m; (1,5 m x 1,5 m)+14 m. Aos 92 meses de idade foram avaliadas a circunferência a altura do peito (CAP) das plantas e cubagem rigorosa de 29 indivíduos e ajustadas as equações de afilamento para o cálculo do fator de forma nos diferentes arranjos para obtenção do volume (m³) de madeira por hectare e por árvore, altura total (m) e comercial (m), incremento médio anual (IMA) e acúmulo de carbono (tCO₂) no fuste por hectare. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. Os maiores diâmetros e alturas médias foram obtidos nos tratamentos com linha quádrupla (3 m x 2 m)+14 m, linha quádrupla (3 m x 2 m)+14 m e linhas triplas: (3 m x 2 m)+14 m. Os três primeiros espaçamentos e o último nesse ensaio são economicamente viáveis segundo os indicadores econômicos para o estudo de caso: taxa interna de retorno (TIR) e o valor presente líquido (VPL) . O tratamento com arranjo espacial (linhas quádruplas com 3 m x 1,5 m +14 m) com 92 meses proporciona maior volume por hectare, incremento médio anual, acúmulo de carbono (tCO₂) no fuste por hectare e resultado econômico maior, sem a prática de desbaste nesse caso.

Palavra-chave: Arranjo espacial. Valor presente líquido. Sistemas agroflorestais. Taxa interna de retorno.

ABSTRACT

MORAES, M. G.. 2016. **Silvicultural performance of *Eucalyptus* at integrated crop-livestock-forest Systems in the Region Matopiba.** 67 p. 2016. Dissertation (Masters in Agroenergy) - Federal University of Tocantins, Palmas.

The aim of this work was to evaluate the silvicultural performance of a clone of *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* in different spatial arrangements in integrated farm system with crops and pastures in the southern State of Maranhão for energy (firewood). The test was conducted at the Santa Luzia, in the municipality of São Raimundo das Mangabeiras / MA. The experimental design was in randomized blocks, with three replicates and five treatments. The treatments consisted of five spacings with quintuplets rows: (3 m x 2 m) +14 m; (3 m x 1.5 m) +14 m; (1.5 m x 1.5 m) +14 m and triple rows: (3 m x 2 m) +14 m; (1.5 m x 1.5 m) +14 m. At 92 months of age were evaluated circumference at breast height (CBH) of plants and cubed 29 trees by the destructive method and adjusted the taper equations for calculating the form factor in different spatial arrangements to obtain the volume (m³) of wood per hectare per tree total height (m) and commercial (m), mean annual increment (IMA) and carbon accumulation (tCO₂) in stem per hectare. The data were submitted to analysis of variance, and means were compared by Tukey test at 1% probability. The larger diameters and average heights were obtained in the treatments with quintuple row (3 m x 2 m) +14 m, Quintuple row (3 m x 2 m) +14 m and triple row: (3 m x 2 m) +14 m. The first three spacings and the last in this test are economically viable according to economic indicators for the case study: internal rate of return (IRR) and net present value (NPV). Treatment with spatial arrangement (quintuplets rows with 3 m x 1.5 m + 14 m) with 92 months provides greater volume per hectare, annual increment, carbon accumulation (tCO₂) in stem per hectare and increased economic results without practice thinning in this study.

Keywords: Tree spatial arrangement. Net Present Value. Agroforestry-pasture systems. Internal rates of return.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Proposta de delimitação territorial do MATOPIBA e as 31 microrregiões geográficas do Instituto de Geografia e Estatística.....	21
Figura 2 – Municípios do Matopiba com informações do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Cnes/Spot Image 2015.	22
Figura 3 - Mapa de localização dos cultivos de clone H105 de Eucalipto	37
Figura 4 – Vista parcial do experimento.....	40
Figura 5– Croqui de campo com disposição dos renques de eucalipto na área experimental ..	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição do PIB do MATOPIBA em 2010, por Estados.....	24
Tabela 2 - PIB per capita dos Estados do MATOPIBA em 2010.....	24
Tabela 3 - Algumas espécies madeireiras utilizadas em arborização de pastagens no Brasil	30
Tabela 4 - Efeitos sinérgicos potenciais da integração-lavoura-pecuária-floresta.....	34
Tabela 5 – Densidade populacional de árvores de eucalipto/há do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA.....	39
Tabela 6 - Análise de variância para o teste de identidade dos modelos de afilamento entre os tratamentos.	43
Tabela 7 – Resumo da análise de variância realizadas nos dados de diâmetro à altura do peito (DAP), do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA	46
Tabela 8 - Valores médios para diâmetro a altura do peito (DAP) do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA.....	47
Tabela 9 – Estimativa do volume (m ³) individual do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA:	48
Tabela 10 – Estimativa do volume de madeira por hectare e incremento médio anual de madeira nos diferentes tratamentos do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA:	49
Tabela 11 – Altura média total e comercial (m) por tratamento do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA.....	50
Tabela 12 - Estimativas de acúmulo de carbono do fuste por hectare do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA.....	51
Tabela 13 - Estimativas de custo financeiro obtido em cada tratamento do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA.....	52

Tabela 14 - Estimativas de rendimento financeiro obtido em cada tratamento por hectare do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA.	52
Tabela 16 - Custos por hectare do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA.	53

QUADROS

Quadro 1 - Distribuição em áreas (ha) dos territórios legalmente atribuídos no MATOPIBA.	20
Quadro 2 – Análise química do solo na área experimental.	38
Quadro 3 – resumo das fontes de renda ao longo dos 92 meses.....	45
Quadro 4 - Resultados dos parâmetros econômicos comparando os diferentes tratamentos ao longo de sete anos.....	54
Quadro 5 - Análise do investimento ao longo de 92 meses:.....	65

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- MATOPIBA** – Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
- Ha** – Hectare
- UFT** – Universidade Federal do Tocantins
- C.V. (%)** - Coeficiente de Variação em porcentagem
- MAPA** - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- PDA** - Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba
- CNES/SPOT** - Centro Nacional de Estudos Espaciais da Agência Espacial Francesa
- GEE** - gases de efeito estufa
- iLP** - Integração lavoura-pecuária
- iPF** - Integração pecuária-floresta
- iLF** - Integração lavoura-floresta
- iLPF** - Integração lavoura-pecuária-floresta
- VPL** - Valor Presente Líquido
- TIR** - Taxa Interna de Retorno
- TMA** - Taxa mínima de atratividade
- PIB** - Produto Interno Bruto
- CAP** - Circunferência à altura do peito (cm);
- DAP** - Diâmetro à altura do peito (cm);
- Vf** - Volume final;
- Vi** - Volume das secções intermediárias;
- gi** - área basal na secção “i”
- gi+1** - área basal na secção “i+1”
- li** - comprimento da secção
- V.ind** - Volume individual por planta (m^3)
- H** - altura das árvores (m)
- f** - fator de forma
- VHa** - Volume total em ($m^3 \cdot hectares^{-1}$)
- V.ind** - Volume individual médio por planta (m^3) na área
- N** - número de plantas por hectare correspondente a cada tratamento.

GL - Grau de liberdade;

QM - Quadrado médio;

T - Número de tratamentos;

SQR - Soma de quadrados do modelo reduzido;

SQC - Soma de quadrados do modelo completo, obtida do somatório das SQ dos modelos individuais;

SQD - soma de quadrado da diferença;

QMR - quadrado médio do modelo reduzido;

QMD - quadrado médio da diferença;

p - número de parâmetros do modelo;

N - número de observações do modelo completo;

F - teste de f.

IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	OBJETIVOS.....	19
2.1	Objetivo Geral	19
2.2	Objetivos Específicos	19
3	REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1	Agronegócio na região do MATOPIBA.....	20
3.2	Sistemas integrados de Produção.....	25
3.3	Definições e Manejo do Sistema Integrado	26
3.3.1	Benefícios da integração Lavoura-Pecuária-Floresta	27
3.3.2	Componente Florestal no Sistema Integrado	28
3.3.3	Essências Florestais Indicadas	29
3.3.4	Arranjos e Densidade Populacional do Componente Florestal.....	30
3.3.5	Manejo do Componente Florestal em sistemas integrados	31
3.4	Análise Socioeconômica dos Sistemas Integrados	33
4	MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1	Local e caracterização da área de estudo	37
4.2	Clima	38
4.3	Solos	38
4.4	Implantação e condução do experimento.....	38
4.5	Delineamento experimental	40
4.6	Avaliações Dendrométricas	42
4.6.1	Cubagem rigorosa	42
4.6.2	Volume de madeira (m ³)	43
4.6.3	Estimativa de carbono acumulado no fuste por tratamento em toneladas por hectare	44
4.6.4	Análise Econômica	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1	Características de crescimento.....	46
5.1.1	Estimativa do volume (m ³) de madeira por árvore	48
5.1.2	Estimativa do volume de madeira por hectare (ha) e Incremento médio anual de madeira (m ³ /ha/ano).....	49
5.1.3	Estimativa da altura média total e comercial (m) por tratamento	49
5.1.4	Estimativa de sequestro de dióxido de carbono acululado no fuste por tratamento em toneladas por hectare	50
5.2	Análise Econômica	51
5.2.1	Custo por tratamento.....	51

5.2.2	Estimativa de rendimento financeiro por tratamento.....	52
5.2.3	Fluxo de Caixa por tratamento.....	53
6	CONCLUSÕES.....	55
	REFERÊNCIAS	56
7	APENDICE A.....	65

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio é um dos principais setores que contribuem na balança comercial brasileira. Com os contínuos avanços científicos e tecnológicos desse setor, tem propiciado oportunidades de negócios e geração de renda em regiões que, historicamente, não possuíam aptidão favorável para o cultivo de grãos e setor florestal, ficando restrito a pecuária.

Ultimamente, o avanço do agronegócio para regiões não tradicionais tem sido muito rápido. A recente expansão tem se direcionado para a região do Brasil central e do Matopiba.

Além disso, vivemos em momento de questionamentos sobre desenvolvimento de forma sustentável, com menor dano possível ao ambiente. Nesse aspecto, exige-se ainda mais eficiência produtiva. Nessa conjuntura, o desenvolvimento, bem como o aprimoramento de tecnologias mais eficientes tem ganhado preeminência.

Nesse sentido, diferentes estudos tem apresentado que o cultivo em sistemas integrados tem-se apresentado como uma opção real de intensificação do uso do solo de maneira mais eficiente, sobretudo em relação a questão econômica. Adicionalmente promove diferentes benefícios ambientais, sendo uma opção a ser considerada em regiões nas condições de fronteira agrícola.

As novas fronteiras são caracterizadas pela grande variabilidade edáfica e climática, até mesmo por conta da vasta área em desenvolvimento. Esses fatores têm reflexos diretos na produtividade.

São necessários aprimoramento de sistemas de produção que aumentem a rentabilidade das atividades agrícolas, reduzindo os impactos ambientais negativos em longo prazo. Atualmente, muitas tecnologias alternativas e estratégias de gestão estão disponíveis para os agropecuaristas. (ROTZ et al., 2015).

A produção integrada também faz parte da estratégia que visa à produção sustentável por meio da integração de atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas numa mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica (BARCELLOS et al., 2011).

As terras do MATOPIBA para uso agrícola apresentam imensa multiplicidade de solos com condições climáticas adversas que inferem em qualidades e

vulnerabilidades diferentes. Tem-se áreas significativas com imenso potencial para uso intensivo, classificadas em: aptidão boa ou regular para lavouras de nível C (desenvolvido). Por outro lado, existem áreas com exigências tecnológicas, menos favoráveis à agricultura, com vulnerabilidade à degradação, presença de cascalhos e fortes restrições à drenagem (LUMBRERAS et al., 2015).

O setor de florestas plantadas do Brasil apresenta-se como referência no mundo, principalmente pelo manejo desenvolvido, altas produtividades alcançadas e gestão estratégica da produção, dos recursos ambientais e, sobretudo dos recursos humanos envolvidos na cadeia. Todo avanço alcançado é resultado de décadas de investimentos em pesquisa e desenvolvimento nas diferentes áreas, principalmente em melhoramento genético, clonagem, produção de mudas, manejo, dentre outras (TORRES et al., 2011).

A essência florestal mais plantada no Brasil é o *Eucalyptus*, principalmente, para produção de madeira para diferentes usos, porém destaca-se para a produção de celulose, papel e biomassa energética (BERGER et al., 2002). A espécie do gênero *Eucalyptus* e *Corymbia* apresentam mais de 600 espécies com diferentes características, fato que propiciou a seleção daquelas espécies com alta capacidade de adaptação às diferentes condições climáticas e edáficas do Brasil.

A obtenção de madeira para geração de energia, constituído pelas florestas plantadas, configura um importante uso madeira no contexto nacional (FIALA & BACENETTI, 2012). O aproveitamento da biomassa florestal requer a utilização em processos de transformação energética de máxima eficiência com o objetivo de aproveitar ao máximo o potencial de energia e utilizar o plantio florestal em terras marginais, em que não haveria competição com produção de alimentos e sua matéria prima ofereça ganho de energia (OKUNO, 2016).

O armazenamento de grãos é um dos vários setores que demandam energia e carecem se enquadrar na situação energética do mundo. E dentro pós-colheita agrícola, a secagem é o de maior consumo energético. Dentro desse quadro, destaca-se a energia da biomassa, uma fonte renovável, podendo ser obtida através das florestas plantadas (KLAUTAU et al., 2008).

Assim, este trabalho, busca obter parâmetros técnicos, em especial do comportamento silvicultural do eucalipto em diferentes arranjos espaciais para produção de biomassa energética na região do Matopiba.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho silvicultural do eucalipto em diferentes espaçamentos num sistema integrado lavoura-pecuária-floresta na região do Matopiba.

