UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

ANÁLISE ECONÔMICA DO PLANTIO E CONDUÇÃO DO EUCALIPTO DE CURTA ROTAÇÃO PARA FINS ENERGÉTICOS

STELLA VANNUCCI LEMOS

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP
(Dezembro de 2014)

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

ANÁLISE ECONÔMICA DO PLANTIO E CONDUÇÃO DO EUCALIPTO DE CURTA ROTAÇÃO PARA FINS ENERGÉTICOS

STELLA VANNUCCI LEMOS

Orientador: Saulo Philipe Sebastião Guerra

Co-orientador: Luiz César Ribas

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP
(Dezembro de 2014)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO- BOTUCATU (SP)

Lemos, Stella Vannucci, 1989-
L558a Análise econômica do plantio e condução do eucalipto de curta rotação para fins energéticos / Stella Vannucci Lemos. - Botucatu : [s.n.], 2014
xi, 119 f. : ils. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Saulo Philipe Sebastião Guerra
Coorientador: Luiz César Ribas
Inclui bibliografia

1. Eucalipto - Espaçamento. 2. Eucalipto - Adubação. 3. Povoamento florestal - custos. 3. Recursos energéticos. 4. Viabilidade econômica. I. Guerra, Saulo Philipe Sebastião. II. Ribas, Luiz César. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **"ANÁLISE ECONÔMICA DO PLANTIO E CONDUÇÃO DO EUCALIPTO DE CURTA ROTAÇÃO PARA FINS ENERGÉTICOS"**

ALUNA: STELLA VANNUCCI LEMOS

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ CÉSAR RIBAS

Aprovado pela Comissão Examinadora

PROF. DR. LUIZ CÉSAR RIBAS

PROFA. DRA. MARISTELA SIMÕES DO CARMO

PROFA. DRA. VALÉRIA COMITRE

Data da Realização: 03 de dezembro de 2014.

Dedico este trabalho aos meus pais, Benedito e Vitória, pelo esforço e confiança devotadas as minhas realizações; ao meu irmão Saulo, que foi a primeira pessoa que me apresentou e incentivou às ciências agronômicas; e ao meu noivo Henrique, pelo apoio incondicional, sempre companheiro, amoroso e atento às minhas dúvidas e alegrias que este trabalho me proporcionou.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por demonstrar que está sempre presente, até nas menores ações que acontecem na vida, sendo O eterno companheiro de caminhada.

Agradeço aos meus pais, Benedito e Vitória que, por mais difícil fosse o real entendimento dos meus trabalhos e da vida acadêmica, sempre confiaram em mim. Ao meu irmão Saulo e minha cunhada Sílvia, por estarem sempre de braços abertos, fazendo-me sentir especial.

Ao meu noivo e sua família, por estarem ao meu lado, incentivando e ajudando-me, e por sempre fazerem dos fins de semana o melhor descanso possível.

À república Manga Rosa, por ser minha morada e meu apoio, onde vivi momentos únicos e encontrei amigas-irmãs às quais serei grata por toda a vida.

À Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), por ser meu primeiro lugar de contato com a agronomia, à qual me orgulho muito por ter a escolhido como minha referência para minha formação profissional.

Aos funcionários da Seção de Pós Graduação e da Biblioteca, da FCA, por serem sempre solícitos em me ajudar.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Aos funcionários da Fazenda Três Sinos por toda a ajuda com a implantação, condução e finalização do meu experimento.

Ao Professor Saulo Philipe Sebastião Guerra, por participar de outra etapa concluída da minha vida acadêmica.

Ao Professor Luiz César Ribas por toda dedicação, conselhos e ensinamentos que me passou a cada dia que conversávamos.

À Professora Maria Márcia Pereira Sartori pela grande ajuda com as análises estatísticas.

Ao Professor José Mateus Yalenti Perosa por estar atento às minhas necessidades, e por me mostrar diferentes caminhos e oportunidades.

Aos colegas e funcionários do Núcleo de Estudos de Máquinas e Pneus Agroflorestais (NEMPA), e aos funcionários e professores do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia da FCA.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS VII

LISTA DE TABELAS VIII

LISTA DE ABREVIATURAS X

1 RESUMO 1

2 SUMMARY 3

3 INTRODUÇÃO 5

4 REVISÃO DE LITERATURA 9

4.1 Fontes alternativas de energia 9

4.2 Oferta e consumo de energia renovável 11

4.3 Biomassa 14

4.4 Biomassa florestal 15

4.5 Economia florestal 20

4.5.1 Apuração dos custos de produção florestal 23

4.5.2 Apuração das receitas florestais 25

5 MATERIAL E MÉTODOS 27

5.1 Estudo de caso 27

5.2 A área experimental como estudo de caso 29

5.3 Delineamento 30

5.4 Dendrometria 34

5.5 Estimativa energética da madeira com casca 35

5.6 Análise estatística 36

5.7 Análise econômica 36

5.7.1 Custos variáveis 41

5.7.1.a Máquinas 42

5.7.1.b Insumos 43

5.7.1.c Mão-de-obra 44
5.7.1.d Despesas administrativas 44
5.7.2 Custos Fixos 45
5.7.2.a Depreciação de máquinas e implementos 45
5.7.2.b Juros e seguros de máquinas e implementos 46
5.7.3 Renda de fatores 47
5.7.3.a Remuneração esperada sobre capital fixo 47
5.7.3.b A remuneração do fator terra 48
5.7.4 Critérios de determinação da viabilidade econômica 48
6 RESULTADOS 53
6.1 Coeficientes técnicos para a estimativa do Custo Operacional Total 53
6.1.1 Parâmetros do Custo Operacional Total 53
6.1.1.a Preparo de solo 54
6.1.1.b Formicida 57
6.1.1.c Plantio 58
6.1.1.d Adubação 65
6.1.1.e Controle de plantas daninhas 77
6.1.1.f Colheita 78
6.1.2 Renda de Fatores 87
6.2 Análise de geração de energia 90
6.3 Análise da viabilidade econômica 91
7 CONCLUSÕES 99
8 REFERÊNCIAS 101

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Classificação de energia 12

Figura 2. Estrutura de custos da Conab (2010).....24

Figura 3. Localização da fazenda Três Sinos (SP), em imagem de satélite. 30

Figura 4. Local com o preparo de solo. 31

Figura 5. Diferença entre espaçamento A (0,5m) e espaçamento C (1,5m). 32

Figura 6. Croqui da área de estudo. 34

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Resultados do poder calorífico da madeira com casca, encontrados por Garcia (2013), no qual será utilizado neste trabalho para mensuração de geração energética.....36

Tabela 2. Elementos da estrutura do custo de produção agrícola em função da atividade florestal de curta rotação. 38

Tabela 3. Comparação entre metodologias – IEA e CONAB.....40

Tabela 4. Informações necessárias para elaboração dos custos de maquinário. 42

Tabela 5. Insumos e suas porcentagens utilizadas para elaboração de custos dos equipamentos. 43

Tabela 6. Preços de insumos utilizados no plantio de eucalipto 43

Tabela 7. Custos variáveis do preparo de solo, experimento Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, 2012.....55

Tabela 8. Custos fixos do preparo de solo – Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, 2012...56

Tabela 9. Custo de duas aplicações de formicida na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, no mês de março de 2012.....57

Tabela 10. Custos variáveis de mudas usadas no plantio, Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, operação realizada em abril de 2012. 60

Tabela 11. Produtividade de mão-de-obra de cada tratamento, coletado no período de plantio na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, no mês de abril de 2012. 62

Tabela 12. Custos variáveis de salários pagos aos trabalhadores do plantio na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, no mês de abril de 2012. 63

Tabela 13. Custos variáveis do plantio na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, realizado no mês de abril de 2012. 64

Tabela 14. Custos variáveis de adubo utilizado no plantio na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, realizado no mês de maio de 2012. 66

Tabela 15. Produtividade de mão-de-obra coletado durante a adubação de plantio. 68

Tabela 16. Custos variáveis de salários pagos à mão-de-obra utilizada na adubação de plantio na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, realizado no mês de maio de 2012. 69

Tabela 17. Custos variáveis de adubo utilizado nas duas adubações de cobertura na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, realizadas em outubro de 2012 e junho de 2013. 71

Tabela 18. Produtividade de mão-de-obra coletada durante a primeira adubação de cobertura, realizada em abril de 2013 na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP. 72

Tabela 19. Produtividade de mão-de-obra coletado durante a segunda adubação de cobertura, realizada em outubro de 2013 na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP. 74

Tabela 20. Custos variáveis de salários pagos à mão-de-obra utilizada nas duas adubações de cobertura na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, realizadas em outubro de 2012 e junho de 2013. 75

Tabela 21. Custos das adubações realizadas durante o experimentos na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, compreendendo os períodos de maio (plantio) e outubro (cobertura I) de 2012 e, junho (cobertura II) de 2013. 76

Tabela 22. Custo de aplicação de herbicida na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, no mês de janeiro de 2013. 78

Tabela 23. Volumes obtidos em cada tratamento, coletados em março de 2014, no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP. 80

Tabela 24. Valores médios de volumes individuais das árvores (%) com interações de espaçamento e adubação, obtidos nos tratamentos do experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, em março de 2014. 81

Tabela 25. Custo por hectare da colheita de cada tratamento, com colheita realizada em abril de 2014, no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP. 84

Tabela 26. Custos variáveis e fixos ($R\$.ha^{-1}$) por tratamento obtidos no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, em abril de 2014. 85

Tabela 27. Custos de produção total ($R\$.ha^{-1}$) por tratamento, obtidos no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, em maio de 2014. 89

Tabela 28. Poder calorífico gerado em cada tratamento no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, em maio de 2014. 90

Tabela 29. Renda líquida dos tratamentos ($R\$.ha^{-1}$) por tratamento, obtidos no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, em maio de 2014. 92

Tabela 30. Fluxo de caixa dos tratamentos ($R\$.ha^{-1}$), obtido no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, em junho de 2014. 94

Tabela 31. Critérios econômicos dos tratamentos do experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, no período de junho de 2014. 96

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRAF: Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas.

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica.

BEESP: Balanço Energético do Estado de São Paulo.

BEN: Balanço Energético Nacional.

EJ: exajoule (10×10^{17}).

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change.

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

MME: Ministério de Minas e Energia.

MJ: megajoule ($10x10^{6}$)

PROINFA: Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica.

Tgs: Teragramas (10^{12}).

tMS: Tonelada de massa seca.

ANÁLISE ECONÔMICA DO EUCALIPTO DE CURTA ROTAÇÃO: PLANTIO E CONDUÇÃO PARA FINS ENERGÉTICOS. Botucatu, 2014. 126p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: STELLA VANNUCCI LEMOS

Orientador: SAULO PHILIPE SEBASTIÃO GUERRA

Co-orientador: LUIZ CÉSAR RIBAS

1 RESUMO

A crescente preocupação com as questões ambientais e o apelo mundial para o desenvolvimento de variados tipos de energias alternativas, estimulam a participação cada vez maior de fontes renováveis de energia. Isso resulta na realização de estudos e pesquisas tecnológicas voltados para essa área e, em especial, com respeito a diversos aspectos econômicos como, por exemplo, a redução dos custos de geração dessas tecnologias, bem como a melhoria da rentabilidade econômica. Desta forma, o objetivo geral deste trabalho foi analisar economicamente, a partir de um estudo de caso, a influência do espaçamento e da adubação no custo de produção e a rentabilidade econômica do plantio de uma floresta de curta rotação de eucalipto. O estudo desenvolveu os seguintes objetivos específicos: (i) a análise, a partir da estrutura dos custos de produção, dos principais aspectos da adubação e do espaçamento que devem ser considerados para a implantação de um povoamento florestal adensado para fins energéticos; (ii) avaliação da rentabilidade econômica da produção de madeira em um plantio de eucalipto adensado; e, (iii) verificação de variáveis que possam contribuir para a melhoria da questão econômica-energética. Em termos de procedimentos metodológicos foi realizada, inicialmente, uma coleta de tempos das atividades envolvidas durante o processo de plantio, condução e desenvolvimento da área de florestas, dendrometria das árvores e análise de poder calorífico de cada tratamento. Houve, em seguida, a estimativa dos custos por intermédio da metodologia desenvolvida pela Companhia Nacional de Abastecimento (2010), obtendo os custos de produção da área de estudo. Finalmente, procedeu-se à avaliação econômica por meio da utilização de alguns dos principais critérios de análise de investimentos florestais, quais sejam, o Payback, o Payback direto e o método da Relação Benefício-Custo (RBC), no curto prazo, e o método do Valor

Presente Líquido (VPL), o método do Valor Uniforme Líquido (VUL), bem como o método da Taxa Interna de Retorno (TIR), no longo prazo. Os resultados obtidos provaram que a estrutura dos custos de produção se mostrou muito eficiente, houve influência do espaçamento e da adubação na geração de energia, nos custos de produção e na rentabilidade econômica em povoamentos de curta rotação, e por fim, após o uso de ferramentas de viabilidade econômica, os tratamentos que obtiveram maior sucesso foram os tratamentos de espaçamento mais adensado e maior dose de adubação.

Palavras-chave: povoamento de curta rotação de eucalipto; custos de produção de florestas energéticas; rentabilidade econômica de florestas energéticas.

ECONOMIC ANALYSIS OF SHORT ROTATION *EUCALYPTUS*: PLANTING AND CONDUCTION FOR ENERGY PURPOSES. Botucatu, 2014. 126p. Dissertation (Agronomy Master of Science/Energy in Agriculture) – College of Agricultural Sciences, Sao Paulo State University.

Author: STELLA VANNUCCI LEMOS

Advisor: SAULO PHILIPE SEBASTIÃO GUERRA

Co-advisor: LUIZ CÉSAR RIBAS

2 SUMMARY

The growing concern with environmental issues and the global call for the development of various types of alternative energy, stimulate the increasing share of renewable energy sources. This results in conducting technological research seizing studies focused on this area, and hence reducing the cost of generating these technologies as well as improving economic profitability. The aim of this study was to analyze economically, from a study case, the influence of spacing and fertilization on production cost and economic profitability of planting a short rotation eucalyptus forest. The study developed the following specific objectives: (i) the analysis, from the structure of production costs, showing the key aspects of fertilization and spacing that should be considered for the deployment of a dense forest stand for energy purposes; (ii) evaluation of the profitability of timber production in a dense planting of eucalyptus; and (iii) verification of variables that may contribute to the improvement of the economic-energy issue. In terms of methodological procedure was initially performed a collection of times of the activities involved during the process of planting, cultivation and development of the area of forests, trees dendrometry and calorific power evaluating of each treatment. There was then the estimated costs through the methodology developed by the Companhia Nacional de Abastecimento (2010), obtaining the production costs of the study area. Finally, were proceeded the economic evaluation through the use of some of the main criteria for analysis of forestry investments, namely, the Payback, Payback the direct method and the Benefit-Cost Ratio (CBR), in the short term, and the method of Net Present Value (NPV) method, the Net Periodic Equivalent Rate (NPER) and the method of the Internal Rate of Return (IRR), in the long run. The results proved that production costs structure it was efficient, there was influence of spacing and fertilization on energy generation, production costs and economic returns in short rotation plantations, and finally, after

using economic tools of viability, the treatments with the greatest success were the treatments with dense spacing and higher fertilization doses.

Keywords: settlement of short rotation eucalyptus; production costs of energetic forests; economic profitability of energetic forests.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma situação privilegiada em termos da utilização de fontes renováveis de energia (hídrica, solar, eólica, biomassa), tanto em função de suas vantagens comparativas naturais ou adquiridas (recursos naturais, insolação, disponibilidade de terra, tecnologia, inovação, capacidade empresarial, disponibilidade de mão-de-obra, disponibilidade de fontes de energia limpa, dentre outras), quanto em função da sua liderança nas principais frentes de negociação e da significativa participação das fontes renováveis na sua matriz energética (FRISCHTAK, 2011).

Dentro do contexto da riqueza dos recursos naturais brasileiros e sua vertente energética é possível destacar os recursos florestais. Isto porque, a madeira é ainda em grande parte utilizada, principalmente nos países em desenvolvimento, como matéria-prima para múltiplos usos, mas, em especial, para o aquecimento e geração de energia. Contudo, poucos são os países que desenvolveram alternativas com vistas ao uso de florestas energéticas propriamente ditas, como o Brasil, que utiliza, de modo especial, a madeira do eucalipto (*Eucalyptus spp.*) para finalidades diversas, incluindo a produção de carvão vegetal para a indústria siderúrgica (BUAINAIN; BATALHA, 2007).

De acordo com a ABRAF (2013), o Brasil possui 6,6 milhões de hectares de florestas plantadas e, deste total, 76,6% são de plantios de eucalipto que estão localizados, em sua maioria, na região sudeste do país. A área com maior concentração de florestas plantadas de eucalipto está no setor de Papel e Celulose, com 72,5% do total,

enquanto que o segmento florestal vinculado aos fins energéticos e/ou industriais de carvão vegetal detém a segunda maior área plantada desta espécie florestal, com 19,5%.

No período entre 2001 a 2011, o consumo de lenha (madeira para energia) cresceu a uma taxa de 5% ao ano. No caso brasileiro, muito embora o consumo de lenha para geração de energia doméstica seja tradicionalmente um indicador do nível de subdesenvolvimento econômico da região, este aumento é em grande parte decorrente do crescimento industrial (siderurgia a carvão vegetal, agroindústria, indústria cerâmica e de alimentos). Assim, dada a expressiva participação da biomassa florestal para fins de destinação energética industrial, notadamente no que diz respeito aos povoamentos de Eucalipto visando geração de energia dentro de processos industriais, foi criado o termo "florestas energéticas" (ABRAF, 2013).

Florestas energéticas implantadas em sistemas adensados de curta rotação visam, portanto, o melhor aproveitamento do uso do solo e a produção de mais matéria seca do que nos plantios convencionais, segundo se depreende de Müller (2005) e Guerra et al. (2012).

As plantações florestais com finalidades energéticas são sistemas que visam uma maior produção de biomassa por unidade de área e um menor espaço de tempo. Assim, aliado ao conceito de plantações energéticas, surgiu o conceito de plantios de curta rotação (MÜLLER, 2005).

Um sistema de produção pode ser entendido, de forma simplificada, como o método pelo qual as organizações transformam o insumo/recurso (input) em produto final (output), tanto para o produto físico (bens) como para serviços. O sistema de produção é a maneira de organização para a operação de produção, adotando uma sequência lógica em todo o processo produtivo, desde a compra da matéria-prima até a saída do produto final (OSAKI, 2012).

Um *Sistema Florestal de Curta Rotação*, para geração de energia, pode ser entendido, consequentemente, como um sistema de produção que apresenta uma relação direta na produção de matéria-prima em quantidade e qualidade superior, obtida num intervalo de tempo reduzido e a custos inferiores, quando comparados aos sistemas silviculturais convencionais (GUERRA et al., 2012).

O sistema florestal de curta rotação, particularmente no que concerne a uma abordagem energética, especificamente com respeito ao estudo aqui tratado, refere-se ao plantio de eucalipto com o objetivo de proporcionar a planta um

crescimento eficiente, havendo altas produtividades por unidade de tempo. Logo, dentro da ótica econômica, para os sistemas florestais de curta rotação produzirem mais biomassa, com menores perdas, baixo custo e, por fim, economicidade, há diversos fatores que influenciam, tais como silvicultura de espécies, manejo e exploração florestal, dentre outros que devem ser objeto de esforços visando pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológicos, sendo que através destes esforços aspectos, tais como o espaçamento ideal para cada local, podem ser determinados.

O sistema florestal de curta rotação pode ser também compreendido como sendo um modelo de produção florestal relacionado a uma cultura intensiva de plantios florestais baseados em talhadia (ou seja, várias colheitas), com vantagem de produzir rendimentos mais rapidamente e em intervalos regulares, de curta duração, mas com custos significativamente mais elevados de implantação (MCKENNEY et al., 2014).

O espaçamento utilizado no plantio associado a tais sistemas florestais energéticos é, portanto, uma importante variável a ser, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, especialmente considerada dentro da análise dos sistemas florestais energéticos de curta rotação. Isto porque, o espaçamento afeta a formação das florestas, seus tratos culturais, a qualidade da madeira, sua extração e, por conseqüência, os custos de produção.

Portanto, produzir uma fonte de matéria prima florestal para fins energéticos de alta qualidade, buscando o limite produtivo máximo das florestas, com retornos financeiros significativos para as empresas envolvidas no sistema, está diretamente relacionado, do ponto de vista técnico, com técnicas silviculturais inovadoras e, naturalmente, sustentáveis. Do ponto de vista econômico, consequentemente, pesquisas precisam ser direcionadas no sentido de analisar qual o menor custo para a implantação de uma floresta que esteja associada a inovadores sistemas energéticos de curta rotação. Para tanto, devem ser considerados aspectos tais como espaçamento, manejo e condução adequados. E isto deve ser feito sem prejudicar o incremento de biomassa produzida.

A hipótese deste trabalho, com respeito à problemática do povoamento florestal de curta rotação para fins energéticos, é que análises de variáveis tais como espaçamento e adubação, via determinação da estrutura de custos de produção e

rentabilidade econômica, permitem definir parâmetros técnicos e econômicos de um modelo de implantação de projetos florestais de curta rotação para fins energéticos.

Desta forma, o objetivo geral deste trabalho foi o de analisar economicamente, a partir de um estudo de caso, a influência do espaçamento e da adubação, no custo de produção e na rentabilidade do plantio de uma floresta de curta rotação de eucalipto para fins energéticos.

Objetivou-se, especificamente:

- Análise, a partir da estrutura dos custos de produção, dos principais aspectos da adubação e do espaçamento que devem ser considerados para a implantação de um povoamento florestal adensado para fins energéticos;
- Avaliação da rentabilidade econômica da produção de madeira em um plantio de eucalipto adensado;
- Baseado nos resultados obtidos, verificar se há possibilidade de algum dado contribuir com melhorias para a questão econômica-energética.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Fontes alternativas de energia

A produção de energia é estratégica para a sustentabilidade das sociedades contemporâneas. Isto porque, para o funcionamento dos sistemas econômicos, principalmente em um ambiente onde é preciso considerar não somente os aspectos econômicos, mas também, os sociais e, principalmente, os ambientais, a energia é considerada um dos principais “inputs” na produção de bens e serviços que propiciem a satisfação das necessidades e desejos da sociedade.

Alternativas de produção de energia que poupam recursos não renováveis passaram a ocupar posições diferenciadas no mundo dos negócios. No âmbito das políticas governamentais, estas formas de energia passaram a ser tratadas como “prioridade estratégica” para o desenvolvimento e, na esfera privada, começaram a ocupar posição “preferencial” na composição de portfólio de investimentos (MUNDO NETO, 2012).

As fontes renováveis de energia (fontes alternativas) também passaram a adquirir evidência. Fontes alternativas renováveis referem-se aos recursos naturais e renováveis que podem ser aproveitados para geração de energia elétrica, tais como os ventos, a força das marés, a biomassa e a luz solar. Dadas suas características naturais (no sentido da ausência de processos de industrialização, por exemplo), o processo de geração de energia é menos poluente que o das fontes tradicionais (SÃO PAULO, 2012).

Quase todas as fontes alternativas renováveis de energia, em especial a biomassa residual da madeira, começaram a requerer, para sua efetiva viabilização de potencial de produção de eletricidade, a definição e a implantação de políticas de fomento, com horizonte de médio e longo prazo. Estas políticas estabeleceram condições claras e efetivamente motivadoras para que o potencial energético, sob uma perspectiva economicamente viável e estrategicamente interessante, pudesse ser aproveitado (BRASIL, 2007).

Foi então implantado, de acordo com a Lei nº 10.438 (BRASIL, 2002), o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), para o fim de alavancar o desenvolvimento das fontes de energia alternativas. A partir do PROINFA evidenciaram-se alguns fatores essenciais para elevar os ganhos de escala, tais como aprendizagem tecnológica, competitividade industrial no mercado interno e no mercado externo mas, sobretudo, identificação e apropriação dos benefícios técnicos, ambientais e socioeconômicos para geração da competitividade econômico-energética de projetos de geração que utilizem fontes limpas e sustentáveis.

O Brasil é, em expressiva monta da sua totalidade territorial, um país agrícola. No levantamento sistemático de produção agrícola (IBGE, 2013), foi constatado que o Brasil possui uma área de 70 milhões de hectares destinada para a plantação de cereais, leguminosas e de oleaginosas (sem contabilizar as áreas destinadas ao cultivo florestal e à pecuária). Assim, essa elevada taxa de ocupação do solo, somada ao fato de que estas culturas agrícolas, via de regra, possuem uma alta produtividade, resultam que invariavelmente seja produzida uma grande quantidade de resíduos vegetais que, após o processo de colheita agrícola, pode ser reaproveitada para geração de energia.

O Brasil, portanto, apresenta uma série de vantagens que o qualificam para liderar a agricultura de energia e o mercado da bioenergia (biomercado), notadamente em escala mundial. Uma das principais vantagens brasileiras é a possibilidade de destinar novas terras à agricultura de energia, sem a necessidade de reduzir a área utilizada na agricultura de alimentos, e com impactos ambientais circunscritos ao socialmente aceito (OLIVEIRA; RAMALHO, 2006).

Uma ampla revisão da literatura concluiu que os rendimentos são reduzidos quando produzido em escala semicomercial, quando cultivada em terras subótima, e tendo em conta a perda de biomassa com a secagem. Embora os pesquisadores de culturas energéticas considerem esses fatores, os formuladores de

políticas e outros não especialistas citam muitas vezes projeções de rendimento de culturas energéticas que são experiências representativas, pequenas e cuidadosamente controladas. Se os políticos continuarem com expectativas com base numa produção agrícola de energia descontextualizada, todavia, essas expectativas em termos de projeções não serão cumpridas (SEARLE; MALINS, 2014).

De qualquer forma, o potencial teórico de oferta das energias renováveis excede a demanda atual e projetada globalmente. Assim, o desafio passa a ser o de capturar e utilizar uma parcela quantitativa deste potencial, providenciando serviços energéticos necessários que sejam rentáveis e conduzidos de forma ambientalmente correta (ARVIZU et al., 2011).

4.2 Oferta e consumo de energia renovável

A oferta mundial de energia primária é de 492 EJ (10×10^{17}). As energias renováveis participam com 12,9% deste total, podendo ser a biomassa considerada como a maior contribuinte para este número, com 10,2% (IPCC, 2011). O consumo mundial de combustíveis fósseis representa 85% na matriz energética global (ARVIZU et al., 2011).

Verifica-se por outro lado que, na contramão das fontes de energias renováveis, que os combustíveis fósseis no Brasil (petróleo e gás natural, além de seus derivados) obtiveram, em relação a todas as fontes energéticas, um crescimento de 97% em sua oferta no perído de 2012. Isto ocorreu devido à redução na oferta interna de biomassa de cana-de-açúcar – etanol – e de hidreletricidade, sendo que a produção energética de derivados não acompanhou o ritmo da demanda interna de energia, havendo como consequência, maior importação de gasolina e diesel (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2013).

Constata-se, que, considerando a matriz energética brasileira, segundo Lopes (2012), o consumo de energia hidrelétrica no Brasil, é bastante expressivo, tendo crescido 56% durante o período 1983-1998. O autor afirma, ainda, que o sistema brasileiro de geração de energia hidrelétrica encontra-se associado às características de elevada e acentuada sazonalidade devido às condições naturais,

principalmente clima (regimes pluviométricos), sendo que no período de secas (estiagens) o risco de interrupção de energia é ainda maior.

Por conta disto inclusive, desde meados de 2013 até o presente, o Governo Federal vem sendo obrigado a complementar o fornecimento de energia hidréletica a partir do acionado das usinas termelétricas, com evidentes reflexos em termos econômicos, com custo de produção maior, e ambientais, com queima de combustíveis como óleo, gás, carvão e biomassa (AMATO, 2014).

