

ESTUDO DE PRÉ-VIABILIDADE

Custo de Produção da Madeira de Eucalipto



SUMÁRIO EXECUTIVO

PREAMBULO

O presente relatório faz parte de um trabalho em três fases, que visa a determinar o potencial da geração de eletricidade no Brasil a partir de madeira de eucalipto, a madeira sendo oriunda de plantios comerciais ou em reservas legais sendo recompostas.

- A primeira fase avalia a disponibilidade de áreas para a implantação de plantios, considerando critérios técnicos (por exemplo, a proximidade de linhas de transmissão ou distribuição e a disponibilidade de água) e socio-ambientais (por exemplo exclusão de reservas ambientais ou indígenas). Ela também define mesorregiões de plantio potencial que apresentam homogeneidade em função do bioma, da existência ou não de polo de florestas plantadas, condições e custos de silvicultura, preços e disponibilidade de terras, e classifica estas regiões em função destes critérios.
- A segunda fase avalia os aspectos econômicos da produção de madeira de eucalipto por fins energéticos ou para as indústrias de processo, que são: (i) o custo de investimento (ii) o custo de produção e (iii) o preço alvo de venda posto na indústria para conseguir a rentabilidade desejada pelos investidores. Consolida estes aspectos com aspectos agrários (disponibilidade de terras e facilidade de regulação documental), socioambientais (aceitação social, facilidade de licenciamento ambiental, presença de pastagens degradadas, condições hídricas favoráveis), e florestais (produtividade, existência de mercado florestal ativo e facilidade da logística), considerados na fase 1 para definir uma atratividade global da produção de madeira de eucalipto. Nesta consolidação, o valor da terra usado na Fase 1 não aparece explicitamente, pois está embutido como um dos parâmetros que define o custo de produção da madeira.
- A terceira fase avalia os aspectos econômicos da produção de eletricidade a partir de madeira de eucalipto considerando os custos de madeira calculados na Fase 2, portes de termelétricas de 5 a 150 MW e diferentes tecnologias. Consolida estes aspectos com aspectos agrários, sociais ambientais e florestais para definir uma atratividade global de geração de eletricidade com eucalipto. Nesta consolidação, os parâmetros de disponibilidade de terras usados nas fases 1 e 2 são refinados em função das necessidades de terras específicas para cada combinação de tipo de projeto florestal x potência de termelétrica.

METODOLOGIA DA FASE 2

O custo de investimento, custo de produção sem e com custo de capital, e o preço alvo de venda – definido como o preço posto na indústria com casca necessário para conseguir a rentabilidade desejada pelos investidores foram calculados:

- Para as 11 mesorregiões definidas na Fase 1 (Figura 1). Este nível de granularidade foi estabelecido a fim de atender os requisitos da proposta, considerando a alta dispersão de produtividades florestais – o principal fator de custo - entre talhões próximos numa região, e o fato que as áreas com as melhores condições edafoclimáticas geralmente tendem a ser as mais caras - o que traz os custos de produção de todas áreas para a média..

Figura 1. Abrangência das mesorregiões



Fonte: Relatório da Fase 1

- Para dois grandes tipos de projeto florestal (Tabela 1):
 - plantio comercial com possibilidade de rebrota
 - recomposição de reserva legal com conjunto de plantios de eucalipto e árvores nativas
- Por diferença entre as declarações de resultados do exercício e os fluxos de caixa entre o projeto florestal e uma situação de referência (Tabela 2). A situação de referência corresponde a um uso ou manejo alternativo da mesma área. Na hora de escolher uma alternativa de uso/manejo, o dono de terras considera entre outros critérios as diferenças de custos e de rentabilidade.

Para cada projeto florestal, foram introduzidas várias situações de referência potenciais, uma das quais tende a ser a mais provável. Por exemplo:

- se o desenvolvedor do projeto florestal considera plantios comerciais sobre terras também adequadas para criação de gado, a referência a mais provável é o arrendamento efetivo das terras para pastagem, ou seja, o modelo financeiro do projeto florestal deve provavelmente incluir um gasto igual ao custo de aluguel das terras como pastagem. Porém, por alguma razão, o desenvolvedor pode não querer ter gado nas terras e neste caso, a referência é de não ter um custo de oportunidade ligado às terras.- se o projeto florestal for implantado em reservas legais, o desenvolvedor teria como alternativas uma regeneração sem monitoramento ambiental (o caso o mais frequente hoje), uma regeneração com monitoramento ambiental (o caso mínimo conforme a lei) ou uma regeneração ativa com replantio com mudas nativas.

Considerou-se que o dono do projeto florestal paga com capital próprio todos os custos de preparação do projeto florestal, silviculturais e de manejo da floresta (e os custos de uso da terra, conforme a situação de referência), cujo total até a primeira colheita entra na definição do custo de investimento.

Para qualquer operação internalizada usando uma máquina, o custo de compra não entrou no modelo financeiro como um valor inicial, mas como um *leasing*, ou seja:

- Para silvicultura: custo de uso por hectare;
- Para colheita ou transporte: custo por hora e depois custo por m³ de madeira.