2.2 Objetivos Específicos

- a. Avaliar os parâmetros de crescimento de um clone de eucalipto em cinco arranjos espaciais de plantio em sistema de integração lavoura pecuária floresta.
- b. Identificar os arranjos espaciais de plantio para maior produção de madeira.
- c. Analisar os aspectos econômicos dos diferentes arranjos em sistema integrado para produção de madeira para fins energéticos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Agronegócio na região do MATOPIBA

O termo MATOPIBA é originário das siglas dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Esta região foi institucionalizada por meio de decreto presidencial 8.447 em 6 de maio/2015. É caracterizada por uma região com rápida expansão agropecuária, considerada como a mais nova fronteira agrícola do país. Como primeiro critério de delimitação, considerou-se à área de abrangência do bioma cerrado nesses Estados. O segundo critério foi a conjuntura socioeconômica, principalmente em relação à produção agropecuária e florestal. Além disso, considerou-se a infraestrutura logística de toda a região, tendo como base as informações sobre as vias de acesso e possibilidades de escoamento da produção. Dessa maneira, as microrregiões de Imperatriz-MA e Araguaína-TO mesmo não compreendendo integralmente no bioma cerrado, foram inseridas no Matopiba por entender que são regiões com área de influência direta (MIRANDA et al., 2015). O quadro 1 apresenta o número, a natureza e a superfície das áreas legalmente atribuídas no MATOPIBA.

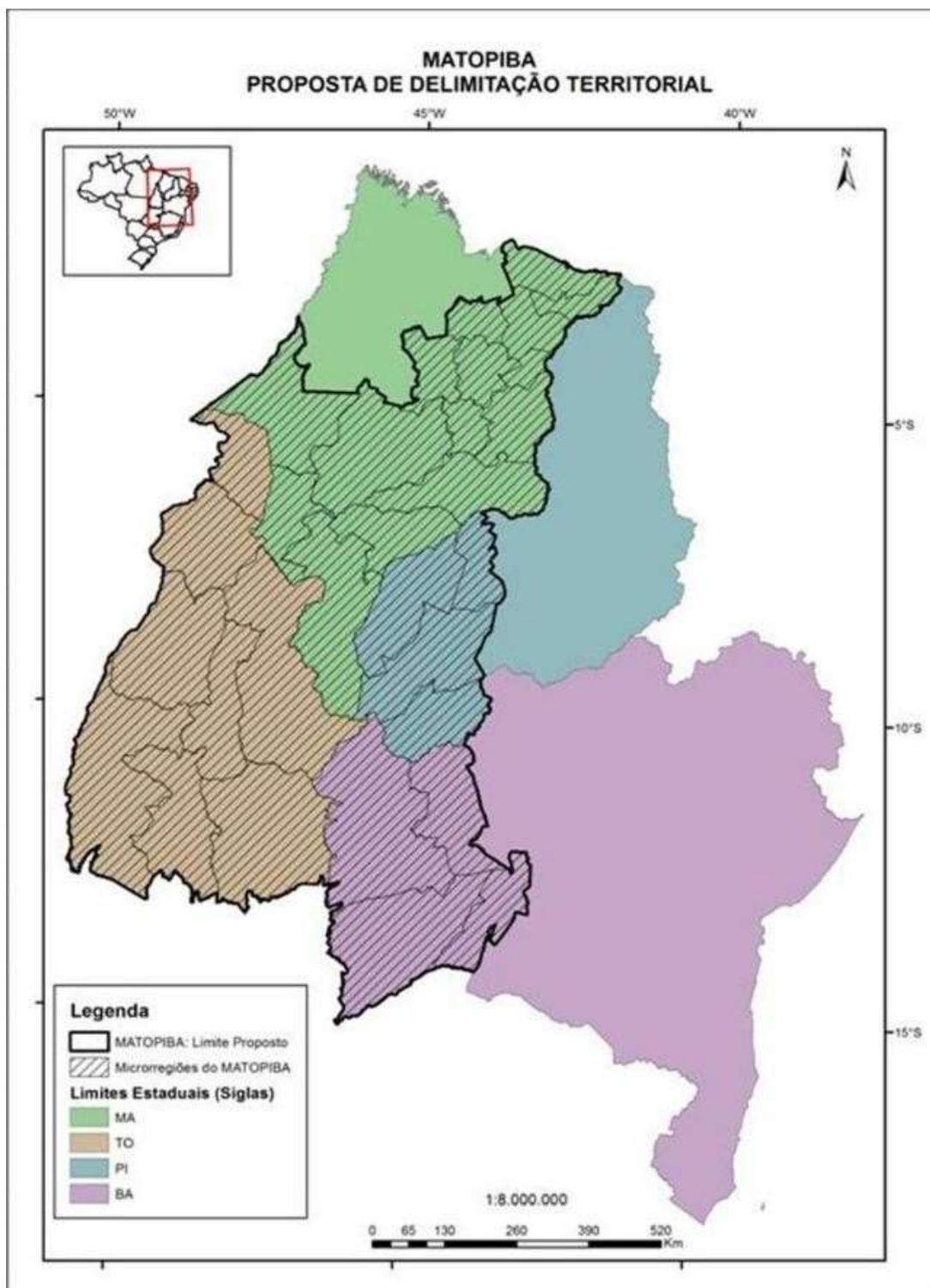
Quadro 1 - Distribuição em áreas (ha) dos territórios legalmente atribuídos no MATOPIBA

Identificação	Nº	Área* (ha)	% relativa
Unidades de Conservação	46	8.334.679,10	11,39%
Terras Indígenas	35	4.157.189,16	5,68%
Assentamentos	745	2.782.754,82	3,80%
Quilombolas	36	250.330,30	0,34%
Área total atribuída		15.524.953,38	
Área total atribuída (excluídas as sobreposições)		13.967.919,97	
Área* do MATOPIBA		73.173.484,58	
% de Ocupação - Área total atribuída (excluídas as sobreposições)		19,09%	

Fonte: MIRANDA et al., 2015.

Na figura 1 é apresentado a área de abrangência do Matopiba segundo MIRANDA et al., 2015.

Figura 1 – Proposta de delimitação territorial do MATOPIBA e as 31 microrregiões geográficas do Instituto de Geografia e Estatística.

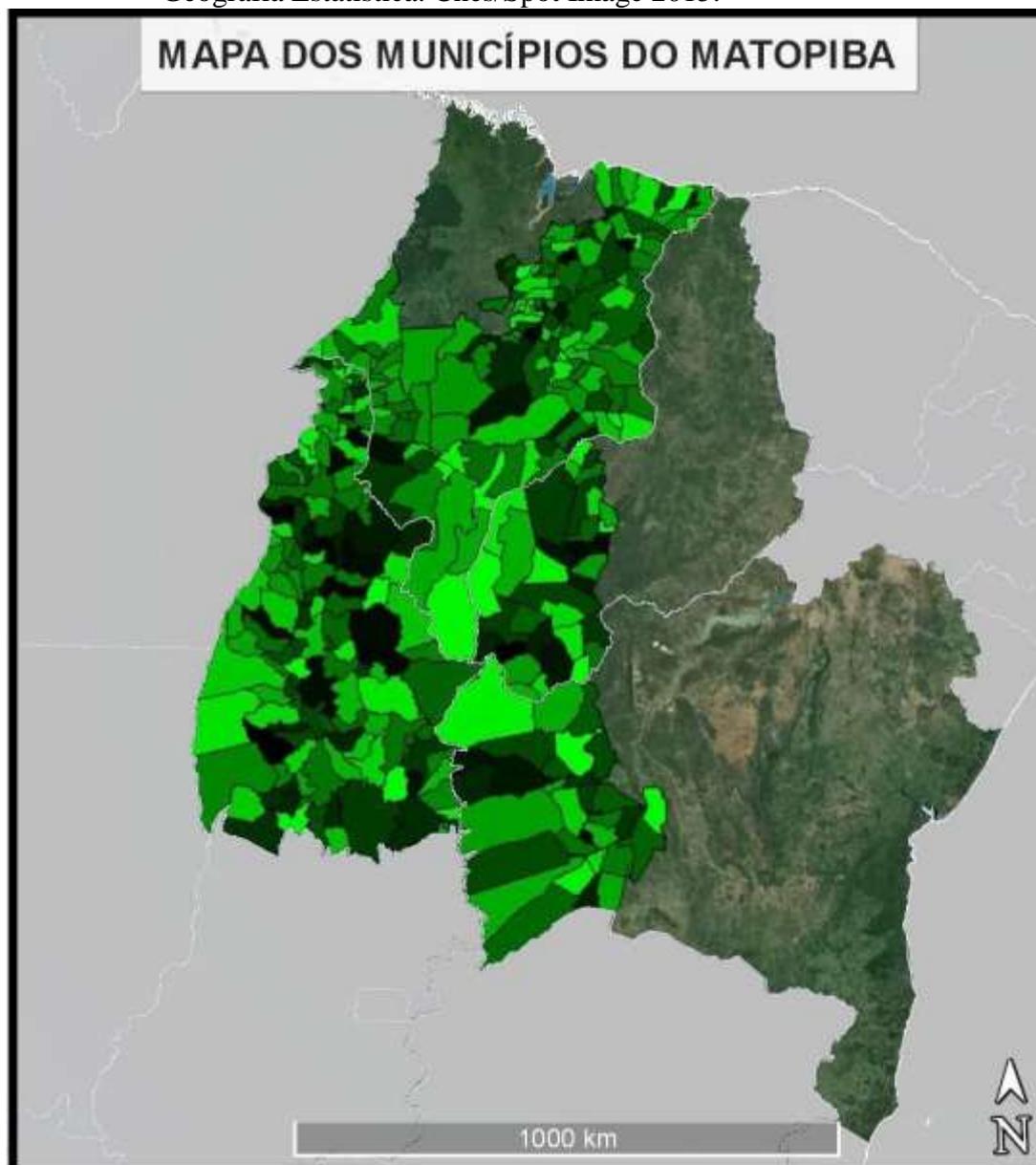


Fonte: adaptado de (MIRANDA et al., 2015).

De acordo com a portaria nº 244 de 12 de novembro de 2015 ficam abrangidos pelo Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba – PDA – Matopiba, os municípios dos Estados da Bahia, Maranhão, Piauí e Tocantins, reunindo 337

municípios e representam um total de cerca de 73 milhões de hectares, conforme a Figura 2, abaixo (BRASIL, 2015).

Figura 2 – Municípios do Matopiba com informações do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Cnes/Spot Image 2015.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Historicamente, o desenvolvimento na região piauiense foi iniciado nos anos 70 com atividade pecuária e cultivo de cajueiro. Na região baiana, o desenvolvimento agrícola no bioma cerrado iniciou-se na década de 80. A partir daí ocorreram vários aprimoramentos no manejo, em especial para o cultivo de grãos. Na década de 90, a monocultura da soja tornou-se predominante, com produção voltada para exportação (AGUIAR; MONTEIRO, 2005). A região sul maranhense apresentou uma rápida mudança, principalmente relacionada às técnicas de cultivo empregadas e área cultivada. Em aproximadamente 20 anos, o cenário agrícola mudou radicalmente de subsistência para uma agricultura moderna mecanizada. (LEITE et al., 2014). A proximidade da região com o porto de Itaqui em São Luís, MA, contribuiu de forma preponderante para a expansão das áreas agrícolas.

A partir dos anos 2000 o Matopiba consolidou-se como uma fronteira agrícola propriamente dita. Com preços das terras bem abaixo da média nacional, áreas planas, características de solo passíveis de correção e clima favorável, desencadearam uma rápida evolução do cenário produtivo (BORGHI et al., 2014). Com os avanços tecnológicos, competência e expressividade técnica do setor, as atividades agrícolas e os produtos por ela gerados têm contribuído para a modificação do quadro econômico desta região.

De modo geral, observa-se uma rápida migração das culturas que eram comumente cultivadas no sul, sudeste e centro-oeste brasileiro para toda esta região. Atualmente, o segmento agropecuário e florestal é dinâmico e encontra-se em plena expansão.

Dentro dessa conjuntura, a inserção de novos cenários agrícolas, também conhecidos como sistemas integrados de produção ou integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) tem demonstrado preeminência como modelo de desenvolvimento.

Com os novos direcionamentos para mitigação dos possíveis efeitos do aquecimento global e atingimento das metas estabelecidas pelo Brasil nas reuniões da convenção de diversidade biológica - CDB. (WEIGAND JR et al., 2011). Descortina-se uma especial possibilidade de desenvolvimento agrícola do Matopiba por meio desses sistemas de produção integrada. Produto Interno Bruto da região do MATOPIBA.

O Produto Interno Bruto (PIB), é um importante indicador econômico para um país. Ele é caracterizado pela soma dos bens e serviços produzidos no país, descontando-se as despesas com os insumos utilizados no processo de produção

(COLLETTI, 2006).

Tabela 1 - Distribuição do PIB do MATOPIBA em 2010, por Estados.

Estado	PIB (1.000 R\$)	PIB (1.000 R\$) Acumulado	% Relativa	∑%
Maranhão	19.283.648,65	19.283.648,65	41,08%	41,08%
Tocantins	17.240.135,04	36.523.783,69	36,72%	77,80%
Bahia	8.668.662,23	45.192.445,92	18,47%	96,26%
Piauí	1.753.706,68	46.946.152,60	3,74%	100,00%

Fonte: Instituto de Geografia e Estatística, senso de 2010.

Na tabela 1 mostra que dentre os quatro estados brasileiros, o Maranhão que mais contribui com o Produto Interno Bruto, seguido do Estado do Tocantins Bahia e Piauí, respectivamente.

Tabela 2 - PIB per capita dos Estados do MATOPIBA em 2010.