Segundo o Balanço Energético Nacional (2013), dentro de uma leitura de oferta e consumo sustentáveis de energia no país, incluem-se na classificação de "renovável" as energias oriundas da lenha e carvão vegetal, biomassa de cana-de-açúcar, energia hidráulica e elétrica (Figura 1).

Figura 1. Classificação de energia

<table>
<tr><td rowspan="3">Não-renováveis</td><td rowspan="2">Fósseis</td><td>Petróleo</td></tr>
<tr><td>Gás natural</td></tr>
<tr><td>Carvão</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nuclear</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Renováveis</td><td>Tradicionais</td><td>Biomassa tradicional (lenha, cana-de-açúcar)</td></tr>
<tr><td>Convencionais</td><td>Hidráulica</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Modernas</td><td>Biomassa moderna (resíduos de culturas agrícolas e florestais)</td></tr>
<tr><td>Outras: solar, eólica, etc.</td></tr>
</table>

Fonte: Elaborado pela autora [adaptado de Goldemberg e Lucon (2007)].

Observa-se que, em relação ao panorama geral sobre o consumo de energias renováveis, as indústrias utilizam, em grande quantidade, o bagaço de cana, havendo um acréscimo, em comparação ao ano de 2012, de 5,8%. As famílias brasileiras também são classificadas entre os grandes consumidores das energias renováveis, com destaque para o uso da eletricidade, tendo havido inclusive um aumento em 2013 de 5,1% em comparação ao ano de 2012. Por fim, ocorreu uma queda no consumo de energia de origem florestal, sendo que as indústrias deixaram de consumir 3,5% de carvão vegetal e

as famílias 0,5% de lenha em relação ao ano de 2012 (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2013).

A despeito deste último aspecto em particular é sabido que, historicamente, a utilização de biomassa de origem florestal para transformação em energia contribuiu significativamente para o desenvolvimento da humanidade. O fogo proveniente da queima da madeira foi uma das primeiras fontes energéticas disponível ao homem, inicialmente empregada para o aquecimento, cocção de alimentos e iluminação (BRAND, 2007).

A madeira reveste-se de grande importância ao desempenhar o papel de fonte energética, mesmo sendo utilizada em escalas comparativamente menores nos países desenvolvidos. Seu uso tornou-se fonte de energia mais sustentável (bioenergias), o que a potencializa como alternativa aos combustíveis fósseis (LOPES, 2012).

Embora o consumo de lenha para geração de energia doméstica seja tradicionalmente um dos principais usos do produto, nota-se que as indústrias de papel e celulose, cerâmica, siderúrgica a carvão vegetal e agroindústria, dentre outras, têm pressionado o crescimento do volume consumido de lenha de florestas plantadas (ABRAF, 2013).

A demanda por fontes de bioenergia de modo geral constitui-se, finalmente, em um benefício especial para a produção de plantios convencionais agrícolas e florestais. As fontes bioenergéticas propiciam o surgimento de novos mercados para o que antes era considerado “resíduo” propiciando, também, oportunidades de cultivos de novos tipos de culturas, bem como a integração da produção de bioenergia à produção alimentícia e florestal, melhorando em todos os aspectos o gerenciamento do recurso bioenergético (CHUM et al., 2011).

O Brasil dispõe de grande potencial energético, melhorando o espectro sustentável de seu crescimento econômico, de forma segura e com respeito à legislação ambiental, já que se destaca a abundância em fontes renováveis de energia como, por exemplo, grandes e pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e usinas movidas à biomassa (BRASIL, 2012).

4.3 Biomassa

O termo “biomassa” se refere à qualquer matéria orgânica que esteja disponível em um recurso natural, incluindo culturas energéticas agrícolas e florestais, plantas aquáticas, resíduos agrícolas, florestais e animais, e outros resíduos materiais (CHUM, 2000).

Do ponto de vista puramente energético, biomassa é toda a matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia. Em sua essência, a energia da biomassa é proveniente da luz solar convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos. Esta energia pode ser convertida em eletricidade, combustível ou calor (ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, 2002).

O Brasil, de forma geral, é um país que tem o maior potencial do mundo em biomassas energéticas, quer em forma atualmente não aproveitada ou facilmente produzíveis, quer aquelas que ainda precisam de certo desenvolvimento tecnológico de maneira a se tornarem viáveis, incluindo-se os resíduos florestais, madeireiros e agrícolas, bem como as florestas energéticas (GENTIL, 2011).

A atual matriz energética do Estado de São Paulo é baseada na utilização de recursos próprios de biomassa e energia hidráulica. O desenvolvimento de novas fontes renováveis de energia tem o objetivo de manter e ampliar a qualidade e a renovabilidade dessa matriz (SÃO PAULO, 2012).

De acordo com o último relatório divulgado pela Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, o estado paulista apresentou números promissores em relação à situação da biomassa. Isto porque, o Balanço Energético do Estado de São Paulo (BEESP) apontou que, em 2012, os derivados de petróleo ocuparam o primeiro lugar no consumo final energético com 40,3% do total, sendo que a biomassa ficou em segundo lugar, com 22,6% e a eletricidade na terceira posição com 20,7%.

Por outro lado, a biomassa também vem adquirindo uma importância estratégica para o suprimento de energia em vários países, especialmente os da União Europeia. O Brasil, contudo, comparativamente, dispõe de terra em quantidade suficiente para alcançar uma produção significativa a médio e longo prazos. Portanto, a estimativa do seu custo de produção é crucial para auxiliar na identificação do patamar relativamente ao qual a biomassa pode ser considerada uma fonte confiável, segura e acessível de energia (QUÉNO et al., 2011).

Assim, a crescente demanda por fontes alternativas de energia, em especial as renováveis, tem evidenciado a utilização da biomassa florestal como insumo energético. De um modo geral, o desenvolvimento econômico e as questões ambientais são os principais motivadores para o crescente interesse pelas fontes renováveis e tentativas de mudanças no setor energético (CANTO, 2009).

As questões ambientais e econômicas atuais, bem como as políticas, além de fenômenos climáticos inesperados propiciaram que o uso da madeira retornasse ao cenário mundial, graças a sua potencialidade de produção energética (GUERRA et al., 2012).

4.4 Biomassa florestal

Segundo Moreira (2011) a biomassa florestal apresenta um forte potencial para geração de energia, com vantagens para a redução da emissão de gases do efeito estufa (fonte de energia limpa). Todavia, para aumentar o potencial de geração de energia de biomassa florestal no país seria necessária a difusão de tecnologias silviculturais, e, consequentemente, sair do aspecto convencional usado atualmente.

O uso da biomassa florestal como insumo energético é uma tendência mundial e vem despertando interesse tanto de países em desenvolvimento, como de países desenvolvidos e industrializados. A utilização energética da biomassa florestal, nas suas diversas formas de aproveitamento, vem ganhando destaque em face dos seguintes aspectos: características renováveis; descentralização da produção e autossuficiência energética; e criação de novos mercados para resíduos florestais (CANTO, 2009).

O Departamento de Energia dos Estados Unidos identificou os seguintes fatores-chave da biomassa florestal relativamente a outras culturas com finalidade energética: disponibilidade de terra sem concorrência com culturas alimentares, e; rendimento e custo da biomassa para a produção econômica de biocombustíveis. Dentro destes e outros critérios, as culturas energéticas ainda têm o potencial para gerar 282 tMS (toneladas de massa seca) de biomassa até 2022 e 400 tMS em 2030, sob pressupostos iniciais de melhoria de culturas energéticas. A quantidade de matéria-prima a partir de culturas energéticas, combinado com culturas e resíduos florestais, de toda forma, poderia atender a meta americana de produção de biocombustíveis, assumindo

uma eficiência razoável de conversão de biomassa em biocombustíveis (OLSON et al., 2013).

Em 2010, foi estimado que 334 Tgs (teragramas) de resíduos de madeira nos Estados Unidos estariam disponíveis a cada ano, podendo ser aproveitados para produção energética. Ademais, aumentando-se a oferta de biomassa para energia através de manejo florestal inovador poderia haver uma grande possibilidade em superar possíveis limitações (MUNSELL; FOX, 2010).

Segundo Lopes (2012), a agroindústria e a indústria florestal, a exemplo dos segmentos sucro-alcooleiro, bem como de papel celulose e madeireira, produzem resíduos com um potencial importante de aproveitamento energético no Brasil. Na indústria florestal, em específico, a madeira utilizada como combustível pode ser classificada em três grandes grupos: resíduos industriais, resíduos florestais convencionais e, resíduos provenientes de florestas especificamente destinadas para uso energético (florestas energéticas).

De acordo com Guerra et al. (2012), no que se refere ao setor florestal, é importante ressaltar o sistema florestal de curta rotação que, no Brasil, pode ser, inicialmente, associado ao plantio de eucalipto. Neste campo, ainda conforme os autores, esforços com o intuito de desenvolver um crescimento natural da planta de forma mais eficiente ainda são necessários, haja vista que aspectos tais como, a renovação do plantio e da matéria-prima, se tornarão fatores de produção imprescindíveis para fins de uma alta produtividade por unidade de tempo.

Verifique-se, a este propósito, que espécies comumente utilizadas em sistemas florestais de curta rotação, além do *Eucalyptus* spp são *Poplar* spp. e *Salix* spp. (GONZALEZ et al., 2011).

O eucalipto é cultivado em mais de 90 países. Além de ser uma matéria-prima para as indústrias moveleira, de papel e celulose, e energética, o eucalipto tem propriedades químicas que o tornam adequado para os processos de conversão celulósica de etanol, devido ao seu elevado teor em celulose e hemicelulose. Assim, inúmeras pesquisas estão sendo realizadas sobre a produção de biomassa de eucalipto, a fim de obter clones de alto rendimento desta espécie, geneticamente melhoradas, bem como o eucalipto adaptado a diferentes condições climáticas, e em plantios de curta rotação (GONZÁLEZ-GARCIA et al., 2012).

Com isso, os fatores de inovação tecnológica, pesquisa e desenvolvimento são fundamentais para que os sistemas florestais de curta rotação produzam energia abundante, renovável e, ainda, que permitam o transporte a longas distâncias de forma ambiental, econômica e socialmente sustentável (GUERRA et al., 2012).

Verifica-se, portanto, que uma das espécies mais recomendadas para a implantação de sistemas florestais de curta rotação é justamente o *Eucalyptus* spp.

O eucalipto trata-se do gênero florestal mais usado no mundo em plantações madeireiras de rápido crescimento. Ademais, o eucalipto é usado em plantios destinados à produção de energia em vários países (assim como no suprimento de fibras), com estudos práticos na Austrália, Hawaí, Irlanda, África do Sul, Brasil, Uruguai e Venezuela (GONZALEZ et al., 2011).

O eucalipto é altamente adaptável a diversos tipos de solos e condições climáticas, tornando-o referência mundial de plantações em larga escala de curta rotação. Muitos países, nos trópicos e subtrópicos, estão comprometidos em desenvolver plantações deste tipo para atender a crescente demanda por matéria-prima (PILLAI et al., 2013).

Eucalyptus spp. é um gênero amplamente usado em florestas de curta rotação devido ao seu rápido crescimento e capacidade de formação de copa, bem como elevada densidade de madeira. As características mais comuns são as elevadas taxas de produção imediatamente após o plantio e a alta eficiência de acumulação de madeira em relação à biomassa total produzida (KNAPIC et al., 2014).

O eucalipto em paisagens agrícolas é aproveitado em amplos sentidos, tanto por causa de sua capacidade de ganhos econômicos quanto pelo serviço social e benefício ambiental (KUYAH et al., 2013).

Ao longo dos anos, com o desenvolvimento de novos clones específicos para a produção de biomassa e com a melhoria das técnicas de cultivo, foi possível obter notável aumento de rendimento dessas espécies. Foram adotados vários sistemas de cultivo com diferentes tempos de corte: 1 ano e 2 anos (sistemas de curta rotação), 5 e 6 anos (rotação florestal médio). Atualmente, a maior parte dos sistemas de curta rotação prevê uma colheita a cada 2 anos (FIALA; BACENETTI, 2012).

Constata-se, com respeito ao Eucalipto e considerando que as espécies florestais tradicionais no país sempre foram manejadas para produção de

celulose, que a produção de bioenergia requer sistemas de manejo diferenciados. Assim, espécies florestais tradicionais que são utilizadas para finalidade bioenergética devem ser escolhidas em função de sua capacidade de rebrota, qualidade de biomassa (com baixa demanda por água) e produtividade (BARREIRO; TOMÉ, 2012).

A biomassa gerada por plantações de eucalipto clonal, de curta rotação, também pode ser usada para a produção de carvão vegetal por parte das empresas de ferro-gusa e aço. Ademais, outro setor no Brasil que apresenta alta demanda de biomassa para energia, é aquele vinculado às empresas de produção de azulejos, tijolos e gesso. A maioria destas empresas ainda está utilizando madeira nativa para abastecer a sua energia e, com as proibições legais sobre o uso dessas matérias-primas, torna-se crescente o investimento em plantações de eucalipto de curta rotação, como a melhor solução para este setor (COUTO et al., 2011).

Ainda, nas plantações de eucalipto, a sustentabilidade deve ser considerada a partir do estabelecimento de plantações de eucalipto de curta rotação, atendendo as diretrizes adequadas para aplicação de fertilizantes, por exemplo. A relação entre sustentabilidade e plantações de eucalipto podem ser constantemente melhoradas, através de resultados de pesquisas feitas por instituições, universidades e empresas florestais (STAPE et al., 2010).

É importante destacar, no que se refere à produção de biomassa, que muitas espécies vegetais são polivalentes no sentido de que podem ser utilizadas para produzir mais do que um tipo de produto de energia. Culturas energéticas “sólidas” como sorgo, milho, capim-amarelo, *Miscanthus* spp., willow (uma espécie de salgueiro), poplar (espécie de álamo) e eucalipto, podem ser utilizados inteiramente para produzir calor e eletricidade diretamente, através da combustão ou, indiretamente, por meio de conversão, como os biocombustíveis metanol e etanol. Várias culturas têm sido propostas ou estão sendo testadas para a agricultura comercial de energia. Culturas energéticas potenciais incluem culturas lenhosas, gramíneas e plantas herbáceas (todas as culturas perenes), culturas de amido e açúcar, e oleaginosas. Em geral, as características ideais para culturas energéticas são: alto rendimento (máxima produção de matéria seca por hectare), pouca energia para produção de baixo custo, composição com menos contaminantes, baixos requisitos de nutrientes (KOÇAR; CIVAS, 2013).

Nogueira e Lora (2003) afirmam que uma característica essencial para avaliação do potencial energético da madeira, é o poder calorífico, sendo sua

definição a quantidade de energia térmica que se libera durante a combustão completa de uma unidade de massa ou de volume de combustível.

Para queima direta, é melhor utilizar madeiras com maior poder calorífico, pois essa propriedade está relacionada com o rendimento energético que, por sua vez, está relacionado com a sua constituição química, em que os teores de celulose, hemiceluloses, lignina, extrativos e substâncias minerais variam de uma espécie para outra (QUIRINO et al., 2005).

Em plantios florestais de curta rotação, folhosas de crescimento rápido com uma boa capacidade de rebrota são utilizadas em plantações cuidadosamente manejadas para produzir biomassa lenhosa. São sistemas interessantes por se apresentarem como uma boa alternativa de uso para a terra onde não haja mais produção agrícola, além de proporcionarem matéria-prima para energia e indústria. Os objetivos de gestão florestal, dentro deste escopo, visam a obtenção de uma produtividade máxima, ou seja, a biomassa lenhosa obtida em termos da saída do sistema energético, com um mínimo de entrada de insumos, a exemplo da fertilização e preparo do solo (PELLIS et al., 2004).

Culturas energéticas tendem a ser, portanto, uma opção promissora para assegurar as reservas estratégicas de fontes de energia. Contudo, a rentabilidade dessas culturas é altamente dependente de fatores tais como logística apropriada, planejamento de colheita e produção da cultura (PICCHIO et al., 2012).

Cada vez mais, a viabilidade e a efetividade das inovações tecnológicas exigem um processo de gestão que não está baseado no puro domínio de conhecimentos e práticas tradicionais de cultivo e criação. Por essa razão, o capital humano vem sendo considerado um fator relevante para explicar a adoção de tecnologia pelos agricultores (SOUZA FILHO et al., 2011).

Ainda, para contribuir com a viabilidade, as empresas promovem esquemas de fomento, incluindo: maior integração com os produtores de árvores, fixação de mão de obra disponível nas áreas rurais, a redução ou eliminação da necessidade de aquisição de terrenos e infra-estrutura de custos (RODE et al., 2014).

Mola-Yudego et al. (2014) defendem que o desenvolvimento de novos modelos financeiros, orientados para reduzir os riscos assumidos pelos agricultores

e incentivar a adoção de plantações de curta rotação com culturas lenhosas, requerem uma maior exploração.

Desta feita, ressalta-se a importância do desenvolvimento de estudos econômicos sobre os povoamentos florestais para fins energéticos.

4.5 Economia florestal

A Economia florestal pode ser definida como o ramo da ciência que trata da utilização racional de recursos com vistas à produção, à distribuição e ao consumo de bens e serviços florestais. Podem ser entendidos como bens e serviços florestais os produtos e subprodutos das árvores, da vida selvagem, da água, da recreação, etc. Portanto, pode-se dizer, ainda, que a economia florestal procura resolver os problemas econômicos do setor florestal, como compra, venda, taxação e manejo de floresta e de seus produtos (SILVA et al., 2008).

Uma floresta manejada de forma econômica é uma organização conduzida no tempo e no espaço segundo um plano técnico e econômico determinado (RIBAS, 1989).

A economia florestal é amplamente entendida como uma disciplina que examina a utilização das florestas, enquanto recursos escassos de produção, para o fim de satisfazer as necessidades humanas. Como tal, a economia florestal envolve o emprego de ferramentas de análise econômica relevantes para abordar questões relacionadas com as florestas (WANG, 2013).

Com a expansão de novos mercados vinculados ao setor florestal, a cultura do eucalipto tende a se destacar ainda mais no Brasil nos próximos anos. De toda sorte, a lucratividade dos novos empreendimentos florestais dependerá da finalidade da produção, considerando-se, ademais, que a finalidade varia de acordo com parâmetros tais como idade de corte das árvores e preço obtido por m^3 (RAPASSI et al., 2008).

Sob o ponto de vista econômico, há uma série de fatores de produção que permitem a atividade produtiva de uma empresa florestal. Esta atividade florestal manifesta-se pela organização racional de fatores produtivos, tais como, o manejo de uma floresta, considerando-se, ainda, princípios biológicos, técnicos e econômicos. O intuito primordial é o de, em primeiro lugar, manter a conservação da floresta em função da sua própria existência e crescimento e, em segundo lugar,

proporcionar à atividade florestal o seu condicionamento a um fluxo de produtos, serviços, receitas, custos e rendas líquidas (RIBAS, 1989).

Verifica-se assim, em termos do fluxo de receitas e custos de uma atividade florestal, que os principais benefícios (receitas) das florestas são classificados em diretos e indiretos. Os diretos (tangíveis) são aqueles que resultam do uso da matéria-prima florestal que, via de regra, é a madeira a ser beneficiada diretamente a indústria moveleira ou mesmo a indústria de compensados, por exemplo, bem como energia e até essências, dentre outros tipos de produtos não madeireiros. Já os benefícios indiretos (intangíveis) são os efeitos no clima, efeitos edáficos, efeitos na redução da poluição e até no bem-estar social que as florestas podem causar (SIQUEIRA, 1990).

De outra parte, os custos florestais estariam vinculados exatamente aos dispêndios necessários para a obtenção dos benefícios (RIBAS, 1996).

Os custos são muitas vezes confundidos, em termos de terminologia, com despesas e gastos, mas em economia estas palavras têm significados diferentes. As despesas são o valor de todo o pagamento que sai da empresa com ou sem compensação produtiva. Os gastos são todos os desgastes de valores ou de materiais e energia expressos em valores dentro da empresa (SILVA et al., 2008).

Mais recentemente o entendimento de custos passou a ser o dispêndio específico necessariamente atrelado a alguma atividade particular da atividade produtiva, enquanto que despesas é um dispêndio geneneralizado e, portanto, não passível de ser atribuído a alguma finalidade mais específica da atividade produtiva ou de um determinado bem ou serviço.

Assim sendo, depreende-se de Seixas (1988), a necessidade de se conhecer as atividades desenvolvidas em uma operação florestal, sendo que o levantamento de informações deve servir de base para qualquer interferência que se queira fazer, particularmente as de cunho econômico.

Uma vez determinado o fluxo de rendas líquidas de uma atividade florestal é possível consolidar-se um projeto de investimento florestal, o qual fornece, do ponto de vista econômico-financeiro, uma visão das saídas diretas ou indiretas que são específicas para um estudo de avaliação florestal (KENGEN, 1997).

A definição dos produtos a serem obtidos de povoamentos florestais, dentro da ótica de um sistema produtivo de determinada empresa florestal, é uma atividade relativamente complexa, sendo influenciado por diversos fatores, dentre os

quais podem ser destacados os seguintes: características e especificações de cada produto; receita obtida; custo de processamento; características operacionais, e; demanda de mercado, dentre outras. Nesse cenário, faz-se necessária a utilização de técnicas de otimização para a definição das estratégias a serem adotadas em cada povoamento para a obtenção do máximo de rendimento econômico para o empresário (CAMPOS et al., 2013).

Para se realizar o estudo de uma empresa concebida, deve-se admitir que a empresa é *racional;* aquilo que ela pretende fazer com os seus rendimentos líquidos é maximizá-los. Depois, deve-se considerar os elementos associados ao *rendimento* e ao *custo,* de maneira a incluí-los não somente em termos dos fatores e produtos em termos físicos, mas também, sob a forma de quaisquer outros elementos (desejáveis ou a evitar) a que a empresa possa atribuir valor (DUERR, 1960).

A análise econômica dos plantios florestais depende, além da flexibilidade de antecipar ou postergar cortes, da produtividade do talhão e das estruturas de custo do povoamento. Esses aspectos trazem muito mais complexidade às atividades florestais e às decisões que são baseadas em lucratividade. Ademais, nas empresas florestais, as atividades de corte e transporte são dispendiosas e decisões baseadas em custos envolvem não só a apuração de resultados como, também, um rigoroso planejamento das atividades que ocorrerão subseqüentemente, uma vez que as decisões sejam tomadas (GRAÇA et al., 2000).

Ainda, Graça et al. (2000), afirmam que, para uma análise de custos de produção, é necessário, em primeiro lugar, discernir a questão do tempo. Diferentemente do setor agrícola, onde as operações e seus custos se realizam dentro do período máximo geralmente de um ano, no setor florestal, as operações e os custos florestais ocorrem no decorrer de vários anos. Ou seja, o setor florestal assemelha-se a uma agricultura de longo-prazo.

À combinação dos fatores de produção da qual resultará o máximo rendimento líquido total para a empresa, por unidade de tempo, denomina-se *combinação ótima* (DUERR, 1960).

Um aspecto diferenciado no setor florestal é a possibilidade de que o usufruto ou o corte da madeira seja feito considerando-se fatores tais como a oportunidade, a época, bem como a rentabilidade da floresta, de forma que a idade ótima

de rotação não é algo necessariamente pré-determinado como na agricultura (GRAÇA et al., 2000).

4.5.1 Apuração dos custos de produção florestal

A dinâmica dos investimentos acarreta que a avaliação econômica seja realizada de maneira a considerar uma de suas mais importantes variáveis de análise econômica, o tempo. Para que seja possível trabalhar com esta variável, é fundamental o conhecimento de uma série de conceitos básicos da engenharia econômica, tais como juros, valor do dinheiro no tempo, regimes de capitalização e fluxos de caixa (NOGUEIRA, 2009).

A análise econômica da atividade produtiva pode ser realizada tomando por base os custos de produção e os preços de venda do produto distribuído no tempo. Uma vez estruturado este fluxo de receitas e custos ao longo do tempo é possível a análise de variáveis tais como a remuneração obtida com a comercialização, além dos custos fixos, variáveis, operacionais e totais. O resultado desta análise econômica pode gerar, ainda, os índices de análise quantitativa do ponto de equilíbrio e a geração de diversos indicadores que podem auxiliar na análise de rentabilidade da unidade produtiva (CONAB, 2010).

A projeção das receitas em um determinado fluxo de caixa geralmente é mais fácil do que a projeção dos custos.

Projetar um sistema de apuração de custos exige pelo menos duas condições básicas. A primeira é que o profissional deva ter antecipadamente o conhecimento do propósito ou dos propósitos que o sistema deve atender simultaneamente. A segunda é que deve estar dotado de um conjunto de conceitos fundamentais que permita lidar confortavelmente com as mais diversas situações organizacionais (FIGUEIREDO, 2009).

Os custos de produção não podem ser observados apenas como o resultado dos gastos do produtor. As informações coletadas para a elaboração dos custos, sua análise e o contato direto com os agentes locais e regionais são oportunidades que devem ser aproveitadas para a melhoria das políticas públicas, dos programas governamentais e, principalmente, da gestão da unidade produtiva (CONAB, 2010).

Os custos de produção, quando sobrepesadas com a estrutura de receitas ao longo do tempo, direcionam as tomadas de decisões. Nogueira (2009) descreve que, para tanto, dentre o conjunto de instrumentos decisoriais, despontam três métodos para avaliação de investimento: Valor Presente Líquido (VPL); Taxa Interna de Retorno (TIR), e; Valor Periódico Equivalente (VPE).

No que pertence particularmente aos custos de produção de determinada atividade agrícola tal como abordada neste trabalho, a Companhia Nacional de Abastecimento propôs uma metodologia de custos de produção em vigor já há mais de dezesseis anos. De qualquer forma, essa metodologia foi adaptada e reestruturada em 2010, de maneira a incluir avanços tecnológicos importantes, atuais e condizentes com a nova realidade do setor agropecuário (Figura 2).

Figura 2. Estrutura de custos da Conab (2010).

CUSTO TOTAL	Custos Variáveis	Operações
		Insumos
		Mão-de-obra
		Despesas administrativas
	Custos Fixos	Depreciação de máquinas
		Juros e seguros de máquinas
		Remuneração Capital Fixo
		Remuneração da Terra

Fonte: Adaptação feita pela autora à partir de Conab (2010).

Esta metodologia trata-se, portanto, de uma proposta de determinação de custos de produção que busca delinear e disponibilizar ao setor agrícola, ao governo e, principalmente, à sociedade, orientações econômicas dentro de um processo participativo e com procedimentos transparentes (CONAB, 2010).

Para a utilização da metodologia da CONAB nas condições do presente estudo é necessário considerar autores tais como Khanna et al. (2008), que afirmam que os custos de produção de culturas energéticas dependem dos custos de insumos, tais como produtos químicos, fertilizantes e sementes, custos de equipamentos, custos de armazenamento e transporte, além do custo de oportunidade da terra.

A estrutura de custos de produção conforme proposta pela Conab foi originada a partir de um projeto de pesquisa de campo iniciado em março de 1976. As informações produzidas possibilitaram elaboração de matrizes de coeficientes técnicos de produção, as quais permitiram estimar com maior grau de segurança os custos de produção. Tal iniciativa tinha por finalidade subsidiar os estudos para determinação dos preços mínimos, bem como, servir de fonte comparativa para análises de pleitos encaminhados por organizações de produtores e de parâmetros nas demais decisões de governo relacionadas à política agrícola (CONAB, 2010).