Tabela 1. Definição dos tipos de projeto florestal

Modalidade	Definição	Manejo potencial	Número de mudas por hectare plantado
Plantio comercial com possibilidade de rebrota	Todas as áreas plantáveis, fora as reservas ambientais, são plantadas com 100% de eucalipto. A rebrota - se tiver mais de uma rotação por ciclo - é manejada para manter a melhor produtividade possível (padrão mais comum) ou não é manejada, para reduzir os custos de investimento.	1 a 10 ciclos 1 a 4 rotações por ciclo Sem desbaste antes do corte raso Todas as rotações com prazo idêntico, podendo ser de 5, 6, 7, 8, 9 ou 10 anos.	100% de mudas de eucalipto em mercados florestais maduros e de fronteira, conforme as melhores práticas silviculturais atualmente em uso para a produção de madeira de eucalipto de processo. Em regiões incipientes de Cerrado e Amazônia, estimativa por analogia com o MAPITO.
Recomposição de RL com conjunto de plantios de eucalipto e	A reserva legal é totalmente plantada com 25% ou 50% de mudas de eucalipto e 75% ou 50% de mudas de árvores	Somente 1 ciclo com 1 a 4 rotações. Sem desbaste ¹ antes do corte raso.	Número total de mudas (de nativas e eucalipto) por hectare idêntico ao regime de plantio comercial com o uso

¹ O desbaste é um corte intermediário de parte das árvores antes do corte raso. Com o desbaste, o volume total de madeira colhido é menor do que em regime de corte raso simples, mas como as árvores que ficam até o corte raso atingem um

árvores nativas	nativas e usa-se o maior grau possível de mecanização.	Todas as rotações com prazo idêntico, podendo ser de 5, 6, 7, 8, 9 ou 10 anos.	do manejo de rebrota. Isto permite maximizar a produção de madeira de eucalipto.
-----------------	--------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

Tabela 2. Situações de referência para os projetos florestais

Projeto florestal	Situação de referência	Descrição
Plantio comercial com possibilidade de rebrota	Terra sem valorização	Não entra nenhum valor em relação ao uso da terra no modelo financeiro – pouco utilizado
	Custo de terra a valor de mercado	A terra usada para o empreendimento florestal recebe um arrendamento anual conforme valor do mercado – isto precifica o custo da terra
Recomposição de RL – 50% de eucalipto OU Recomposição de RL – 25% de eucalipto	Área sem acompanhamento	A reserva legal não tem eucalipto, não está ativamente manejada nem monitorada. Não tem nenhum custo envolvido.
	Regeneração natural com monitoramento	A reserva legal não tem qualquer tipo de plantio, e a terra não tem custo de uso, mas existem custos indiretos.
	Área recuperada com 100% de árvores nativas	A reserva legal é plantada somente com árvores nativas; o número de mudas por hectare é 50% do número total de mudas no caso da recomposição por parte com eucalipto. As operações silviculturais são manuais. Os custos indiretos são iguais aos de recomposição de RL com 25% ou 50% de eucalipto. A terra não tem custo de oportunidade sobre o uso.

PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DO ESTUDO

O estudo apresenta as seguintes limitações metodológicas:

- Os dados são baseados em bancos de dados, dados secundários e entrevistas, sem levantamento de campo.
- As curvas de crescimento e propriedades físicas da madeira são baseadas somente na espécie de eucalipto *E. Urograndis*.
- O manejo considerou somente um corte raso, com 5 a 10 anos de idade, sem possibilidade de expandir a idade ou executar um desbaste intermediário.
- A única fonte de recursos para o investimento é capital próprio, ou seja, não foi considerado financiamento por dívida nem subsídios. Estima-se que o

diâmetro maior, em função do mercado, o preço de venda de parte das toras e a rentabilidade podem ser maiores. Porém, o consumo de toras grossas de eucalipto é baixo globalmente no Brasil em relação a pinus e estagnante, de tal forma que o regime sem desbaste é o mais adequado para o estudo.

financiamento pelo BNDES de 50% da silvicultura com taxas de juros comparáveis às taxas para o financiamento de termelétricas a biomassa permitiria uma redução do preço alvo de venda da madeira de ao máximo 10% do preço alvo da madeira em pé e poderia até levar a um leve aumento deste preço.

- O modelo não contempla o capital de giro e também não considera o impacto da inflação nos custos ou nas receitas. Esta abordagem é o padrão o mais comum para analisar projetos florestais. A não incorporação do capital de giro conduz a superestimar a rentabilidade (de menos de 0.1% em termos absolutos) do projeto. A não consideração da inflação não tem nenhum impacto na rentabilidade quando o regime de deduções é Cumulativo, a venda de madeira não produz nenhum pagamento de ICMS e o regime de impostos de renda é de Lucro Real, o que corresponde à grande maioria dos projetos florestais, na prática (receitas anuais de menos de 76 milhões R\$ e vendas no mesmo Estado). Nos outros casos, a premissa do modelo conduz a superestimar a rentabilidade do projeto, de até 0.5% em termos absolutos.

Existe um alto grau de incerteza em relação às condições efetivas, custos de silvicultura e produtividade dos plantios de eucalipto em reserva legal, o que gera também uma incerteza expressiva sobre o ganho econômico de plantar eucalipto juntamente com árvores nativas, em relação a recompor a reserva somente com árvores nativas.

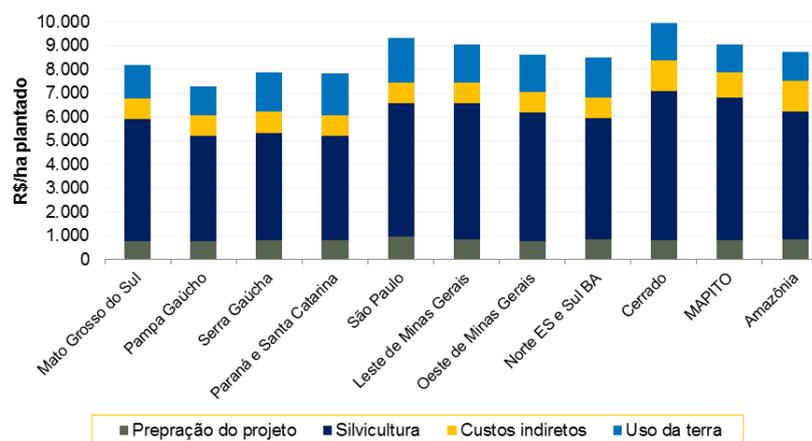
Existem também incertezas para o plantio comercial em relação às (i) curvas de crescimento de eucalipto além dos 7 anos e (ii) perdas de produtividade nas rotações seguintes à 2ª rotação com manejo ativo de rebrota e a partir da 1ª rotação sem manejo ativo. Porém, estes dados correspondem a manejos pouco praticados hoje.