Estado	PIB (1.000 R\$)	População	PIB per capita (1.000 R\$)
Tocantins	17.240.135,04	1.383.445,00	12,46
Bahia	8.668.662,23	750.489,00	11,55
Piauí	1.753.706,68	254.950,00	6,88
Maranhão	19.283.648,65	3.513.256,00	5,49
TOTAL	46.946.152,60	5.902.140,00	7,95

Fonte: Instituto de Geografia e Estatística, senso de 2010.

Já na tabela 2 seguem os dos referentes com os parâmetros PIB e população com base no último censo do IBGE do ano de 2010 e apesar do Estado do Maranhão obter o indicador maior do Produto Interno Bruto, quando dividido pela população torna-se o menor seguindo Piauí, Bahia e Tocantins aparece com o maior valor per capita.

Dados da renda dos estabelecimentos do Matopiba revelam que somente 0,42% deles acumulam 59,68% da renda bruta da região. Cerca de 85% estão na classe de cem ou menos de cem hectares. Nesta classe, a grande maioria dos estabelecimentos, 85%, reportam-se à classe de renda bruta de 0 a 2 salários mínimos e cada unidade produtiva produziu menos de meio salário mínimo mensal de renda bruta. São, portanto, bastante pobres (MIRANDA et al., 2015). Esse levantamento mostra que o desenvolvimento produtivo da região é um benefício de poucos (SÁ et al., 2015).

Entretanto, o País defronta-se com alguns desafios no contínuo da trajetória tecnológica. O principal deles é, sem dúvida, ampliar a capacidade de absorção de conhecimento externo dos agentes, aumentando, assim, a inclusão produtiva. O segundo desafio, que está indiretamente associado ao primeiro, é o de criar ambientes

alternativos à mão de obra dos jovens, que possam fazer, sem quebra, a sucessão geracional dos negócios (VIEIRA FILHO et al., 2014).

MIRANDA et al., 2015, destaca ainda alguns desafios que podem servir como alavanca de real desenvolvimento: conjugado específico de políticas para resolver os dificuldades de deficiências de mercado. Sem isto tudo mais fracassará. Incluir mais especificidades o Pronaf e a Agência de Extensão Rural. Estimular as cooperativas. adequação a legislação para as regiões Nordeste e Norte.

3.2 Sistemas integrados de Produção

O cultivo em sistemas integrados de produção tem recebido grande atenção nos últimos anos, principalmente por cada vez mais a sociedade exigir sistemas de produção agrícola conservacionista. São também chamados de integração lavoura pecuária floresta (iLPF) ou sistemas agroflorestais, e constitui-se em modelo de exploração versátil que possibilita integrar a produção florestal, agrícola e pecuária numa mesma área com benefícios econômicos e ambientais. É um sistema complexo, quando comparado ao sistema de produção convencional. Requer um entendimento holístico do sistema, além da necessidade de sinergia entre seus componentes (SANTOS et al., 2014; BARCELLOS et al., 2011; HENDRICKSON et al. 2008).

Aliado ao desenvolvimento dos sistemas de produção integrada, foi criada a Política nacional de integração Lavoura-Pecuária-Floresta, por meio da Lei nº 12.805 de 29 de abril de 2013 que prevê, dentre os seus objetivos, promover a geração, adaptação e transferência de conhecimentos e tecnologias em sistemas integrados de produção pelo poder público (BRASIL, 2013).

Outra legislação federal relevante, o Novo Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que possibilita a implantação de sistemas integrados para áreas de uso restrito, ou seja, em áreas com inclinação entre 25° e 45° (BRASIL, 2012).

O Plano ABC, também chamado de Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, implementado desde 2012, tem o objetivo de promover à adesão de algumas práticas como: plantio direto, integração lavoura-pecuária-floresta, recuperação de pastagens degradadas, florestas plantadas, fixação biológica de nitrogênio e tratamento de dejetos de animais. Tem por finalidade a organização e o planejamento

das ações a serem realizadas para a adoção das tecnologias de produção sustentáveis, selecionadas com o objetivo de responder aos compromissos de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE) no setor agropecuário assumidos pelo país. Conta ainda com uma linha de financiamento própria para produtores que desejam adentrar com alguma das tecnologias sugeridas (LIMA, 2015; DE BRASIL, 2012).

O cultivo em sistemas integrados é uma boa estratégia de uso intensivo e sustentado dos solos. Permite a diversificação de atividades, diminuindo os riscos e aumentando a produção agrícola, pecuária e florestal. Para tanto, é necessário que seja adequadamente planejada e o cronograma de atividades, fielmente cumprido, como forma de maximizar a produtividade e a renda, além de evitar atropelos e improvisações (ALVARENGA, 2012).

A possibilidade de produção de biomassa energética e de madeira serrada contribui de forma significativa na redução do desmatamento das florestas nativas (ALVARENGA, 2012).

3.3 Definições e Manejo do Sistema Integrado

A escolha do tipo de sistema, bem como os componentes a serem inseridos estão inteiramente relacionadas com a realidade do produtor (MÜLLER et al., 2015). O tipo de sistema a ser implantado deve sempre priorizar o componente principal da propriedade, de modo que os componentes secundários promovam maior produtividade na atividade principal.

Classificam-se da seguinte maneira os sistemas de integração: (BALBINO et al., 2011):

1. Integração lavoura-pecuária (iLP) ou Agropastoril: integra os componentes agrícola e pecuário numa mesma área em rotação, consórcio ou sucessão.
2. Integração pecuária-floresta (iPF) ou Silvipastoril: integra os componentes pecuário e florestal, em consórcio.
3. Integração lavoura-floresta (iLF) ou Silviagrícola: integra os componentes florestal e agrícola numa mesma área.
4. Integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) ou Agrossilvipastoril: integra os componentes agrícola, pecuário em rotação, consórcio e sucessão, incluindo também o componente florestal, na mesma área.

Os três componentes são implementados em momentos distintos na área, a lavoura poderá ser iniciada no primeiro momento ou em períodos posteriores, ainda lavoura e floresta ou floresta e pecuária, em nenhum momento os três ao mesmo tempo.

Para atingir alguns benefícios nos sistemas integrados, o manejo de forma correta torna-se fundamental, em específico no que tange as partes físicas e biológicas para adequação do modo pelo qual os componentes constituintes do todo dispõem e integram o sistema e dos arranjos (MACEDO e CAMARGO, 1994).

A fim de que sejam aproveitados cada componente dos sistemas integrados, torna-se necessário cada vez mais contribuições para pesquisa científica, aliada às práticas de manejo e material genético adequados à realidade edafoclimáticas estudada (MORENO, 2011).

3.3.1 Benefícios da integração Lavoura-Pecuária-Floresta

Oferece benefícios como: recuperação de áreas degradadas, em reação ao fator paisagístico, já que ocorre um complemento do sistema biótico com abiótico de forma que um complemente o outro, fazendo com que a eficiência possa ser visualizada nos meios de produção (BALBINO et al., 2011).

A formação de pastagens gera vantagens significativas como: custos mais reduzidos com a implantação das pastagens, melhoria no solo para fins de lavoura, minimização do crescimento de plantas diferentes da cultura, e devido ao solo já estar corrigido em termos de fertilização com o estabelecimento da agricultura, torna-se as pastagens mais produtivas (VILELA et al.1998).

A acumulação de matéria orgânica e a conservação são exemplos de benefícios que a ciclo de culturas promove. Assim o aporte de macro e micronutrientes torna-se disponível para a próxima cultura, devido à decomposição da ciclagem do material vegetal remanescente numa camada de aproximadamente 0-5 cm de profundidade (CARVALHO et al., 2006).

Os solos são passíveis de melhorias, potenciadas pelas árvores. Influenciam o aporte de nutrientes em termos quantitativos em simbiose com culturas próximas consorciadas, atuando na recuperação de macro e micronutrientes posterior ao sistema radicular das outras culturas, minimizando possíveis déficits por lixiviação e processos

erosivos. Assim, o ciclo de nutrientes que são absorvidos pelas raízes das plantas nos sistemas integrados (SPERA et al., 2012).

Os Sistemas integrados contribuem por um ambiente qualitativo, cada vez que contempla ainda mais os aspectos de meio ambiente, social e econômico, como: aporte de empregos nas regiões locais, apoio na economia com produtos no mercado, preservação para florestas nativas, aporte de carbono e conservação do ciclo da água (OLIVEIRA, 2006).

Além da melhor resposta do solo em seus aspectos físicos, químicos e biológicos, o uso sucessivo entre lavoura e pastagem propicia diminuição de plantas nativas indesejadas e doenças por pragas de artrópodes e ainda a minimização de riscos econômicos devido ao maior número de atividades, incluindo ainda a diminuição nas despesas de recuperação e renovação de pastagens degradadas (VILELA et al., 2011).

Permite à introdução em pequenos, médios e grandes fazendas; sombreamento das árvores para os bovinos da atividade pecuária; diminuição da necessidade de abertura de mais áreas para produção; ampliação produção por área leiteira, grãos, forragem, madeireira, entre outros (BALBINO et al., 2012).

Com a inserção do componente florestal no sistema de integração maximizou os benefícios; em relação ao meio ambiente, possibilitou fixação de carbono e sombreamento para os animais; do ponto de vista econômico tem-se a chamada “poupança verde” já que possibilitará a produção de madeira e em termos sociais o aporte de recursos humanos principalmente na etapa de desbastes e colheita final (PORFÍRIO DA SILVA, 2015).

Os sistemas integrados apresentam-se produtivos, com retorno econômico, impacto social na geração de empregos, ganho de matéria orgânica, atividade microbiológica do solo acumulo de carbono (TEIXEIRA NETO, 2015).

3.3.2 Componente Florestal no Sistema Integrado

A silvicultura proporciona benefícios no substrato de plantio, principalmente nos aspectos químicos e físicos do solo (NEVES et al., 2009). Além do aporte de micro e macronutrientes, existe a relação da morfologia do sistema radicular com o aspecto físico do solo.

A escolha do componente florestal nos sistemas integrados poderá levar em conta alguns aspectos como: características agrônômicas da espécie florestal e a relação da produção final e dos serviços pertinentes, não produção de substâncias capazes de matar ou impedir o desenvolvimento de outros organismos ou substâncias tóxicas sobretudo aos animais e culturas, disposição da copa, uma vez que deverá ser menos densa, devido sobretudo ao sombreamento, ao tipo de raiz. Além de outros atributos, como: tronco alto, desenvolvimento rápido, aporte de nitrogênio e nutrientes para as forrageiras, ajuste ao meio ambiente, suportar estresses abióticos e bióticos, abrigo dos animais, evita erosão (MACEDO et al., 2010, NICODEMO et al., 2004).

Dessa maneira, deve-se pautar em árvores com valor econômico comercial relacionado com desenvolvimento acelerado, sinergia com os demais componentes do sistema, observa-se que são as mais indicadas, devido às características de produção e de sinergia com o ambiente (NICODEMO et al., 2004).

Antes de tudo, um diagnóstico da demanda atual e futura do mercado local, regional e, a depender do empreendimento, internacional, com o intuito de fazer um levantamento de informações em relação aos produtos finais do sistema. Ressalta-se que produtos mais bem elaborados conseqüentemente devem propiciar maiores respostas financeiras. Requisições relacionadas à escala de produção e normas de qualidade do produto e dos processos envolvidos são outros fatores preponderantes que necessitam ser levados em consideração. Agregar valor aos produtos finais do sistema do componente arbóreo, devem ser considerados dentre outros, investimentos planejados e mão de obra qualificada (DA SILVA, 2006). Um planejamento em curto, médio e longo prazo, deve ser considerado, além de uma análise de risco em toda a cadeia de produção.

3.3.3 Essências Florestais Indicadas

Para escolha das árvores, contemplam-se algumas características: adaptabilidade às condições edafoclimáticas; mercado que atenda os diversos produtos; alta taxa de desenvolvimento; serviços ambientais como: sombreamento ao animal, fixação de nitrogênio, dentre outros (PORFÍRIO et al., 2009).

Tabela 3 - Algumas espécies madeireiras utilizadas em arborização de pastagens no Brasil.

Nome comum	Nome científico
Eucaliptos (Várias espécies e híbridos)	<i>Eucalyptus spp.</i>
Pínus	<i>Pinus spp.</i>
Paricá	<i>Schyzolobium amazonicum</i>
Mogno africano	<i>Khaya spp.</i>
Canafístula	<i>Pelthophorum dubium</i>
Baru	<i>Dipteryx alata</i>
Teca	<i>Tectona grandis</i>

Fonte: adaptado de Porfírio et al. (2009).

O cultivo de eucalipto iniciou-se entre 1801 a 1830 e durante o século XX, tornou-se a maior espécie arbórea cultivada a nível mundial. Aqui no Brasil iniciou-se aproximadamente a partir dos anos iniciais do século XX. Ao final dos anos 30, o eucalipto já era cultivado em nível comercial, bastante usado em dormentes para ferrovias, construção civil, biomassa energética para indústrias e residências (VITAL, 2007).

O *Eucalyptus spp.* é a essência florestal com maior área em plantio nos sistemas integrados e em monocultivo (ABRAF, 2013). Utilizada ainda como matéria prima para fins energéticos e industriais (PELLIS et al., 2004). Essa cultura é originária da Austrália e apresenta mais 600 espécies.

3.3.4 Arranjos e Densidade Populacional do Componente Florestal

Na fase inicial do planejamento, o espaçamento apresenta-se como um dos fundamentais assuntos do componente arbóreo nos sistemas integrados. Uma vez que o espaçamento exerce uma influência sobre o período de corte, desbaste, poda e volume de madeira (SCOLFORO, 1998).