4.5.2 Apuração das receitas florestais

A natureza específica da silvicultura como atividade econômica gera problemas na implantação dos planos de negócio estabelecidos, bem como na execução de operações comerciais. O caráter da especificidade ao analisar as operações de negócios de entidades que lidam com a gestão florestal surge, dentre outras coisas, da necessidade de assegurar a sustentabilidade florestal (BELJAN et al., 2011).

As empresas florestais, quando da busca de formas de produção para suprir suas demandas, orientam-se pelo retorno econômico. Por isso, antes de serem implantados, é imperioso que os plantios sejam submetidos a uma análise prévia de sua viabilidade econômica, de modo a verificar se proporcionarão retornos econômicos satisfatórios. Essa prévia análise dos projetos é de suma importância, pois permite estimar o potencial de retorno econômico dos empreendimentos florestais antes de sua implementação (FOLMANN et al., 2014).

Santos et al. (2013) afirmam, em reforço, que o eficiente planejamento e controle de todas as operações florestais são essenciais para a racionalização do trabalho, redução dos custos, aumento da qualidade do produto e diminuição dos danos ambientais.

De todo modo, na gestão florestal nem sempre é possível obedecer rigidamente ao princípio da rentabilidade operacional. Quaisquer tratamentos silviculturais que venham a, porventura, faltar, haverá o comprometimento futuro do incremento de biomassa de madeira, por exemplo, o que fatalmente redundará na diminuição da receita florestal. Além disso, a especificidade da gestão florestal é

particularmente evidenciada pelo ciclo de longo prazo de produção de biomassa, uma vez havendo um extenso período de tempo entre as atividades iniciais e os efeitos econômicos alcançados (BELJAN et al., 2011).

O volume de madeira produzido é uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial disponível em um povoamento florestal, visto que o volume individual fornece subsídios para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo das florestas (SILVESTRE et al., 2014).

Sendo assim, pesquisadores buscam alternativas que possibilitem estimativas da produção destes povoamentos florestais, já que a partir desta, planeja-se desde o abastecimento da indústria até a quantificação de áreas a serem plantadas. Além disto, as estimativas de produção florestal possibilitam, não somente aferir-se sobre as receitas das empresas florestais como, também, com respeito aos cálculos de viabilidade econômica que determinam as idades de rotação nas quais se tem maior rentabilidade (SILVESTRE et al., 2014).

O conhecimento técnico do potencial florestal conjugado com critérios econômicos de avaliação florestal é algo, portanto, de grande importância para o empreendedor, vez que permite a identificação, com antecedência, dos projetos mais vantajosos e aqueles de maior risco. Em outras palavras, a análise econômica, quando aplicada ao setor florestal, é uma grande ferramenta para um melhor entendimento do comportamento dos plantios florestais e para a identificação de situações em que o uso de técnicas silviculturais possam contribuir para a melhoria dos índices econômicos, além de possibilitar a seleção dos projetos mais vantajosos para a empresa (FOLMANN et al., 2014).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Estudo de caso

Toda pesquisa científica deve definir seu objeto de estudo e, a partir daí, construir um processo de investigação, delimitando o universo que será estudado. Observando-se os casos extremos identificam-se, numa ponta, os estudos agregados, quando a intenção é examinar o próprio universo. Na outra ponta do processo investigativo observam-se os estudos de caso, quando se estuda uma unidade ou parte desse todo (VENTURA, 2007).

Os estudos de caso podem ter diversos propósitos. Como trabalhos de investigação, podem ser essencialmente exploratórios, servindo para obter informação preliminar acerca do respectivo objeto de interesse. Podem ser fundamentalmente descritivos, tendo como propósito essencial descrever, isto é, dizer simplesmente "como é" o caso em questão. E, finalmente, podem ser analíticos, procurando problematizar o seu objeto, construir ou desenvolver nova teoria ou confrontá-la com teoria já existente (PONTE, 2006).

Os estudos de caso mais comuns são os que têm o foco em uma unidade. Conforme os objetivos da investigação, o estudo de caso pode ser classificado de intrínseco, instrumental e coletivo. Os pesquisadores devem buscar, a partir dessa categorização, tanto o que é comum quanto o que é particular em cada caso e o resultado final provavelmente apontará algo original em decorrência de um ou mais dos seguintes aspectos: a natureza e o histórico do caso, o contexto em que se insere e, outros casos

pelos quais é reconhecido e os informantes pelos quais pode ser conhecido (VENTURA, 2007).

Dentro de uma abordagem metodológica experimental, as respostas às questões da investigação científica são obtidas em situações onde o investigador pode manipular o comportamento das variáveis de análise de forma direta, precisa e sistemática, sendo-lhe possível isolar variáveis, como no caso de experimentos em laboratório. Ao fazer isto, isola-se deliberadamente o fenômeno estudado de seu contexto (BRESSAN, 2000).

Um estudo de caso pode seguir, ademais, uma de duas perspectivas essenciais: (a) uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes e (b) uma perspectiva pragmática, cuja intenção fundamental é proporcionar uma perspectiva global do objeto de estudo, do ponto de vista do investigador, tanto quanto possível completa e coerente (PONTE, 2006).

Neste estudo, o objeto de estudo da pesquisa científica foi um plantio florestal de curta rotação, sendo uma investigação de uma parte de todo o processo que envolve a produção de madeira para geração de energia, focando na economia e produtividade da mesma, com o propósito de analisar pragmaticamente a abordagem econômica-energética com culturas florestais.

Há ainda muito preconceito quanto ao uso de estudos de caso em pesquisa. Em primeiro lugar, por aqueles que desconhecem o método e o consideram pouco estruturado, fácil e, por isso, pouco acadêmico. Em segundo lugar, por aqueles que acreditam ser verdadeiro somente aquilo que é quantificado. Os dois grupos estão equivocados. Com relação ao primeiro grupo, porque o método de caso não é fácil, já que quanto menos estruturada uma pesquisa, mais dificil será a aplicação da metodologia na investigação científica e será necessária, portanto, uma maior dedicação acadêmica. Quanto aos quantitativistas, é bom lembrar que as verdades expressas de forma quantitativa precisam ser exatas e quando a estatística está sendo utilizada, a precisão não é necessária apenas no tratamento dos dados, mas, principalmente, na sua coleta (CAMPOMAR, 1991).

O estudo de caso é próprio para a construção de uma investigação empírica que pesquisa fenômenos dentro de seu contexto real – pesquisa naturalística – com pouco controle do pesquisador sobre eventos e manifestações do fenômeno.

Sustentada por uma plataforma teórica, reúne o maior número possível de informações, em função das questões e proposições orientadoras do estudo, por meio de diferentes técnicas de levantamento de informações, dados e evidências. Como se sabe, a triangulação de informações, dados e evidências garante a confiabilidade e a validade dos achados do estudo. Busca-se, criativamente, apreender a totalidade de uma situação – identificar e analisar a multiplicidade de dimensões que envolvem o caso e, de maneira engenhosa, descrever, compreender, discutir e analisar a complexidade de um caso concreto, construindo uma teoria que possa explicá-lo e prevê-lo (MARTINS, 2008).

5.2 A área experimental como estudo de caso

O estudo de caso foi realizado numa área experimetal de aproximadamente 5 hectares situado na Fazenda Três Sinos, localizada na Rodovia Gastão dal Farra, km 5, no município de Botucatu, estado de São Paulo.

A área do experimento está localizada em altitude aproximada de 856 m, com coordenadas geográficas de longitude 48º25’63” W e latitude 22º58’45” S obtidas através de dispositivo de GPS utilizado para a medição da área. A visualização da área experimental, obtida a partir de imagem do Google Earth[1], se encontra na Figura 3, página 30.

[1] O Google Earth é um aplicativo cliente-servidor para desktop que possibilita a visualização de imagens de sensores acoplados em satélites em um ambiente dinâmico, permitindo visualizações em duas e três dimensões, tornando possível a interatividade do usuário (Brown, 2006).

Figura 3. Localização da fazenda Três Sinos (SP), em imagem de satélite.

Fonte: Google Earth (2014).

Na área da fazenda predomina o solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo, textura média. O clima predominante no município, segundo os critérios adotados por Koppen, é Cfa – clima mesotérmico, com temperaturas médias superiores a 10ºC, sendo que a temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22ºC e o índice pluviométrico anual situa-se em torno de 1516 mm.

5.3 Delineamento

O local do experimento (Figura 4) foi objeto de preparo do solo para receber o plantio florestal onde as principais técnicas de cultivo foram utilizadas, a exemplo de combate às plantas invasoras (aplicação de herbicida) e aplicação de calcário com um trator de 85 cv, bem como subsolagem, realizada com trator de 105 cv. A aplicação de herbicida foi repetida 9 meses após o plantio.

Figura 4. Local com o preparo de solo.

Fonte: Autora; 2012.

Após o preparo de solo, foi realizada a aplicação manual de formicida preparado na própria fazenda com polpa cítrica e inseticida. A operação repetiu-se após seis meses do plantio.

As formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* são as principais pragas encontradas em plantações de *Pinus* e *Eucalyptus*. O controle químico é o método mais comum usado para controlar formigas cortadeiras em áreas de floresta. O controle inicial deve ser feito entre 45 e 60 dias antes do preparo do solo. As mudas são altamente suscetíveis às formigas e o controle das colônias desta praga é necessário no primeiro ano do plantio, fazendo-se uma vigilância no primeiro mês após o plantio. Depois de um ou dois anos, as florestas chegarão à fase de manutenção e, assim, são realizadas, se necessário, novas aplicações para controle (ZANETTI et al., 2014).

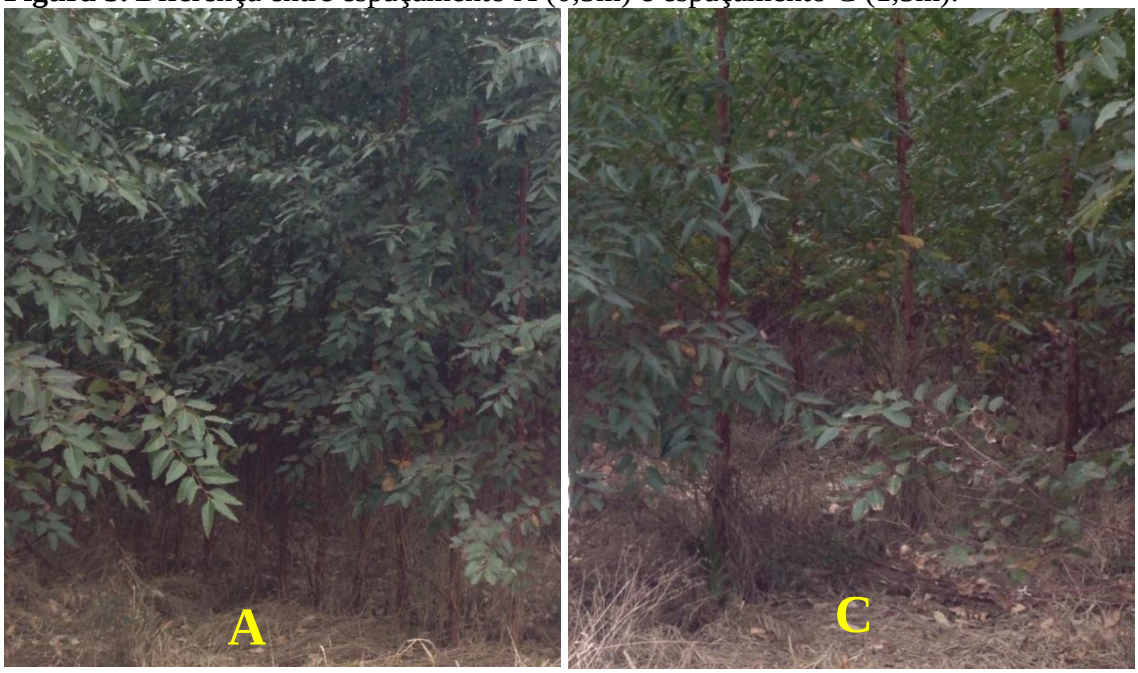
Foram plantados os clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (C219), sendo que as mudas são produzidas em viveiro próprio da fazenda. Um mês após o plantio, ocorreu a primeira adubação, tendo havido outras duas

adubações de cobertura; a primeira após 12 meses do plantio e a segunda adubação de cobertura após 18 meses do plantio.

Note-se que as espécies *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, bem como o híbrido resultante do cruzamento destas espécies, adquiriram grande importância junto à indústria nacional de celulose e papel, e consequentemente, junto às empresas produtoras de carvão vegetal (CASTRO, 2011).

No plantio florestal realizado na área experimental, de acordo os principais aspectos do objetivo deste trabalho (curta rotação, adensamento, dentre outros), foram utilizados cinco tipos de espaçamentos entre plantas nos valores de 0,5m; 1,0m; 1,5m; 2,0m; 2,5m e a distância entre as linhas, tendo em vista aspectos silviculturais preponderantemente relacionados à exploração e transporte florestal, foi a mesma para todos os tratamentos, qual seja, 2,8m (Figura 5).

Figura 5. Diferença entre espaçamento A (0,5m) e espaçamento C (1,5m).



Fonte: Autora; 2013.

Para identificação no campo, foram feitos os seguintes códigos para cada espaçamento:

A = espaçamento 2,8m x 0,5m;

B = espaçamento 2,8m x 1,0m;

C = espaçamento 2,8m x 1,5m;

D = espaçamento 2,8m x 2,0m;

E = espaçamento 2,8m x 2,5m.

Observe-se, a propósito dos espaçamentos utilizados, que variações de espaçamento em plantios florestais são bem documentadas na literatura científica. Um interesse crescente em processos baseados na produtividade madeireira resultou na concepção, implantação e descrição de várias investigações de rendimento da floresta, demonstrando que a relação de crescimento entre uma espécie de árvore pode variar de acordo com o espaçamento e o local (CLASEN; KNOKE, 2013).

As adubações de plantio e de cobertura, considerando-se que estes aspectos são igualmente determinantes em termos dos propósitos principiais deste trabalho, foram feitas em três doses diferentes e a escolha para serem aplicadas nos espaçamentos foi aleatória. A escolha das formulações utilizadas ocorreu tendo em vista, basicamente, os procedimentos silviculturais usualmente utilizados pelos técnicos da Fazenda Três Sinos. Assim, para efeitos da identificação das distintas formas de adubação, foram feitos os seguintes códigos:

1 = dosagem 1:

- 35 g/planta pré-plantio com NPK (6-30-10);
- 27,5 g/planta aos 180 dias após o plantio com NPK (19-00-19) com adição de Boro (0,7%) e Zinco (3%);
- 27,5 g/planta aos 360 dias após o plantio com NPK (19-00-19) com adição de Boro (0,7%) e Zinco (3%).

2 = dosagem 2:

- 70 g/planta pré-plantio com NPK (6-30-10);
- 55 g/planta aos 180 dias após o plantio com NPK (19-00-19) com adição de Boro (0,7%) e Zinco (3%);
- 55 g/planta aos 360 dias após o plantio com NPK (19-00-19) com adição de Boro (0,7%) e Zinco (3%).

3 = dosagem 3:

- 140 g/planta pré-plantio com NPK (6-30-10);
- 110 g/planta aos 180 dias após o plantio com NPK (19-00-19) com adição de Boro (0,7%) e Zinco (3%);
- 110 g/planta aos 360 dias após o plantio com NPK (19-00-19) com adição de Boro (0,7%) e Zinco (3%).

Foi realizado um sorteio entre os tipos de espaçamentos e de dosagens estudadas obtendo-se as seguintes parcelas amostrais: A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3, D1, D2, D3, E1, E2 e E3. Estas parcelas foram então alocadas na área, conforme croqui representativo vislumbrado na Figura 6.

Figura 6. Croqui da área de estudo.

	Estrada Principal						
Rua	A1	C2	D3	A3	E3	B1	C3
	E1	D2	B2	C1			
	D1	B3	E2	A2			

Fonte: Autora; 2012.

5.4 Dendrometria

Essa etapa do trabalho foi realizada com embasamento na metodologia utilizada em estudo similar realizado por Garcia (2013), onde foram avaliadas a produção e as características tecnológicas da madeira para seu uso energético. Assim, quarenta e cinco árvores na região central de cada parcela foram avaliadas, medindo-se o DAP (diâmetro à altura do peito), com uso de uma suta, bem como a altura total, utilizando-se um clinômetro digital.

Relações alométricas individuais, como diâmetro altura do peito (DAP) e altura (H), têm sido as principais ferramentas para obter, via inventário florestal, as estimativas de biomassa florestal. No entanto, há ainda um número restrito de pesquisas indicando especificamente como as relações alométricas de biomassa são

afetadas por tratamentos silviculturais, material genético e/ou limitações específicas do sítio de pesquisa (RUBILAR et al., 2010).

De acordo com Soares et al. (2012), o inventário florestal é uma técnica para estimar a produção de determinada floresta e que pode ser realizado sob diferentes níveis de detalhamento e em diferentes pontos no tempo. Trata-se de um conjunto de procedimentos para obter informações sobre quantidades e qualidades dos recursos florestais e de características das áreas em que as árvores estão se desenvolvendo. Há vários tipos de inventário, normalmente definidos em função do seu objetivo. Entre as tipologias mais usuais de inventário florestal podem ser mencionadas: pré-corte (realizado antes da exploração florestal), convencional (realizado para obtenção do volume de madeira), contínuo (para verificar as mudanças ocorridas em uma floresta), planos de manejo (com alto grau de detalhamento) e, de sobrevivência (realizado após o plantio para verificar o percentual de sobrevivência das mudas no campo).

5.5 Estimativa energética da madeira com casca

O poder calorífico superior da madeira foi estimado de acordo com o estudo de Garcia (2013), no qual determinou o poder calorífico da madeira com casca, em três períodos diferentes, em um experimento com mudas de clones do híbrido de *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* (C219), com espaçamento de 0,5 m; 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m; 2,5 m e com variações de adubação.

Ainda, Garcia (2013) utilizou o "Método da Bomba Calorimétrica", descrito por Vale et al. (2000), no qual consiste em, ao queimar a madeira, ocorre a mensuração da variação de temperatura de uma massa de água pré-estabelecida proporcionada pela queima da mesma, sendo esta variação de temperatura proporcional ao calor liberado pelo combustível, que no caso é a madeira.

Assim, na Tabela 1, segue os resultados de poder calorífico superior encontrados por Garcia (2013) no período de 24 meses, que serão utilizados neste trabalho ao fato de que, neste período ocorreu a colheita, podendo avaliar a quantificação do poder calorífico para estimar-se a intensidade de geração de energia.

Tabela 1. Resultados do poder calorífico da madeira com casca, encontrados por Garcia (2013), no qual será utilizado neste trabalho para mensuração de geração energética

Espaçamento (m)	*Poder Calorífico ($MJ.kg^{-1}$)*
2,8x0,5	19,90
2,8x1,0	19,97
2,8x1,5	20,00
2,8x2,0	19,97
2,8x2,5	20,02

Fonte: Adaptado pela autora à partir de Garcia (2013).

Ainda, de acordo com a Sociedade Brasileira de Silvicultura (2008), utilizou-se um índice de conversão de que, no volume de 1 m^{st} de madeira com casca, há cerca de 800 quilogramas, sendo possível a conversão energética correta na unidade de $MJ.kg^{-1}$.

5.6 Análise estatística

As estimativas dos volumes médios, obtidas a partir da análise dendrométrica dos quinze tratamentos pesquisados (Figura 6), foram tabuladas em planilha do Microsoft Excel. A análise estatística foi realizada com apoio da Profa. Maria Márcia Pereira Sartori, do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agronômicas, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campus de Botucatu/SP, por intermédio do software Minitab 16. As informações foram avaliadas de maneira a se investigar as influências de variáveis silviculturais (tais como, espaçamento e adubação), bem como suas interações. Neste processo investigativo promoveu-se a análise de variância dos resultados, além de testes de comparação de médias (Tukey), ao nível de 5% de probabilidade.

5.7 Análise econômica

O experimento do presente estudo de caso foi conduzido por 2 anos. Durante este período, houve a coleta de dados de estudos de tempo, juntamente com informações das principais atividades florestais para a condução do plantio florestal. Com base nestes procedimentos, foram obtidos os custos envolvidos na atividade de plantio e condução nesta área florestal de eucalipto de curta rotação.

O estudo de tempo foi feito com o auxílio de um cronômetro, tendo sido anotados todos os intervalos de tempos associados a todas as operações

silviculturais desenvolvidas, incluindo paradas, manutenção e demais fatores relevantes. Desta feita, foram obtidas as informações necessárias com respeito às operações de plantio e adubação, resultando em um índice de plantas por minuto para cada talhão, em ambas operações.

Foi também efetuada a cotação de preços dos produtos que envolvem os coeficientes técnicos estudados, tais como: adubos, inseticidas, herbicidas; mão de obra; impostos.

Estes procedimentos metodológicos, para efeitos da identificação do volume de madeira produzido e dos custos de produção aqui estudados, são imprescindíveis para o bom tratamento e análise econômica pretendido no trabalho.

Isto porque, a maximização dos resultados econômicos de uma determinada empresa ocorrerá sempre que houver a máxima produção possível em face da utilização de certa combinação de fatores. Os resultados ótimos poderão ser conseguidos quando houver a maximização da produção para um dado custo total ou minimizar o custo total para um dado nível de produção (VASCONCELOS; GARCIA 2004).

Na produção, o custo mede a "renúncia" ao emprego dos recursos produtivos (homens, máquinas, etc.) em outro uso alternativo melhor (RÁMIZ, 1988).

Assim, o custo total de produção pode ser definido como o total das despesas realizadas pela firma com a combinação mais econômica dos fatores, por meio da qual é obtida determinada quantidade do produto (VASCONCELOS; GARCIA, 2004).

Depreende-se de Conab (2010) que os custos de produção de determinada atividade em seu todo são divididos em: custos variáveis totais e custos fixos totais.

Os custos variáveis totais (CVT) se referem à parcela dos custos de produção totais que dependem diretamente dos níveis de determinada produção e, por isso, modificam-se conforme haja a variação do volume de produção. Representam, por outro lado, as despesas realizadas com os fatores variáveis de produção (CONAB, 2010). Na contabilidade empresarial, são chamados de custos diretos (VASCONCELOS; GARCIA, 2004).

Os custos fixos totais (CFT), por seu turno, correspondem à parcela dos custos totais de produção que independem (não se alteram) da variação dos

distintos níveis de produção. Decorrem dos gastos com os fatores fixos de produção (CONAB, 2010). Na contabilidade privada, são chamados de custos indiretos (VASCONCELOS; GARCIA, 2004).

O custo total de produção (CT) representa, assim, a soma dos custos fixos totais e variáveis totais.

Desta feita, considerando os critérios de organização dos custos conforme exposto, pode-se reunir os principais elementos do custo de produção identificados em uma determinada atividade agrícola segundo o padrão da metodologia da Conab (2010) e, como consequência, adaptá-los para o sistema florestal de curta rotação, objeto do presente estudo (Tabela 2).

Tabela 2. Elementos da estrutura do custo de produção agrícola em função da atividade florestal de curta rotação.

A - CUSTO VARIÁVEL
I – Atividades de plantio florestal (espaçamento e adubação)
Operação com máquinas e implementos
Insumos (mudas, agrotóxicos, fertilizantes)
Mão-de-obra e encargos sociais
Despesas administrativas
B - CUSTO FIXO
II - Depreciações
Depreciação de máquinas
Depreciação de implementos
III – Juros e seguros
Juros e seguros de máquinas
Juros e seguros de implementos
C - CUSTO OPERACIONAL (A + B)
IV - Renda de fatores
Remuneração do capital fixo
Remuneração do fator terra
D - CUSTO TOTAL (C + VI)

Fonte: Adaptado pela autora à partir de Conab (2010).

A Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) é uma empresa pública, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com a responsabilidade de gerir, no âmbito federal, as políticas agrícolas e de abastecimento, objetivando garantir o atendimento das necessidades básicas da sociedade, preservando e estimulando os mecanismos de mercado (MENEGATTI, 2006).

Um método também muito difundido para se determinar os custos de produção, particularmente em termos de atividades agrícolas, foi desenvolvido pelo Instituto de Economia Agrícola, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Assim, à título de comparação são apresentados na Tabela 3 os principais componentes estruturais tanto da metodologia do IEA, descrita por Matsunaga (1976), quanto da Conab (2010).

A Tabela 3 se encontra na página 40.

Tabela 3. Comparação entre metodologias – IEA e CONAB.

Componente	*IEA*	*CONAB*
Abrangência	Desde a produção até a fase inicial de comercialização	Desde a produção até a fase inicial de comercialização
Insumos	Levantamento de custo direto	Levantamento de custo direto
Mão-de-obra	Temporária: média da diária paga na região, ponderada pela quantidade necessária e pela intensidade de utilização do serviços pelos produtores	Temporária: média da diária paga na região, ponderada pela quantidade necessária e pela intensidade de utilização do serviços pelos produtores
Encargos sociais	Empregado rural por tempo determinado e temporário, com acréscimo de 33,03%.	Empregado rural por tempo determinado e temporário, com acréscimo de 33,03%.
Depreciação	Método linear	Método linear
Manutenção, combustível e lubrificante das máquinas	Conservação, reparos e manutenção - 3 a 5% sobre o valor médio de um equipamento novo.	Combustível - 12% da potência da máquina; Manutenção - 1% da máquina e 0,75% do implemento; Lubrificante - 10% da despesas com combustível.
Juros e seguros de máquinas	Juros simples, calculados sobre o capital médio investido. Seguro é um custo fixo, de 3 a 5% sobre o valor médio de um equipamento novo.	Juros simples, calculados sobre o capital médio investido. Seguro é um custo fixo, com 0,75% sobre o valor médio de um equipamento novo.
Renda de fatores	Remuneração do capital fixo e da terra, considera uma taxa de 12% ao ano.	Remuneração do capital fixo utiliza a taxa base de juros no valor dos ativos fixos. Remuneração da terra, considera uma taxa de 3% do valor de venda.

Fonte: Adaptado pela autora à partir de MATSUNAGA et al. (1976), Menegatti (2006) e Conab (2010).

Verifica-se, da Tabela 3, o escopo de abrangência dos métodos do IEA e da CONAB, assim como dos fatores considerados em cada metodologia, tais

como, insumos, mão-de-obra, encargos sociais e depreciação. Em ambas as metodologias este escopo é muito similar.

Contudo, com relação aos itens de manutenção, combustível e lubrificante de máquinas, juros e seguros de máquinas, e renda de fatores, as metodologias divergem entre si, visto que Conab (2010) é mais específica em relação aos coeficientes sobre as despesas, como por exemplo no componente de manutenção, combustível e lubrificantes das máquinas (Tabela 3).

No presente estudo, contudo, optou-se por utilizar a metodologia da CONAB, o que não impede que estudos subsequentes venham a eventualmente utilizar a metodologia do IEA e com isto, talvez até mesmo, investigarem-se os efeitos econômicos decorrentes da comparação as duas metodologias.

Segundo Binger e Hoffman (1998), o custo econômico pode ser definido de dois modos distintos mais de resultados finais equivalentes: (i) é o valor de mercado de todos os insumos usados na produção, e (ii) é o preço de mercado da forma mais eficiente do emprego de insumos no processo produtivo.

Assim, com a definição de custo de oportunidade, que é a melhor alternativa de emprego do insumo, pode-se dizer que o custo econômico é a soma de todos os custos de oportunidade dos insumos usados na produção e que a função custo é o menor custo econômico possível para produzir determinado produto (MENEGATTI, 2006).

Ainda, Menegatti (2006) afirma que o custo de produção de uma firma está diretamente relacionado com as pretensões produtivas e objetivos do empresário, e com as restrições que a empresa possui, e só pode ser derivada quando o nível de produto a ser obtido é determinado, sendo este uma variável exógena que entra como um dos parâmetros do sistema.