PLANTIOS COMERCIAIS CONVENCIONAIS²

O custo de investimento - que inclui todos os gastos em silvicultura, custos de gestão e arrendamento da terra do início de preparação do projeto florestal até a primeira colheita - é relativamente homogêneo entre mesorregiões. Ele varia de R\$ 7.300 por hectare no Pampa Gaúcho a R\$ 9.900 por hectare no Cerrado (Figura 2).

² Projeto padrão de 10 mil hectares plantado com uma estrutura gerencial de fundo ou empresa florestal, e incorporando o custo de uso da terra. São 2 rotações de 7 anos por ciclo com um manejo de rebrota e um prazo de produção de 25 anos.

Figura 2. Sensibilidade do custo de investimento à mesorregião para um plantio comercial

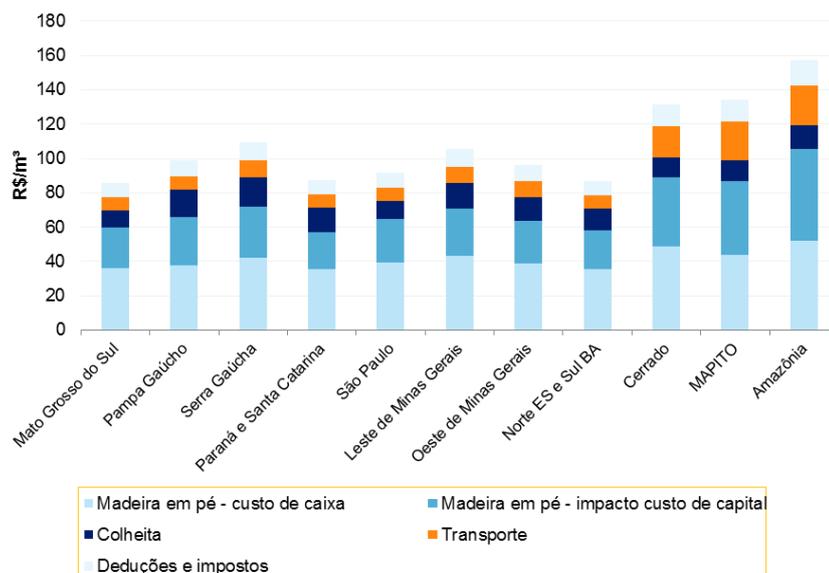


Em relação ao preço alvo de venda, definem-se três classes de mesorregiões (Figura 3):

- Mato Grosso do Sul, o Norte ES + BA, Paraná + Santa Catarina, e São Paulo, com mercado florestal maduro e altas produtividades florestais: de R\$ 86 a 92/m³.
- As duas mesorregiões de Minas Gerais e as duas mesorregiões do Rio Grande do Sul, com produtividades médias a baixas, mas custos silviculturais equivalentemente médios a baixos: de R\$ 96 a 109 /m³.
- CERRADO, MAPITO e Amazônia, com mercado florestal incipiente ou fronteira, baixas produtividades e altos custos silviculturais: de R\$ 132 a 157/m³.

Nota-se que este ranqueamento difere daquele da Fase 1 por ter uma visão econômica mais ampla. Assim, a região MAPITO estava considerada favorável na fase 1 por ter custos de terras alta, mas cai em atratividade quando considera-se o custo de produção da madeira.

Figura 3. Sensibilidade do valor da madeira à mesorregião para um plantio comercial



A maioria das mesorregiões tem uma nota neutra (Tabela 3). Somente o Mato Grosso do Sul aparece globalmente atraente, graças à boa atratividade nos aspectos agrários, socioambientais e florestais, e uma nota neutra em relação aos aspectos econômicos. A Serra Gaúcha e o MAPITO são as duas mesorregiões destacadas como as menos atraentes, por terem notas baixas em relação a dois dos quatro critérios, no mínimo. O ranqueamento do Mato Grosso e da Serra Gaúcha é consistente com a Fase 1 deste projeto, porém o MAPITO tinha sido considerado como uma das regiões prioritárias. Isto é porque a análise econômica da Fase 1 focava no preço das terras, enquanto a Fase 2 analisa o custo global de produção da madeira, onde o preço de terra tem um papel relativamente limitado em relação a outros critérios, tais quais a produtividade florestal, o prêmio de risco pedido por investidores, e os custos silviculturais.

Tabela 3. Nota global em função dos critérios qualitativos e econômicos para o plantio comercial convencional nas diferentes mesorregiões

Mesorregião	Aspectos				Total
	Agrários	Socio-ambientais	Florestais	Econômicos	
Mato Grosso do Sul	●	●	●	●	●
Pampa Gaúcho	●	●	●	●	●
Serra Gaúcha	●	●	●	●	●
Paraná e Santa Catarina	●	●	●	●	●
São Paulo	●	●	●	●	●
Leste de Minas Gerais	●	●	●	●	●
Oeste de Minas Gerais	●	●	●	●	●
Norte ES e Sul BA	●	●	●	●	●
Cerrado	●	●	●	●	●
MAPITO	●	●	●	●	●
Amazônia	●	●	●	●	●

PLANTIOS DE EUCALIPTO EM RESERVA LEGAL SE A SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA FOR A REGENERAÇÃO NATURAL

A incerteza em relação aos custos e produtividades florestais efetivos é alta, porém pode ser concluído que este cenário é pouco atraente porque os custos de investimento são

altos, entre R\$ 8 e 15 mil, e o preço alvo de venda da madeira é também sempre acima de R\$ 240 /m³. As razões são:

- A baixa produtividade por hectare, considerando:
 - a quantidade reduzida de árvores de eucalipto por hectare
 - a competição com as árvores nativas
 - a dificuldade de adequar as práticas silviculturais as mais apropriadas
- A dificuldade de mecanizar a silvicultura em áreas de relevo mais acentuado.
- O custo alto das mudas de árvores nativas (até R\$ 2,00 por muda, contra R\$ 0,50 por muda de eucalipto), o que se traduz por custos silviculturais altos.