Primeiramente, em silvicultura, a definição do espaçamento tem-se como critério o seu objetivo, pela finalidade de uso dos produtos ao final do sistema, para posteriormente levar em consideração o manejo, qualidade do ambiente e espécie (BALLONI; SIMÕES, 1980). O espaçamento para o cultivo arbóreo torna-se coerente quando fornece o maior volume, seja em grandeza, morfologia e outros fatores qualitativos, sendo em função do meio ambiente e material genético (PATIÑO-VALERA 1986).

Várias são as correlações diretas que são derivadas do arranjo do componente florestal como: aspectos relacionados ao solo em cotas distintas, aporte de volume arbóreo, carvão vegetal, material genético utilizado (MURGUEITIO et al., 1999).

Clones de eucaliptos são destacados principalmente pela característica de se ajustarem aos fatores clima e solo do bioma cerrado conciliados a um desenvolvimento significativo, volume alto, material arbóreo em condições aptas à indústria de papel e celulose. Podas específicas podem ser feitas entre o quarto e quinto ano inicial de implementação do sistema (ALMEIDA 2010).

Práticas de conservação dos recursos hídricos e solo devem ser considerados, como a plantação arbórea em curva de nível nos cultivos com terrenos inclinados. Portanto o plantio de florestas poderá realizado na disposição dos diferentes níveis do terreno, no terço inferior do terraço, proporcionando ganhos com a percolação hídrica, a conservação do solo, bem-estar dos animais e diminuição de perdas da parte subterrânea arbórea (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2009). Para relevos planos, o alinhamento arbóreo poderá seguir orientação no sentido Leste-Oeste (ALMEIDA, 2010).

Para um mesmo número de árvores por área, observa-se que a possibilidade da adoção de vários arranjos de espaçamentos. Então, tais arranjos espaciais deverão atender aspectos de volume arbóreo, sombreamento e alimentação pecuário, níveis do terreno, definição das máquinas agrícolas e o manejo desenvolvido inicialmente e no desenvolvimento de todo processo. As árvores deverão ser cultivadas no sentido oposto à declividade do terreno, utilizando técnica de conservação dos recursos do solo e hídricos. Nessa definição de plantio em sentido leste-oeste, acompanhando a luz solar, possibilitando o maior espaço entre as árvores com o intuito de um melhor aproveitamento de fotossíntese pelas forrageiras (MÜLLER et al., 2016).

3.3.5 Manejo do Componente Florestal em sistemas integrados

Citam-se alguns desafios do componente florestal como parte do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta: Manejo, prática da poda, realização do desbaste, controle de formigas, inventário florestal, manejo na área dos renques por meio da camada de matéria orgânica, transição de estações, fertilidade do solo, minimização de processos erosivos, escolha de espécies com planejamento em relação à recuperação de

áreas degradadas e adequação às áreas de proteção ambiental, práticas conservacionistas e curvas de nível (SANTAROSA et al., 2014).

No manejo algumas execuções são primordiais como: capina manual, mecânica ou química, conservação de vias de acesso e construção de aceiros com intuito de impedir a propagação de incêndios. Em complementação podem ser feitos inventários da floresta para obtenção de informações quantitativas e qualitativas da produção de madeira, tanto em termos de volume total como por classes de utilização como energia, celulose e serraria, geralmente medida em metros cúbicos estéreos por hectare e por ano, ou toneladas por hectare e por ano (ROSILLO-CALLE et al, 2005). O detalhamento dos inventários dependerá dos usos arbóreos. Para específico, seja energético ou celulose deve-se focar na totalidade do volume. No caso de usos variados para o atendimento aos vários mercados faz-se necessário a quantificação do volume classes de diâmetro e comprimento arbóreo comercial (OLIVEIRA & MOREIRA, 2015).

Para a real implementação dos sistemas integrados, é importante viabilizar o manejo, acompanhamento técnico no componente arbóreo, que interage diretamente com a lavoura ou pecuária. Devido alguns efeitos da sinergia desse sistema ainda não serem conhecidos ou iniciam de ambientes com condições anormais ou fatos de clima não esperada (REIS & DA SILVA, 2014).

Com a meta melhorar, em termos qualitativos, o produto final do componente arbóreo, por meio da limpeza da madeira e retirada de defeitos, utiliza-se a retirada de galhos das árvores no manejo chamado desrama. (FINGER et al., 2001; VALE et al., 2002; POLLI et al.,2006). A desrama influencia também o desenvolvimento da árvore e evolução temporal de variáveis de interesse como os diâmetros, alturas ou volumes de fustes (FINGER et al., 2001).

O manejo na parte superior arbórea, copa, torna-se parte do processo, uma vez que garante a cicatrização causada pelas podas, com necessidade frequente desse procedimento, de maneira intensa e levando em consideração o tempo de cultivo da floresta (POLLI et al,2006). Fatores como: frequência, idade e intensidade da desrama, variam diretamente com a espécie, solo e época do cultivo florestal, entre outros PULROLNIK et al (2005). Observa-se ainda que o espaçamento possui inter-relação no processo de formação à maturidade de galhos (FINGER et al., 2001).

A avaliação dos efeitos impresumíveis de sombreamento das árvores deve ser diminuída com o desbaste (PORTO et al., 2015). Desbastes são usados quando se apresentam financeiramente viáveis, quando os custos de retirada da madeira forem menores que os ganhos financeiros (AHRENS, 1992).

Pode-se definir o desbaste como a poda selecionada do componente florestal no sistema integrado com o objetivo de aumentar a receita, energia solar no local para as forrageiras ou culturas específicas, condições de desenvolvimento das mudas voltado a uma produção qualitativa com o intuito de agregar valor.

A período de colheita florestal deverá seguir alguns procedimentos específicos como: corte da árvore, carregamento e transporte do material, levando-se em consideração o mercado final do produto, recursos humanos e tecnológicos disponíveis (DA SILVA et al., 2009).

3.4 Análise Socioeconômica dos Sistemas Integrados

Em 2015, enquanto o Produto Interno Bruto total do Brasil retraiu 3,8%, o do agronegócio creceu 1,8%, em relação a 2014 (IBGE, 2016). Ou seja a agropecuária brasileira ainda está em crescimento e inclui a adoção dos sistemas integrados.

O sistemas integrados podem se adaptar em regiões e condições diferentes, depende do tamanho da propriedade, atividade principal, seja agrícola ou pecuária. Apesar de aumentar a produtividade, o sistema demanda conhecimento, corpo técnico e humano. Faz-se necessário planejamento a curto e longo prazo, para levar em consideração o custo inicial e técnicos especialistas, além de haver necessidade de mais pesquisas na área para uma melhor tomada de decisões (BRAZ, et al., 2012).

A ciência e tecnologia são peças fundamentais para o avanço e ampliação dos sistemas de produção integrada pela base no produto e na tecnologia que seja segura, ampla e objetiva (FACHINELLO et al., 2009.).

Os sistemas integrados expõem risco em relação ao seu investimento, pois tem-se risco climático aliado ao mercado que se modifica rapidamente. Faz-se fundamental um processo de planejamento estratégico em relação aos custos. Não sendo um processo simples, já que a resposta financeira necessita de um tempo maior devido ao crescimento arbóreo. Para modificação de incertezas em risco é necessário para o investidor (SIMIONI & HOEFLICH, 2006).

São vários os parâmetros relacionados à produção, como: pluviosidade incerta, no aporte dos sistemas irrigados, as difíceis fontes e suas variáveis mudanças somados à produção por área desses cultivos. Fatores de risco econômico, como: juros, custeio para produzir, e preço final do produto (TAVARES et al.,2011).

É necessário que o produtor rural saiba como atingir resultados financeiros no sistema de produção praticado, fazendo uma análise econômica na qual identifique o custo da unidade produzida e a renda líquida gerada na atividade, para que dessa forma haja retorno do investimento. O produtor deve conhecer também os riscos e incertezas envolvidos no processo de produção e estar em constante atualização do setor, seja em fatores tecnológicos como a complexidade do sistema agropecuário (RICARDO et al. ,2008).

Tabela 4 - Efeitos sinérgicos potenciais da integração-lavoura-pecuária-floresta.

VANTAGENS ECONÔMICAS
Rendimentos médios superiores
Incremento de produtividade
Diversificação de renda e diluição de riscos
Redução de custos (fertilizantes e agrotóxicos)
IMPACTOS SOCIAIS
Desenvolvimento rural sustentável
Maior geração de emprego
Segurança alimentar

Fonte: adaptado de KLUTHCOUJKI et al. (2003).

Os sistemas integrados proporcionam ganhos às safras durante todo ano, no sentido de melhor uso dos maquinários agrícolas concomitantemente a geração de renda e trabalho no meio rural (MACEDO, 2009).

Quando comparados três sistemas: agrícola e pecuário, separadamente, com o integrado, que contempla os dois juntos, a eficiência econômica nesses três sistemas mostra-se em intervalos de safras, variações significativas. Porém, afirma-se que o sistema integrado lavoura-pecuária apresenta melhores ganhos em um curto período na relação retornos e riscos, sobretudo, quando se observa apenas uma safra anual, o sistema agrícola tem retorno financeiro mais favorável (LAZZAROTTO et al., 2015).

Em aspectos econômicos, o estudo de viabilidade financeira é uma ferramenta fundamental para informações relacionadas, principalmente, nas várias opções de produção (OLIVEIRA et al., 2006). A taxa interna de retorno quantifica o lucro de um determinado investimento comparando com a taxa de juros de determinada linha de financiamento (SOUZA et al., 2007).

O sistema integrado uma vez em conjunto com o sistema de plantio direto possibilita um aporte econômico e ambiental significativo, resultando numa redução na pressão de exploração de áreas novas. O investimento é maior no sistema agrossilvipastoril, quando comparado com o sistema agropastoril e pecuário com monocultura, porém, os dois primeiros podem receber receitas das safras anuais, que assim contribuindo com o pagamento do investimento, dependendo da produção e do valor final do produto no mercado (FARIA, 2013).

Pode ser um sistema que colabora com a redução do êxodo rural, melhorando assim o bem-estar socioeconômico das pessoas envolvidas, incrementando o comércio local com novos empregos e renda como consequência um avanço no desenvolvimento regional e o fortalecimento das cadeias produtivas inseridas nesse. Estão inseridos nos sistemas integrados, o pagamento por serviço ambiental, que tem sido abordado por algumas instituições de meio ambiente que por meio de compensação tem-se uma perspectiva de uma nova fonte de capital (ALMEIDA, 2010).

Embora um tema novo, existe um consenso que a qualidade de vida está relacionada ao fornecimento de serviços pelo meio ambiente.

A sociedade em geral tem despertado interesse nos serviços oferecidos pelo meio ambiente de sistemas silviagrícolas, apesar de o Brasil ter poucos estudos relacionados ao tema. Com o meio ambiente cada vez mais prejudicado, os serviços naturais é um tema atual. Tema este que propõe mudar padrões em relação ao manejo do meio natural, contribuindo para melhores de decisões na gestão do meio ambiente e políticas pública visando qualidade da população.

O produtor e as políticas públicas são os responsáveis pela escolha da implementação e uso dos recursos naturais. Para servir como embasamentos nas tomadas de decisões devem ser considerados alguns parâmetros como: dados sobre como e em que dimensão, fornecimento, regulamento, apoio ou culturais serão disseminados (PARRON et al., 2015). Parâmetros como: Valor Presente Líquido (VPL),

Taxa Interna de Retorno (TIR), Taxa mínima de atratividade (TMA), apresentam-se usualmente em projetos e estudos de sistemas integrados. (VENTURIN, 2013).

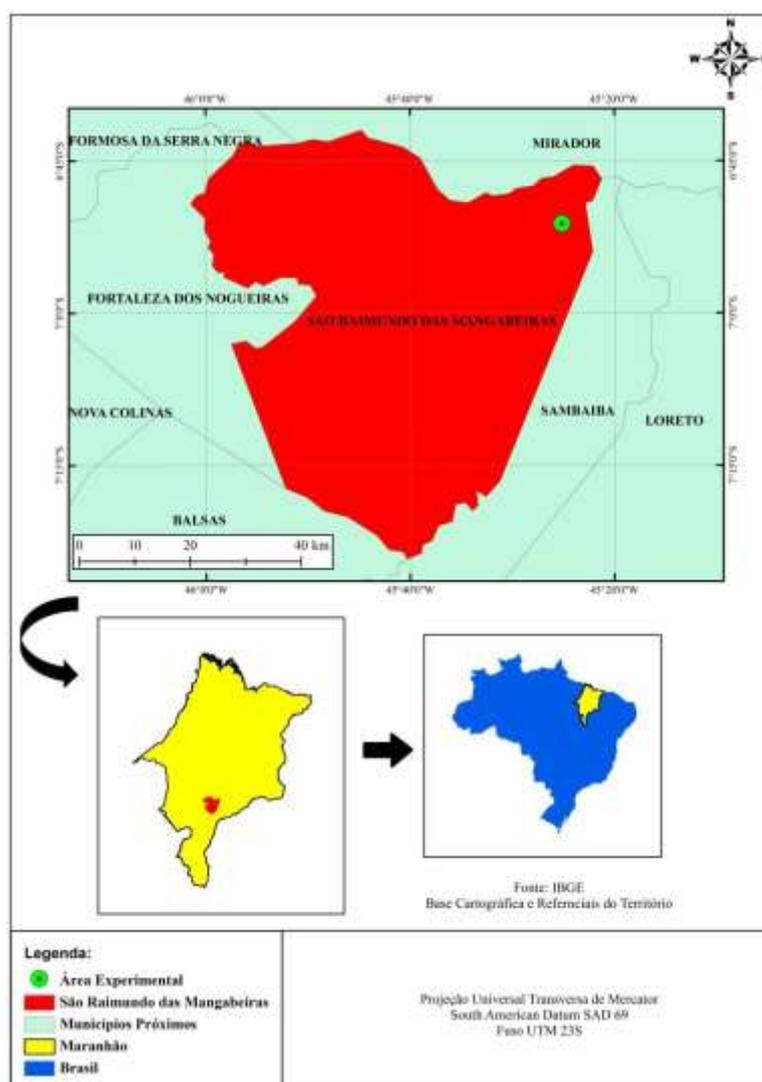
O valor presente líquido (VPL) de um projeto de investimento pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado. Em outras palavras, é a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos (SILVA e FONTES, 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local e caracterização da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido em Unidade de Referência Tecnológica (URT) conduzida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA na Fazenda Santa Luzia no município de São Raimundo das Mangabeiras, sul do Maranhão. A área experimental está situada a 06°51,124' de latitude sul e 45°25,44' de longitude oeste, com altitude de 519 metros.