5.7.1 Custos variáveis

Os custos variáveis investigados no presente trabalho são aqueles que variam na proporção direta do aumento da produção da biomassa florestal ao longo de determinado intervalo de tempo (rotação florestal) considerado, por si só, o curto prazo de produção. Os custos são variáveis porque ocorrem somente quando a Fazenda Três Sinos está produzindo dentro deste período de tempo considerado. Os custos variáveis no

presente estudos são aqueles que, portanto, aumentam na medida em que também aumenta a produção florestal.

Haveria que se ressaltar, para efeitos da determinação dos custos de produção que há uma relação direta entre o curto e o longo prazo com a definição dos insumos (e consequente custos) fixos e variáveis. Assim, insumos e custos variáveis estão aqueles que podem ser alterados no curto prazo, enquanto que os custos fixos são aqueles que não se alteram no curto prazo, lembrando que, no longo prazo, todos os custos, variáveis e fixos, podem ser modificados, conforme se depreende de Menegatti (2006).

5.7.1.a Máquinas

As máquinas e os implementos agrícolas são alguns dos principais insumos variáveis em operações florestais e são tilizados para a execução de operações de correção e preparo do solo, plantio, colheita e pós-colheita. O levantamento dos seus respectivos coeficientes técnicos, observados a partir do seu uso, reveste-se, por conseguinte, de um contexto muito importante para efeitos de determinação e análise dos custos de produção agrícola (CONAB, 2010).

Assim, segundo a estrutura de custos de produção proposta em Conab (2010), foram reunidas, em um item denominado "maquinário" (Tabela 4), as seguintes informações relacionadas aos implementos e tratores: preço de uma máquina nova, quantidade, intensidade de uso, horas trabalhadas por hectare e preço do combustível.

Tabela 4. Informações necessárias para elaboração dos custos de maquinário.

Implementos	*Trator*
Preço (valor inicial)	Preço (valor inicial)
Vida Útil (hora)	Vida Útil (hora)
Valor Residual (final)	Valor Residual (final)
Área (ha)	Área (ha)
Tempo de aplicação (h)	Tempo de aplicação (h)
Rendimento ($h.ha^{-1}$)	Rendimento ($h.ha^{-1}$)
Taxa de Juros (%)	Taxa de Juros (%)
	Preço do Combustível ($R\$.L^{-1}$)
	Consumo médio do trator ($L.h^{-1}$)

Fonte: Autora; 2014.

Foi utilizada, em paralelo, a taxa de juros de poupança, aproximadamente 6% ao ano, para efeitos de uma comparação do investimento na cultura florestal com um investimento financeiro clássico, como é a aplicação na poupança (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2014).

A partir dessas informações, foram gerados fatores de participação no custo de produção, genericamente denominados "fatores hora/máquina". Estes correspondem aos gastos obtidos com insumos, operadores e manutenção (CONAB, 2010).

Para o cálculo do valor da hora trabalhada pelas máquinas, e conforme procedimento de Conab (2010), definiram-se que os custos devem ser baseados em porcentagens pré definidas para insumos utilizados em cada equipamento, sendo estes o consumo de óleo diesel, uso de filtros e lubrificantes e, manutenção (Tabela 5).

Tabela 5. Insumos e suas porcentagens utilizadas para elaboração de custos dos equipamentos.

Cálculo de custo dos insumos utilizados nos equipamentos	
Consumo de óleo diesel ($L.h^{-1}$)	12% potência da máquina
Filtro e lubrificantes ($R\$.h^{-1}$)	10% despesas combustível
Manutenção ($R\$.h^{-1}$)	1% máquina nova 0,8% implemento novo

Fonte: Autora; 2014.

5.7.1.b Insumos

Para a estimativa dos insumos foram calculados, para efeito do registro como produto resultante entre a quantidade do insumo e o preço de venda, os custos de agrotóxicos e fertilizantes. Já com respeito às mudas, utilizou-se o custo do milheiro de mudas produzidas na própria fazenda, sendo este valor o custo de produção do milheiro, fornecido pela administração da mesma. Assim, para efeito de cálculo, foram coletados os preços de cada insumo utilizado (Tabela 6).

Tabela 6. Preços de insumos utilizados no plantio de eucalipto

Insumos	
Calcário	Calcário dolomítico – $R\$ 85,00.ton^{-1}$
Formicida	Polpa cítrica com inseticida – $R\$ 1,7.kg^{-1}$
Adubos	Plantio (6-30-10) – $R\$ 940,00.ton^{-1}$ Cobertura (19-00-19) – $R\$ 940,00.ton^{-1}$

Herbicida	Dessecante – R$ 15,00.L^{-1}
Mudas	R$ 180,00 por mil mudas

Fonte: Autora; 2014.

5.7.1.c Mão-de-obra

Segundo a Lei nº 5.889, de 08/06/1973, que instituiu as normas reguladoras do trabalho rural (BRASIL, 1973) o trabalhador rural é "a pessoa física que presta serviço à outra pessoa física ou jurídica que explore atividades agroeconômicas, independente da exploração ser permanente ou temporária, se é realizada diretamente ou por intermédio de prepostos (representantes), por conta própria ou por conta de terceiros, desde que realizada profissionalmente".

Para efeito dos custos de produção, o salário do trabalhador é entendido como a remuneração total recebida integral. A jornada do trabalho é limitada à oito horas diárias, 44 horas semanais e 220 horas mensais. Os encargos sociais e trabalhistas são computados de acordo com o tipo de contratação, que no caso são empregado rurais por tempo determinado e temporário, havendo, para o empregador, um acréscimo de 33,03% no pagamento, para fins do recolhimento de encargos, segundo a Lei nº 6.019, de 03/01/1974 (BRASIL, 1974) e segundo Conab (2010). O salário será o valor modal praticado na região de Botucatu.

5.7.1.d Despesas administrativas

As despesas administrativas representam os gastos, pagos ou incorridos, para gestão do empreendimento rural, que não estão relacionados unicamente e exclusivamente à produção (atividade fim). Referem-se aos gastos gerais na fazenda de energia elétrica do imóvel, telefone, serviços de contador, rádio comunicador, material de consumo, computador, internet, veículo de passeio e combustível, assinatura de revistas e jornais, capacitação (viagens, hospedagem, pagamento de inscrição, etc). Tais despesas estão relacionadas somente em parte e/ou apenas indiretamente à área do presente experimento. Assim, admite-se o valor de 3% sobre o total dos custos (CONAB, 2010).

5.7.2 Custos Fixos

Cabe também salientar que, especialmente no caso da agricultura, os empresários avaliam os custos fixos para a empresa como um todo e não por atividade. As decisões de investimento na agricultura são quase sempre tomadas em função de um conjunto de atividades, não só devido à complementaridade das mesmas, mas também, pela estacionalidade da produção. Isto, diferentemente da maioria das atividades econômicas, pode levar à ociosidade do capital, se o investimento não for cuidadosamente planejado (MATSUNAGA et al., 1976).

5.7.2.a Depreciação de máquinas e implementos

O custo de depreciação é tradicionalmente considerado como custo fixo. A depreciação do maquinário é um dos aspectos essenciais para o custo de produção, pois se refere à perda de valor ou eficiência produtiva em decorrência do desgaste físico, ação da natureza ou obsolescência tecnológica (CONAB, 2010).

A parcela de depreciação, que é incluída nos gastos fixos, representa, em última análise, a constituição de um fundo de reserva para a aquisição de uma máquina nova, do mesmo tipo, potência, peso, etc. A depreciação se refere, de outra forma, à desvalorização da máquina em função do tempo, seja ela utilizada ou não. Se uma máquina for pouco utilizada durante o ano, sua depreciação ocorrerá principalmente devido à obsolescência tecnológica, e se for intensamente utilizada, a depreciação se dará devido ao desgaste físico. A diferença é que, no segundo caso, a máquina proporcionou um retorno por meio do serviço prestado (PACHECO, 2000).

Pacheco (2000) afirma ainda que, a depreciação de uma máquina, via de regra, não é conhecida com precisão enquanto ela não for vendida, pois apenas nesta ocasião, é que haverá certeza do seu valor real. Por fim, a depreciação é estimada por meio de diversos métodos, dentre os quais: método da linha reta, do saldo decrescente, da soma dos dígitos e depreciação dedutível.

Para o cálculo da depreciação de máquinas e implementos, no presente estudo de caso, utilizou-se a fórmula de depreciação linear (Equação 1). Levou-se em conta, também, o tempo de trabalho de ambos os itens do maquinário, para assim

estimar, com maior precisão, o custo gerado durante a atividade para o estudo em questão:

$$[(VN - VR)/VU_H].H_S T_R \quad (1)$$

Em que:

VN = valor do equipamento novo (R$);

VR = valor residual (10% de VN - R$);

VU_H = vida útil do equipamento (h);

$H_S T_R$ = total de horas trabalhadas pelo equipamento ($h.ha^{-1}$).

5.7.2.b Juros e seguros de máquinas e implementos

O capital utilizado na aquisição de máquinas agrícolas deve ser computado como retendo juros à semelhança daqueles que são obtidos quando este capital é aplicado em investimento alternativo. Normalmente, são juros simples e calculados sobre o capital médio investido (PACHECO, 2000).

Conab (2010) apresenta a seguinte proposição metodológica para a determinação deste componente do custo de produção de determinada atividade agrícola (Equação 2):

$$\{[((VM \,.\, QM)/2)/CAT].H_s T_R\}.J \quad (2)$$

Em que:

VM = valor do bem novo;

QM = quantidade do bem;

CAT = capacidade anual de trabalho do equipamento, definida como a razão entre a vida útil, em horas, e a vida útil, em anos, do equipamento (h);

$H_S T_R$ = total de horas trabalhadas por hectare pelo bem (h);

J = taxa de remuneração (%).

No Brasil o seguro de máquinas agrícolas não é muito comum. Este fato pode acarretar a falsa impressão de que não é necessário considerar o custo econômico deste tipo de seguro. Não se pode esquecer, ademais, que mesmo no caso do proprietário de máquinas agrícolas não repassar o custo do seguro a algura empresa

seguradora, este custo deve ser suportado pelo mesmo, uma vez que o risco de acidentes ou perdas sempre existe (PACHECO, 2000).

Assim, conforme Conab (2010), o seguro apresenta-se como uma modalidade de custo fixo, sendo estimado a partir de um percentual de 0,75% como prêmio a ser aplicado sobre o valor médio de um bem novo pela seguinte fórmula (Equação 3):

$$\{[\ \frac{VM}{2}\ .0{,}75]/VU_H\}.H_ST_R \qquad (3)$$

Em que:

VM = valor do bem novo;

VU_H = vida útil do bem (h);

H_ST_R = total de horas trabalhadas por hectare pelo bem (h).

5.7.3 Renda de fatores

5.7.3.a Remuneração esperada sobre capital fixo

Na composição do custo de produção é necessária a inclusão da remuneração do capital imobilizado pelo agricultor e o seu cálculo considera os ativos fixos, que são depreciação, juros e seguros de cada máquina e implemento, calculados sobre o valor do bem adquirido e utilizado na produção.

Entende-se que o investimento do produtor deve ser remunerado por convenção, considerando alternativamente a remuneração da caderneta de poupança, atualmente da ordem de 6%, conforme se depreende de Conab (2010). Neste sentido, para o cálculo do capital imobilizado pelo produtor, utilizou-se a seguinte fórmula (Equação 4):

$$(Dmáq + Jmáq + Smáq).J \qquad (4)$$

Em que:

Dmáq = depreciação da máquina ($R\$.h^{-1}$);

Jmáq = juros da máquina ($R\$.h^{-1}$);

Smáq = seguro da máquina ($R\$.h^{-1}$);

J = taxa de remuneração (%).

5.7.3.b A remuneração do fator terra

A terra é um dos fatores fixos de produção e para efeito de cálculo do custo, utiliza-se como referência a a taxa de remuneração da terra de 3% sobre o preço real médio de venda da terra (CONAB, 2010).

5.7.4 Critérios de determinação da viabilidade econômica

Os custos de produção são determinantes para efeitos da análise das variáveis componentes de determinado sistema de cultivo agrícola como, por exemplo, tecnologia e produtividade. Tais análises permitem a melhoria de gestão da unidade produtiva (CONAB, 2010).

Ainda, os custos de produção elaborados possibilitam a observação de determinada atividade econômica com vistas à obtenção de melhores retornos econômicos maiores, ou mesmo compatíveis com as melhores alternativas de emprego do capital (REIS, 2007).

Silva et al. (2014) salientaram que uma análise de viabilidade econômica deve considerar os diversos métodos determinísticos para a avaliação econômica de um empreendimento e, em consequência, proporcionar um melhor embasamento no processo de tomada de decisão sobre a melhor alternativa de investimento analisada em dada situação.

Os métodos de avaliação econômica utilizados neste trabalho, considerando que o tipo de pesquisa desenvolvido tem um horizonte de tempo associado a investimentos florestais de longo prazo, enquadram-se, preponderantemente, dentro do grupo de métodos nos quais se considera a variação do capital no tempo (SILVA et al., 2008),

Assim, foram utilizados os seguintes critérios econômicos: (i) Valor Presente Líquido (VPL); (ii) Valor Uniforme Líquido (VUL), e (iii) Taxa Interna de Retorno (TIR).

Foi também utilizado o método do Payback e Payback descontado (PBD), o qual se trata, em última instância, da utilização do critério econômico PB dentro de determinadas bases que considerem justamente, por intermédio do mecanismo do “desconto”, o valor do dinheiro ao longo do tempo. Este mesmo

raciocínio, em termos do cotejo das questões do curto e do longo prazos, também se aplica ao método da Relação Benefício-Custo descontada (RBC) utilizado no trabalho.

O VPL deve ser interpretado como sendo a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos (Equação 5).

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

Em que:

R_j = valor atual das receitas;

C_j = valor atual dos custos;

i = taxa de juros;

j = período em que a receita ou o custo ocorrem;

n = número máximo de períodos.

O VPL é considerado como sendo um dos critérios econômicos mais rigorosos e isentos de falhas técnicas (CONTADOR, 1988). Um determinado projeto de investimento, quando apresenta o VPL maior do que zero (valor, portanto, positivo), deve ser considerado economicamente viável.

Para efeitos da consideração das receitas e custos ao longo do tempo, dentro do contexto do referido critério econômico, foi considerada a taxa de juros de 6% ao ano (taxa de poupança).

O VPL somente pode ser utilizado, de forma correta, para análise econômica resultante de comparações entre projetos de investimento com iguais períodos de existência (vidas úteis idênticas).

O VUL é interpretado como sendo a parcela de pagamento de uma série de pagamentos uniformes. Portanto, este critério econômico expressa, em valores monetários, o quanto o projeto renderia, de forma homegênea (igualmente), a cada ano da vida útil de determinado projeto de investimento.

O VUL trata-se, em essência, de uma “adaptação” do VPL com a finalidade de permitir, a partir do que representa uma das principais vantagens deste critério econômico, a comparação, contrariamente ao caso do VPL, entre projetos de investimentos com vidas úteis diferentes.

Assim, à semelhança do VPL, quando o projeto apresentar VUL maior que zero (positivo), é economicamente viável (Equação 6).

$$VUL = VPL \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^{n-1}} \quad (6)$$

Em que:

VPL = valor presente líquido;

i = taxa de juros;

n = número máximo de períodos.

A TIR é interpretada como sendo a taxa de desconto que iguala o valor presente das receitas ao valor presente dos custos, ou seja, a TIR é a taxa de juros que, quando aplicada no critério econômico do VPL, redunda no resultado final igual a zero. Pode, também, ser entendida como a taxa percentual do retorno do capital investido do projeto de investimento em análise pelo referido critério econômico (Equação 7).

$$\sum_{j=0}^{n} R_j (1+TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^{n} C_j (1+TIR)^{-j} \quad (7)$$

Em que:

R_j = valor atual das receitas;

C_j = valor atual dos custos;

j = período em que a receita ou o custo ocorrem;

n = número máximo de períodos.

A vantagem deste critério econômico é permitir a constatação, pura, simples e direta, de que, se a TIR do projeto for maior que a taxa mínima de atratividade (TMAR), significa que o projeto é viável (SILVA et al., 2008). Este indicador reflete objetivamente, assim, a taxa de rendimento financeiro de um empreendimento em relação à conjugação de aporte de capital mais custo operacional. Portanto, representa o rendimento proporcionado pelo projeto, equivalente à máxima taxa de juros resultante da aplicação de recursos financeiros em uma atividade econômica (MENEZES et al., 2007).

Adentrando-se no conjunto de critérios econômicos classificados como pertencentes ao grupo de projetos de investimento com perspectiva do investidor, há o método do Payback (PB).

O critério econômico do PB é comumente utilizado na avaliação de investimentos, sendo o tempo necessário para que a empresa recupere seu investimento inicial, calculado com suas entradas de caixa (PEREIRA et al., 2011).

O PB refere-se ao número de períodos (anos, meses, etc.) necessários para reaver o capital inicialmente aplicado no investimento (Equação 8).

$$C_j = 0 \quad (8)$$

Em que:

C_j = valor do custo atual;

j = período em que o custo ocorre;

n = número máximo de períodos.

Geralmente, selecionam-se aqueles projetos cujo tempo de retorno é menor que do aquele minimamente exigido pelo investidor. Se houver mais de um projeto em situação de escolha, selecionam-se aqueles projetos com tempos de retorno menores possíveis, indicando em quantos anos a receita dos projetos iguala-se aos custos.

O método do PBD representa, por seu turno, o número de períodos necessários para reaver o capital inicialmente aplicado no investimento, considerando o efeito do tempo (por intermédio do desconto, mediante determinada taxa de juros, dos valores monetários ao longo dos anos).

Quando determinado projeto de investimento apresentar um valor de PBD maior que zero (positivo), ele deve ser considerado economicamente viável (Equação 9).

$$PBD_t = -1 + \sum_{j=1}^{t} (R_j - C_j) \quad 1 + i \; j \; ; 1 \leq t \leq n \quad (9)$$

Em que:

R_j = valor atual das receitas;

C_j = valor atual dos custos;

i = taxa de juros;

j = período em que a receita ou o custo ocorrem;

n = número máximo de períodos;

t = período atual.

Outro importante critério para a determinação da viabilidade econômica de projetos de investimentos é o método RBC descontada.

Este critério econômico nada mais representa que o VPL das entradas dividido pelo VPL das saídas, sendo que, se o resultado for maior que 1, significa que o projeto é viável (Equação 10).

$$RBC = \frac{\sum_{j=0}^{n} R_j \ (1+i)^j}{\sum_{j=0}^{n} C_j \ (1+i)^j} \qquad (10)$$

Em que:

R_j = valor atual das receitas;

C_j = valor atual dos custos;

i = taxa de juros;

j = período em que a receita ou o custo ocorrem;

n = número máximo de períodos.

No método da RBC, o benefício refere-se às receitas, e o custo, aos desembolsos e compensações econômicas decorrentes do uso de recursos produtivos para gerar receitas. O maior saldo positivo entre receitas e custos indica o resultado a ser adotado por expressar o melhor benefício líquido no aspecto monetário (VAZQUEZ et al., 2014).

6 RESULTADOS

6.1 Coeficientes técnicos para a estimativa do Custo Operacional Total

Os coeficientes técnicos identificados durante o desenvolvimento da pesquisa foram processados de acordo com Conab (2010) e, a partir disto, foram determinados os custos fixos e os custos variáveis para cada uma das operações florestais envolvidadas no experimento, conforme dispostos na Tabela 2.

A elaboração das matrizes de coeficientes técnicos dos respectivos sistemas de produção foi norteada, de acordo com Conab (2010) pelo conceito de custo operacional total (COT), também denominado como Custo Total de Produção (CTP).

Assim, a partir do observado em Bliska et al. (2009), o COT do sistema florestal foi estimado a partir de todos os itens de custos variáveis anteriormente apontados (despesas efetuadas com mão-de-obra, operações de máquinas e equipamentos, insumo consumido ao longo do ano), bem como, da parte dos itens do custo fixo que é representada pela depreciação dos bens duráveis associadas ao processo produtivo.

6.1.1 Parâmetros do Custo Operacional Total

Verifica-se, a partir do disposto em Bliska et al. (2009), que a metodologia do Custo Operacional Total consoante preconizada pela CONAB permitiu, conforme as condições técnicas e econômicas do sistema florestal analisado, a contabilização não somente dos parâmetros associados aos custos variáveis como,

também, das despesas com depreciações e outros custos fixos (manutenção de máquinas e seguro).

Um dos principais parâmetros associados aos custos variáveis do estudo de caso, naturalmente, é o salário.

Nesse caso, orientando-se pela metodologia da CONAB, para aquelas atividades florestais na área experimental que são realizadas com o uso de máquinas, foi calculado um valor horário para o operador que incluiu os encargos sociais específicos para diaristas.

Para as atividades florestais realizadas manualmente, por seu turno, foi utilizado o valor de R$ 6,00 por hora, conforme previamente estipulado pelo administrador da Fazenda Três Sinos.

6.1.1.a Preparo de solo

Para a determinação do custo operacional total associado aos serviços e atividades realizados na área experimental do estudo de caso, além dos parâmetros mencionados, foram feitas estimativas para uma gama de atividades consideradas desde a etapa do preparo de solo até a etapa final da colheita do experimento.

O preparo de solo é considerado como uma das práticas de manejo mais antiga em cultivos agrícolas, sendo nele largamente utilizadas ferramentas especializadas com o intuito de aumentar a produtividade de determinada cultura agrícola. Esse incremento de produtividade é resultado dos benefícios acarretados em decorrência do preparo de solo como, por exemplo, a melhoria das condições edáficas para o desenvolvimento do sistema radicular, bem como para a sobrevivência e rápido estabelecimento inicial das mudas de determinado cultivo (HAKAMADA et al., 2013).

Ainda, segundo Hakamada et al. (2013), a prática de preparo de solo, no setor florestal, alterou-se de sobremaneira nas últimas décadas. Modificou-se, de um estágio de cultivo intensivo com severas alterações na estrutura física do solo em todo o terreno, através do uso de grades pesadas, até o estágio atual do cultivo mínimo, onde o principal método de preparo de solo é a subsolagem, que, apesar de possuir inúmeras vantagens e estar amplamente difundida na atividade florestal brasileira, ainda apresenta

um número restrito de estudos que retratem suas vantagens em termos da melhoria das condições de competitividade das plantações florestais.

No presente estudo foram utilizados, na operação de preparo de solo, 3 conjuntos de trator com implementos, de acordo com os procedimentos técnicos usualmente contemplados pelos responsáveis da Fazenda Três Sinos.

Assim, para cada máquina e implemento utilizados, foi elaborada uma planilha de custo de maquinário. Após o que, os custos de todos os maquinários envolvidos nesta etapa forma sistematizados a partir da prevía classificação dos mesmos em custos variáveis (Tabela 7) e custos fixos (Tabela 8).

Tabela 7. Custos variáveis do preparo de solo, experimento Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, 2012.

Insumos e Serviços	*Unid.*	*Uso por ha*	*Custo unitário*	*Custo por ha*
PREPARO DE SOLO – R$.ha^{-1}				**388,28**
Dessecação (trator 85 CV+pulverizador)	h/máq	0,8	14,05	11,24
Herbicida (dessecante Glifosato)	L	4	17,12	68,48
Subsolagem (trator 105 CV+subsolador)	h/máq	1,7	14,21	24,15
Aplicação de calcário (trator 85 CV+distribuidor de calcário)	h/máq	0,8	14,08	11,27
Calcário	ton	3	85	255,00
Salário de trator 85 CV	h/homem	0,8	7,26	5,80
Salário de trator 105 CV	h/homem	1,7	7,26	12,34

Fonte: Autora; 2014.

Ademais, para cada conjunto de maquinário utilizado foram considerados os seguintes elementos: (i) tempo de uso, (ii) principais elementos constituintes do maquinário, e (iii) insumos utilizados em cada etapa do preparo de solo.

Da Tabela 7 depreende-se que o insumo de custo mais elevado é o calcário dolomítico, devido ao seu preço de mercado, enquanto que a operação florestal que apresentou o custo mais alto foi a subsolagem, vez que necessita-se, nesta etapa, de um trator com motor de maior potência, com consequente aumento de custo em comparação aos tratores menos potentes.

Os custos variáveis do preparo de solo do experimento em questão dependeram em grande parte, tal como preconizado por Pacheco (2000), da

quantidade de uso que se fez das máquinas e implementos, tendo sido considerados, no seu cálculo, fatores tais como, combustíveis, lubrificantes e manutenção mecânica.

Os custos fixos para o preparo do solo na área do experimento, por seu turno, podem ser observados na Tabela 8.

Os custos fixos foram considerados, de acordo com Conab (2010), como aqueles elementos que devem ser debitados, independentemente ao conjunto máquina/implemento ter sido utilizado ou não. Daí justamente o fato de serem também denominados, conforme dispõe Pacheco (2000), como "custos de propriedade".

Tabela 8. Custos fixos do preparo de solo – Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, 2012.

Serviços	*Unidade*	*Uso por ha*	*Custo unitário*	*Custo por ha*
DEPRECIAÇÃO – R$.ha^{-1}				**120,38**
Depreciação de trator 85 CV	h/máq	0,8	63,75	51,00
Depreciação de trator 105 CV	h/máq	1,7	17,12	29,10
Pulverizador	h/máq	0,8	3,80	3,04
Subsolador	h/máq	1,7	7,60	12,92
Distribuidor de calcário	h/máq	0,8	30,40	24,32
JUROS E SEGURO – R$.ha^{-1}				**164,31**
J e S de trator 85 CV	h/máq	0,8	41,98	32,13
J e S de trator 105 CV	h/máq	1,7	69,78	110,93
J e S Pulverizador	h/máq	0,8	2,37	1,81
J e S Subsolador	h/máq	1,7	9,94	15,50
J e S Distribuidor de calcário	h/máq	0,8	5,18	3,94
TOTAL – R$.ha^{-1}				**284,69**

Fonte: Autora; 2014.

Dos resultados da Tabela 8 observa-se que os gastos com juros e seguros de máquinas são maiores que os gastos com depreciação. Esta constatação pode ser imputada à cotação de juros realizada no momento do desenvolvimento do projeto.

Assim para este estudo, foi utilizada, à época, a taxa de juros de 6% (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2014). Ainda neste contexto, relativamente ao seguro de máquinas, foi utilizada a taxa de 0,75%, considerada nas condições de um bem novo (CONAB, 2010).

Com respeito aos custos fixos desta etapa de operação florestal é necessário ponderar, ademais, que a partir do momento em que um trator ou qualquer outra máquina agrícola foram adquiridos, passam a onerar seu proprietário, mesmo que

sejam mantidos inativos no galpão de máquinas. A forma de mitigar tal ônus econômico é a de utilizar o trator o maior número de horas por ano, reduzindo, o máximo possível, seu tempo ocioso (PACHECO, 2000).

6.1.1.b Formicida

Em florestas plantadas de *Pinus* sp. e de *Eucalyptus* sp., pode ocorrer o ataque de pragas florestais como, por exemplo, as formigas. Várias espécies de formigas (família *Formicidae)* apresentam ocorrência praticamente generalizada em tais plantações, especialmente na fase de pré-corte (áreas de reforma ou condução da floresta), bem como imediatamente após o plantio ou no início da condução de brotação. Com a finalidade de reduzir os prejuízos decorrentes das infestações aos povoamentos florestais, o homem tem procurado se valer das mais diversas formas de controle, desde métodos caseiros até o uso de técnicas avançadas (SOUZA et al., 2011).

A polpa cítrica, considerada uma destas formas de combate às formigas, é utilizada sob a forma de iscas comerciais, e está associada à finalidade de tornar o produto formicida mais palatável, por intermédio da polpa crítica, para este tipo determinada praga florestal (SANTOS, 2013).