PLANTIOS DE EUCALIPTO EM RESERVA LEGAL SE A REFERÊNCIA FOR A RECOMPOSIÇÃO COM 100% DE ÁRVORES NATIVAS³

A incerteza em relação às produtividades florestais é a mesma do que no cenário anterior e a incerteza em relação aos custos silviculturais é maior, pois se considera agora a diferença entre duas práticas silviculturais, ambas sendo pouco consolidadas, e com a premissa chave que:

- Em média, as operações silviculturais de recomposição com 50% de eucalipto em mesorregiões planas poderão ser parcialmente mecanizadas, enquanto serão 100% manuais em outras mesorregiões, e;
- As operações silviculturais de recomposição com 100% de árvores nativas serão 100% manuais.

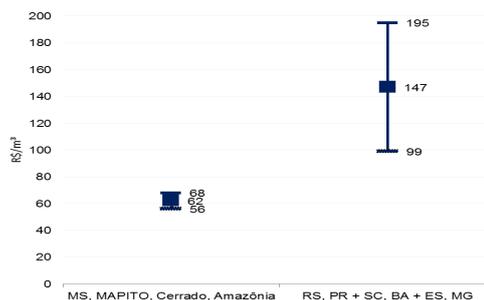
Neste caso, o custo total das operações de silvicultura durante os sete primeiros anos é projetado menor para a recomposição com 50% de eucalipto do que para a recomposição com 100% de árvores nativas nas regiões planas do Mato Grosso do Sul, do MAPITO, do Cerrado e da Amazônia. O preço alvo da madeira projetado é de R\$ 56 a 67 /m³, ou seja menor do que para plantios comerciais. Assim, pode ser concluído que o plantio de eucalipto em reserva legal é economicamente eficaz para subsidiar a recomposição de reserva legal. Entre as regiões com relevo favorável, os valores são homogêneos graças à superfície plana.

Nas outras mesorregiões cujo relevo é de tipo suave ondulado ou ondulado, o custo projetado da silvicultura durante os sete primeiros anos é maior para a recomposição com 50% de eucalipto do que para a recomposição com 100% de árvores nativas. O preço alvo da madeira projetado é alto, acima de R\$ 99/m³ em todos os casos, e também acima do preço alvo para madeira de plantio comercial convencional. Assim, o plantio de eucalipto em reserva legal não permite subsidiar a recomposição de reserva legal.

Entre as regiões com relevo mais desfavorável, existe também uma grande dispersão de valores (Figura 4).

³ Projeto padrão de mil hectares de reserva legal com uma estrutura gerencial de fundo ou empresa florestal. São duas rotações de 7 anos por ciclo com um manejo de rebrota e um prazo de produção de 13 anos.

Figura 4. Sensibilidade do valor da madeira à mesorregião para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas



Este cenário, onde o eucalipto subsidia a recomposição, é atraente no Cerrado que combina alta disponibilidade de terras, bons critérios socioambientais e atratividade econômica (Tabela 4). A atratividade econômica é neutra na maioria das regiões, porém com notas entre 3,3 e 3,0 em São Paulo, Amazônia, MAPITO e Oeste de Minas Gerais onde esta compensa a relativa limitação de áreas de reserva legal disponíveis.

Tabela 4. Nota global em função dos critérios qualitativos e econômicos para a recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto, considerando a recomposição com 100% de árvores nativas como situação de referência, nas diferentes mesorregiões

Mesorregião	Aspectos				Total
	Agrários	Socio-ambientais	Florestais	Econômicos	
Mato Grosso do Sul	N/D	●	●	●	N/D
Pampa Gaúcho	●	●	●	N/D	N/D
Serra Gaúcha	●	●	●	●	●
Paraná e Santa Catarina	●	●	●	●	●
São Paulo	●	●	●	●	●
Leste de Minas Gerais	●	●	●	●	●
Oeste de Minas Gerais	●	●	●	●	●
Norte ES e Sul BA	●	●	●	●	●
Cerrado	●	●	●	●	●
MAPITO	●	●	●	●	●
Amazônia	●	●	●	●	●

É importante ressaltar que a análise desta Fase 2 ainda não é suficiente para definir as condições as mais atraentes para a geração de eletricidade. Assim, a terceira fase vai conduzir a um novo ranqueamento das mesorregiões e regimes de produção da madeira, em função dos seguintes fatores:

- Regimes de impostos diferenciados entre as mesorregiões, em função dos subsídios Sudene / Sudam principalmente
- Custos de investimentos diferenciados entre as mesorregiões, em função da qualidade das infraestruturas físicas, distância dos portos de importação de equipamento e disponibilidade de mão de obra qualificada
- Disponibilidade de áreas necessárias para plantar as florestas que vão abastecer as termelétricas.