Figura 3 - Mapa de localização dos cultivos de clone H105 de Eucalipto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Clima

O clima da região São Raimundo das Mangabeiras é Tropical Zona Equatorial, quente, tipo Aw, com inverno seco e verão chuvoso, conforme a classificação de Köppen-Geiger. A temperatura média > 18° C em todos os meses, semi-úmido 4 a 5 meses secos. Segundo dados da Rede Nacional de Agrometeorologia - (RNA), o período chuvoso no estado concentra-se de novembro a abril, com precipitação média anual variando de 1.000 mm a 2.400 mm e trimestre mais chuvoso no período de janeiro a março (RNA, 2003).

4.3 Solos

Os solos são classificados em latossolos amarelos (EMBRAPA, 2011).

4.4 Implantação e condução do experimento

O experimento foi implantado em janeiro de 2008, em uma área com histórico de cultivo de soja há vários anos e vegetação original de cerrado.

No quadro 3 é apresentado o resultado da análise de solo da área experimental na ocasião da implantação.

Quadro 2 – Análise química do solo na área experimental.

Macronutrientes											
pH	pH	M.O	P	K	S	Ca ²⁺	Al ³⁺	H+Al	CTCt	V	m
água	CaCl ₂	%	ppm			Meq/100 cm ³				%	
5,9	5	2,8	8,6	54	3	3,5	0	4,8	9,2	48	0
Micronutrientes (ppm)											
B		k		Fe		Mn		Cu			
0,3		2,9		73		6,8		0,4			
Saturação do Complexo de Troca (%)											
K		Ca		Mg		H+Al		Cu			
1		38		9		52		0			
Relações											
Ca/Mg				Ca/K				Mg/K			
4,4				25,4				5,8			

Fonte: Laboratório Campo: Análises agrícolas e ambientais, 2008.

A unidade de estudo foi composta por uma área em sistema de integração lavoura, pecuária e floresta, tendo o componente florestal estabelecido em renques com o clone híbrido comercial H105 (*Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*). As linhas de plantio de eucalipto

foram dispostas em sentido transversal a declividade do terreno, ficando assim na orientação nordeste-sudoeste.

Os tratamentos constaram de cinco arranjos espaciais de eucalipto, sendo constituído por: Tratamento 01: linhas quintuplas: (3 m x 2 m)+14 m; tratamento 02: linhas quintuplas (3 m x 1,5 m)+14 m; tratamento 03: linhas quintuplas (1,5 m x 1,5 m)+14 m; Tratamento 04: linhas triplas: (3 m x 2 m)+14 m; Tratamento 05: linhas triplas (1,5 m x 1,5 m)+14 m.

Na Tabela 5 é apresentado a densidade populacional de eucalipto em cada tratamento. Tabela 5 – Densidade populacional de árvores de eucalipto/há do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das

Mangabeiras/MA

Tratamentos	Densidade populacional (ha)
1 – 5 (3 m x 2 m) + 14 m	962
2 - 5 (3 m x 1,5 m) + 14 m	1282
3 - 5 (1,5 m x 1,5 m) + 14 m	1667
4 - 3 (3 m x 2 m) + 14 m	750
5 - 3 (1,5 m x 1,5 m) + 14 m	1176

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na ocasião da implantação do ensaio no campo, conduziram-se a limpeza da área experimental, o controle de formigas, a dessecação de toda a cobertura vegetal e a aplicação de calcário dolomítico para fornecimento Ca e Mg. Realizou-se o preparo convencional do solo por meio de uma aração e duas gradagens. A subsolagem foi realizada somente nas linhas de plantio do eucalipto, com aplicação de 796 kg/ha de fosfato natural reativo em linha. O plantio do eucalipto foi realizado utilizando adubação de plantio com fertilizante formulado NPK 05-30-15 na dosagem de 150 kg/ha e adubação em cobertura aos 30 e 60 dias após o plantio para fornecimento de N e K, utilizando o fertilizante formulado NPK 20-00-20 e dosagem de 120g por muda.

Nos primeiros três anos, conduziram-se cultivos de culturas anuais, tais como o milho e soja entre os renques de eucalipto. Após o terceiro ano, conduziu-se cultivo de capim-braquiária (*Urochroa decumbens cv Basilisk*) em substituição as culturas anuais. Os tratamentos culturais utilizados para as culturas anuais e pastagens foram os mesmos preconizados para essas culturas na região. Os tratamentos fitossanitários foram realizados de acordo com a necessidade para cada cultura. No entanto, houve um intenso ataque de formigas, fato que

ocasionou uma elevação no índice de mortalidade do eucalipto em alguns renques.

No terceiro ano, após a formação das pastagens, foi introduzido na área animais (gado) para engorda. Na figura 4 é apresentada a vista parcial do experimento.

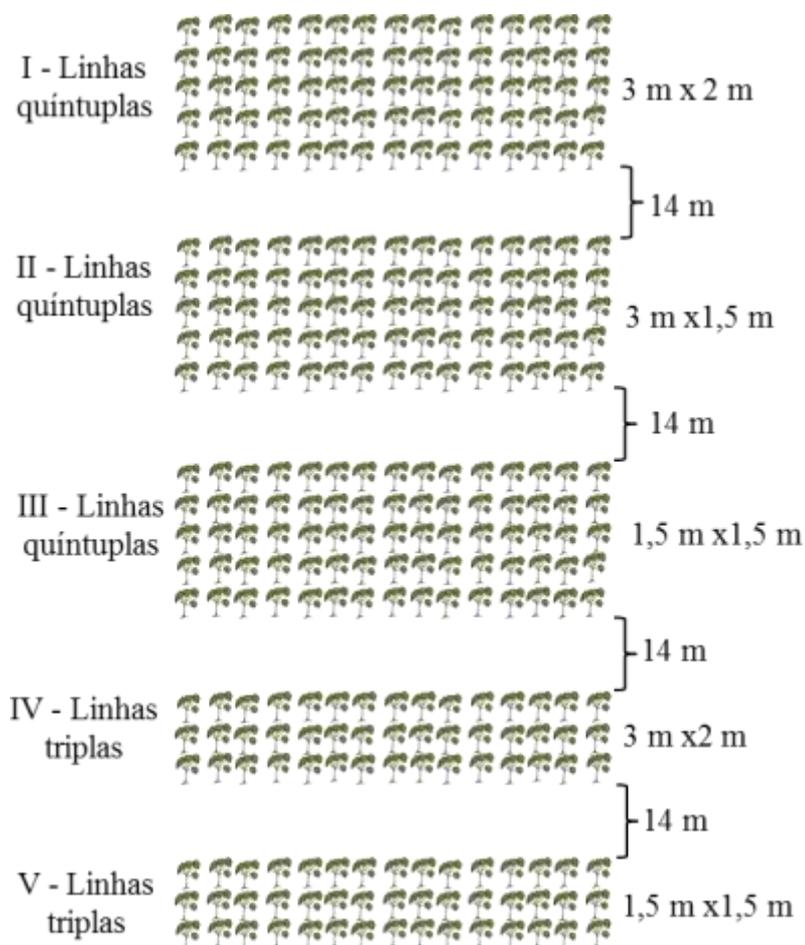
Figura 4 – Vista parcial do experimento aos 92 meses de idade



4.5 Delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento em Blocos ao Acaso (DBC), três repetições e parcelas experimentais constituídas por 189 indivíduos por tratamento. Abaixo seguem os modelos esquemáticos dos arranjos, conforme a figura 5.

Figura 5 – Croqui de campo com disposição dos renques de eucalipto na área experimental.



Fonte: Elaborado pelo Autor

Em setembro de 2015, aos 92 meses de idade, foram obtidas estimativas de diâmetro à altura do peito (DAP), volume de madeira ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) e incremento médio anual de madeira (IMA) $\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$.

A avaliação estatística do experimento foi conduzida por meio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2008). Os dados foram submetidos a análise de variância e médias comparadas pelo teste Tukey a 1% de probabilidade. As análises considerando os diferentes arranjos silviculturais foram realizadas de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = m + b_j + t_i + e_{ij} \quad (1)$$

Em que:

Y_{ij} : é o valor observado na unidade experimental que recebeu o tratamento i , repetição j ;

m : é o efeito da média geral;

b_j : efeito do $j^{\text{ésimo}}$ bloco;

t_i : é o efeito do $i^{\text{ésimo}}$ tratamento;

e_{ij} : é o erro aleatório.

4.6 Avaliações Dendrométricas

Conduziram-se avaliações dos indivíduos em campo aos 92 meses. Foram obtidas as medidas da circunferência a altura do peito (CAP) a 1,30 m do nível do solo dos indivíduos com o auxílio de uma fita métrica.

4.6.1 Cubagem rigorosa

Aos 92 meses após o plantio, foram selecionadas sete árvores dos tratamentos (um, dois e três) e quatro árvores dos tratamentos (quatro e cinco) e obtido medidas de diâmetro a 0,40 m; 1,30 m; 25%; 50%; 75% e 100% da altura comercial. A altura comercial da árvore foi considerada todo o tronco até a altura correspondente ao diâmetro de 5 cm. Procedeu-se a cubagem dos indivíduos pelo método de Smalian, totalizando 29 árvores amostradas.

Os diâmetros do tronco foram obtidos de maneira indireta. Em campo a circunferência do tronco com casca e sem casca foram obtidos por meio de uso de fita métrica e a altura total e altura comercial com uso de trena. A espessura da casca foi obtida pela diferença entre as circunferências com casca e sem casca.

Os volume individual, altura média total e comercial foram estimados com as 29 árvores amostradas. Adicionalmente, foi obtido o fator de forma médio do clone H105 nos diferentes tratamentos.

As equações geradas para cada tratamento foram submetidas ao teste de identidade de modelos segundo Graybill (1976 apud QUEIROZ et al., 2006).

Esse método consiste em verificar, estatisticamente, pelo teste de F, o nível de significância da diferença entre o total das somas dos quadrados das regressões ajustadas para cada tratamento isolado, chamado modelo completo, e a soma do quadrado da regressão ajustada para o conjunto total dos dados, chamado de modelo reduzido.

Na Tabela 6 é apresentado o modelo de análise de variância utilizado no teste de identidade de modelos.

Tabela 6 - Análise de variância para o teste de identidade dos modelos de afilamento entre os tratamentos.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Modelo completo	(Txp)	SQ _C		
Modelo reduzido	P	SQ _R		
Diferença (H ₀)	(T-1)p	SQ _C -SQ _R	SQ _D /(T-1)p	QM _D
Resíduo	N-(Txp)	SQ _{Total} -SQ _R	SQ _R / N-(Txp)	QM _R
Total	N	SQ _{Total}		

GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; T = número de tratamentos; SQR = soma de quadrados do modelo reduzido; SQC = soma de quadrados do modelo completo, obtida do somatório das SQ dos modelos individuais; SQD = soma de quadrado da diferença; QMR = quadrado médio do modelo reduzido; QMD = quadrado médio da diferença; p = número de parâmetros do modelo; N = número de observações do modelo completo; F = teste de f.

Dos modelos selecionados, foi determinado o sortimento de produtos para cada tratamento, considerando 92 meses de idade.

Todas as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). As médias foram agrupadas pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade.

4.6.2 Volume de madeira (m³)

Para cálculo do volume individual, foi utilizado o fator de forma obtido para o clone nesta condição. Tomando-se os valores de altura comercial (H) e DAP das árvores de cada tratamento, foi estimado o volume (2) de cada indivíduo das parcelas por meio da expressão:

$$V. ind = \frac{\mu.DAP^2}{40000} * H * f \quad (2)$$

Em que:

V.ind: volume individual por planta (m³);

DAP: diâmetro à altura do peito (cm);

H: altura comercial das árvores (m);

f: fator de forma (0,27) – Calculado.

O volume de madeira por hectare (4) foi calculado por meio da multiplicação do volume individual médio por planta de cada tratamento pelo número de árvores por hectare, considerando cada arranjo espacial avaliado, descrito pela expressão:

$$VHa = V. ind * N \quad (3)$$

Em que:

VHa: volume total em ($\text{m}^3 \cdot \text{hectares}^{-1}$);

V.ind: volume individual médio por planta (m^3) na área;

N: número de plantas por hectare considerando cada tratamento.

4.6.3 Estimativa de carbono acumulado no fuste por tratamento em toneladas por hectare

Com base nos diferentes tratamentos, foram estimados o total de dióxido de carbono em toneladas aculados por hectare. Foi utilizado o *software* SisEucalipto (OLIVEIRA et al., 2001), e dado pela seguinte expressão:

$$tCO_2 = (vol + 25\%) \times (Dens. \text{Básica}: 0,49) \times (C: 0,42) \times (CO_2: 3,66) \quad (4)$$

4.6.4 Análise Econômica

Para análise econômica, foram utilizados os parâmetros Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) e Lucro Líquido Descontado afim de analisar a viabilidade econômica. Assim:

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

em que:

R_j = valor atual das receitas;

C_j = valor atual dos custos;

i = taxa de juros;

j = período em que as receitas ou os custos ocorrem; e

n = número de períodos ou duração do projeto

O projeto que apresenta o VPL maior que zero (positivo) é economicamente viável, sendo considerado o melhor aquele que apresentar maior VPL. Para uso desse método, é necessária a definição de uma taxa de desconto (i).