Além disto, a polpa crítica aparentemente se apresenta, em razão de ser levemente ácida e ter alto conteúdo de carboidratos, nitrogênio, vitaminas e microelementos, como um substrato apropriado para o desenvolvimento de um fungo simbionte útil no combate às formigas (BOARETTO; FORTI, 1997).

O custo variável obtido para as aplicações de formicida, de acordo com Conab (2010), pode ser observado na Tabela 9.

Tabela 9. Custo de duas aplicações de formicida na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, no mês de março de 2012.

Insumos	*Unidade*	*Uso por ha*	*Custo unitário*	*Custo por ha*
APLICAÇÃO FORMICIDA – R$.ha^{-1}				**36,00**
Polpa cítrica com inseticida	Kg	8,0	1,70	27,20
Mão-de-obra	h/homem	0,8	6,00	8,80

Fonte: Autora; 2014.

À partir da Tabela 9 pode-se depreender que o custo da polpa cítrica com inseticida para uma única aplicação, fica em R$ 13,60.ha^{-1}, enquanto que o custo da mão-de-obra foi de R$ 4,40.ha^{-1}. Após 6 meses de plantio das mudas, realizou-se outra aplicação de formicida, e ainda, de acordo com a Tabela 9, resultou em um custo total de aplicações de R$ 36,00.ha^{-1}.

Carnielo et al. (2012), a título comparativo, elaboraram uma estimativa de custo para implantação silvopastoril em uma pequena propriedade, onde também foi utilizada a polpa cítrica com inseticida como formicida. Foram dispendidos na aplicação de polpa crítica e inseticida, em média, R$12,53 por hectare, enquanto para a mão-de-obra, o gasto realizado foi de R$ 16,70.ha^{-1}.

A evolução no manejo de formigas cortadeiras tem possibilitado, de toda forma, não somente a otimização na operação de controle como, também, uma redução de custos da ordem de 20 a 30 % nos primeiros anos de implantação das espécies florestais. Tal fato se deve à aplicação de formicidas apenas nas áreas necessárias, com maior controle da quantidade utilizada, bem como evitando-se desperdício (WILCKEN, 2014).

6.1.1.c Plantio

Uma correta alocação de custos de produção no presente estudo de caso é questão primordial para orientar as decisões estratégicas e operacionais por parte da Fazenda Três Sinos. Além disto, permite a identificação de resultados econômicos a partir dos quais os proprietários poderão se orientar o organizar o sistema florestal de produção adensada para fins energéticos conforme as condições da área experimental, conforme se depreende de Simões et al. (2012).

Verifica-se, a partir do disposto em Simoni (2007), e dentro do contexto da apuração dos custos de plantio do presente experimento, que uma das oportunidades que a Fazenda Três Sinos pode buscar, visando melhorar sua posição competitiva no mercado e enfrentar os fatores críticos, pode vir a ser relacionada com a utilização de mudas de clones de eucalipto com qualidades genéticas diferenciadas, aumentando a homogeneidade da floresta, com o incremento da produtividade florestal e, por fim, propiciando plantios florestais energéticos de maior valor comercial.

Até porque foi constatado que as principais melhorias na produtividade entre as espécies economicamente importantes são alcançadas por meio justamente da reprodução, seleção genética e desenvolvimento de técnicas de gestão mais eficientes (PELLIS et al., 2004).

Em sua grande maioria, plantios de culturas perenes estabelecidas a partir de sementes, mudas ou rizomas, tal como no presente caso, apresentam uma baixa produção no início do estabelecimento dos povoamentos floretais devido à relativamente baixa absorção de recursos (como água e luz). Os níveis máximos de rendimento anual de biomassa ocorrem no primeiro e quinto ano após o estabelecimento, permanecendo estáveis a partir dos 10 anos. Essas características gerais se aplicam às culturas energéticas, representadas por *Miscanthus* spp., capim-amarelo, willow e eucalipto (JING et al., 2012).

Dentro deste contexto, Silva (2005), avaliou dois clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos seis anos de idade, constatando que plantios florestais adensados podem produzir maior biomassa, mesmo em rotações mais longas, e consequentemente, maior volume de madeira.

Como qualquer plantio comercial de árvores do gênero, espécies e procedências mais adequadas, devem haver uma seleção para qualquer combinação de local com as condições climáticas. Neste sentido, vários gêneros foram avaliados no Reino Unido para a sua adequação para uso em sistemas de curta rotação, incluindo *Salix* spp., *Populus* spp., *Eucalyptus* spp., *Alnus* spp. e *Nothofagus* spp (MITCHELL et al., 1999).

Mitchell et al. (1999), assumem, ainda, que plantios de *Eucalyptus* spp. proporcionaram uma maior produção de primeira rotação de qualquer um dos gêneros testados (uma média de 18,0 $tMS.ha^{-1}.ano^{-1}$). Contudo, segundo os autores, após a primeira safra de verão as plantas foram infectadas com *Chrodrostereum* spp. (doença de folha de prata) e, posteriormente, a sobrevivência da planta caiu para 20%.

A escolha das variáveis espaçamento e adubação para fins do presente estudo se justifica porque, dentre os diversos fatores condicionantes da produção florestal, exatamente o espaçamento e a fertilização exercem papéis fundamentais no estabelecimento, condução da floresta e custos de produção, uma vez que podem influenciar a taxa de crescimento das árvores, a qualidade da madeira, a idade de corte bem como práticas de implantação, manejo e colheita (BERGER et al., 2002).

O processo de plantio (espaçamento e adubação, primordialmente) realizado neste estudo foi analisado de acordo com os tratamentos discriminados anteriormente no item 5.2.

Assim, os insumos envolvidos no plantio de acordo com distintos espaçamentos ("A", de 0,5 metro; "B", de 1 metro; "C", de 1,5 metro; "D", de 2 metros, e; "E", de 2,5 metros) podem ser observados, em termos de seus custos variáveis, na Tabela 10.

Os serviços associados à mão-de-obra necessária para os plantios conforme tais espaçamentos encontram-se, também com respeito aos custos variáveis, nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 10. Custos variáveis de mudas usadas no plantio, Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, operação realizada em abril de 2012.

Insumos	*Mudas por ha*	*Custo unitário de mudas*	*Custo por ha (R$.ha^{-1})*
MUDAS			
A1	6.666		1.200,00
A2	6.666		1.200,00
A3	6.666		1.200,00
B1	3.333		600,00
B2	3.333		600,00
B3	3.333		600,00
C1	2.222		400,00
C2	2.222	0,18	400,00
C3	2.222		400,00
D1	1.666		300,00
D2	1.666		300,00
D3	1.666		300,00
E1	1.333		240,00
E2	1.333		240,00
E3	1.333		240,00

Fonte: Autora; 2014.

Verifica-se, da Tabela 10, que as mudas produzidas em um viveiro local com a finalidade de abastecimento próprio da Fazenda Três Sinos, custam, em média, R$ 0,18 por unidade (R$ 180,00/milheiro).

Em um estudo sobre a composição de substrato usado em mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, o custo médio por milheiro de mudas foi

de R$ 211,36 (SIMÕES et al., 2012), comprovando que o valor das mudas usado neste trabalho esta condizente com a literatura.

Em razão da variação dos espaçamentos, os tratamentos apresentaram diferentes densidades de mudas. Os tratamentos de espaçamento “A” continham, assim, em torno de 6.666,67 mudas. Em outras palavras, 5 vezes mais densos que o tratamento de espaçamento do tipo “E”. Logo, em decorrência, verifica-se na tabela que quanto menor o espaçamento, maior o custo de plantio.

A Tabela 11 apresenta informações sobre a coleta da produtividade operacional para realização da atividade do plantio de mudas. Neste caso, foi fixado um tempo de 30 minutos para 3 operadores, afim de padronização de tempo, e assim, através da quantia de mudas plantadas, calculou-se o número de plantas por minuto. Assim, na página 62, segue a Tabela 11.

Tabela 11. Produtividade de mão-de-obra de cada tratamento, coletado no período de plantio na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, no mês de abril de 2012.

Área	*Operador*	*Tempo Parcial (min)*	*Número de plantas*	*Plantas/min*
A1	1	30	252	8,40
	2	30	255	8,50
	3	30	253	8,43
A2	1	30	259	8,63
	2	30	258	8,60
	3	30	251	8,37
A3	1	30	252	8,40
	2	30	255	8,50
	3	30	257	8,57
B1	1	30	220	7,33
	2	30	219	7,30
	3	30	221	7,37
B2	1	30	217	7,23
	2	30	219	7,30
	3	30	223	7,43
B3	1	30	218	7,27
	2	30	225	7,50
	3	30	224	7,47
C1	1	30	174	5,80
	2	30	177	5,90
	3	30	178	5,93
C2	1	30	179	5,97
	2	30	176	5,87
	3	30	181	6,03
C3	1	30	182	6,07
	2	30	177	5,90
	3	30	178	5,93
D1	1	30	152	5,07
	2	30	150	5,00
	3	30	159	5,30
D2	1	30	162	5,40
	2	30	157	5,23
	3	30	149	4,97
D3	1	30	155	5,17
	2	30	149	4,97
	3	30	151	5,03
E1	1	30	115	3,83
	2	30	112	3,73
	3	30	111	3,70
E2	1	30	116	3,87
	2	30	113	3,77
	3	30	110	3,67
E3	1	30	109	3,63
	2	30	114	3,80
	3	30	118	3,93

Fonte: Autora; 2014.

Os dados da Tabela 11 foram obtidos a partir da observação da atividade em si sem intervenções dos observadores. Os resultados foram determinados de acordo com uma média da participação dos trabalhadores.

Segundo Oliveira (2011), todo operador necessita de um tempo reservado para as suas necessidades pessoais durante a jornada de trabalho como, por exemplo, ir ao banheiro, tomar água, limpar os óculos, dentre outros. O autor constatou, de maneira a se mensurar este tempo, com respeito a uma jornada de trabalho, que não é viável mensurar para cada operador, visto que o percentual destas ocorrências varia entre 2% e 5% num grupo.

Depreende-se da Tabela 11 que, nos espaçamentos menores foram plantadas mudas em maior quantidade, visto que a distância a ser percorrida pelo operador é menor. Assim, a operação tem uma maior produtividade no sentido de mudas plantadas por minuto. Considerando a produtividade de mão-de-obra no plantio, foram calculados, com base em Conab (2010), os salários da mesma atividade (Tabela 12).

Tabela 12. Custos variáveis de salários pagos aos trabalhadores do plantio na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, no mês de abril de 2012.

Insumos e Serviços	*Mudas por ha*	*Produtividade trabalhador (h.ha^{-1})*	*Salário (R$.h^{-1})*	*Custo por ha (R$.ha^{-1})*
SALÁRIO				
A1	6.666	13,16		72,39
A2	6.666	13,02		71,63
A3	6.666	13,09		72,01
B1	3.333	7,58		41,68
B2	3.333	7,59		41,74
B3	3.333	7,50		41,24
C1	2.222	6,30		34,67
C2	2.222	6,22	6,0	34,21
C3	2.222	6,21		34,15
D1	1.666	5,42		29,83
D2	1.666	5,34		29,39
D3	1.666	5,49		30,23
E1	1.333	5,92		32,55
E2	1.333	5,90		32,46
E3	1.333	5,87		32,27

Fonte: Autora; 2014.

Na Tabela 12 podem ser observados os custos de salário, decrescentes, na medida em que há o aumento de espaçamento. Isso se deve ao fato de que, quanto maior o espaçamento, um menor número de mudas deve ser plantado, assim os custos seguem uma tendência decrescente, já que, com o aumento de espaçamento, o tempo de serviço do trabalhador é menor.

Na Tabela 13 é possível visualizar os custos de mudas juntamente com os custos de salário, resultando, ao final, no custo variável de plantio.

Tabela 13. Custos variáveis do plantio na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, realizado no mês de abril de 2012.

Insumos e Serviços	*Uso por ha*	*Custo de mudas (R$.ha^{-1})*	*Custo de salário (R$.ha^{-1})*	*Custo de plantio (R$.ha^{-1})*
A1	6.666	1200,00	72,39	1272,39
A2	6.666	1200,00	71,63	1271,63
A3	6.666	1200,00	72,01	1272,01
B1	3.333	600,00	41,68	641,68
B2	3.333	600,00	41,74	641,74
B3	3.333	600,00	41,24	641,24
C1	2.222	400,00	34,67	434,67
C2	2.222	400,00	34,21	434,21
C3	2.222	400,00	34,15	434,15
D1	1.666	300,00	29,83	329,83
D2	1.666	300,00	29,39	329,39
D3	1.666	300,00	30,23	330,23
E1	1.333	240,00	32,55	272,55
E2	1.333	240,00	32,46	272,46
E3	1.333	240,00	32,27	272,27

Fonte: Autora; 2014.

Na Tabela 14 observa-se, ao final, que o maior custo de plantio obtido neste estudo foi no espaçamento A, devido à alta densidade de mudas. Pode-se observar também que os valores dos custos foram descrescendo de acordo com o aumento do espaçamento.

Para o espaçamento "comercial", de 3 x 2 metros (espaçamento "D"), o custo médio foi de R$ 329,82.ha^{-1}. Porém, em um estudo de quantificação de estoque de carbono e avaliação econômica de um plantio de eucalipto, obteve para o plantio, de acordo com informações fornecidas por empresas florestais, um valor de R$ 745,40 por hectare, para o espaçamento de 3 x 2 metros (PAIXÃO et al., 2006).

Em análise econômica de produção de eucalipto no estado do Espírito Santo, Basso (2014) verificou, em termos de valores mais aproximados ao do presente estudo, o custo de plantio de R$ 226,00.ha^{-1}, no espaçamento de 3 x 2 metros.

Constatou-se, consequentemente, que a principal diferença entre os custos de plantios de situações semelhantes pode ser imputada, preponderantemente, à diferença de valores de custo das mudas.

6.1.1.d Adubação

A produção sustentável nos sítios florestais apresenta-se como um dos desafios da silvicultura. Vários fatores relacionados ao solo, ao clima e ao manejo interferem no desenvolvimento das florestas plantadas. A rápida taxa de crescimento das florestas plantadas no Brasil impõe elevada demanda sobre os recursos do solo, em especial água e nutrientes. Quando fixamos esses fatores e alteramos o manejo e oferta de nutrientes às plantas, podem ocorrer variações acentuadas no crescimento e na produtividade dessas florestas. Neste caso, é possível afirmar que os nutrientes minerais interferem direta ou indiretamente no desenvolvimento das árvores (BELLOTE et al., 2008).

A adubação de plantio tem como finalidade principal a promoção de um melhor desenvolvimento inicial das mudas, principalmente nos primeiros 6 meses pós plantio. A adubação, assim, suplementa o solo com valores adicionais de nutrientes, de modo a atender a demanda nutricional das mudas. Para a adubação de plantio é recomendada, em termos gerais, a utilização inicial de 20 a 40% das doses totais de N e K_2O, bem como de 100% da dose de P_2O_5 (GONÇALVES, 1995).

A fertilização mineral é a ferramenta comumente utilizada para modificar a qualidade do sítio e, assim, aumentar a taxa de crescimento das árvores (SETTE JÚNIOR et al., 2014). Técnicas de adubação podem ser utilizadas durante o crescimento da árvore para melhorar o seu desenvolvimento, pois a formação da madeira é altamente sensível às mudanças ambientais (BARBOSA et al., 2014).

Cerca de 60 a 80% das doses de N e K_2O e, opcionalmente, de P_2O_5, têm sido recomendadas para fertilização de cobertura. Estas doses têm sido parceladas, geralmente, entre 2 a 4 aplicações, dependendo da disponibilidade de recursos e das concepções e diretrizes técnicas adotadas para a realização das fertilizações (GONÇALVES, 1995).

As recomendações de fertilizantes minerais utilizadas referem-se sempre aos elementos nitrogênio, fósforo e potássio e, muito raramente, ao boro e zinco, sendo estes recomendados em aplicação no plantio ou em adubação de cobertura, aplicados 90 dias após o plantio (BARROS, 2012).

No processo de adubação realizado neste estudo, conforme anteriormente comentado, foi observado que, além da variação do espaçamento entre plantas, houve variação nas adubações de plantio (a dose 1 equivalente a 35 gramas, a dose 2 equivalente a 70 gramas e a dose 3, com 140 gramas).

Assim, a Tabela 14 representa os custos do formulado utilizado nos 15 tratamentos deste estudo, sendo calculados de acordo com as doses utilizadas e o custo unitário do mesmo.

Tabela 14. Custos variáveis de adubo utilizado no plantio na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, realizado no mês de maio de 2012.

Insumo	*Unidade*	*Quantia de adubo por ha*	*Custo de adubo por kg*	*Custo por ha (R$.ha^{-1})*
FORMULADO 6-30-10				
A1	kg.ha^{-1}	233,33		219,33
A2	kg.ha^{-1}	466,67		438,67
A3	kg.ha^{-1}	933,33		877,33
B1	kg.ha^{-1}	116,67		109,67
B2	kg.ha^{-1}	233,33		219,33
B3	kg.ha^{-1}	466,67		438,67
C1	kg.ha^{-1}	77,78		73,11
C2	kg.ha^{-1}	155,56	0,94	146,22
C3	kg.ha^{-1}	311,11		292,44
D1	kg.ha^{-1}	58,33		54,83
D2	kg.ha^{-1}	116,67		109,67
D3	kg.ha^{-1}	233,33		219,33
E1	kg.ha^{-1}	46,67		43,87
E2	kg.ha^{-1}	93,33		87,73
E3	kg.ha^{-1}	186,67		175,47

Fonte: Autora; 2014.

Observando a Tabela 14 verifica-se que os custos do formulado aumentam de acordo com a dose utilizada. Contudo, ao observar as variações entre os espaçamentos, conclui-se que quanto mais adensado for o espaçamento, maior o custo,

visto que é maior a quantia de mudas para se adubar. Logo, o tratamento A3 é o que obteve maior custo de insumo na adubação de plantio, com R$ 877,33.ha^{-1}, enquanto o tratamento que obteve menor custo foi o E1, com R$ 43,87.ha^{-1}.

Ainda na Tabela 13 pode-se observar que o custo do formulado 6-30-10 é de R$ 0,94.kg^{-1} ou R$ 940,00.ton^{-1}.

Esta informação trata-se de um fator muito específico para se considerar no presente estudo comparativamente a outros estudos, visto que o formulado é escolhido de acordo com o tipo de solo, clima e região dos estudos.

A mesma situação se impõe quando da consideração de um estudo de custos e rendimentos operacionais de um plantio de eucalipto, com espaçamento 3 x 3 metros, na região do bioma Cerrado. Nesta condição foi efetuada uma adubação de plantio, com dose de 20 gramas por muda, com um formulado 4-30-16, e obtendo-se um custo de adubação de R$ 15,00 por hectare, em média. De qualquer forma, como conclusão deste estudo, verificou-se que o processo de adubação foi o item mais dispendioso (SILVA et al., 2004).

Assim, assume-se que as diferenças entre doses de adubação, espaçamento de plantio e o preço de mercado do insumo são os fatores mais impactantes e responsáveis pela variação do custo (Tabela 14).

Um problema a ser enfrentado na adubação de plantios florestais é que a lógica financeira muitas vezes induz à restrição no uso deste insumo para alguns produtores. Isto porque, o acesso a esses nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta pode ser economicamente difícil, em particular para os pequenos agricultores, apesar de demandas urgentes e crescentes para a melhoria da fertilidade do solo, cujo é necessário para apoiar o aumento da produção agrícola (SCHOLZ et al., 2013).

O produtividade de mão-de-obra da adubação de plantio é demonstrado na Tabela 15. A partir desta (que se encontra na página 67) realizou-se os custos de salários dispendidos com a mão-de-obra da mesma operação, com base em Conab (2010).

Tabela 15. Produtividade de mão-de-obra coletado durante a adubação de plantio.

Área	*Operador*	*Tempo Parcial (m)*	*Número de plantas*	*Plantas/min*
A1	1	30	512	17.07
	2	30	510	17.00
	3	30	509	16.97
A2	1	30	513	17.10
	2	30	511	17.03
	3	30	510	17.00
A3	1	30	513	17.10
	2	30	514	17.13
	3	30	518	17.27
B1	1	30	486	16.20
	2	30	487	16.23
	3	30	489	16.30
B2	1	30	490	16.33
	2	30	487	16.23
	3	30	489	16.30
B3	1	30	493	16.43
	2	30	492	16.40
	3	30	495	16.50
C1	1	30	465	15.50
	2	30	463	15.43
	3	30	468	15.60
C2	1	30	469	15.63
	2	30	470	15.67
	3	30	471	15.70
C3	1	30	466	15.53
	2	30	468	15.60
	3	30	465	15.50
D1	1	30	443	14.77
	2	30	442	14.73
	3	30	440	14.67
D2	1	30	446	14.87
	2	30	443	14.77
	3	30	441	14.70
D3	1	30	439	14.63
	2	30	447	14.90
	3	30	446	14.87
E1	1	30	421	14.03
	2	30	423	14.10
	3	30	422	14.07
E2	1	30	420	14.00
	2	30	419	13.97
	3	30	425	14.17
E3	1	30	426	14.20
	2	30	429	14.30
	3	30	428	14.27

Fonte: Autora; 2014.

Na Tabela 15 depreende-se que a variação das doses de adubação do plantio não altera o serviço dos operadores. O fator que realmente altera é o espaçamento, visto que o processo de adubação nos espaçamentos mais densos rende mais do que nos espaçamentos menos densos, visto que o operador necessita percorrer maiores distâncias por planta.

A adubação durou cerca de 2 dias para ser completada, sendo um tempo médio de 3h 34' por hectare. Contudo, em Silva et al. (2004) a adubação foi realizada em 7,6 dias e o tempo médio estimado por hectare, de 4h 50'.

À partir da Tabela 15, pode-se calcular os custos de salários utilizados na mão-de-obra para a realização da adubação de plantio, e se encontram na Tabela 16.

Tabela 16. Custos variáveis de salários pagos à mão-de-obra utilizada na adubação de plantio na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, realizado no mês de maio de 2012.

Serviços	*Mudas adubadas por ha*	*Produtividade trabalhador ($h.ha^{-1}$)*	*Salário ($R\$.h^{-1}$)*	*Custo por ha*
SALÁRIO				
A1	6.666	6,53		35,93
A2	6.666	6,52		35,86
A3	6.666	6,47		35,61
B1	3.333	3,42		18,81
B2	3.333	3,41		18,76
B3	3.333	3,38		18,59
C1	2.222	2,39		13,14
C2	2.222	2,36	6,0	13,01
C3	2.222	2,38		13,11
D1	1.666	1,89		10,38
D2	1.666	1,88		10,34
D3	1.666	1,88		10,33
E1	1.333	1,58		8,69
E2	1.333	1,58		8,70
E3	1.333	1,56		8,58

Fonte: Autora; 2014.

Nota-se, na Tabela 16, que os custos do salário da mão-de-obra utilizada na adubação de plantio não variaram de acordo com a dose utilizada, mas sim de acordo com o espaçamento, visto que no espaçamento mais denso (tratamento A), obteve-

se um maior custo, e, consequentemente, no espaçamento menos denso (tratamento E), um menor custo.

Basso (2014), em análise econômica de um plantio florestal de 3 x 2 metros, verificou que o gasto com a mão-de-obra para a adubação de plantio, com duração de 10 dias, foi de R$ 112,50 por hectare. Comparativamente, conforme demonstrado na Tabela 16, a média de gasto para uma adubação de 2 dias, foi de R$ 10,35 por hectare, para o espaçamento 2,8 x 2 metros.

Assim, para a adubação de plantio, além do espaçamento entre plantas, deve-se considerar o tamanho da área a ser plantada, visto que, quanto maior a área de plantio, mais tempo levará para a conclusão da atividade, e assim, maior o custo de salário para adubação de plantio.

A recomendação para florestas de rápido crescimento, com ciclos de corte de até 10 anos, é a de parcelar, equitativamente, as adubações de cobertura, aplicando aos 3 a 6 meses, entre 6 e 12 meses e, o restante, entre 12 e 24 meses pós-plantio (BACHA; MONTEBELLO, 2010).

A melhor forma de definir a época das adubações é por meio do acompanhamento visual ou por medições dendrométricas do crescimento da floresta, o que permite caracterizar seu estágio de desenvolvimento (RAIJ et al., 1997).

Atendendo-se às recomendações de adubação para eucalipto, foram realizadas 2 adubações de cobertura, utilizando o mesmo formulado, com doses variadas, sendo que, a dose 1 refere-se à quantidade de 27,5 gramas, enquanto que a dose 2, de 55 gramas e, finalmente, a dose 3, de 110 gramas.

A primeira adubação de cobertura foi feita no mês de outubro de 2012 (6 meses após o plantio) e a segunda foi feita no mês de junho de 2013 (12 meses após o plantio).

Para fins da estimativa dos custos das atividades florestais relacionadas à adubação realizada durante o experimento, houve a divisão de custos variáveis em custos com o adubo (Tabela 17) e em salários, referentes à mão-de-obra utilizada (Tabela 20), sendo ambas as tabelas para as duas adubações de cobertura.

Tabela 17. Custos variáveis de adubo utilizado nas duas adubações de cobertura na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, realizadas em outubro de 2012 e junho de 2013.

Insumo	*Quantidade usada por ha*	*Preço por unidade*	*Custo por ha*
FORMULADO 19-00-19 com 0,7% de B e 3% de S.			
A1	366,67		344,67
A2	733,33		689,33
A3	1.466,67		1.378,67
B1	183,33		172,33
B2	366,67		344,67
B3	733,33		689,33
C1	122,22		114,89
C2	244,44	0,94	229,78
C3	488,89		459,56
D1	91,67		86,17
D2	183,33		172,33
D3	366,67		344,67
E1	73,33		68,93
E2	146,67		137,87
E3	293,33		275,73

Fonte: Autora; 2014.

Na Tabela 17 observa-se que, ocorreu o que aconteceu na adubação de plantio, onde os custos do insumo na adubação de cobertura variaram de acordo com a dose empregada, visto que, quanto maior a dose, maior o custo. Nota-se, contudo que, de acordo com o espaçamento, os custos tendem a diminuir, como no tratamento A3, que possui maior custo, sendo R$ 1.378,67.ha^{-1} e o tratamento E1 é o de menor custo, R$ 68,93 por hectare.

De toda sorte, para efeitos da determinação dos custos de salários das duas adubações de cobertura, também foi necessária a determinação do produtividade da mão-de-obra durante o processo de ambas adubações, tal como disposto nas Tabelas 18 e 19. Para tanto, foi fixado um tempo de 30 minutos para 3 operadores, e assim, através da quantia de mudas plantadas, calculou-se o número de plantas por minuto. Assim, segue a Tabela 18 na página 71.

Tabela 18. Produtividade de mão-de-obra coletada durante a primeira adubação de cobertura, realizada em abril de 2013 na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP.

Área	*Operador*	*Tempo Parcial (m)*	*Número de plantas*	*Plantas/min*
A1	1	30	698	23,27
	2	30	700	23,33
	3	30	691	23,03
A2	1	30	702	23,40
	2	30	690	23,00
	3	30	687	22,90
A3	1	30	675	22,50
	2	30	656	21,87
	3	30	667	22,23
B1	1	30	855	28,50
	2	30	840	28,00
	3	30	849	28,30
B2	1	30	825	27,50
	2	30	815	27,17
	3	30	828	27,60
B3	1	30	832	27,73
	2	30	841	28,03
	3	30	838	27,93
C1	1	30	951	31,70
	2	30	932	31,07
	3	30	943	31,43
C2	1	30	965	32,17
	2	30	971	32,37
	3	30	968	32,27
C3	1	30	977	32,57
	2	30	970	32,33
	3	30	961	32,03
D1	1	30	1.000	33,33
	2	30	1.010	33,67
	3	30	1.003	33,43
D2	1	30	1.001	33,37
	2	30	989	32,97
	3	30	1.005	33,50
D3	1	30	1.007	33,57
	2	30	999	33,30
	3	30	1.004	33,47
E1	1	30	1.120	37,33
	2	30	1.116	37,20
	3	30	1.112	37,07
E2	1	30	1.109	36,97
	2	30	1.104	36,80
	3	30	1.117	37,23
E3	1	30	1.123	37,43
	2	30	1.121	37,37
	3	30	1.118	37,27

Fonte: Autora; 2014.