Conteúdo

Termo de Limitação de Uso do Relatório e Isenção de Responsabilidade

SUMÁRIO EXECUTIVO

1	INTRODUÇÃO	16
2	APLICATIVO DE CUSTEIO	17
2.1	Princípio.....	17
2.2	Premissas do custeio a serem definidas pelo usuário.....	19
2.3	Premissas não modificáveis pelo usuário.....	54
2.4	Planejamento de produção e modelo financeiro:	64
3	RESULTADOS	66
3.1	Plantio comercial convencional	66
3.2	Plantio em Reserva Legal	79
4	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	93
4.1	Conclusões sobre o potencial do eucalipto como matéria-prima de geração de eletricidade	93
4.2	Sugestões para próximos trabalhos	97
5	ANEXO A – TABELAS DE PRODUÇÃO DE MADEIRA DE PLANTIOS CONVENCIONAIS CONFORME O MODELO FLOREXCEL	99
6	ANEXO B – BANCOS DE CUSTOS SILVICULTURAIS	101

Lista de Tabelas

Tabela 1. Definição dos tipos de projeto florestal.....	3
Tabela 2. Situações de referência para os projetos florestais	4
Tabela 3. Nota global em função dos critérios qualitativos e econômicos para o plantio comercial convencional nas diferentes mesorregiões	7
Tabela 4. Nota global em função dos critérios qualitativos e econômicos para a recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto, considerando a recomposição com 100% de árvores nativas como situação de referência, nas diferentes mesorregiões.....	9
Tabela 5. Definição dos tipos de projeto florestal.....	26
Tabela 6. Situações de referência para os projetos florestais	28
Tabela 7. Modalidades de venda da madeira	30
Tabela 8. Definição dos níveis de maturidade do mercado florestal	32
Tabela 9. Taxa de retorno de uma empresa florestal hipotética lista na bolsa brasileira	34
Tabela 10. Prêmio de risco regional.....	35
Tabela 11. Definições das categorias de relevo	36
Tabela 12. Densidade de plantio de eucalipto.....	38
Tabela 13. Incremento Médio Anual aos 7 anos em função da densidade de plantio e do índice de sítio de plantios convencionais de eucalipto, conforme o modelo Florexcel.....	41
Tabela 14. Relação de produtividade entre rotações conforme o modelo de projeto florestal	43
Tabela 15. Custos médios de preparo do solo por mesorregião	45
Tabela 16. Custos indiretos sugeridos.....	46
Tabela 17. Custo total da silvicultura por mesorregião, regime e rotação até o sétimo ano para o plantio convencional	48
Tabela 18. Custo total da silvicultura por mesorregião, arranjo e rotação até o sétimo ano para o plantio em reserva legal.....	48
Tabela 19. Custo de Operadores de Colheita e Transporte no Estado de São Paulo	54
Tabela 20. Cálculo do tempo útil máximo dos trabalhadores	54
Tabela 21. Premissas de taxa de administração e margem de lucro de terceirização para a operação de colheita	55
Tabela 22. Organização da colheita	56
Tabela 23. Dados de cálculo das produtividades por sistema	57
Tabela 24. Parâmetros para o cálculo do tempo útil ao ano para cada sistema de colheita	58
Tabela 25. Custos de investimento e vida útil dos equipamentos para cada sistema de colheita	58
Tabela 26. Valores dos parâmetros para o cálculo dos custos operacionais de colheita.....	59
Tabela 27. Premissas de taxa de administração e margem de lucro de terceirização para a operação de transporte.....	60
Tabela 28. Organização do transporte.....	61
Tabela 29. Tempos de carregamento / descarregamento e de espera para os sistemas de transporte..	62
Tabela 30. Premissas e taxa de utilização potencial para os caminhões	63
Tabela 31. Custos de investimento e vida útil dos equipamentos para cada sistema de transporte	63
Tabela 32. Valores dos parâmetros para o cálculo dos custos operacionais de transporte	64
Tabela 33. Características do projeto com plantio comercial padrão no MS.....	66
Tabela 34. Preço alvo de venda da madeira do projeto com plantio comercial padrão no MS	70
Tabela 35. Custo de investimento para produzir a madeira em pé total e por hectare do projeto com plantio comercial padrão no MS	70
Tabela 36. Decomposição dos custos de produção e preço alvo de venda ao longo da vida para o projeto com plantio comercial padrão no MS	71

Tabela 37. Impacto do número de rotação sobre o preço alvo de venda da madeira para o plantio comercial com o manejo padrão no MS	72
Tabela 38. Impacto do idade de corte sobre o preço alvo de venda da madeira para o plantio comercial com o manejo padrão no MS	73
Tabela 39. Impacto do manejo da rebrota sobre o custo de produção e preço alvo de venda da madeira para o plantio comercial no MS	73
Tabela 40. Intervalo de confiança da produtividade e dos principais itens de custos, e sensibilidade do preço alvo à variabilidade destes fatores, para o plantio comercial com o manejo padrão no MS	75
Tabela 41. Sensibilidade do valor da madeira à mesorregião para um plantio comercial	78
Tabela 42. Características do projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento	79
Tabela 43. Preço alvo de venda da madeira para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento	82
Tabela 44. Custo de investimento para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento	82
Tabela 45. Decomposição dos custos de produção e preço alvo de venda ao longo da vida para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento	83
Tabela 46. Impacto da proporção de mudas de eucalipto sobre o valor da madeira para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento	84
Tabela 47. Características do projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas	86
Tabela 48. Preço alvo de venda da madeira para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas... ..	88
Tabela 49. Decomposição dos custos de produção e preço alvo de venda ao longo da vida para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas	88
Tabela 50. Impacto da proporção de mudas de eucalipto sobre o valor da madeira para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas	89
Tabela 51. Intervalo de confiança da produtividade e dos principais itens de custos, e sensibilidade do preço alvo à variabilidade destes fatores, para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas	90
Tabela 52. Critério de notação dos parâmetros econômicos	93
Tabela 53. Nota em função dos critérios econômicos para o plantio comercial convencional nas diferentes mesorregiões	94
Tabela 54. Nota em função dos critérios econômicos para a recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto, considerando a recomposição natural como situação de referência, nas diferentes mesorregiões	94
Tabela 55. Nota em função dos critérios econômicos para a recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto, considerando a recomposição com 100% de árvores nativas como situação de referência, nas diferentes mesorregiões	95
Tabela 56. Metodologia de consolidação dos critérios de atratividade	95
Tabela 57. Critério de notação da disponibilidade de terras em reserva legal	96
Tabela 58. Nota global em função dos critérios qualitativos e econômicos para o plantio comercial convencional nas diferentes mesorregiões	96
Tabela 59. Nota global em função dos critérios qualitativos e econômicos para a recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto, considerando a recomposição natural como situação de referência, nas diferentes mesorregiões	97