A taxa interna de retorno é uma taxa média de desconto do fluxo de caixa, ou, em outras palavras, é a taxa que toma o valor presente dos fluxos de caixa igual ao investimento inicial (GALESNE et al., 1999).

A taxa mínima de atratividade (TMA): é uma taxa politicamente definida pelo decisor, em função da política de investimentos da empresa. A taxa de atratividade representa a “rentabilidade mínima exigida pelo investidor”, ou seja, sua motivação para investir (GONZÁLEZ e FORMOSO, 2013).

Para fins de cálculos, considerou-se o período de sete anos após o plantio para os componentes agrícolas, pecuários e florestais. Assim, o diagnóstico considerou os componentes soja, milho, brachiaria, gado e eucalipto.

Foi considerado ainda o investimento inicial para cada tratamento em conjunto com os demais componentes agrossilvipastoris.

A taxa média de atratividade foi de 10%. Foi considerado para fins de cálculo do componente pecuário apenas as etapas de produção de recria e terminação.

Adicionalmente, considerou-se os custos operacionais de implantação e produção, tais preparo de área, plantio, roçagem, aplicação dos formicidas, calcário, adubo, mudas, formicidas e custos fixos e taxas de assistência técnica devidamente coletados junto à gerência da propriedade e posteriormente feito o diagnóstico e comparação entre os diferentes tratamentos. Abaixo o quadro 3 apresenta os componentes ao longo dos 92 meses do experimento.

Quadro 3 – resumo das fontes de renda ao longo dos 92 meses.

Ano	Fontes de renda
1	Soja + milho
2	Soja + milho
3	Soja + milho
4	Pecuária
5	Pecuária
6	Pecuária
7	Pecuária + Eucalipto

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características de crescimento

De maneira geral, observou-se boa adaptação do clone H105 em sistema integrado nas condições edafoclimáticas avaliadas.

A partir das análises realizadas, são apresentados os desdobramentos para cada tratamento e discutidos os resultados.

Os resultados da análise de variância realizada para os parâmetros dendrométricos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Resumo da análise de variância realizadas nos dados de diâmetro à altura do peito (DAP), do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA

FV	GL	QM
		DAP
Tratamentos	4	8.56399**
Blocos	2	1.29413**
Tratamentos x Blocos	8	0.69328**
Resíduo	930	0.18640
Total	944	

Média = 16,9 m; CV= 10,5 %

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p = 0,01). CV= Coeficiente de Variação

Verificou-se diferença significativa do comportamento do clone nos diferentes arranjos espaciais pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. Dessa maneira, procedeu-se também o teste de comparação de médias (Tabela 8) pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

Observou-se interação significativa entre os tratamentos e blocos. Essa interação possivelmente é decorrente de fatores bióticos que ocorreu na ocasião da implantação, a exemplo da alta incidência de formigas na ocasião do plantio.

Na Tabela 8 são apresentadas as médias de diâmetro à altura do peito (DAP) para cada arranjo espacial.

Tabela 8 - Valores médios para diâmetro a altura do peito (DAP) do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA

Tratamento	Espaçamentos	DAP (cm)	
1	linhas quántuplas com 3 x 2 m	18,2	a
2	linhas quántuplas com 3 x 1,5 m	18,0	a
3	linhas quántuplas com 1,5 x 1,5 m	14,2	c
4	linhas triplas com 3 x 2 m	18,1	a
5	linhas triplas com 1,5x1,5 m	16,4	b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p=0,01).

Conforme apresentado na Tabela 8, observa-se que os tratamentos com maior espaçamento por árvore obtiveram maiores médias de DAP, tendo em média 18,1 cm. O tratamento 3 apresentou a menor média de DAP seguido pelo 5. Assim, observa-se que nos tratamentos com maiores espaçamentos apresentam maior crescimento em diâmetro.

Em diferentes trabalhos, seja em cultivo em iLPF ou em monocultivo, autores apresentam que o espaçamento por árvore influencia diretamente no perfil de crescimento em diâmetro das árvores no povoamento. Oliveira (2010) apresentou que os espaçamentos mais adensados resultaram menor crescimento em diâmetro e o aumento da área útil por árvore propiciou maiores volumes individuais aos 18 e 27 meses. Venturin (2013) obteve observações semelhantes aos 122 meses. Balloni & Simões (1980) cita que o DAP é uma característica passível de alteração pelo espaçamento de plantio e que interferem tanto no volume total de madeira como no volume útil produzido pela floresta.

Drumond et al., (2015) observou, com clone de *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*, DAP médio de 11,2 e 11,8 cm utilizando espaçamento 3 m x 3 m aos 72 meses de idade.

Tal comportamento influencia diretamente sobre a decisão do silvicultor na ocasião do planejamento do empreendimento. Se o objetivo é produção de madeira para serraria, direcionamentos para cultivos com maiores espaçamentos são mais recomendados. Adicionalmente, é possível efetuar o manejo, de modo que realiza-se o plantio adensado e, a partir do terceiro ou quarto ano realizam-se o desbaste. Desse modo, é possível utilizar parte

da madeira para produção de biomassa energética e, ao final do ciclo, madeira para serraria.

O cultivo de eucalipto em sistemas de integração no bioma Cerrado em sua maioria é direcionado para uso múltiplo. Assim, o plantio poderá passar por vários desbastes, de modo a direcionar a madeira produzida aos diversos usos ao longo do seu ciclo: 4-5 anos, para biomassa energética; 8-9 anos para postes e no final do ciclo aos 12-14 anos, o corte final para indústria de madeira e laminação (ALMEIDA, 2010).

A biomassa com 13 anos após o plantio apresentou maior rendimento gravimétrico, volumétrico e maior massa específica aparente final, sendo direcionada para uso em serraria. Para biomassa energética, a idade de 5 anos apresenta melhor qualidade, devido a maiores diferentes características, dentre elas o poder calorífico superior e teor de carbono fixo, além de valores menores de teor de voláteis e teor de cinzas (DONES et al., 2015).

5.1.1 Estimativa do volume (m³) de madeira por árvore

Obtiveram-se o volume individual de madeira em cada tratamento, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Estimativa do volume (m³) individual do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA:

Tratamento	Espaçamentos	Volume médio de madeira individual (m³)
1	linhas quádruplas com 3 m x 2 m	0,175
2	linhas quádruplas com 3 m x 1,5 m	0,168
3	linhas quádruplas com 1,5 m x 1,5 m	0,098
4	linhas triplas com 3 m x 2 m	0,173
5	linhas triplas com 1,5 m x 1,5 m	0,137

Observa-se que os tratamentos que apresentaram maiores volumes por árvore foram os tratamentos 1, 2 e 4. O tratamento com menor volume individual foi o tratamento 3, a exemplo do ocorrido com o caractere diâmetro a altura do peito, onde os tratamentos com maiores espaçamentos resultaram maior crescimento. Adicionalmente, era esperado o mesmo resultado para volume em decorrência da relação hipsométrica positiva com o volume.

5.1.2 Estimativa do volume de madeira por hectare (ha) e Incremento médio anual de madeira (m³/ha/ano)

Na tabela 10 são apresentados o volume por hectare e incremento médio anual de madeira.

Tabela 10 – Estimativa do volume de madeira por hectare e incremento médio anual de madeira nos diferentes tratamentos do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA:

Tratamento	Espaçamentos	Volume de madeira (m ³ /ha)	IMA (m ³ /ha/ano)
1	linhas quántuplas com 3 m x 2 m	167,33	21,824
2	linhas quántuplas com 3 m x 1,5 m	220,581	28,77
3	linhas quántuplas com 1,5 m x 1,5 m	157,044	20,483
4	linhas triplas com 3 m x 2 m	129,239	16,856
5	linhas triplas com 1,5 m x 1,5 m	161,816	21,105

Nota-se na Tabela 10 que o tratamento 2 apresentou volume médio de madeira na ordem de 215,57 m³.ha⁻¹. Neste tratamento, apresenta um arranjo espacial com densidade de aproximadamente 1282 árvores/ha. Observa-se que os indivíduos apresentaram um bom desenvolvimento nesse arranjo. Considerando o IMA obtido nos diferentes tratamentos, observa a superioridade do tratamento 2 perante os demais.

Rocha (2011) observou, com clones de *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* em Itamarandiba/MG, resultados de IMA semelhantes ao observado no presente estudo. Observou incrementos entre 30,94 à 33,29 m³/ha.ano⁻¹ aos 85 meses idade e espaçamentos entre 3 x 0,5 m, 3 x 1 m, 3 x 1,5, 3x 2 m e 3 x 3 m com seis linhas de plantio. Apresentou alturas médias entre 17,13 e 26,02 metros e volumes médios de 204,33 a 257,55 m³/ha. Drumond et al., (2015) obteve volume entre 147 e 162 m³/ha e incremento médio anual de 24,6 e 27 m³/ha.ano⁻¹.

5.1.3 Estimativa da altura média total e comercial (m) por tratamento

Na tabela 11 são apresentados valores médios de altura total e comercial em metros nos diferentes tratamentos.

Tabela 11 – Altura média total e comercial (m) por tratamento do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA.

Tratamentos	Espaçamentos	Altura Total Média (m)	Altura comercial média (m)
1	linhas quintuplas com 3 m x 2 m	26,82	23,36
2	linhas quintuplas com 3 m x 1,5 m	26,61	23,54
3	linhas quintuplas com 1,5 m x 1,5 m	23,77	20,36
4	linhas triplas com 3 m x 2 m	26,65	23,76
5	linhas triplas com 1,5 m x 1,5 m	24,35	22,6

Observa-se que a altura das árvores foram maiores nos tratamentos com espaçamento maior por árvore, ou seja, quanto maior o espaçamento, maior altura. Isso possivelmente, decorrente da menor competição por nutrientes, luz solar e água das plantas nos espaçamentos menos adensados.

O aumento da altura da árvore está ligada à sua constituição genética, a sua tolerância à competição e sua eficiência na utilização de recursos ambientais (BINKLEY, 2004; BOYDEN et al., 2008), que explica a influência do arranjo espacial sobre o aumento da altura. De acordo com Garcia (2010), o aumento na área útil por planta fornece ganhos menores de altura e maiores ganhos de diâmetro. Já Rocha (2011), obteve alturas médias entre 17,13 e 26,02 metros.

5.1.4 Estimativa de sequestro de dióxido de carbono acululado no fuste por tratamento em toneladas por hectare

Na tabela 12 segue a estimativa de acúmulo de dióxido de carbono no fuste por hectare em toneladas nos diferentes tratamentos.

Tabela 12 - Estimativas de acúmulo de carbono do fuste por hectare do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA.

Tratamento	Espaçamentos	Sequestro de dióxido de carbono (CO₂) por tratamento (T/ha)
1	linhas quántuplas com 3 m x 2 m	200,2
2	linhas quántuplas com 3 m x 1,5 m	256,2
3	linhas quántuplas com 1,5 m x 1,5 m	193,9
4	linhas triplas com 3 m x 2 m	154,7
5	linhas triplas com 1,5 m x 1,5 m	192,3

Conforme apresentado na tabela 12, o tratamento 2 obteve maior sequestro de carbono em toneladas por hectare e portanto o mais indicado em relação ao quesito de mitigação das emissões de CO₂. Alves et al., (2007) obteve em 4,5 anos de idade com clones híbridos de eucalipto (*E. urophylla* x *E. tereticornis*) 166,68 de CO₂ em toneladas por hectare do fuste do eucalipto em Pernambuco. Já no município de viçosa/MG aos 6 anos de idade com povoamento de *Eucalyptus grandis* obteve 47,7 toneladas de carbono no fuste (PAIXÃO et al., 2004).

5.2 Análise Econômica

5.2.1 Custo por tratamento

Foi estimado o custo em reais por tratamento de implantação do eucalipto por hectare, conforme tabela 13 abaixo.

Tabela 13 - Estimativas de custo financeiro obtido em cada tratamento do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA.

Tratamentos	Espaçamentos	Custo (R\$)
1	linhas quántuplas com 3 m x 2 m	3.699,17
2	linhas quántuplas com 3 m x 1,5 m	3.694,59
3	linhas quántuplas com 1,5 m x 1,5 m	3.689,58
4	linhas triplas com 3 m x 2 m	3709,31
5	linhas triplas com 1,5 m x 1,5 m	3742,06

Portanto conforme apresentado na tabela 13, os custos dos tratamentos são similares, porém o tratamento 2 obteve o menor custo.

5.2.2 Estimativa de rendimento financeiro por tratamento

Tabela 14 - Estimativas de rendimento financeiro obtido em cada tratamento por hectare do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA.

Tratamentos	Espaçamentos	Volume (ha)	Rendimento a R\$ 50,0/m³
1	linhas quántuplas com 3 m x 2 m	167,33	8366,51
2	linhas quántuplas com 3 m x 1,5 m	220,58	11029,09
3	linhas quántuplas com 1,5 m x 1,5 m	157,04	7852,20
4	linhas triplas com 3 m x 2 m	129,23	6461,97
5	linhas triplas com 1,5 m x 1,5 m	161,81	8090,81

Considerou-se o preço médio por metro cúbico a R\$ 50,00 como valor de mercado para a lenha. Observa-se na Tabela 14 que o tratamento 2, que por sua vez possui uma maior volume por hectare, apresentou maior rendimento financeiro por hectare, obtendo em média R\$ 11.029,09/ha nas condições edafoclimáticas da região de São Raimundo das Mangabeiras.