Na Tabela 18, assim como na Tabela 15 (produtividade da adubação de plantio), nota-se que a variação das doses de adubação de cobertura não alteram o serviço dos operadores. Todavia, diferentemente da adubação de plantio, onde o adubo é “enterrado” nos dois lados da muda, a adubação de cobertura, como o próprio nome já sugere, é feita “ao lanço”, circundando a muda, sendo uma operação mais rápida.

Assim, para a adubação de cobertura, o espaçamento é um fator que influencia positivamente na conclusão da operação, visto que, quanto maior o espaçamento entre mudas, mais rápido aduba-se a cobertura das plantas.

Relaciona-se, na Tabela 19 (que se encontra na página 73) a produtividade dos operadores, conforme a adubação de cobertura realizada.

Tabela 19. Produtividade de mão-de-obra coletado durante a segunda adubação de cobertura, realizada em outubro de 2013 na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP.

Área	*Operador*	*Tempo Parcial (m)*	*Número de plantas*	*Plantas/min*
A1	1	30	706	23,53
	2	30	702	23,40
	3	30	698	23,27
A2	1	30	709	23,63
	2	30	711	23,70
	3	30	703	23,43
A3	1	30	698	23,27
	2	30	691	23,03
	3	30	690	23,00
B1	1	30	869	28,97
	2	30	862	28,73
	3	30	873	29,10
B2	1	30	858	28,60
	2	30	863	28,77
	3	30	865	28,83
B3	1	30	871	29,03
	2	30	874	29,13
	3	30	879	29,30
C1	1	30	968	32,27
	2	30	962	32,07
	3	30	957	31,90
C2	1	30	972	32,40
	2	30	969	32,30
	3	30	974	32,47
C3	1	30	976	32,53
	2	30	981	32,70
	3	30	975	32,50
D1	1	30	1.015	33,83
	2	30	1.013	33,77
	3	30	1.011	33,70
D2	1	30	1.010	33,67
	2	30	1.012	33,73
	3	30	1.016	33,87
D3	1	30	1.011	33,70
	2	30	1.007	33,57
	3	30	1.009	33,63
E1	1	30	1.128	37,60
	2	30	1.127	37,57
	3	30	1.131	37,70
E2	1	30	1.129	37,63
	2	30	1.135	37,83
	3	30	1.132	37,73
E3	1	30	1.125	37,50
	2	30	1.137	37,90
	3	30	1.134	37,80

Fonte: Autora; 2014.

Verificam-se, tanto na Tabela 18 quanto na Tabela 19, resultados muito semelhantes de rendimento, visto que as duas adubações de cobertura são iguais. A única diferença a época em que foram realizadas.

Assim, calculou-se na Tabela 20, baseando-se nas produtividades obtidas das duas adubações de cobertura, o custo da mão-de-obra envolvida em ambas atividades. Para tanto, relacionou-se o salário dos trabalhadores e a quantia de plantas adubadas, e assim, estimou-se o custo de mão-de-obra por hectare.

Tabela 20. Custos variáveis de salários pagos à mão-de-obra utilizada nas duas adubações de cobertura na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, realizadas em outubro de 2012 e junho de 2013.

Serviços	*Mudas adubadas por há*	*Rendimento trabalhador ($h.ha^{-1}$)*	*Salário ($R\$.h^{-1}$)*	*Custo por ha*
SALÁRIO				
A1	6.666	10		52,67
A2	6.666	10		52,92
A3	6.666	10		55,07
B1	3.333	4		21,62
B2	3.333	4		22,29
B3	3.333	4		21,91
C1	2.222	2		12,98
C2	2.222	2	6,0	12,63
C3	2.222	2		12,61
D1	1.666	2		9,13
D2	1.666	2		9,18
D3	1.666	2		9,14
E1	1.333	1		6,57
E2	1.333	1		6,61
E3	1.333	1		6,55

Fonte: Autora; 2014.

Na tabela 20 nota-se que relativamente aos custos do salário da mão-de-obra utilizada na adubação de plantio, assim como ocorreu na Tabela 16, não variaram de acordo com a dose utilizada. Variaram, sim, conforme o espaçamento. O menor espaçamento (tratamento A) redundou em maior custo. O maior espaçamento (tratamento E), no menor custo.

Na Tabela 21 é possível conferir os resultados dos custos de adubação de plantio, cobertura I e II, com seus respectivos valores de insumos e salários somados.

Tabela 21. Custos das adubações realizadas durante o experimentos na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, compreendendo os períodos de maio (plantio) e outubro (cobertura I) de 2012 e, junho (cobertura II) de 2013.

Insumos e Serviços	*Quantidade mudas por ha*	*Custo adubação de plantio ($R\$.ha^{-1}$)*	*Custo adubação de cobertura I ($R\$.ha^{-1}$)*	*Custo adubação de cobertura II ($R\$.ha^{-1}$)*
ADUBAÇÕES				
A1	6.666	255,27	198,67	198,67
A2	6.666	474,53	371,13	371,13
A3	6.666	912,94	716,87	716,87
B1	3.333	128,48	96,98	96,98
B2	3.333	238,10	183,48	183,48
B3	3.333	457,25	355,62	355,62
C1	2.222	86,25	63,93	63,93
C2	2.222	159,23	121,20	121,20
C3	2.222	305,55	236,08	236,08
D1	1.666	65,21	47,65	47,65
D2	1.666	120,01	90,76	90,76
D3	1.666	229,66	176,90	176,90
E1	1.333	52,56	37,75	37,75
E2	1.333	96,44	72,24	72,24
E3	1.333	184,04	141,14	141,14

Fonte: Autora; 2014.

Depreende-se da Tabela 21 que a dose da adubação é um fator importante para a variação dos custos, visto que, quanto maior a dose, mais dispendioso fica o processo de adubação. Ademais, a adubação de plantio apresentou doses maiores que as adubações de cobertura, ficando assim, mais custosa.

Deve-se também considerar o espaçamento. Neste sentido, verificou-se que nos espaçamentos mais densos houve um maior custo.

Assim, ao mesclar os fatores adubação e espaçamento, verifica-se que o tratamento de maior custo foi o A3, e o de menor custo, E1.

Rodigheri (1997), em termos de analogia, ao estudar a rentabilidade econômica de um plantio de eucalipto, com espaçamento 3 x 2 metros,

obteve, como custo de adubação, tanto de plantio como de cobertura, um gasto de R$ 105,00 por hectare, sendo que o preço do adubo que utilizou era de R$ 0,30.kg^{-1} e sua dose utilizada foi de 20 gramas para o plantio e 10 gramas para a cobertura.

Cordeiro (2014), por outro lado, em uma análise de custos e rendimentos de sistemas agroflorestais, observou que, para as adubações de plantio e cobertura, foram gastos cerca de R$ 284,10 por hectare, em um plantio de eucalipto com espaçamento 3 x 3 metros, com dose de 15 gramas para o plantio e 10 gramas para a cobertura.

Assim, retomando os resultados da Tabela 21, juntamente com os dados da literatura, é possível concluir que as doses de adubação e o preço do insumo influenciam muito no custo final das operações de adubação de plantio e cobertura.

Observa-se, em suma, que a adubação é um serviço significativo dentro dos custos de produção agrícolas e florestais, assumindo, dentro dos aspectos da cultura do eucalipto, importância ímpar, visto que, depois do plantio, é a operação que demanda mais tempo para sua conclusão, e consequentemente, redunda em maior gasto.

6.1.1.e Controle de plantas daninhas

Espaçamentos de plantio mais amplos e espécies florestais com copas que permitem uma maior infiltração da radiação solar favorecem a competitividade e o crescimento de espécies forrageiras, bem como a maior infestação de plantas daninhas. Assim, o controle da "matocompetição" torna-se essencial e necessário para atingir satisfatórios níveis de produção nesses sistemas (MACHADO et al., 2014).

Machado et al. (2014) afirmam que, entre os métodos de controle de plantas daninhas empregados na cultura do eucalipto, o uso de herbicidas tem sido o mais utilizado, devido à escassez de mão de obra e ao menor custo.

O glyphosate é o herbicida mais utilizado, por exercer bom controle de grande número de espécies daninhas mono e dicotiledôneas, perenes e anuais (MACHADO et al., 2014).

Neste estudo, mesmo considerando as alternativas de espaçamento mais reduzidas, e visando o controle da matocompetição nos estágios iniciais de desenvolvimento dos plantios florestais, foi realizada a aplicação de herbicida

durante o preparo de solo (já contabilizado anteriormente), bem como 9 meses após o plantio.

Na Tabela 22 encontram-se os custos variáveis, representados pelo insumo utilizado, com o respectivo preço fornecido pelo administrador da fazenda, e o salário da mão-de-obra utilizada.

Tabela 22. Custo de aplicação de herbicida na Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, no mês de janeiro de 2013.

Insumos	*Unidade*	*Uso por ha*	*Preço por unidade*	*Custo por ha*
APLICAÇÃO HERBICIDA				**64,80**
Herbicida (dessecante Glifosato)	L	4,00	15,00	60,00
Salário	h/homem	0,80	6,00	4,80

Fonte: Autora; 2014.

Na Tabela 22 verifica-se que, comparativamente com a Tabela 6, os custos salariais da mão-de-obra utilizada foram diferentes. Isto porque, no caso do preparo de solo, o herbicida foi aplicado com o conjunto trator+pulverizador. Já para a operação abordada na Tabela 22, o herbicida foi aplicado com bomba costal devido à altura das plantas.

Em um estudo de sistemas agroflorestais como alternativa para ovinocultores no sudoeste paulista, foi feita a implantação de eucalipto. Neste trabalho obteve-se, para a aplicação manual de herbicida na entrelinha, o custo de R$ 33,67 por hectare (GONZÁLEZ, 2014).

Cordeiro et al. (2014) utilizou na condução de um plantio de eucalipto com espaçamento de 3 x 3 metros, o controle de plantas daninhas com capina manual, obtendo um custo de R$ 150,00 por hectare.

Assim, fica claro que o custo do insumo utilizado influencia no custo final da operação de controle de plantas daninhas. E, da mesma forma, a mão-de-obra, quando em excesso, também pode contribuir para um maior custo final da operação.

6.1.1.f Colheita

Na década de 70 o sistema de colheita no Brasil constituía-se apenas do uso da motosserra. Apenas por volta dos anos 90 é que máquinas pesadas começaram a ser utilizadas. Hoje em dia, por fim, verificam-se três tipos principais de

sistemas de corte e de derrubada florestal: (i) motosserra; (ii) harvester, e (iii) feller buncher (WILCKEN et al., 2008).

No sistema de corte com motosserra, tal como o utilizado durante o desenvolvimento do experimento deste trabalho, alguns aspectos devem ser observados para tomada de decisões. Deve-se observar a direção da queda da árvore com atenção, para evitar acidentes, certificar se a árvore está oca, e preparar caminhos de fuga para a equipe para evitar acidentes no momento da queda da árvore (GARCIA; PEREIRA, 2010).

Os autores ainda descrevem a técnica de colheita com motosserra. O padrão de corte é a sequência de três entalhes. O primeiro é a abertura da boca com um corte horizontal no tronco no lado da queda da árvore, a uma altura aproximada de 20 cm do solo, sendo recomendado que este corte atinja 1/3 do diâmetro da árvore. O próximo passo é um corte na diagonal até que atinja a linha de corte horizontal, havendo a formação de um ângulo de 45°. O terceiro e último passo é o corte de abate de forma horizontal no lado oposto da boca; este corte deve ser feito à 30 cm do solo. A parte não cortada, chamada de dobradiça apóia a árvore durante a queda para que esta caia na direção da abertura da boca.

Estes autores afirmam que antes de ser realizada a colheita, seja realizado o levantamento do DAP (diâmetro a altura do peito) e da altura de 45 árvores de cada tratamento para posteriormente realizar o cálculo de volume de madeira em pé.

A determinação do volume sólido em povoamentos florestais é imprescindível para o gerenciamento florestal. Para quantificar esse volume executa-se um inventário florestal que consiste na medição de parte da população, isto é, de unidades amostrais ou parcelas, para depois extrapolar os resultados para a área total. Assim, visando planejar as operações florestais, têm-se estimativas da quantidade e da distribuição da madeira disponível (LEITE; ANDRADE, 2002).

Na Tabela 23, em consequência, estão relacionados os volumes médios obtidos de cada tratamento, juntamente com sua extrapolação para hectare, de acordo com metodologia citada por Jorge (2013).

Tabela 23. Volumes obtidos em cada tratamento, coletados em março de 2014, no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP.

Tratamento	*Mudas por hectare*	*Volume médio individual*	*Volume médio total ($m^3.ha^{-1}$)*
A1	6.666	0,016	104,93
A2	6.666	0,017	111,42
A3	6.666	0,018	122,16
B1	3.333	0,023	77,22
B2	3.333	0,024	80,49
B3	3.333	0,026	85,31
C1	2.222	0,030	65,70
C2	2.222	0,030	66,59
C3	2.222	0,033	73,02
D1	1.666	0,031	52,10
D2	1.666	0,035	58,92
D3	1.666	0,039	65,43
E1	1.333	0,033	43,99
E2	1.333	0,033	44,41
E3	1.333	0,036	47,63

Fonte: Autora; 2014.

Na Tabela 23 observa-se que os volumes médios individuais são crescentes, conforme se verifica o aumento de espaçamento. Trata-se de uma relação inversamente proporcional com os volumes médios totais de cada tratamento, visto que nos tratamentos mais densos, por haver mais árvores, o volume médio total é maior do que os tratamentos menos densos.

Diversos tipos de espaçamentos para eucalipto vêm sendo estudados já há vários anos. Guimarães (1956), já trabalhando com *Eucalyptus saligna*, comparou 11 combinações de espaçamentos entre plantas, desde 1 x 1 metro até 3 x 2 metros. Concluiu àquela época que há estreita correlação entre os espaçamentos e a produção volumétrica de lenha, sendo que à medida que diminui o espaçamento de plantio, aumenta a produção de lenha.

Estudos com *Eucalyptus grandis* no sul da Flórida revelaram que o volume individual de árvores foi quase o mesmo nos espaçamentos de 1,2 x 2,4 m, 2,4 x 2,4 m, 3,6 x 2,4 m e 4,8 x 2,4 metros. Entretanto, o volume total em todas as árvores foi 1,7 vezes maior no espaçamento mais denso, do que nos espaçamentos mais amplos (MESKIMEN; FRANKLIN, 1978).

Em relação ao volume médio total, Schumacher et al. (2011) levantaram as características dendrométricas de povoamentos de *Eucalyptus* spp. em pequenas propriedades rurais e estimaram um volume médio total de madeira com casca de 48,4 $m^3.ha^{-1}$ aos 2 anos, em um espaçamento de 3 x 1,5 metros. Ainda, na Tabela 23, foi obtido um valor médio de volume total para os tratamentos de espaçamento C (2,8 x 1,5 metros), alcançando o valor de 68,43 $m^3.ha^{-1}$.

Berger et al., (2002) observaram, em uma avaliação dos efeitos de diferentes espaçamentos e doses de adubação em plantas de *E. saligna* em um período que compreendeu dos três aos dez anos de idade, que o fator adubação não influenciou significativamente a maioria das variáveis por eles avaliadas. Em contrapartida, o espaçamento influenciou, de forma marcante, o crescimento em diâmetro e volume.

Os valores de volumes médios individuais obtidos nos tratamentos D e E na Tabela 23 são parecidos com valores encontrados na literatura. Isto porque, exemplificativamente, em um experimento de variação de espaçamento feito por Martins et al. (2009), foram obtidos volumes individuais médios de 0,034 m^3 para o espaçamento de 3 x 2,5 metros e 0,026 m^3 para o espaçamento de 3 x 2 metros.

Os volumes médios individuais obtidos dos quinze tratamentos, com 45 repetições cada, foram convertidos em porcentagem, e, sequencialmente, analisados estatisticamente com utilização do software Minitab 16, sendo que suas influências do espaçamento, adubação e suas interações foram avaliados por análise de variância seguida de testes de comparação de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 24).

Tabela 24. Valores médios de volumes individuais das árvores (%) com interações de espaçamento e adubação, obtidos nos tratamentos do experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, em março de 2014.

Espaçamento	*Adubação*			**Média**
	1	*2*	*3*	
2,8x0,5	15,7 Dd	16,7 Dc	18,3 Dc	**16,9 c**
2,8x1,0	21,5 Cc	28,3 BCb	29,5 BCb	**26,4 b**
2,8x1,5	16,5 Dc	30 BCb	32,9 Bb	**26,4 b**
2,8x2,0	29,5 BCb	35,4 ABa	39,3 Aa	**34,7 a**
2,8x2,5	33 ABa	30 Bb	35,7 ABa	**32,9 a**
Média	**23,3 B**	**28,1 B**	**31,1 A**	

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas linhas, não se diferem. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, nas colunas, não se diferem pelo teste Tukey ($\alpha = 0,05$).

Fonte: Autora; 2014.

Na Tabela 24 pode-se verificar que a adubação que mais contribuiu para o aumento de volume individual foi a do tipo 3 (dose de 140 gramas no plantio de formulado 6-30-10 e dose de 110 gramas na cobertura de formulado 19-00-19).

Por outro lado, os espaçamentos que obtiveram os maiores volumes individuais foram 2,8 x 2 metros e 2,8 x 2,5 metros.

Logo, em decorrência das interações entre os resultados da adubação e do espaçamento, considerando as condições experimentais do povoamento de *Eucalyptus spp*, de curta rotação para fins energéticos, no presente estudo de caso, destacam-se, em ordem de prioridade, as seguintes recomendações:

(i) Espaçamento de 2,8 x 1,5 metros com adubação do tipo 2 (dose de 70 gramas no plantio de formulado 6-30-10 e dose de 55 gramas na cobertura de formulado 19-00-19) e do tipo 3;

(ii) Espaçamento 2,8 x 2 metros com adubação do tipo 1 (dose de 35 gramas no plantio de formulado 6-30-10 e dose de 27,5 gramas na cobertura de formulado 19-00-19), tipo 2 e 3, e;

(iii) Espaçamento 2,8 x 2,5 metros com adubação do tipo 1, 2 e 3.

Ainda, verifica-se que o espaçamento tem grande influência na produtividade, pois pode ter relevância no desempenho econômico quando o sítio apresenta boa capacidade produtiva.

Em plantios de espaçamento 3 x 3 metros, Oliveira et al. (2008) observaram que o diâmetro era mais elevado, e assim, maiores volumes individuais.

Em estudo sob o efeito do espaçamento em *Pinus radiata* (D. Don) foram avaliados altura e diâmetro à altura do peito. Concluiu-se que o espaçamento teve pouco ou limitado impacto sobre o crescimento altura da árvore, mas um efeito altamente significativo sobre o crescimento de diâmetro (LIN et al., 2013).

Na silvicultura, é de grande importância o estudo do espaçamento de plantio mais adequado para cada sítio. Isto porque, o espaçamento influencia na taxa de crescimento das plantas, no aproveitamento dos recursos disponíveis no ambiente, no recobrimento do solo, no manejo do povoamento e no valor e na qualidade da matéria-prima a ser produzida, como na produção de carvão vegetal (LELES et al., 2014).

Em plantações florestais onde a madeira é empilhada após a exploração, é importante calcular o volume efetivo resultante do empilhamento da

matéria-prima florestal, de tal maneira que possibilite o controle da quantidade de madeira que está saindo de cada povoamento. Além disso, essa quantificação permite comparar as estimativas fornecidas pelo inventário florestal, em que as árvores da plantação ainda estão em pé, com o volume empilhado depois da colheita (JORGE, 2013).

Para tanto, utiliza-se a seguinte fórmula (Equação 11).

$$F_e = \frac{V_s}{V_e} \quad (11)$$

Em que:

F_e = fator de empilhamento;

V_s = volume sólido (m^3);

V_e = volume empilhado (m^{st}).

De outro modo, a administração da Fazenda Três Sinos remunera seu operador de motosserra de acordo com o metro estéreo de madeira colhida. Assim, é necessária a conversão do volume obtido em madeira em pé, que está em m^3 para m^{st}. Constatou-se que, para tanto, a fazenda utiliza um fator de conversão de 0,7.

De acordo com Vatraz e Borges (2014), outras empresas também adotam este valor para os sortimentos medidos em metro estéreo.

Por consequência, na Tabela 25, relativamente aos custos variáveis de produção florestal analisados no presente estudo de caso, apresentam-se os volumes em metro estéreo, o preço pago para o motosserrista por metro estéreo e seus respectivos custos por hectare, sendo que a mesma tabela se encontra na página 84.

Tabela 25. Custo por hectare da colheita de cada tratamento, com colheita realizada em abril de 2014, no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP.

Serviços	*Unidade*	*Volume por ha*	*Preço por unidade*	*Custo por ha*
COLHEITA				
A1	m^{st}	149,90		299,81
A2	m^{st}	159,17		318,35
A3	m^{st}	174,51		349,02
B1	m^{st}	110,31		220,62
B2	m^{st}	114,99		229,98
B3	m^{st}	121,86		243,73
C1	m^{st}	93,86		187,72
C2	m^{st}	95,13	2	190,26
C3	m^{st}	104,31		208,62
D1	m^{st}	74,43		148,86
D2	m^{st}	84,17		168,34
D3	m^{st}	93,47		186,94
E1	m^{st}	62,84		125,68
E2	m^{st}	63,44		126,88
E3	m^{st}	68,04		136,09

Fonte: Autora; 2014.

Verifica-se, pela Tabela 25, que os maiores volumes totais, de metro estéreo de madeira com casca por hectare, foram obtidos no espaçamento A, que é o mais denso.

Simões et al. (1980), ao avaliar a produção de madeira com casca em diferentes espaçamentos de *Eucalyptus* spp., obteve o maior volume produzido no tratamento de espaçamento 3 x 1,5 metros, com cerca de 417,11 m^{st}/ha com 7 anos.

Observa-se na Tabela 25, ainda, que os espaçamentos mais densos obtiveram maior volume total de madeira por hectare, mas apresentaram, consequentemente, um maior custo para sua colheita. Em sequência disto, constatou-se que os espaçamentos menos densos têm custos de colheita menores.

A colheita das culturas de curta rotação representa um custo significante na cadeia de suprimentos, chegando a até 70% e, portanto, uma colheita menos freqüente reduz o custo unitário de produção de madeira (MITCHELL et al., 1999).

Com a determinação dos custos de colheita na área experimental do presente estudo de caso finaliza-se a contabilização dos serviços envolvidos nos

tratamentos de eucalipto, mas observa-se, contudo, que não foi contabilizado itens como transporte e armazenagem.

Com relação aos custos variáveis, após a colheita, realiza-se um balanço de gastos somente com as despesas administrativas.

Segundo a metodologia da Conab (2010), para o cálculo das despesas administrativas é necessário contabilizar gastos que não estão necessariamente relacionados à produção (atividade final).

Assim, calcula-se uma taxa de 3% sobre o total gasto de insumos e serviços dos custos variáveis (Tabela 26).

A Tabela 26 apresenta, assim, o resumo de todas as operações florestais realizadas no presente estudo de caso. A partir destas operações determinam-se seus respectivos custos variáveis (compostos por todos os custos de insumos, serviços, salários e despesas administrativas de cada tratamento) e fixos de cada tratamento, separadamente.

Tabela 26. Custos variáveis e fixos (R$.ha^{-1}) por tratamento obtidos no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, em abril de 2014.

Tratamentos	*A - Custos Variáveis (R$.ha^{-1})*			*B - Custos Fixos (R$.ha^{-1})*
	Insumos e Serviços	*Salários*	*Despesas Administrativas*	
A1	2521,15	192,73	81,42	284,69
A2	3103,69	192,16	98,88	284,69
A3	4262,35	194,43	133,70	284,69
B1	1559,95	113,86	50,21	284,69
B2	1851,32	114,54	58,98	284,69
B3	2429,07	113,48	76,28	284,69
C1	1233,06	92,52	39,77	284,69
C2	1423,60	91,59	45,46	284,69
C3	1817,96	91,61	57,29	284,69
D1	1047,20	81,09	33,85	284,69
D2	1207,68	80,66	38,65	284,69
D3	1508,28	81,43	47,69	284,69
E1	935,82	79,56	30,46	284,69
E2	1049,81	79,51	33,88	284,69
E3	1284,63	79,13	40,91	284,69

Fonte: Autora; 2014.

Na Tabela 26 observa-se que os insumos e serviços variam de acordo com a dose de adubação. Assim, quanto maior a dose de adubo utilizado, maior o custo de produção. Isto endossa que a dose de abubação é um fator extremamente crucial na composição dos custos de insumos.

Mackensen e Fölster (2000) ao estudarem um manejo sustentável de nutrientes, concluíram que plantios florestais de curta rotação exigem um manejo intensivo de nutrientes. Constataram que o elevado custo do adubo influencia sobremaneira os custos de produção. Além do mais, verificaram que, por se tratar de um manejo de curta rotação, há grandes perdas de nutrientes na colheita, sendo necessárias novas estratégias de manejo, buscando a diminuição de perdas de nutrientes.

Cordeiro (2014), em uma análise de custos e rendimentos de sistemas agroflorestais, concluiu que os custos de adubação foram responsáveis por aproximadamente 82,67% dos custos totais.

Ainda com respeito à Tabela 26, pode-se verificar que os custos de salários da mão-de-obra variam de acordo com a densidade populacional dos tratamentos. Observou-se que os tratamentos de menores espaçamentos obtiveram maiores custos que os tratamentos de maiores espaçamentos, visto que, nos tratamentos de espaçamentos maiores, que no caso são o D e E, o serviço da mão-de-obra é realizado de forma mais rápida, o que redunda em um menor custo.

Na Tabela 26 observa-se, ademais, que os custos de despesas administrativas variam de acordo com a dose de adubação, visto que o cálculo para este item é feito baseado nos custos com insumos, justificando essa variação.

Verificou-se na tabela 26 que os custos fixos calculados sobre os itens de maquinário utilizados neste trabalho não variaram em função do espaçamento e da adubação, visto que todo o maquinário foi utilizado para o preparo de solo, ou seja, foram utilizados equitativamente para toda a área de estudo.

Mello et al. (1972) afirmam em suma, relativamente a povoamentos florestais de curta rotação, que a maioria das matérias-primas atualmente usadas pelas indústrias podem ser produzida de modo mais intensivo, através de ciclos de rotação curtos, que permitem diminuir o valor dos investimentos capitalizados e acompanhar mais de perto as oscilações do mercado consumidor.

Como conseqüência, a silvicultura industrial orienta-se, nos dias atuais, no sentido de trabalhar com povoamentos puros, regulares, densos, produtivos,

constituídos por espécies selecionadas e bem adaptadas ao meio, e que possam ser conduzidos em períodos de rotação curtos.

Quando da estimativa dos custos de produção, por fim, deve-se definir tal conceito em termos econômicos. O custo econômico considera, assim, tanto os custos explícitos, que se referem ao desembolso efetivamente realizado, quanto os custos implícitos, que dizem respeito àqueles para os quais não ocorrem desembolsos efetivos, como é o caso da depreciação e do custo de oportunidade de determinado fator de produção em relação a algum uso alternativo (CASTRO et al., 2009). E devido aos custos econômicos que devem ser levados em conta a renda de fatores.