Tabela 60. Nota global em função dos critérios qualitativos e econômicos para a recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto, considerando a recomposição com 100% de árvores nativas como situação de referência, nas diferentes mesorregiões.....	97
Tabela 61. Custos silviculturais unitários para a rotação de implantação / reforma de um plantio comercial.....	101
Tabela 62. Custos silviculturais unitários para a rebrota manejada de um plantio convencional.....	102
Tabela 63. Custos silviculturais unitários para a rebrota manejada de um plantio convencional.....	102
Tabela 64. Custos silviculturais unitários para a implantação de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto e 50% de árvores nativas.....	103
Tabela 65. Custos silviculturais unitários para a rebrota manejada de uma reserva legal com 50% de eucalipto e 50% de árvores nativas.....	103
Tabela 66. Custos silviculturais unitários para a implantação de recomposição de reserva legal com 25% de eucalipto e 75% de árvores nativas.....	104
Tabela 67. Custos silviculturais unitários para a rebrota manejada de uma reserva legal com 25% de eucalipto e 75% de árvores nativas.....	104
Tabela 68. Custos silviculturais unitários para a recomposição de reserva legal com 100% de árvores nativas.....	105
Tabela 69. Custos silviculturais unitários para a recomposição de reserva legal com 100% de árvores nativas e uma densidade de plantios igual a aquela dos plantios comerciais.....	105

Lista de Figuras

Figura 1. Abrangência das mesorregiões	2
Figura 2. Sensibilidade do custo de investimento à mesorregião para um plantio comercial.....	6
Figura 3. Sensibilidade do valor da madeira à mesorregião para um plantio comercial.....	7
Figura 4. Sensibilidade do valor da madeira à mesorregião para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas ...	9
Figura 5. Definição das mesorregiões	21
Figura 6. Produtividades conforme inventário no campo de talhões de dois produtores florestais com boas práticas silviculturais no Leste do Mato Grosso do Sul.....	22
Figura 7. Arranjo florestal para a recomposição de reserva legal com Eucalyptus	25
Figura 8. Limitações a recomposição da reserva legal com objetivo comercial.....	27
Figura 9. Sistema <i>full tree: feller buncher, skidder</i> e garra traçadora	50
Figura 10. Sistema <i>cut to length: harvester e forwarder</i>	50
Figura 11. Sistema de corte manual: motosserra e trator	50
Figura 12. Sistema Tri-trem	52
Figura 13. Sistema Bi-trem	52
Figura 14. Sistema de carreta	52
Figura 15. Área com implantação ou reforma durante o ano para o projeto com plantio comercial padrão no MS	67
Figura 16. Estoque disponível no fim do ano para o projeto com plantio comercial padrão no MS ...	68
Figura 17. Volume colhido durante o ano para o projeto com plantio comercial padrão no MS	68
Figura 18. Fluxos de caixa livre para o projeto com plantio comercial padrão no MS – com preço de venda garantido o retorno esperado pelo investidor.....	69
Figura 19. Distribuição por categoria do custo de investimento por hectare plantado para a produção de madeira em pé do projeto com plantio comercial padrão no MS.....	70
Figura 20. Decomposição do preço de venda para o projeto com plantio comercial padrão no MS ...	72
Figura 21. Decomposição do preço de venda para o projeto com plantio comercial padrão no MS ...	74
Figura 22. Sensibilidade do preço alvo aos valores extremos potenciais da produtividade e dos principais fatores de custos, para o plantio comercial com o manejo padrão no MS	76
Figura 23. Variação do valor da madeira em função da taxa de tetorno esperada pelo investidor para o plantio comercial com o manejo padrão no MS.....	76
Figura 24. Sensibilidade do custo de investimento à mesorregião para um plantio comercial.....	77
Figura 25. Sensibilidade do valor da madeira à mesorregião para um plantio comercial.....	78
Figura 26. Área com implantação ou reforma durante o ano para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS	80
Figura 27. Estoque disponível no fim do ano para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS	80
Figura 28. Volume colhido durante o ano para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS.....	81
Figura 29. Fluxos de caixa livre para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS	81
Figura 30. Distribuição por categoria do custo de investimento para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento.....	82
Figura 31. Decomposição do preço de venda para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento	84

Figura 32. Sensibilidade do valor da madeira à mesorregião para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento	85
Figura 33. Fluxos de caixa livre para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas	87
Figura 34. Fluxos de caixa livre para o projeto de recomposição de reserva legal com 25% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas	89
Figura 35. Sensibilidade do preço alvo aos valores extremos potenciais da produtividade e dos principais fatores de custos, para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas.....	90
Figura 36. Variação do valor da madeira em função da taxa de retorno esperada pelo investidor para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas.....	91
Figura 37. Sensibilidade do valor da madeira à mesorregião para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas.....	92

1 INTRODUÇÃO

O INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE tem interesse em avaliar o potencial de florestas de eucalipto para ao mesmo tempo gerar eletricidade no Brasil e incentivar e promover a recomposição de Áreas de Reserva Legal (RL), de acordo com o previsto no novo Código Florestal, com perspectiva de um horizonte até 2050. O estudo está dividido em duas fases, que têm por objetivo responder duas questões principais:

- Fase 1: Quais as áreas onde as plantações de florestas energéticas poderiam se expandir, considerando dois principais objetivos: a geração de energia e a recomposição florestal?
- Fase 2: Qual o custo do combustível (m³ de madeira disponibilizada na usina, considerando todos os custos associados à sua produção) nos diferentes arranjos produtivos avaliados e regiões de cultivo?