Esse seria o valor economizado pela fazenda por hectare, considerando que a 90% dessa madeira (lenha) é destinada para secagem de grãos, devido a sua principal atividade se tratar de agrícola e apenas 10% seria destinada para outros fins como cerca, por exemplo.

5.2.3 Fluxo de Caixa por tratamento

Na tabela 15 apresenta os dados de acordo com a Fazenda Santa Luzia do fluxo de caixa ao longo de sete anos para as culturas de soja e milho e pecuária em uma safra por hectare.

Tabela 15- Custos por hectare ao longo de sete safras de soja, milho e gado aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA.

Nº de Safras	Fontes de Renda	Custos	Receitas	Margem Bruta
3	Soja	R\$ 3.692,00	R\$ 5170,00	R\$ 1.478,00
3	Milho	R\$ 2.113,00	R\$ 2288,00	R\$ 175,00
4	Pastagem	R\$ 1425,01	-	-
4	Gado	R\$ 1881,00	R\$ 3942,00	R\$ 2061,00

Fonte: Teixeira Neto (dados não publicados).

Observa-se margem bruta positiva para a cultura da soja, milho e gado. Na tabela 16 analisa um levantamento de custos, receitas e margem bruta em relação ao Eucalipto *Eucalyptus grandis* x *E. Camaldulensis* para cada tratamento.

Tabela 15 - Custos por hectare do clone de eucalipto (H105) aos 92 meses de idade em diferentes arranjos espaciais de plantio em São Raimundo das Mangabeiras/MA.

Tratamentos/Espaçamentos	Fontes de Renda	Custos (R\$/ha)	Receitas (R\$/ha)	Margem Bruta(R\$/ha)
1 - (linhas quintúplas com 3 x 2 m)	Eucalipto	3.699,17	8366,51	4667,34
2 - (linhas quintúplas com 3 x 1,5 m)	Eucalipto	3.694,59	11029,09	7334,50
3 - (linhas quintúplas com 1,5 x 1,5 m)	Eucalipto	3.689,58	7852,20	4162,62
4 - (linhas triplas com 3 x 2 m)	Eucalipto	3.709,31	6461,97	2752,66
5 - (linhas triplas com 1,5x1,5 m)	Eucalipto	3.742,06	8090,81	4348,75

Na tabela 16 observa-se que o tratamento 2 apresenta uma maior margem bruta, seguidos dos tratamentos, 1, 3, 5 e 4. O eucalipto funciona no sistemas integrados como uma espécie de poupança verde, contribuindo no incremento das receitas. Nesse caso da fazenda, esse valor apresenta o quanto o produtor irá poupar, já que precisaria desse quantitativo para uso próprio para o secagem de grãos.

Quadro 4 - Resultados dos parâmetros econômicos comparando os diferentes tratamentos ao longo de sete anos

Indicadores/ Parâmetros	Tratameto 1	Tratameto 2	Tratameto 3	Tratameto 4	Tratameto 5
Períodos	7 anos				
Investimento inicial	R\$ 9.504,17	R\$ 9.499,59	R\$ 9.494,58	R\$ 9.514,31	R\$ 9.547,06
Lucro líquido descontado	R\$ 10.869,20	R\$ 12.235,07	R\$ 10.604,32	R\$ 9.892,89	R\$ 10.732,01
TMA a.p.	10,00%	10%	10%	10%	10%
VPL	R\$ 414,62	R\$ 1.785,52	R\$ 160,28	R\$ -572,86	R\$ 230,24
TIR	11,02%	14%	10%	8%	11%
Pay Back em períodos	5,75	5,75	5,74	5,76	5,78

No quadro 4 apresenta-se os indicadores econômicos no período de sete anos, com os respectivos investimentos iniciais, despesas, lucro líquido descontado, taxa média de atratividade, valor presente líquido, taxa interna de retorno e payback por períodos e por tratamento.

Observa-se que em relação à taxa média de retorno, somente o tratamento 4 não supera à taxa média de atratividade, portanto o tratamento 4 (linhas triplas com espaçamento 3 m por 2 m) mostra-se inviável. O valor presente líquido maior foi obtido no tratamento 2 (linhas quántuplas com espaçamento 3 m por 1,5 m) com lucro de R\$ 1.785,52, seguido dos tratamentos 1, 3, 5 e portanto acima de zero, o que não ocorreu para o tratamento 4. Nesse que representa lucro para a atividade econômica proposta, ou seja, o projeto cobrirá tanto o investimento inicial, bem como a remuneração mínima exigida pelo investidor, gerando ainda um excedente financeiro, sendo então economicamente viável todos os tratamentos na seguinte ordem: 2, 1, 3 e 5, exceto o tratamento 4 que foi economicamente inviável.

Em relação ao Pay Back, apresenta um retorno semelhante para todos ao longo de 5,7 anos aproximadamente.

6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos conclui-se que:

- a) Os diferentes arranjos de plantio em sistema integrado influenciam no desempenho silvicultural do eucalipto;
- b) O arranjo silvicultural com linhas quádruplas (3 m x 1,5 m) + 14 m apresentou maior volume de madeira e, conseqüentemente, o maior rendimento financeiro;
- c) Os tratamentos apresentaram-se viáveis economicamente com valor presente líquido positivo, exceto para o espaçamento com linhas triplas e espaçamento de três metros por dois metros neste ensaio.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Teresinha de Jesus Alves; MONTEIRO, Maria do Socorro Lira. MODELO AGRÍCOLA E DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: VIMENTO SUSTENTÁVEL: A OCUPAÇÃO DO CERRADO PIAUIENSE. *Ambiente & Sociedade*, v. 8, n. 2, 2005.
- AHRENS, S. **A seleção simultânea do ótimo regime de desbastes e da idade de rotação para povoamentos de *Pinus taeda* L., através de um modelo de programação dinâmica.** 189 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.
- ALMEIDA, R. G. Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. In: ENCONTRO SOBRE ZOOTECNIA DE MATO GROSSO DO SUL, 7, 2010, Campo Grande, MS. *Anais... Campo Grande, MS: UFMS*, 2010. p. 1-10.
- ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M. Inovações tecnológicas nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta-iLPF. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 8.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 4., 2012, Viçosa, MG. *Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa*, 2012. p. 267-276.
- ALVES, Ana Maria Cordeiro. **Quantificação da produção de biomassa e do teor de carbono fixado por clones de eucalipto, no Pólo Gesseiro do Araripe-PE.** 143 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco. 2007.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, Alexandre de Oliveira; STONE, Luís Fernando. **Marco Referencial: Integração lavoura-pecuária-floresta.** 1. ed. Brasília: Embrapa, 2011. v. 01. 130p .
- BALBINO, Luiz Carlos; CORDEIRO, Luiz Adriano Maia; MARTÍNEZ, Gladys Beatriz. Contribuições dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 4, n. 6, p. 1163-1175, 2012.
- BALBINO, L. C.; KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J. et al. Sistemas de integração: o que são, suas vantagens e limitações. In: BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura pecuária floresta.** 2ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012a. p.12-18.
- BALLONI, E.A., SIMÕES, J.W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. *IPEF*, p. 1-26, 1980. (Série Técnica, 3).

BARCELLOS, A. de O.; MEDRADO, M. J. S.; GRISE, M. M.; SKORUPA, L. A.; ROCHA, W. S. D. Base conceitual, sistemas e benefícios da iLPF. In: BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. p. 23-37.

BERGER, Rute et al. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BINKLEY, Dan. A hypothesis about the interaction of tree dominance and stand production through stand development. **Forest ecology and management**, v. 190, n. 2, p. 265-271, 2004.

BORGHI, E.; BORTOLON, L.; AVANZI, J. C.; BORTOLON, E. S. O.; UMMUS, M. E.; GONTIJO NETO, M. M.; COSTA, R. V. da. Desafios das novas fronteiras agrícolas de produção de milho e sorgo no Brasil: desafios da região do MATOPIBA. In: KARAM, D.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). **Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo**, 2014. cap. 25, p. 263-278.

BOYDEN, Suzanne; BINKLEY, Dan; STAPE, José Luiz. Competition among Eucalyptus trees depends on genetic variation and resource supply. **Ecology**, v. 89, n. 10, p. 2850-2859, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 244 de 12 de novembro de 2015**. Disponível em :<
<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/servlet/INPDFViewer?jornal=1&pagina=8&data=13/11/2015&captchafield=firistAccess>>. Acesso em nov. de 2015.

BRASIL, Constituição. LEI FEDERAL nº 12.805, DE 29 DE ABRIL DE 2013.. **Dispõe sobre a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e altera a Lei no 8.171, de 17 de janeiro de 1991**. Disponível em :<
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12805.htm. Acesso em nov. de 2015.

BRASIL, Novo Código Florestal. Lei n 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências**. Disponível em :<
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm> Acesso em: nov. de 2015.

BRAZ, Felipe Perrone et al. Análise socioeconômica comparativa de sistemas de integração lavourapecuária em propriedades rurais nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste do Brasil. **Informações Econômicas, São Paulo**, v. 42, n. 2, p. 69-82, 2012.

CARVALHO, G.J.; CARVALHO, M.P.; FREDDI, O.S.; MARTINS, M.V. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.765-771, 2006.

COLLETTI, J. C. **PIB – Produto Interno Bruto**. Informe-se, 21 novembro 2006. Disponível em: < <http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/pib-produto-interno-bruto/12962/> >. Acesso em: fev. de 2016.

DE BRASIL, Gobierno. Plano setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. **Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Coordenado por Casa Civil da Presidência da República, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA). Versão final-13/01, 2012.

DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J.; TAVARES, J. A.; OLIVEIRA, V. R. de; SA, I. B.; PEREIRA, P. S.; NASCIMENTO, C. E. de S. Influência do preparo de solo no crescimento de híbridos de Eucalyptus na Chapada do Araripe, Pernambuco. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 4., 2015, Petrolina, PE. **Anais. ...**Petrolina, PE. Embrapa Semiárido, 2015.

ESTATÍSTICO DA ABRAF, ABRAF–Anuário. **Ano base 2012/ABRAF**. Brasília, DF, 2013.

FARIA, Cláudio Miguel Alves de. **Integração lavoura, pecuária e floresta como alternativa para recuperação de pastagens degradadas na região de Bambiú-MG**. 105 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2013.

FACHINELLO, J. C. Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável, alimentos seguros. **Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, p. 781-809, 2009.

FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. In: **Revista symposium**. 2008. p. 36-41.

FINGER, C.A.G., SCHNEIDER, P.R., BAZZO, J.L., KLEIN, J.E.M. Efeito da intensidade de desrama sobre o crescimento e a produção de Eucalyptus saligna Smith. **Cerne** 7, 53-64, 2001.

FIALA, M.; BACENETTI, J. Economic, energetic and environmental impact in short rotation coppice harvesting operations. **Biomass and Bioenergy**, Aberdeen, v. 42, p. 107-113, Jul. 2012.

GALESNE, Alain; FENSTERSEIFER, Jaime E.; LAMB, Roberto. **Decisões de investimentos da empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.

GARCIA, Éder Aparecido. **Caracterização física e química do solo e avaliação do desenvolvimento de plantas de eucalipto em função do espaçamento e da adubação, visando a colheita precoce para utilização em bioenergia.** 98 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu-SP. 2010.

GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf; FORMOSO, Carlos Torres. Análise de viabilidade econômico-financeira de construções residenciais. **Anais: Encontros Nacionais da ANPUR**, v. 9, 2013.

HENDRICKSON, J.R., Hanson, J.D., Tanaka, D.L., Sassenrath, G. Principles of integrated agricultural systems: Introduction to processes and definition. **Renew. Agric. Food Syst.** v. 23, 265-271. 2008.

INDICADORES, IBGE. **Contas nacionais trimestrais: indicadores de volume e valores correntes jan./mar. 2016.** Rio de Janeiro: IBGE,[2016]. Disponível em:<ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/pib-vol-val_201601caderno.pdf> Acesso em: jun, 2016.

KLAUTAU, Judith von Paumgarten. **Análise experimental de uma fornalha a lenha de fluxo co-corrente para secagem de grãos.** 193 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2008.

LAZZAROTTO, Joelsio José et al. VOLATILIDADE DOS RETORNOS ECONÔMICOS ASSOCIADOS À INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ. **Revista de Economia e Agronegócio-REA**, v. 7, n. 2, 2015.

LEAL, A. R. et al. Ciclos Econômicos e Emissão de CO₂ no Brasil: Uma Análise Dinâmica para Políticas Ambientais Ótimas. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 1, p. 53-73, 2015.

LEITE, E., BATISTELLA, M., BOLFE, E., & VICTORIA, D. D. C. Aplicação de sistema WebGIS para análise geoespacial da agricultura na região de MATOPIBA. In *Embrapa Monitoramento por Satélite*. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 2014, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2014. 8 p.

LIMA, Rodrigo CA. COP-21-O novo acordo de clima e a agricultura brasileira. **Agro ANALYSIS**, v. 35, 2015, n. 3, p. 29-31.

LUMBRERAS, J. F. et al. Aptidão agrícola das terras do Matopiba. **Embrapa Solos**. 2015.

MÜLLER, M. D.; MARTINS, C. E. ; BRIGHENTI, A. M. ; MORENZ, M.J.F. ; ROCHA, W. S. D. ; SOUZA SOBRINHO, F. ; Calsavara, L.H.F ; Andrade, P.J.M. . Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta como alternativa para produção pecuária leiteira sustentável em áreas declivosas. In: MARTINS, P. do C.; PICCININI, G. A.; KRUG, E. E. B.; MARTINS, C. E.; LOPES, F. C. F. **Sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite: desafios e perspectivas**. Brasília, DF : Embrapa, 2015, v. 1, p. 345-386.