6.1.2 Renda de Fatores

Segundo Reis (2007), custo de produção é a soma dos valores de todos os recursos (insumos e serviços) utilizados no processo produtivo de uma atividade agrícola, em certo período de tempo e que podem ser classificados em curto e longo prazos. Comenta, o autor, que a estimativa dos custos está ligada à gestão da tecnologia, ou seja, à alocação eficiente dos recursos produtivos e ao conhecimento dos preços destes recursos.

Na opinião de Reis (2007), no curto prazo é importante a análise econômica simplificada dos custos, ou seja, é essencial verificar se e como os recursos empregados em um processo de produção estão sendo remunerados e como a rentabilidade pode ser comparada com outras alternativas de emprego do tempo e do capital.

Contudo, segundo entendimento do autor, para efeitos da análise da rentabilidade não somente os custos de produção no curto prazo são importantes. As variáveis “receita” e “preços” são fundamentais para se verificar o lucro econômico (retornos maiores que as melhores alternativas) e o lucro normal (retornos iguais às alternativas existentes).

Em termos econômicos, a questão relativa ao curto ou longo prazo refere-se à possibilidade de variação dos fatores de produção. Considera-se curto prazo se pelo menos um dos fatores de produção não puder variar no período considerado, quando no longo prazo, todos os fatores podem variar (CASTRO et al, 2009).

Ainda, Castro et al. (2009) afirmam que, considerando o curto prazo que se define o custo total da firma. Na análise de curto prazo, o que se observa são os custos variáveis e fixos, pois o comportamento do custo total de produção, que varia com os insumos, determina o nível de produção ótima – aquela que maximiza os lucros. Desta feita, após calcular os custos operacionais totais de cada tratamento, é necessária a consideração da renda propiciada pela utilização dos fatores da produção.

Para tanto, o primeiro fator a ser calculado é a remuneração do capital imobilizado pelo agricultor. O seu cálculo refere-se ao valor dos bens adquiridos e utilizados na produção, que no caso presente, são as máquinas e implementos. Outro importante fator de produção a ser considerado na apuração dos custos de produção, conforme metodologia de Conab (2010) é a terra.

Para efeitos do cálculo do custo, segundo o referido método, estimou-se uma taxa de remuneração de 3% sobre o preço médio de venda da terra. Na situação do presente estudo de caso utilizou-se o valor de terra para reflorestamento, para a região de Botucatu. Assim, o valor da terra para reflorestamento nesta região foi de R$ 14.830,00 por hectare, segundo o índice de valor da terra nua do Instituto de Economia Agrícola (2014).

A partir deste valor somado aos custos operacionais que constam na Tabela 26, é possível obter os custos de produção total para cada tratamento, que constam na Tabela 27, página 89.

Tabela 27. Custos de produção total (R$.ha^{-1}) por tratamento, obtidos no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, em maio de 2014.

Tratamentos	*Renda de Fatores*		*Custo Operacional Total*	*Custo de Produção total*
	Remuneração Terra	*Remuneração Capital Fixo*		
A1	444,9	18,01	3.079,99	3.542,9
A2	444,9	18,01	3.679,42	4.142,3
A3	444,9	18,01	4.875,18	5.338,1
B1	444,9	18,01	2.008,72	2.471,6
B2	444,9	18,01	2.309,53	2.772,4
B3	444,9	18,01	2.903,51	3.366,4
C1	444,9	18,01	1.650,04	2.113,0
C2	444,9	18,01	1.845,34	2.308,2
C3	444,9	18,01	2.251,55	2.714,5
D1	444,9	18,01	1.446,83	1.909,7
D2	444,9	18,01	1.611,68	2.074,6
D3	444,9	18,01	1.922,09	2.385,0
E1	444,9	18,01	1.330,53	1.793,4
E2	444,9	18,01	1.447,90	1.910,8
E3	444,9	18,01	1.689,36	2.152,3

Fonte: Autora; 2014.

Na Tabela 27 depreende-se que a remuneração do fator terra não varia em função do espaçamento e da adubação, visto que é um fator calculado sobre itens que correspondem à área total utilizada no estudo de caso.

Para o cálculo do custo operacional total da Tabela 27 foi considerada a soma dos custos variáveis (combustível, manutenção, filtro e lubrificantes de máquinas, insumos, mudas e mão-de-obra) e dos custos fixos (depreciação, juros e seguro de máquinas), que se encontram na Tabela 26.

As doses de adubação, juntamente com o espaçamento, influenciam os resultados dos custos operacionais totais de cada tratamento. Tratamentos de espaçamentos mais densos com a maior dose de adubação possuem os maiores custos operacionais totais (Tabela 27).

Observa-se na Tabela 27, ainda, que o tratamento que obteve maior custo de produção foi o A3 (espaçamento 3 x 0,5 metros, adubação de plantio de 140 g e cobertura de 110 g). E, por seu turno, o tratamento de menor custo de produção foi o E1 (espaçamento 3 x 2,5 metros, adubação de plantio de 35 g e cobertura de 27,5 g).

Culturas de curta rotação, como willow e eucalipto, em condições comparativas, obtiveram os menores custos de produção em um experimento feito para avaliar os custos de culturas energéticas na Europa, devido aos baixos custos anualizados de manutenção (ERICSSON et al., 2009).

As estimativas de custos de produção têm se revestido de importância crescente na análise da eficiência da produção de determinada atividade. Ao mesmo tempo, à medida que a agricultura vem se tornando cada vez mais competitiva, o custo de produção constitui informação cada vez mais importante no processo de decisão (MARTIN et al., 1998).

6.2 Análise de geração de energia

À partir das metodologias descritas no item 5.5, foi possível realizar a quantificação energética para cada tratamento do experimento, com os resultados descritos na Tabela 28, sendo que, à partir dos volumes em metro estéreo de madeira verificou-se sua conversão para quilogramas, e assim, a sucessiva quantificação energética em megajoule por hectare de todos os tratamentos.

Tabela 28. Poder calorífico gerado em cada tratamento no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, em maio de 2014.

Tratamento	*$m^{st}.ha^{-1}$*	*Equivalência de m^{st} em kg*	*Peso total de madeira (kg)*	*Poder energético ($MJ.ha^{-1}$)*
A1	149,90		119.923,60	2.386.479,66
A2	159,17		127.339,60	2.534.058,06
A3	174,51		139.606,20	2.778.163,39
B1	110,31		88.246,17	1.762.276,03
B2	114,99		91.993,24	1.837.105,00
B3	121,86		97.491,46	1.946.904,44
C1	93,86		75.088,22	1.501.764,49
C2	95,13	800	76.103,92	1.522.078,48
C3	104,31		83.448,53	1.668.970,53
D1	74,43		59.544,22	1.189.098,16
D2	84,17		67.337,44	1.344.728,66
D3	93,47		74.774,71	1.493.250,94
E1	62,84		50.272,07	1.006.446,85
E2	63,44		50.750,23	1.016.019,67
E3	68,04		54.435,94	1.089.807,42

Fonte: Autora; 2014.

De acordo com a Tabela 28, a madeira com casca nos tratamentos do espaçamento mais adensado (2,8x0,5m) apresentou maior poder energético. Pode-se observar, também, que, com o aumento das doses de adubação, há o aumento do poder energético, sendo assim, o tratamento A3 o de maior destaque.

Ainda, nota-se que, com o crescente espaçamento, o poder calorífico diminui, sendo semelhante à verificação de Müller (2005), que constatou que a energia gerada por hectare é proporcional ao aumento de biomassa do mesmo. Já Quéno et al. (2011), ao fazerem uma comparação de geração energética por hectare entre diversos espaçamentos florestais, encontraram valores semelhantes entre os tratamentos.

Quéno et al. (2011) afirmam que o potencial energético de populações florestais pode ser expressado em calorias, joule ou Watt/h, mas define a unidade joule, megajoule e gigajoule como unidades internacionalmente conhecidas em estudos sobre a produção de biomassa para a energia e seu custo.

Para o melhor desenvolvimento da produção de madeira e seu aproveitamento energético, Brito (2007) cita alguns pontos que devem ser atendidos, tais como: i) desmistificar, retirar da marginalidade e valorizar o conceito de uso da madeira para energia; ii) agregar a lenha como produto do manejo e do uso múltiplo da floresta; iii) incentivar o plantio de florestas de rápido crescimento para atendimento energético e, iv) induzir a uma maior intensificação de uso dos resíduos florestais e industriais para fins energéticos.

6.3 Análise da viabilidade econômica

Na análise econômica de empreendimentos agropecuários, quando os custos componentes do fluxo de caixa são considerados conhecidos, como no caso do presente trabalho, o processo se torna determinístico. Essa abordagem, contudo, apesar da sua praticidade, pode conduzir a uma simplificação e/ou a uma inadequada estimativa do indicador utilizado para avaliar o desempenho econômico do projeto. Isto porque, nem sempre preços, quantidades e rendimentos, entre outros importantes dados, são conhecidos com certeza no momento da análise (BENTES-GAMA et al., 2003).

Os resultados dos custos podem ser utilizados, também, para estudos relacionados com a análise de investimentos, utilizando ferramentas de estudos

econômico-financeiros que permitem oferecer resultados da atividade como é o caso do valor presente líquido (VPL), da taxa interna de retorno (TIR) e do índice de relação de benefício e custo (SACOMAN, 2006).

A economia florestal, ao propiciar o tratamento de variáveis como custos e receitas, tem sido utilizada como base para a realização de avaliações econômicas de projetos florestais e, portanto, como ferramenta na definição da estratégia de manejo a ser empregada na implantação e manutenção de florestas (MELIDO, 2012).

Depreendeu-se do mercado florestal regional, neste sentido, o metro estéreo da madeira, em média, de R$ 55,00 (SÃO PAULO, 2008; BATISTA, 2010; FERNANDES, 2013; CARVALHO et al., 2013).

Assim, a partir deste valor foi contabilizada a renda bruta, e, por meio do custo de produção obtido anteriormente, foi calculada a renda líquida (Tabela 29).

Tabela 29. Renda líquida dos tratamentos (R$.ha^{-1}) por tratamento, obtidos no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, em maio de 2014.

Tratamento	*Árvores.ha^{-1}*	*mst.ha^{-1}*	*Renda Bruta (R$.ha^{-1})*	*Custo de produção (R$.ha^{-1})*	*Renda líquida (R$.ha^{-1})*
A1	6.666	149,90	8.244,75	3.542,90	4.701,85
A2	6.666	159,17	8.754,60	4.142,33	4.612,27
A3	6.666	174,51	9.597,93	5.338,09	4.259,84
B1	3.333	110,31	6.066,92	2.471,63	3.595,29
B2	3.333	114,99	6.324,54	2.772,44	3.552,10
B3	3.333	121,86	6.702,54	3.366,43	3.336,11
C1	2.222	93,86	5.162,32	2.112,95	3.049,36
C2	2.222	95,13	5.232,14	2.308,25	2.923,90
C3	2.222	104,31	5.737,09	2.714,46	3.022,62
D1	1.666	74,43	4.093,67	1.909,74	2.183,93
D2	1.666	84,17	4.629,45	2.074,59	2.554,86
D3	1.666	93,47	5.140,76	2.385,01	2.755,76
E1	1.333	62,84	3.456,20	1.793,44	1.662,76
E2	1.333	63,44	3.489,08	1.910,81	1.578,27
E3	1.333	68,04	3.742,47	2.152,28	1.590,19

Fonte: Autora; 2014.

Assim, na Tabela 29, a renda bruta foi obtida a partir do preço de mercado da madeira (R$ 55,00 por metro estéreo), multiplicado pelo volume em mst em cada tratamento.

Ao analisar os resultados da renda bruta de cada tratamento, percebe-se que as rendas variam progressivamente de acordo com a dose de adubação. Consequentemente, as rendas brutas vão decrescendo em relação ao aumento de espaçamento, visto que, nos maiores espaçamentos, os volumes decrescem, e, assim, a renda bruta dos tratamentos também.

A renda líquida obtida na Tabela 29 refere-se à diferença entre a renda bruta e o custo de produção, sendo que foi calculado este item para cada tratamento. Percebe-se, assim, que a renda líquida nos tratamentos A1, A2, A3, B1, B2 e B3 variam entre R$ 4.701,85.ha^{-1} e R$ 3.336,11.ha^{-1}, sendo consequência dos altos valores da renda bruta e do custo de produção de cada um, e assim, os tratamentos com maiores rendas líquidas, visto que foram influenciados, assim, pela interação de adubação e espaçamento. De qualquer jeito, todos os tratamentos obtiveram renda líquida positiva.

Na literatura, encontram-se resultados de renda líquida principalmente para plantios voltados ao espaçamento de 3 x 2 metros, chamado de "comercial".

Veiga Filho e Veiga (1994), em estudo de retorno econômico florestal, identificaram um valor de renda líquida próximo à R$ 742,81 por hectare.

Michelon e Sacoman (2007), ao estudarem a gestão econômica de atividades agropecuárias, obtiveram uma média de R$ 961,80.ha^{-1} de renda líquida.

Sangalli et al. (2014), ao estudarem a produção e geração de renda na agricultura familiar, obtiveram em um plantio de eucalipto, com o mesmo espaçamento que o estudo citado anteriormente, uma renda líquida de, em média, R$ 1.000,00.ha^{-1}.

Ao estudarem a diversos tipos de colheita de manejo tradicional para produção de biomassa na Itália, Spinelli et al. (2014), obtiveram resultados, para a produção total de eucalipto, altamente variáveis, que dependem de uma série de fatores, incluindo a eficiência operacional, recuperação de valor e rendimento da colheita. Segundo os autores, todas as operações acumularam algum lucro, variando de 1.600 a 8.600 €.ha^{-1}.

Na eucaliptocultura, em geral, o investimento inicial é elevado. O tempo de maturação é mais longo em relação às culturas anuais. Portanto, o retorno do investimento ocorre em longo prazo (OLIVEIRA et al., 2008).

Na Tabela 30 encontram-se relacionados os fluxos de caixa para cada tratamento desenvolvido no presente estudo, sendo que o período 0 (zero) se refere ao preparo de solo, implantação de mudas, aplicação de formicida e adubação de plantio, enquanto os períodos de 6º e 9º mês são relacionados a aplicação de formicida e herbicida, respectivamente, enquanto nos períodos do 12º e 18º mês são relacionados à adubação de cobertura, sendo que o último período, o 24º, ocorreu a colheita e a venda da matéria-prima em questão.

Tabela 30. Fluxo de caixa dos tratamentos (R$.ha^{-1}), obtido no experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, em junho de 2014.

			CUSTOS				*RECEITA*
Meses	*0*	*6*	*9*	*12*	*18*	*24*	*24*
Anos	*0*	*0,5*	*0,75*	*1*	*1,5*	*2*	*2*
A1	2.218,63	18,00	64,80	198,67	198,67	844,14	8.244,75
A2	2.437,14	18,00	64,80	371,13	371,13	880,14	8.754,60
A3	2.875,92	18,00	64,80	716,87	716,87	945,63	9.597,93
B1	1.461,13	18,00	64,80	96,98	96,98	733,74	6.066,92
B2	1.570,81	18,00	64,80	183,48	183,48	751,87	6.324,54
B3	1.789,47	18,00	64,80	355,62	355,62	782,92	6.702,54
C1	1.211,89	18,00	64,80	63,93	63,93	690,40	5.162,32
C2	1.284,41	18,00	64,80	121,20	121,20	698,63	5.232,14
C3	1.430,67	18,00	64,80	236,08	236,08	728,82	5.737,09
D1	1.086,02	18,00	64,80	47,65	47,65	645,62	4.093,67
D2	1.140,37	18,00	64,80	90,76	90,76	669,90	4.629,45
D3	1.250,86	18,00	64,80	176,90	176,90	697,54	5.140,76
E1	1.016,08	18,00	64,80	37,75	37,75	619,05	3.456,20
E2	1.059,87	18,00	64,80	72,24	72,24	623,67	3.489,08
E3	1.147,28	18,00	64,80	141,14	141,14	639,91	3.742,47

Fonte: Autora; 2014.

Da Tabela 30 compreende-se que, em geral, para todos os tratamentos, o investimento inicial é alto, sendo, em média, gastos no período de implantação, cerca de R$ 1.532,04.ha^{-1}.

Na fase de condução da cultura, ainda para todos os tratamentos, o custo é amenizado, sendo que os maiores gastos são nas épocas de adubações de coberturas, que neste caso, foram feitas, respectivamente com 12 e 18 meses após a implantação. Por fim, na colheita têm-se gastos elevados, mas que logo são amortizados com a venda da madeira.

Em uma avaliação econômica de dois projetos de reflorestamento de eucalipto, ambos contendo plantios de espaçamento 3 x 2 metros e corte no sétimo ano, obtiveram, para quatro alternativas de venda da madeira, custos iniciais em média de R$ 2.859,41 por hectare (CARVALHO et al., 2013).

Michelon e Sacoman (2007) demonstraram que a cultura do eucalipto foi a que obteve melhor margem bruta, líquida e operacional, e, consequentemente, a melhor opção para investimento em 16 sistemas de produção agrosilvicultural estudados no noroeste do Paraná.

A viabilidade econômica de um empreendimento florestal deve considerar, de qualquer modo, a produtividade do sítio, o custo da terra, o espaçamento de plantio e a distância dos plantios ao centro consumidor (OLIVEIRA et al., 2008).

Ademais, os empreendimentos estão atualmente priorizando aplicações em negócios que sejam recuperados em menor período. Isto possibilita, por exemplo, novas negociações para novos investimentos com outras taxas e prazos que visem expandir o negócio. Em outras palavras, novas inversões. Os ganhos do empreendimento associados a um rápido retorno ou pagamento do investimento inicial pode representar mais competitividade ao negócio, e de fato tem contribuído para o sucesso de muitos empreendimentos (PENA et al., 2011).

Com os valores das rendas brutas e líquidas, e dos custos de produção de cada tratamento, é possível realizar a análise de viabilidade, utilizando os seguintes critérios econômicos: VPL, VUL, TIR, Payback, PBD e RBC, conforme seguem os valores na Tabela 31, que se encontra na página 96.

Tabela 31. Critérios econômicos dos tratamentos do experimento da Fazenda Três Sinos, Botucatu / SP, no período de junho de 2014.

Tratamentos	*VPL (R$)*	*VUL (R$)*	*TIR (%)*	*PB (ano)*	*PBD (ano)*	*RBC*
A1	5.559,44	1.130,58	19%	1,50	2,00	2,39
A2	5.821,92	1.183,96	18%	1,50	2,00	2,19
A3	6.178,73	1.256,52	14%	1,50	2,00	1,88
B1	4.262,38	866,81	21%	1,50	2,00	2,55
B2	4.395,73	893,93	20%	1,50	2,00	2,38
B3	4.533,68	921,98	17%	1,50	2,00	2,09
C1	3.658,22	743,95	22%	1,50	2,00	2,55
C2	3.651,57	742,59	20%	1,50	2,00	2,37
C3	3.981,67	809,72	19%	1,50	2,00	2,22
D1	2.775,93	564,52	19%	1,50	2,00	2,24
D2	3.227,04	656,26	20%	1,50	2,00	2,34
D3	3.598,92	731,88	19%	1,50	2,00	2,27
E1	2.244,49	456,44	16%	1,50	2,00	2,02
E2	2.231,72	453,85	15%	1,50	2,00	1,92
E3	2.383,35	484,68	14%	1,50	2,00	1,83

Fonte: Autora; 2014.

Da Tabela 31 visualiza-se, inicialmente, que todos os tratamentos são economicamente viáveis ou rentáveis. Tanto VPL quanto o VUL resultaram em valores positivos. A TIR apresentou taxas maiores que a taxa de juros utilizada no presente estudo de caso (qual seja, a taxa de poupança de 6% a.a.). O PB indicou, relativamente a todos os tratamentos que, após um ano e meio, os recursos monetários investidos retornam ao empresário. O PBD indicou que o retorno dos recursos monetários investidos ocorrerá, um pouco distintamente do constatado no método PB, após 2 anos da implantação do projeto, visto que este método leva em conta o juros utilizado. Por fim, a RBC de todos os tratamentos resultou em índices maiores que 1, significando que, além dos tratamentos serem viáveis, todos são rentáveis, com lucros, praticamente, dobrados.

Verifica-se na Tabela 31 que, de acordo com o critério do VPL, o tratamento A3 obteve maior lucro, com R$ 6.178,73.ha^{-1}. Este mesmo tratamento se destacou pelo critério do VUL, retornando ao empresário valores de R$ 1.256,52.ha^{-1} durante todo o processo produtivo.

O valor uniforme líquido (VUL) das plantações de curta rotação é utilizado como uma base para a margem bruta comumente usada em economia agrícola (MITCHELL et al., 1999) e com ele é possível uma melhor análise do lucro líquido.

Com respeito ao critério TIR, conforme observações da Tabela 31, o tratamento que se destacou foi o C1, com uma taxa de 21%.

Já os métodos de PB e PBD resultaram em valores muito aproximados para todos os tratamentos. Conclui-se que, o período de retorno do investimento para todos os tratamentos será com um ano e meio ou dois anos, se contabilizar a ação do tempo no dinheiro investido, ou seja, os juros.

Pereira et al. (2011) afirmam que o método PB possibilita a determinação do tempo necessário para que o dispêndio de capital (valor do investimento) seja recuperado por meio dos benefícios incrementais líquidos de caixa (fluxos de caixa) promovidos pelo investimento.

Na Tabela 31, em derradeiro, o critério RBC indica dois tratamentos que mais se destacam, sendo o B1 e o C1, com um índice de 2,55 sendo que poderá render, pelo menos, o dobro do dinheiro investido.

Assim, a partir dos critérios econômicos utilizados no presente estudo de caso, foi possível observar quais tratamentos que obtiveram os maiores resultados.

Ainda, em consequência da sistemática utilizada para fins do processamento dos custos de produção juntamente com a renda auferida do volume de madeira obtido para cada tratamento, verificou-se que os tratamentos de maior espaçamento possuem menor custo de produção, e, consequentemente, menor volume de madeira, que resulta em uma viabilidade baixa ao se comparar com tratamentos de espaçamentos menores. Logo, neste estudo, os tratamentos com melhores desempenhos econômicos foram o A3, o B1 e o C1.

Na literatura é possível conferir experimentos semelhantes ao presente estudo de caso. No entanto, os valores diferem muito, visto que deve-se levar em conta os insumos, principalmente o adubo. Este custo variável, todavia, têm uma ampla variação em termos de quantidade, assim como, fórmula e a marca utilizada. Além disso, considerando os diferentes espaçamentos utilizados, o valor das mudas afeta expressivamente os resultados econômicos finais do presente estudo de caso.

Neste sentido, Guimarães (1956), trabalhando com *Eucalyptus saligna*, comparou 11 combinações de espaçamentos entre plantas, desde 1,0 x 1,0m até 3,0 x 2,0m. Constatou o autor que não é aconselhável a adoção de espaçamentos menores

que 2,0 x 2,0m, sendo que o espaçamento que forneceu maior lucro líquido foi 3,0 x 1,5 metros e o espaçamento que apresentou maior renda do capital foi 3,0 x 2,5m.

Por outro lado, em um sistema agroflorestal como alternativa econômica em pequenas propriedades rurais, foi estabelecido um plantio de *Eucalyptus citriodora* e outro de *Eucalyptus camaldulensis*, ambos no espaçamento de 4 x 4 metros, com corte no sétimo ano de plantação. Em ambos os casos obteve-se, como resultado econômico final, um VPL de R$ 445,00/ha (SANTOS; PAIVA, 2002).

Guerra-Bugueño et al. (2014) realizaram 4 tipos de plantios de eucalipto (3 x 3 metros; 3 x 2,5 metros; 3 x 2 metros; e 3 x 1,5 metros). Depois de 10 anos avaliaram os plantios economicamente. Todos os tratamentos resultaram em viabilidade positiva, sendo que o maior valor de VPL foi relativo ao último tratamento, o mais adensado, com, R$ 1.425,60.ha^{-1}, enquanto a maior TIR referiu-se ao primeiro tratamento, com 10,8%.

Por fim na tabela 31 verifica-se que os tratamentos D1, D2 e D3, que possuem espaçamentos "comerciais", obtiveram resultados médios de VPL de R$ 3.200,63.ha^{-1}, TIR médio de 19 % e RBC médio de 2,29.

Em uma avaliação econômica de eucalipto para produção de celulose, foram avaliados um tratamento mecanizado e um manual, ambos com espaçamento de 3 x 2 metros. Tanto para o cenário mecanizado quanto para o manual, observou-se que o VPL foi positivo, indicando viabilidade, e o baixo risco do projeto, visto que a TIR apresentou-se superior à taxa de desconto (GONZÁLEZ, 2014).

Baena (2005), por seu turno, ao calcular a rentabilidade econômica de um plantio florestal de espaçamento 3 x 2 metros, com o intuito do manejo para produzir madeira para celulose e chapas de fibra, apresentou uma TIR de 18,88 % ao ano e VPL de R$1.085,94 por hectare.

Finalmente, Fernandes (2013), ao estudar a rentabilidade e risco da produção de eucalipto para energia em Minas Gerais, obteve, para uma plantação de espaçamento 3 x 2 metros, um VPL de R$ 2.208,52 por hectare, TIR de 14,37% e um índice benefício/custo de 1,24.

7 CONCLUSÕES

A metodologia da Conab (2010) demonstrou ser eficiente e adequada para o fim de se determinar e analisar a estrutura de custos de produção de um povoamento florestal adensado para fins energéticos e podem inclusive ser aplicada às várias culturas agrícolas e florestais.

Estatisticamente, a dose de adubo que mais contribuiu no volume individual de madeira, foi o tipo 3 (dose de 140 gramas no plantio de formulado 6-30-10 e dose de 110 gramas na cobertura de formulado 19-00-19). Por outro lado, ainda estatisticamente, o espaçamento que propiciou o maior volume individual florestal foram os tipos 2,8 x 2 metros (D) e 2,8 x 2,5 metros (E).

Verificou-se que o tratamento associado ao espaçamento de 2,8 x 0,5 metros, com a adubação do tipo 3, com 140 grs de 6-30-10 no plantio e 110 grs de 19-00-19, ou seja, o A3, foi o mais dispendioso em termos de custos de produção, sendo que o tratamento de menor custo foi o E1 (espaçamento 2,5 x 3m, adubação de plantio de 35 g e cobertura de 27,5 g).

Quanto a renda líquida, no que concerne à interação das variáveis espaçamento e adubação, constatou-se que os tratamentos que se destacaram foram, em ordem decrescente: A1, A2, A3, B1, B2 e B3.

Em relação à geração de energia, os tratamentos que mais se destacaram foram aqueles de menor espaçamento e maior dose de adubo, destacando-se então os tratamentos, em ordem decrescente A3, A2, A1, B3, B2 e B1.

Dentro deste mesmo contexto, em termos do critério econômico do VUL, os tratamentos mais rentáveis foram A3, A2 e A1. Por seu turno, em termos de TIR, os melhores tratamentos foram C1 e B1, assim como pelo RBC, os tratamentos C1 e B1 também se destacaram.

Por fim, os tratamentos que obtiveram melhores resultados econômicos estão associados ao fato de que no maior espaçamento há menor custo de produção, e, consequentemente, menor volume de madeira, resultando em baixa viabilidade em comparação a tratamentos de espaçamentos menores, demonstrando a importância do espaçamento e adubação para a produtividade e viabilidade.

Ainda, conclui-se que este trabalho é uma análise econômica condicionada aos fatores pré determinados, adequada em embasamento teórico, podendo auxiliar empreendedores a refletirem sobre tomadas de decisões de manejo florestal de povoamentos de eucalipto de curta rotação, voltados para a questão econômica-energética.