Este documento refere-se à Fase 2.

Para chegar à resposta desta fase, a seguinte abordagem metodológica foi desenvolvida:

- Construção de uma planilha EXCEL capaz de determinar os custos da madeira posto numa fábrica qualquer (tal qual uma termelétrica), para as áreas selecionadas com base nos critérios avaliados na fase 1, a partir de dois arranjos produtivos diferentes:
 - plantio comercial convencional
 - recomposição de reserva legal com até 50% de mudas de eucalipto, o restante das árvores sendo de espécies nativas.
- Definição das premissas quantitativas que fundamentam as estimativas de custo com uma precisão de cerca $\pm 30\%$:
 - separando entre os principais fatores que impactam os custos do plantio até a logística de entrega ao comprador de madeira
 - considerando boas práticas de mercado
 - explicitando os intervalos de confiança sobre estas premissas e as consequências desta incerteza sobre os custos da madeira

As análises foram fundamentadas principalmente na opinião de um comitê de experts, completadas quando necessário, com informações e dados obtidos de fontes secundárias e entrevistas telefônicas. O trabalho não envolveu coleta de dados em campo.

2 APLICATIVO DE CUSTEIO

2.1 Princípio

O modelo de custeio pede para o usuário definir as características técnicas do projeto florestal a ser avaliado, custos unitários, uma situação de referência para o uso / manejo da área plantada, as condições prováveis de venda da madeira e a taxa de retorno alvo.

A partir destas premissas, o simulador:

- Define os valores a serem utilizados para os custos de colheita e de transporte
- Projeta para a madeira vendida os fluxos de produção
- Projeta as diferenças das declarações de resultados do exercício e dos fluxos de caixa anuais entre o projeto florestal e a situação de referência, e assim:
- Calcula em relação à situação de referência:
 - o custo de investimento
 - o custo de produção da madeira (de caixa e incluindo o custo de capital na taxa de retorno esperada pelo usuário)
 - a rentabilidade efetiva do empreendimento com o preço provável de venda dado como uma premissa pelo usuário
 - o preço alvo de venda para atingir a rentabilidade esperada pelo usuário
 - a sensibilidade dos custos de produção e preço alvo de venda em função de premissas chave.

Para garantir o melhor apoio à tomada de decisão de investir ou não a partir dos resultados, o cálculo dos fluxos financeiros deve imperativamente:

- Incorporar todas as etapas da responsabilidade do produtor florestal em um cálculo financeiro, ou seja, ele não isola cada componente de madeira em pé, colheita e transporte, para garantir a identificação do regime correto de impostos de renda.
- Analisar o projeto florestal em relação a uma situação de referência que corresponde a um uso ou manejo alternativo da mesma área porque na hora de escolher uma alternativa de uso/manejo, o dono de terras considera entre outros critérios as diferenças de custos e de rentabilidade entre todas as alternativas. Para cada projeto florestal, foram introduzidas várias situações de referência potenciais, uma das quais tende a ser a mais provável. Por exemplo:
 - se o desenvolvedor do projeto florestal considera plantios comerciais sobre terras também adequadas para criação de gado, o modelo financeiro do projeto florestal deve incluir um gasto igual ao custo de aluguel das terras como

pastagem. Porém, por alguma razão, o desenvolvedor pode não querer ter gado nas terras e neste caso, a referência é de não ter um custo de oportunidade ligado às terras.

- se o projeto florestal forem reservas legais, o desenvolvedor teria como alternativas uma regeneração sem monitoramento ambiental (o caso o mais frequente hoje), uma regeneração com monitoramento ambiental (o caso mínimo conforme a lei) ou uma regeneração ativa com replantio com mudas nativas.

Se a venda for acontecer após a colheita:

- Se o usuário indicar o custo de colheita, este valor será usado.
- Se não, calcula-se o custo entre diversas opções técnicas disponíveis e considerando a internalização ou terceirização da operação, e escolhe-se a opção mais eficiente em função da possibilidade prática e da vontade do usuário de terceirizar ou não o serviço.

Se a madeira foi vendida com entrega ao cliente, o parágrafo anterior sobre a colheita se aplica em relação ao transporte:

- Se o usuário indicar o custo de transporte, este valor será usado.
- Se não, calcula-se o custo entre diversas opções técnicas disponíveis e considerando a internalização ou terceirização da operação, escolhe-se a opção mais eficiente em função da possibilidade prática (condições das estradas) e da vontade do usuário de terceirizar ou não o serviço.

Considerou-se que o dono do projeto florestal paga com capital próprio todos os custos de preparação do projeto florestal, silviculturais e de manejo da floresta (e os custos de uso da terra, conforme a situação de referência), cujo total até a primeira colheita entra na definição do custo de investimento.

Para qualquer operação internalizada usando uma máquina, o custo de compra não entrou no modelo financeiro como um valor inicial mas como um “leasing” 100% financiado com um custo de dívida igual à taxa de retorno esperada. Ou seja, o custo não aparece como um investimento (no sentido contábil) mas como uma despesa:

- para silvicultura: custo de uso por hectare
- para colheita ou transporte: custo por hora e depois custo por m³ de madeira.