MIRANDA E. E. de et al., **Proposta de delimitação territorial do Matopiba**. Nota Técnica, Campinas, GITE/EMBRAPA, n. 1, maio 2014. Disponível em: <www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT1>. Acesso em: fev. 2016.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B. ; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2010. 331 p.

MACEDO, Manuel Claudio Motta. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 133-146, 2009.

MACEDO, R. L. G.; CAMARGO, I. P. Sistemas Agroflorestais no contexto do desenvolvimento sustentável. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA, 1994. v.1. p 43-49.

MORENO, L. S. B. Aspectos da implantação e manejo da pastagem em sistemas iLPF. In: ENCONTRO ESTADUAL DE PASTAGENS DO TOCANTINS, 6., 2011, Gurupi. **Anais...** Gurupi: Seagro, 2011.

MURGUEITIO, E.; ROSALES, M.; GÓMEZ, M. **Agroflorestería para la producción animal sostenible**. Cali: Centro para La Investigación em Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, 1999. 67 p.

NEVES, C.M.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MACEDO, R.L.G.; MOREIRA, F.M.S.; D'ANDRÉA, A.F. Indicadores biológicos da qualidade do solo em sistema agrossilvipastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.1, p.105-112, 2009.

NICODEMO, M. L. F.; SILVA, V. P. da; STHIAGO, L. R. L. de; GONTIJO NETO, M. M; LAURA, V. A. Sistemas silvipastoris - introdução de árvores na pecuária do Centro Oeste brasileiro. **Campo Grande: Embrapa Gado de Corte**, 2004.

OKUNO, Fábio Makoto. **Desempenho econômico de um sistema de produção de biomassa da cana energia**. 2016. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 2016.

OLIVEIRA, Gilca Garcia De; MATOS, Eloina Neri De; SANTOS, Alexandra Pereira Dos. Viabilidade econômica de sistemas agroflorestais orgânicos no baixo sul da Bahia – o caso do projeto Onça. In: 44th Congress, July 23-27, 2006, Fortaleza, Ceará, Brazil. **Anais...** Fortaleza, CE. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 2006.

OLIVEIRA, Fabiana Lopes Ramos et al. CRESCIMENTO INICIAL DE EUCALIPTO E ACÁCIA, EM DIFERENTES ARRANJOS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA. **CERNE**, v. 21, n. 2, p. 227-233, 2015.

OLIVEIRA, Tadário Kamel et al. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 01, 2010.

OLIVEIRA, E. B.. SisEucalipto - SisPinus: Softwares para el manejo de plantaciones de Eucaliptos y Pinus. In: **XVII Jornadas Forestales de Entre Rios**, 2002, Concordia-AG. Disertaciones, trabajos técnicos voluntarios y posters, 2002.

PAIXÃO, F. A. **Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de alternativas de uso de um povoamento de eucalipto**. 2004. 50 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2004.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R. ; OLIVEIRA, E. B. ; BROWN, G. G. ; PRADO, R. B. . **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. 1. ed. Colombo, PR: Embrapa, 2015. v. 1. 370p .

PATÍÑO-VALERA, F. **Variación genética em progênies de Eucalyptus saligna Smith e sua interação com espaçamento**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 192 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986.

PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M.J.S.; NICODEMO, M.L.F.; DERETI, R. M. Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo. **1. ed. Colombo: Embrapa**, 2009. v. 3000. 48p.

PELLIS, A.; LAUREYSENS, I.; CEULEMANS, R. Growth and production of a short rotation coppice culture of poplar I. Clonal differences in leaf characteristics in relation to biomass production. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v. 27, p. 9-19, 2004.

PULROLNIK, K., REIS, G.G., REIS, M.G.F., MONTE, M.A., FONTAN, I.C.I. Crescimento de clone de plantas de Eucalyptus grandis (Hill ex MAIDEN) submetidas a diferentes tratamentos de desrama artificial, na região do cerrado. **Revista Árvore**, 495-505, 2005.

POLLI, H.Q., REIS, G.G, REIS, M.G.F., VITAL, B.R., PEZZOPANE, J.E.M., FONTAN, I.C.I. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **Revista Árvore** 30, 557- 566, 2006.

PORTO, C. G. M. ; CARPINELLI, S. ; JESUS, R. A. ; BARBOSA, A. S. ; COPLA, J. F. ; MOLETTA, J. L. ; PORFÍRIO-DA-SILVA, VANDERLEY ; PONTES, L. S. . Desempenho de novilhas de corte Purunã em sistemas integrados de produção agropecuária.. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 2015, FORTALEZA, CE. Dimensões Tecnológicas e Sociais da Zootecnia: **Anais...** Fortaleza, CE: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2015. v. 25.

QUEIROZ, D. et al. Avaliação e validação de funções de afilamento para *Mimosa scabrella* Bentham em povoamentos da região metropolitana de Curitiba/PR. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, p. 183-199, 2006.

RICARDO, T. R. et al. Viabilidade econômica da integração lavoura-pecuária. In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO, 4., 2007, Goiânia. Ciência, educação e compromisso social: **Anais...** Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2007., 2008.

RNA - REDE NACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA. Mapas de precipitação do Estado do Maranhão. Disponível em: www.agricultura.gov.br/rna. Acesso em: jan. 2016.

REIS, Cristiane Aparecida Fioravante; DA SILVA, Vanderley Porfírio. COMPONENTE ARBÓREO EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA. In: WORKSHOP E MOSTRA DE TRABALHOS DO PPGA, 1., 2013, Jataí. Integração lavoura-pecuária-floresta: **Anais...** Jataí: Universidade Federal de Goiás, 2013.

ROCHA, MFV. **Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* para energia.** 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

ROSSILLO-CALLE, Frank et al. Produção e Uso Industriais do Carvão Vegetal. In: ROSSILO-CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H (Org). **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira.** 1. ed. Campinas, SP: editora da UNICAMP, 2005. p 313-338.

ROTZ, C. A. et al. The Integrated Farm System Model. United States Department of Agriculture (USDA). **Reference Manual Version 4.2.** Pasture Systems an Watershed Management Research Unit. AfriculturalReserarchService, 2015. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/80700500/Reference%20Manual.pdf>>.Acessoem : 24 de abril, 2015.

SA, H. A. ; MORAIS, L. ; CAMPOS, C. S. S. . Que desenvolvimento é esse? Análise da expansão do agronegócio da soja na área do MATOPIBA a partir de uma perspectiva furtadiana. In: XXI Congresso Brasileiro de Economia, 2015, Curitiba - PR. **Anais...**, Curitiba - PR 2015.

SANTOS, Alisson Moura; ROSADO, Sebastião Carlos da Silva; OLIVEIRA, Adelson Nascimento. Estimation of genetic parameters and verification of early selection efficiency in baru (*Dipteryx alata*). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, n. 4, p. 238-243, 2014.

SANTAROSA, Emiliano et al. Construção de uma rede de unidades de referência tecnológica em integração lavoura, pecuária e floresta no paraná: caracterização e desafios. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ARBORIZAÇÃO DE PASTAGENS EM REGIOES SUBTROPICAIS, 1., 2013, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2014. p. 93-102.

SIMIONI, Flávio José; HOEFLICH, V. A. Avaliação de risco em investimentos florestais. **Boletim de Pesquisas Florestais**, v. 52, p. 79-92, 2006.

SCOLFORO, José Roberto S. Manejo florestal. Lavras: **UFLA/FAEPE**, p. 225-229, 1998.

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

SOUZA, Álvaro Nogueira et al. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **Cerne, Lavras**, v. 13, n. 1, p. 96-106, 2007.

SPERA, Sílvio Tulio et al. Solos arenosos no Brasil: problemas, riscos e opções de uso. **Revista de Política Agrícola**, v. 7, n. 2, p. 18-26, 2012.

TAVARES, B. S.; João Carlos Ferreira Borges Júnior ; Correa, M. M. ; José R. S. Lima . Análise de risco e otimização de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 338-346, 2011.

TEIXEIRA NETO, M. L. Sistema ilpf no Matopiba. Embrapa Meio-Norte. **Revista Opiniões**, p. 48-49. 2015.

TORRES, Ernani Teixeira; PUGA, Fernando Pimentel; MEIRELLES, Beatriz Barbosa. **Perspectivas do investimento: 2010-2013**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2011.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. Expansão da fronteira agropecuária brasileira: desafios estruturais logísticos. **Boletim regional, urbano e ambiental**, p. 37-48, 2015.

VENTURIN, Regis Pereira. **Análise técnica e econômica de um clone de Eucalyptus sob diferentes arranjos estruturais em Sistema Agrossilvipastoril**. 119 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental das florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007.

VILELA, Lourival et al. Calagem e adubação para pastagens na região do cerrado. **Embrapa Cerrados**, 1998.

VILELA, Lourival et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1127-1138, 2011.

WEIGAND JR, R.; SILVA, D. C.; SILVA, D. O. Metas de Aichi: situação atual no Brasil. **Brasília, DF: UICN, WWF-Brasil, IPÊ**, 2011.

7 APENDICE A

Quadro 5 - Análise do investimento ao longo de 92 meses:

TRATAMENTO 1							
Período	Investimento	Receita	Despesa	FCL	SAR	FCD	SARD
0	9.504,17	0	0	- 9.504,17	- 9.504,17	- 9.504,17	- 9.504,17
1		7.458,00	5.805,00	1.653,00	- 7.851,17	1.502,73	- 8.001,44
2		7.458,00	5.805,00	1.653,00	- 6.198,17	1.366,12	- 6.635,32
3		7.458,00	5.805,00	1.653,00	- 4.545,17	1.241,92	- 5.393,40
4		3.942,00	3.306,00	636,00	- 3.909,17	434,40	- 4.959,00
5		3.942,00	3.306,00	636,00	- 3.273,17	394,91	- 4.564,10
6		3.942,00	3.306,00	636,00	- 2.637,17	359,01	- 4.205,09
7		12.308,51	3.306,00	9.002,51	6.365,35	4.619,71	414,62
TRATAMENTO 2							
Período	Investimento	Receita	Despesa	FCL	SAR	FCD	SARD
0	9.499,59	0	0	-9.499,59	-9.499,59	-9.499,59	-9.499,59
1		7.458,00	5.805,00	1.653,00	-7.846,59	1.502,73	-7.996,86
2		7.458,00	5.805,00	1.653,00	-6.193,59	1.366,12	-6.630,75
3		7.458,00	5.805,00	1.653,00	-4.540,59	1.241,92	-5.388,82
4		3.942,00	3.306,00	636,00	-3.904,59	434,40	-4.954,43
5		3.942,00	3.306,00	636,00	-3.268,59	394,91	-4.559,52
6		3.942,00	3.306,00	636,00	-2.632,59	359,01	-4.200,52
7		14.971,09	3.306,00	11.665,09	9.032,50	5.986,04	1.785,52

Quadro 5 - Análise do investimento ao longo de 92 meses. (CONTINUAÇÃO).

TRATAMENTO 3							
Período	Investimento	Receita	Despesa	FCL	SAR	FCD	SARD
0	9.494,58	0	0	-9.494,58	-9.494,58	-9.494,58	-9.494,58
1		7.458,00	5.805,00	1.653,00	-7.841,58	1.502,73	-7.991,86
2		7.458,00	5.805,00	1.653,00	-6.188,58	1.366,12	-6.625,74
3		7.458,00	5.805,00	1.653,00	-4.535,58	1.241,92	-5.383,82
4		3.942,00	3.306,00	636,00	-3.899,58	434,40	-4.949,42
5		3.942,00	3.306,00	636,00	-3.263,58	394,91	-4.554,51
6		3.942,00	3.306,00	636,00	-2.627,58	359,01	-4.195,51
7		11.794,20	3.306,00	8.488,20	5.860,62	4.355,79	160,28
TRATAMENTO 4							
Período	Investimento	Receita	Despesa	FCL	SAR	FCD	SARD
0	9.514,31	0	0	-9.514,31	-9.514,31	-9.514,31	-9.514,31
1		7.458,00	5.805,00	1.653,00	-7.861,31	1.502,73	-8.011,59
2		7.458,00	5.805,00	1.653,00	-6.208,31	1.366,12	-6.645,47
3		7.458,00	5.805,00	1.653,00	-4.555,31	1.241,92	-5.403,55
4		3.942,00	3.306,00	636,00	-3.919,31	434,40	-4.969,15
5		3.942,00	3.306,00	636,00	-3.283,31	394,91	-4.574,24
6		3.942,00	3.306,00	636,00	-2.647,31	359,01	-4.215,24
7		10.403,97	3.306,00	7.097,97	4.450,66	3.642,38	-572,86

Quadro 5 - Análise do investimento ao longo de 92 meses. (CONTINUAÇÃO).

TRATAMENTO 5							
Período	Investimento	Receita	Despesa	FCL	SAR	FCD	SARD
0	9.547,06	0	0	-9.547,06	-9.547,06	-9.547,06	-9.547,06
1		7.458,00	5.805,00	1.653,00	-7.894,06	1.502,73	-8.044,34
2		7.458,00	5.805,00	1.653,00	-6.241,06	1.366,12	-6.678,22
3		7.458,00	5.805,00	1.653,00	-4.588,06	1.241,92	-5.436,30
4		3.942,00	3.306,00	636,00	-3.952,06	434,40	-5.001,90
5		3.942,00	3.306,00	636,00	-3.316,06	394,91	-4.606,99
6		3.942,00	3.306,00	636,00	-2.680,06	359,01	-4.247,99
7		12.032,81	3.306,00	8.726,81	6.046,75	4.478,23	230,24

FCL – Fluxo de caixa líquido, SAR – Saldo a recuperar, FCD – Fluxo de caixa descontado, SARD – Saldo a recuperar descontado.