Portanto, recomenda-se a continuidade dos estudos e pesquisas com a finalidade de se também investigar outros parâmetros e variáveis, que não espaçamento e adubação, tais como exploração, carregamento e transporte florestal.

8 REFERÊNCIAS

ABRAF. **Anuário estatístico da Abraf 2013**: ano Base 2012. Brasília, DF: Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2013. 148 p.

AMATO, F. Alta na conta de luz por uso de térmicas só vem em 2015, diz governo. **G1 Economia**, Brasília, 13 mar. 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/noticia/2014/03/tesouro-fara-novo-aporte-de-r-4-bilhoes-para-bancar-termicas.html>. Acesso em: 07 abr. 2014.

ARVIZU, D. et al. Technical Summary. In: EDENHOFER, O. et al. (Org.). **IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. cap. 1.

ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL. Brasília, DF: ANEEL, 2002. 153 p.

BACHA, C. J. C.; MONTEBELLO, A. E. S. **Metodologia da coleta dos preços de produtos florestais in natura e semi-processados e negociados no Estado de São Paulo**. Piracicaba: Cepea, 2010. 7 p.

BAENA, E. S. A rentabilidade econômica da cultura do eucalipto e sua contribuição ao agronegócio brasileiro. **Conhecimento Interativo**, São José dos Pinhais, v. 1, n. 1, p.3-9, 2005.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2013 – Ano base 2012: Relatório síntese. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2013. 55 p.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Remuneração dos depósitos de poupança. **BCB**, Brasília. Disponível em: < http://www4.bcb.gov.br/pec/poupanca/poupanca.asp>. Acesso em: 28 ago. 2014.

BARBOSA, B. M.; COLODETTE, J. L.; CABRAL, C. P. T.; GOMES, F. J. B.; SILVA, V. L. Efeito da fertilização na qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 29-39, 2014.

BARREIRO, S.; TOMÉ, M. Analysis of the Impact of the Use of Eucalyptus Biomass for Energy on Wood Availability for Eucalyptus Forest in Portugal: a Simulation Study. **Ecology and Society**, Canada, v. 17, n. 2, art. 14, 2012.

BARROS, N. F. **Nutrição e adubação florestal.** Curso apresentado na Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: UFV, 2012.

BASSO, M. **Análise econômica da produção de eucalipto do Programa Produtor Florestal no estado do Espírito Santo.** 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

BATISTA, A. F. **Carvão, cotação em Minas Gerais.** Piracicaba: Casa do Produtor Rural, 2010. 3 p.

BEESP. **Balanço Energético do Estado de São Paulo 2013**: ano base 2012. São Paulo: Secretaria de Energia, 2012. 270 p.

BELJAN, K.; FLISZAR, I.; POSAVEC, S.; ZELIC, J. Implementation of cost calculation model in forest evaluation of Pozega Forest Administration. **Croatian Journal of Forest Engineering**, Zagreb, v. 32, n. 1, p. 457-465, 2011.

BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A.; SILVA, H. D. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantio de *Eucalyptus* com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 56, p. 31-41, 2008.

BENTES-GAMA, M. M. **Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais em Machadinho D'Oeste, Rondônia**. 2003. 112 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

BERGER, R.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HASELEIN, C. R. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BINGER, B. R.; HOFFMAN, E. **Microeconomics with calculus.** 2 ed. New York: Addison-Wesley Educational Publishers Inc., 1998. 633 p.

BLISKA, F.M.M.; VEGRO, C.L.R.; AFONSO JÚNIOR, P.C.; MOURÃO, E.A.B.; CARDOSO, C.H.S. Custos de produção de café nas principais regiões produtoras do Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 9, p.1-20, 2009.

BOARETTO, M.A. C.; FORTI, L.C. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 31-46, 1997.

BRAND, M. A. **Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem.** 2007. 151 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

BRASIL. Lei nº 5.889, de 8 de junho de 1973. Estatui normas reguladoras do trabalho rural. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 jun. 1973. p. 5585. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5889.htm>. Acesso em: 09 abr. 2014.

BRASIL. Lei nº 6.019, de 3 de janeiro de 1974. Dispõe sobre o trabalho temporário de empresas urbanas. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 jun. 1973. p. 5585. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6019.htm>. Acesso em: 10 dez. 2014.

BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõem sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 abr. 2002. p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.htm>. Acesso em: 20 fev. 2014.

BRASIL. Ministério de minas e energia. **Plano nacional de energia 2030**. Brasília, DF: MME; EPE, 2007. 324 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano decenal de expansão de energia 2021.** Brasília, DF: MME;EPE, 2012. 386 p.

BRESSAN, F. O método do estudo de caso. **Administração online**, São Paulo, v. 1, n. 1, 2000.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 1, n. 59, p. 185-193, 2007

BROWN, M. C. **Hacking Google Maps and Google Earth**. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc, 2006.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. (Org.). **Cadeia produtiva de madeira.** Brasília, DF: MAPA, 2007. 84 p.

CAMPOMAR, M.C. Do uso de "estudo de caso" em pesquisas para dissertações e teses em administração. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 95-97, 1991.

CAMPOS, B. P. F.; BINOTI, D. H. B.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; BINOTI, M. L. M. S. Conversão de árvores em multiprodutos da madeira utilizando programação inteira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p. 881-887, 2013.

CANTO, J. L. **Colheita mecanizada de biomassa florestal para energia.** 2009. 139 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)–Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2009.

CARNIELO, M.L.; RAPASSI, R.M.A.; SILVA JUNIOR, C.D.; OUROS, C. C.; CAMERRO, L.Z.; BARROS, L. B. Estimativa do custo de implantação do sistema silvipastoril em pequena propriedade rural no município de Jales (SP), 2012. In: **Anais**... vol 6. Ilha Solteira: VI Encontro de Ciências da Vida, 2012, p. 1-4.

CARVALHO, L. G. C.; COELHO, H. B.; ARAÚJO, L. C.; MATUDA, J. J.; LEITE, A. M. P. Avaliação econômica de dois projetos de reflorestamento de eucalipto para quatro alternativas de venda da madeira, 2013. In: **Anais**... 2 ed. Campinas: 3 Encontro Brasileiro de Silvicultura, 2013, p. 97-99.

CASTRO, A. F. N. M. **Efeito da idade e de materiais genéticos de Eucalyptus sp. na madeira e carvão vegetal.** 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2011.

CASTRO, E. R. et al. Teoria dos Custos. In: SANTOS, M. L. et al. (Org.). **Microeconomia Aplicada**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2009. cap. 2

CHUM, H. The importance of clean products and processes from alternative feedstocks. **Clean Products and Processes**, New York, v.2, p. 127-128, 2000.

CHUM, H. et al. Bioenergy. In: EDENHOFER, O. et al. (Org.). **IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. cap. 2.

CLASEN, C.; KNOKE, T. Site conditions have an impact on compensation payments for the loss of tree species in mixed forests. **Forestry**, Oxford, v. 86, p. 533-542, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Custos de produção agrícola**: a metodologia da Conab. Brasília, DF, 2010. 60 p.

CORDEIRO, S. A.; SILVA, M. L.; OLIVEIRA NETO, S. N.; OLIVEIRA, T. M.; NERY, K. C. M. S. Análise de custos e rendimentos de sistemas agroflorestais na Zona da Mata (MG). **Revista Agroambiental**, Pouso Alegre, v. 6, n. 2, p. 59-70, 2014.

COUTO, L.; NICHOLAS, I.; WRIGHT, L. **Short rotation eucalypt plantations for energy in Brazil**. Göteborg: International Energy Agency Bioenergy, 2011. 16 p. (Task 43).

DUERR, W. A. **Fundamentos da Economia Florestal.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1960. 751 p.

ERICSSON, K.; ROSENQUIST, H.; NILSSON, L. J. Energy crop production costs in the EU. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v. 33, p. 1577-1586, 2009.

FERNANDES, L. M. Estudo da rentabilidade e risco da produção de eucalipto para energia em Minas Gerais. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 43, n. 6, p.26-34, 2013.

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

FIGUEIREDO, R. S. Sistemas de apuração de custos. In: BATALHA, M. O. (Org.). **Gestão agroindustrial**. São Paulo: Atlas, 2009. v. 1, cap. 7.

FOLMANN, W. T.; MIRANDA, G. M.; DIAS, A. N.; MORO, F. C.; FERNANDEZ, M. L. Q. Viabilidade de projetos florestais em três regimes de manejo na mesorregião centro-oriental do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 1, p. 153-160, 2014.

FRISCHTAK, C. R. Vantagens Comparativas, Inovação e Economia Verde. In: FÓRUM NACIONAL, 2011. **Background papers**... Rio de Janeiro: BNDES, 2011.

GARCIA, E. A. **Qualidade da madeira de eucalipto em função do espaçamento, da adubação e da idade conduzida no sistema de curta rotação.** 2013. 84 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)–Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

GARCIA, J.N.; PEREIRA, M. G. **O Eucalipto e a pequena propriedade rural.** Piracicaba: Casa do produtor rural, 2010. 59 p

GENTIL, L. V. **202 Perguntas e respostas sobre Biocombustíveis.** Brasília: SENAC, 2011. 324 p.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p.7-20, 2007.

GONÇALVES, J.L.M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.

GONZÁLEZ-GARCIA, S.; MOREIRA, M. T.; FEIJOO, G. Environmental aspects of eucalyptus based ethanol production and use. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 438, p. 1-8, 2012.

GONZÁLEZ, L. R. **Análise econômica de sistemas agroflorestais como alternativa para ovinocultores no sudoeste paulista.** 2014. 145 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2014.

GONZALEZ, R. et al. Exploring the potential of Eucalyptus for energy production in the Southern United States: financial analysis of delivered biomass – Part I. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 35, p. 755-766. 2011.

GRAÇA, L. R.; RODIGHERI, H. R.; CONTO, A. J. **Custos florestais de produção**: conceituação e aplicação. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 32 p.

GUERRA-BUGUEÑO, E.; CÉLIS-MOSQUEIRA, F.; MORENO-GARCÍA, N. Efecto de la densidad de plantación en la rentabilidad de plantaciones de *Eucalyptus globulus*. **Revista Chapingo**, Texcoco de Mora, v. 20, n. 1, 21-31, 2014.

GUERRA, S. P. S.; LANÇAS, K. P.; GARCIA, E. A.; SPINELLI, R. Eucalipto adensado: manejo para florestas energéticas. In: LEMOS, E. G M.; STRADIOTTO, N. R. (Org.). **Bioenergia: desenvolvimento, pesquisa e inovação**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012. cap. 6.

GUIMARÃES, R. F. Ensaio de espaçamento em *Eucalyptus saligna* Sm. para produção de lenha. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal,** Rio Claro, v. 6, n. 9, p. 144-172, 1956.

HAKAMADA, R.E.; LEMOS, C.; SILVA, R.M.; WANDERLEY, C. Efeito do método de preparo de solo na produtividade de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em neossolo quartzarênico e latossolo. **Revista Instituto Florestal**, v. 25, n. 2, p. 139-149, 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTÍCA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. XIX-XX, 2013.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Valor da Terra Nua. **IEA**, São Paulo. Disponível em: < http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/precor.aspx?cod_tipo=1&cod_sis=8>. Acesso em: 28 ago. 2014.

IPCC: Summary for Policymakers. In: EDENHOFER, O. et al. (Org.). **IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. SPM.

JING, Q.; CONIJN, S. J. G.; JONGSCHAAP, R. E. E.; BINDRABAN, P. S. Modeling the productivity of energy crops in different agro-ecological environments. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v. 46, p. 618-633, 2012.

JORGE, L. A. B. **Dendrometria**. Botucatu: Departamento de Ciência Florestal, FCA – UNESP, 2013.

KENGEN, S. Forest valuation for decision making: lessons of experience and proposals for improvement. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Rome, feb. 1997. 165 p.

KHANNA, M.; DHUNGANA, B.; CLIFTON-BROWN, J. Costs of producing miscanthus and switchgrass for bioenergy in Illinois. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v. 32, p. 482-493, 2008.

KNAPIC, S.; PIRRALHO, M.; LOUZADA, J. L.; PEREIRA, H. Early assessment of density features for 19 *Eucalyptus* species using X-ray microdensitometry in a perspective of potential biomass production. **Wood Science and Technology**, Heidelberg, v. 48, n. 1, p. 37-49, 2014.

KOÇAR, G.; CIVAS, N. An overview of biofuels from energy crops: current status and future prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 28, p. 900-916, 2013.

KUYAH, S.; DIETZ, J.; MUTHURI, C.; NOORDWIJK, M.; NEUFELDT, H. Allometry and partitioning of above- and below-ground biomass in farmed eucalyptus species dominant in Western Kenyan agricultural landscapes. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 55, p. 276-284, 2013.

LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, p. 321-328, 2002.

LELES, P. S. S.; MACHADO, T. F. F.; ALONSO, J. M.; ANDRADE, A. M.; SILVA, L. L. Crescimento e Biomassa de *Melia azedarach* L. em diferentes espaçamentos e características tecnológicas da madeira visando à produção de carvão. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 214-223, 2014.

LIN, Y.; YANG, H.; IVKOVIC, M.; GAPARE, W. J.; MATHESON, A. C. Effect of genotype by spacing interaction on radiata pine genetic parameters for height and diameter growth. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 304, p. 204-211, 2013.

LOPES, G. de A. **Uso energético de resíduos madeireiros em um pólo de produção de cerâmicas vermelhas do Estado de São Paulo.** 2012. 100 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais/Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2012.

MACHADO, M. S.; FERREIRA, L. R.; OLIVEIRA NETO, S. N.; FERREIRA, G. L.; FONTES, D. R.; MACHADO, A. F. L. Métodos de controle de plantas daninhas e desrama precoce no crescimento do eucalipto em sistema silvipastoril. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p. 133-140, 2014.

MACKENSEN, J.; FÖLSTER, H. Cost-analysis for a sustainable nutrient management of fast growing-tree plantations in East-Kalimantan, Indonesia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 131, p. 239-253, 2000.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários – CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 1, p.7-28, 1998.

MARTINS, G.A. Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisas no Brasil. **Revista de Contabilidade e Organizações**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 2, p. 8-18, 2008.

MARTINS, R. J.; SEIXAS, F.; STAPE, J. L. Avaliação técnica e econômica de um harvester trabalhando em diferentes condições de espaçamento e arranjo de plantio em povoamento de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 83, p. 253-263, 2009.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA.

Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MCKENNEY, D. W.; WEERSINK, A.; ALLEN, D.; YEMSHANOV, D.; BOYLAND, M. Enhancing the adoption of short rotation woody crops for bioenergy production. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v. 64, p. 363-366, 2014.

MELIDO, R. C. N. **Avaliação técnica e econômica de dois projetos florestais com eucalipto para fins energéticos.** 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MELLO, H. A.; COELHO, A. S. R.; CIERO NETTO, A.; SIMÕES, J. W.; BERGER, R.; COUTO, H. T. Z. A influência da espécie do espaçamento e da idade no custo de produção da madeira industrial. **IPEF**, Piracicaba, n. 5, p. 17-28, 1972.

MENEGATTI, A. L. A. **Custos de produção para soja convencional e transgênica a luz das metodologias utilizadas pelos órgãos públicos no Brasil e nos Estados Unidos: um estudo para o estado do Mato Grosso do Sul.** 2006. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006.

MENEZES, A. H.; PINHEIRO, J. C. V.; LIMA, H. J. M. Rentabilidade mínima do tomate de mesa orgânico e sua competitividade em relação ao tomate convencional – Serra da Ibiapaba, Ceará, 2007. In: **Anais**... Londrina: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2007, p. 1-15.

MESKIMEN, O.; FRANKLIN, E. C. Spacing Eucalyptus grandis in Southern Florida: a question of merchantable versus total volume. **Southern Journal of Applied Forestry**, Washington, v. 2, n. 1, p. 3-5, 1978.

MICHELON, E.; SACOMAN, A. Gestão econômica das atividades agropecuárias: custo de produção, análises de sensibilidade e de investimento, 2007. In: **Anais**... 10 ed. França:

X Congreso Transatlántico de Contabilidade, Auditoría, Control de gestión, Gestión de costos y Mundialización, 2007, p. 01-19.

MITCHELL, C. P.; STEVENS, E. A.; WATTERS, M. P. Short-rotation forestry – operations, productivity and costs based on experience gained in the UK. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 121, p. 123-136, 1999.

MOLA-YUDEGO, B.; DIMITRIOU, I.; GONZALEZ-GARCIA, S.; GRITTEN, D.; ARONSSON, P. A conceptual framework for the introduction of energy crops. **Renewable Energy**, Oxford, v. 72, p. 29-38, 2014.

MOREIRA, J. M. Potencial e participação das florestas na matriz energética. **Brazilian Journal of Forestry Research**, Colombo, v. 31, n. 68, 2011.

MÜLLER, M. D. **Produção de madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Itamarandiba, MG.** 2005. 109 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

MUNDO NETO, M. **Transformações na indústria sucroalcooleira brasileira no início do século XXI: das famílias aos acionistas.** 2012. 226 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

MUNSELL, J. F.; FOX, T. R. An analysis of the feasibility for increasing woody biomass production from pine plantations in the southern United States. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 34, p. 1631-1642, 2010.

NOGUEIRA, E. Análise de investimentos. In: BATALHA, M. O. (Org.). **Gestão agroindustrial**. São Paulo: Atlas, 2009. v. 2, cap. 4.

NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações** (2. Ed.). 199p. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

OLIVEIRA, V. P. **Curso de estudo de tempo e métodos**. Apostila: 2011.

OLIVEIRA, A. D.; FERREIRA, T. C.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; REZENDE, J. L. P. Avaliação econômica de plantios de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 82-91, 2008.

OLIVEIRA, A. J.; RAMALHO, J. (Org.). **Plano nacional de agroenergia**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.

OLSON, S. N.; RITTER, K.; MEDLEY, J.; WILSON, T.; ROONEY, W. L.; MULLET, J. E. Energy sorghum hybrids: functional dynamics of high nitrogen use efficiency. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v. 56, p. 307-316, 2013.

OSAKI, M. **Gestão financeira e econômica da propriedade rural com multiproduto.** 2012. 253 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

PACHECO, E.P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21 p.

PAIXÃO, F. A.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. Quantificação do estoque de carbon e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 411-420, 2006.

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.

PENA, H. W. A; HOMMA, A. K. O; SILVA, F. L. Análise de viabilidade econômica: um estudo aplicado a estrutura de custo da cultura do dendê no estado do Pará. **Revista OIDLES**, Málaga, v. 5, n. 11, 2011.

PEREIRA, T.; RANGEL, R.; RODRIGUES, A.; AZEVEDO, R.; PENA, H. W. A. Análise de viabilidade econômica de uma plantação de eucalipto no Pará – Amazônia – Brasil. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, n. 159, p. 1-18, 2011.

PICCHIO, R.; SIRNA, A.; SPERANDIO, G.; SPINA, R.; VERANI, S. Mechanized harvesting of eucalypt coppice for biomass production using high mechanization level. **Croatian Journal of Forest Engineering**, Zagreb, v. 33, n. 1, p. 15-24, 2012.

PILLAI, P. K. C.; PANDALAI, R. C.; DHAMODARAN, T. K.; SANKARAN, K. V. Wood density and heartwood proportion in Eucalyptus trees from intensively-managed short rotation plantations in Kerala, India. **Journal of Tropical Forest Science**, Selangor Darul Ehsan, v. 25, n. 2, p.220-227, 2013.

PONTE, J. P. Estudos de caso em educação matemática. **Bolema**, Rio Claro, v. 25, p. 105-132, 2006.

QUÉNO, L. M. R.; SOUZA, A. N.; ÂNGELO, H.; VALE, A. T.; MARTINS, I. S. Custo de produção das biomassas de eucalipto e capim-elefante para energia. **Revista Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p.417-426, jul./set. 2011.

QUIRINO, W. F. et al. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. **Revista da Madeira**, São Paulo, n.89, p.100-106, 2005.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Boletim 100:** recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1997. 285 p.

RÁMIZ, A. A. Os custos. In: **Enciclopédia prática de economia: questões da teoria econômica.** São Paulo: Nova Cultural, 1988.

RAPASSI, R. M. A.; TARSITANO, M. A. A.; PEREIRA, J. C. R.; ARAUJO, C. A. M. Cultura do eucalipto na região de Suzanópolis, estado de São Paulo: análise econômica. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 4, 2008.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada.** 2 ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2007. 95 p.

RIBAS, L. C. **Estratégia econômica da reforma de povoamentos florestais de *Pinus* spp.** 1989. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

RIBAS, L. C. **Metodologia para avaliação de danos ambientais: o caso florestal.** 1996. 244 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

RODE, R.; LEITE, H. G.; SILVA, M. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; BINOTI, D. H. B. The economics and optimal management regimes of eucalyptus plantations: a case study of forestry outgrower schemes in Brazil. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 44, p. 26-33, 2014.

RODIGHERI, H. R. **Rentabilidade econômica comparativa entre plantios florestais e sistemas agroflorestais com erva-mate, eucalipto e pinus e as culturas do feijão, milho, soja e trigo.** Colombo: Embrapa Florestas, 1997. 32 p.

RUBILAR, R. A.; ALLEN, H. L.; ALVAREZ, J. S.; ALBAUGH, T. J.; FOX, T. R.; STAPE, J. L. Silvicultural manipulation and site effect on above and belowground biomass equations for young *Pinus radiata*. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 34, p. 1825-1837, 2010.

SACOMAN, A. **Gestão econômica das atividades agropecuárias: custo de produção, análise de sensibilidade e de investimento**. 2006. Trabalho acadêmico - Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, 2006.

SANGALLI, A. R.; SCHLINDWEIN, M. M.; CAMILO, L. R. Produção e geração de renda na agricultura familiar: um diagnóstico do assentamento rural Lagoa Grande em

Dourados, Mato Grosso do Sul. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 180-192, 2014.

SANTOS, J.C. **Toxicidade de extratos vegetais e suas frações para *Atta sexdens* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Formicidae) e seu fungo simbionte *Leucoagaricus gongylophorus* (Moller) Singer (Agaricales: Agaricaceae).** Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2013.

SANTOS, M. J. C.; PAIVA, S. N. Os sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedade rurais: estudo de caso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 135-141, 2002.

SANTOS, P. H. A.; SOUZA, A. P.; MARZANO, F. L. C.; MINETTE, L. J. Produtividade e custos de extração de madeira de eucalipto com clambunk skidder. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 3, p. 511-518, 2013.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Energia. **Plano Paulista de Energia 2020.** São Paulo: Conselho Estadual de Política Energética, 2012. 210 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Florestar Estatístico.** São Paulo: Fundo de Desenvolvimento Florestal, 2008. v. 11, n. 20, 134 p.

SCHOLZ, R. W.; ULRICH, A. E.; EILITTÄ, M.; ROY, A. Sustainable use of phosphorus: a finite resource. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 461, p. 799-803, 2013.

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; CALIL, F. N. Biomassa em povoamentos de Eucalyptus spp de pequenas propriedades rurais em Vera Cruz, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, p. 17-22, 2011.

SEARLE, S. Y.; MALINS, C. Will energy crop yields meet expectations? **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v. 65, p. 3-12, 2014.

SEIXAS, F. Compactação do solo devido à mecanização florestal. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n.163, p.1-10, 1988.

SETTE JÚNIOR, C. R.; DEUS JUNIOR, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; PÁDUA, F. A.; CALIL, F. N.; LACLAU, J. P. Alterações na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação mineral. **Revista Cerne**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 251-258, 2014.

SILVA, C. R. **Efeito do espaçamento e arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones de Eucalyptus na região nordeste do Estado de São Paulo**. 2005. 50 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais - Silvicultura e Manejo Florestal). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2005.

SILVA, D. A. L; CARDOSO, E. A. C.; VARANDA, L. D.; CHRISTOFORO, A. L.; MALINOVSKI, R. A. Análise de viabilidade econômica de três sistemas produtivos de carvão vegetal por diferentes métodos. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 38, n. 1, p. 185-193, 2014.

SILVA, K. R.; MINETTI, L. J.; FIEDLER, N. C.; VENTUROLI, F.; MACHADO, E. G. B.; SOUZA, A. P. Custos e rendimentos operacionais de um plantio de eucalipto em região de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 361-366, 2004.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal.** Viçosa, MG: UFV, 2008. 178 p.

SILVESTRE, R. et al. Equações volumétricas em povoamentos de *Pinus taeda* L. no município de Lages-SC. **Nativa**, Sinop, v. 2, n. 1, p. 1-5, 2014.

SIMÕES, J. W.; COELHO, A. S. R.; MELLO, H. A.; COUTO, H. T. Z. Crescimento e produção de madeira de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, n. 20, p. 77-97, 1980.

SIMÕES, D.; SILVA, R.B.G.; SILVA, M.R. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 91-100, 2012.

SIQUEIRA, J. D. P. A atividade florestal como um dos instrumentos de desenvolvimento do Brasil. In: 6º Congresso Florestal Brasileiro, 1990. **Anais**...vol I. Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Silvicultura, Sociedade Brasileira dos Engenheiros Florestais, 1990. p. 15-18.

SOARES, C.P.B.; DE PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e inventário florestal.** Viçosa, MG: UFV, 2012. 272 p. 2 ed.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e Números do Brasil Florestal.** São Paulo, dez. 2008. 93 p.

SOUZA, M.D.; PERES FILHO, O.; DORVAL, A. Efeito de extratos naturais de folhas vegetais em *Leucoagaricus gongylophorus* (Möller) Singer, (Agaricales: Agaricaceae). **Ambiência**, Guarapuava, v. 7, n. 3, p. 461-471, 2011.

SOUZA FILHO, H. M.; BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, J. M. F. J.; VINHOLIS, M. M. B. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 223-255, 2011.

SPINELLI, R.; EBONE, A.; GIANELLA, M. Biomass production from traditional coppice management in northern Italy. **Biomass and Bioenergy**, v. 62, p. 68-73, 2014.

STAPE, J. L. et al. The Brazil eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1684-1694, 2010.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; CARVALHO, C. M.; VEIGA, R. A. A. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium* em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 83-88, 2000.

VASCONCELOS, M. A. S.; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

VATRAZ, S.; BORGES, F. Q. Procedimentos de controle do volume de madeira estimado e colhido em um plantio de *Pinus spp.* no Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 445-453, 2014.

VAZQUEZ, G. H.; PERES, A. R.; TARSITANO, M. A. A. Redução na população de plantas de soja e o retorno econômico na produção de grãos. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, n. 2, p. 108-117, 2014.

VENTURA, M.M. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SOCERJ**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007.

VEIGA FILHO, A. A.; VEIGA, J. E. R. Comparação dos retornos econômicos entre produção periódica e programada de eucalipto em regime de talhadia simples. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 71-84, 1994.

WANG, S. Forest economics in an increasingly urbanized society: The next frontier. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 35, p. 45-49, 2013.

WILCKEN, C.F. Manejo integrado de pragas em florestas de eucalipto, 2014. **Anais**...vol III. Campinas: 3 Encontro Brasileiro de Silvicultura, 2014. p. 189-194.

WILCKEN,C.F.; LIMA, A.C.V.; DIAS, T.K.R.; MASSON, M.V.; FERREIRA FILHO, P.J.; POGETTO, M.H.F.A. **Guia prático de manejo de plantações de eucalipto.** Botucatu: FEPAF, 2008. 25 p.

ZANETTI, R.; ZANUNCIO, J. C.; SANTOS, J. C.; SILVA, W. L. P.; RIBEIRO, G. T.; LEMES, P. G. An overview of integrated management of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in brazilian forest plantations. **Forests**, Basel, v. 5, p. 439-454, 2014.