Esta simplificação não impacta o custo de investimento até um ano antes da primeira colheita, o custo da madeira incluindo o custo de capital e o preço alvo de venda da madeira. Como o custo de investimentos dos equipamentos é em regra geral pequeno em relação ao custo do investimento florestal, ela tem um impacto limitado sobre o custo de investimento global estimado e o custo de produção de caixa.

O custeio contém várias abas que podem ser divididas em três categorias:

- Uma aba de premissas que contém as premissas do custeio a serem definidas pelo usuário. A definição destas premissas, o papel e a explicação das opções de preenchimento são descritas na seção 2.2 deste relatório.
- Diferentes abas com premissas e cálculos intermediários não modificáveis pelo usuário, que são descritas na seção 2.3.
- A aba de planejamento de produção e cálculo do modelo financeiro, cujo princípio é descrito na seção 2.4.
- Uma aba de restituição dos resultados.

2.2 Premissas do custeio a serem definidas pelo usuário

Na aba "Premissas", o usuário define todas as premissas que alimentam todos os cálculos intermediários até o resultado final. Devem ser informados:

1. Modo de escolha das premissas pelo usuário
2. Características gerais do projeto
3. Modelo de venda da madeira
4. Características regionais
 - 4.a. Econômicas
 - 4.b. Físicas
5. Premissas que definem o cronograma e o nível de produção
 - 5.a. Cronograma e manejo florestal
 - 5.b. Características físicas da madeira
 - 5.c. Produtividade das florestas

6. Parâmetros que permitem definir os fluxos de caixa de investimento e de despesas ao longo do tempo para produzir a madeira em pé
 - 6.a. Custos de preparação do projeto florestal e do terreno.
 - 6.b. Custos indiretos de manejo das florestas.
 - 6.c. Custos de silvicultura da 1ª rotação da floresta (do plantio até a colheita).
 - 6.d. Custos de silvicultura das rotações seguintes, se existirem.
 - 6.e. Custos de silvicultura da 1ª rotação da situação de referência, se existirem.

7. Parâmetros que permitem definir os custos de colheita (isto é relevante se a madeira for vendida carregada no caminhão ou posta na fábrica do cliente) e custos de transporte (isto é relevante se a madeira for vendida posta na fábrica do cliente)
 - 7.a. Custos de colheita
 - 7.b. Custos de transporte

8. Taxas de deduções sobre vendas e compras de insumos, produtos e serviços

Para a maioria das premissas, o usuário recebe uma sugestão, conforme nossos bancos de dados.

2.2.1 Modo de escolha das premissas pelo usuário

O usuário deve imperativamente escolher todas as características gerais do projeto e o modelo de venda da madeira. Ele pode decidir escolher também as outras premissas ou deixar o custeio escolhê-las em função de bancos de dados. Esta segunda opção é recomendada para um usuário que está conhecendo o modelo de custeio ou está numa fase preliminar de definição do seu projeto florestal.

Caso o usuário decida escolher todas as premissas, o valor que teria sido escolhido pelo modelo de custeio sempre aparece na coluna “sugestão”.

2.2.2 Características gerais do projeto

2.2.2.1 Mesorregião

A escolha de uma mesorregião define as sugestões dadas ao usuário em relação às:

- Características econômicas regionais

- Produtividades das florestas

Que são agrupadas na aba “Biblioteca Dados Regionais”

Na Fase 1, as áreas de plantio potencial foram divididas em 11 mesorregiões que apresentam homogeneidade em função do bioma, da existência ou não de polo de florestas plantadas, condições e custos de silvicultura, preços e disponibilidade de terras, proximidade de linhas de distribuição e transmissão de eletricidade (Figura 5).

Figura 5. Definição das mesorregiões

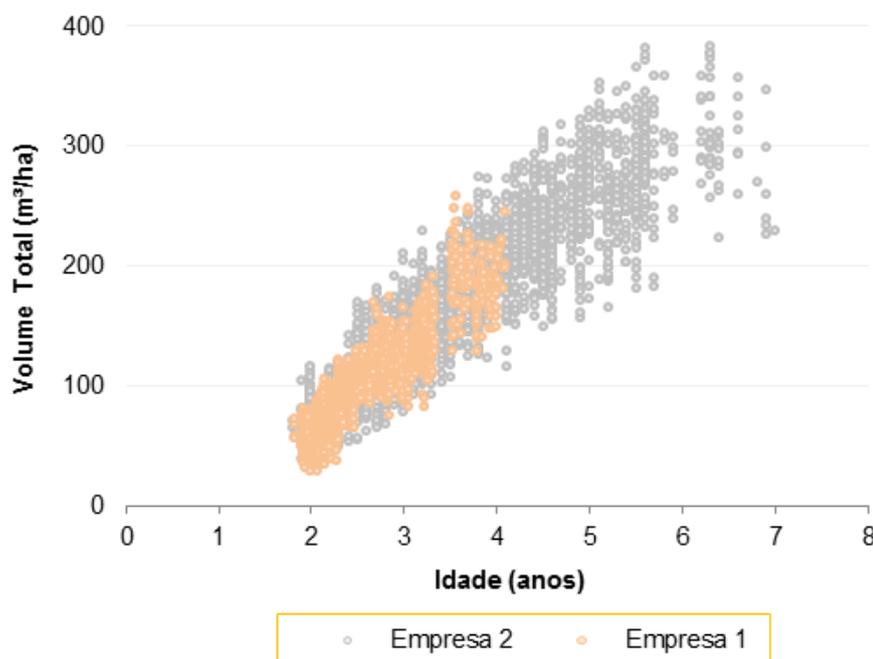


Fonte: Relatório da Fase 1

Nesta Fase 2, após uma análise cuidadosa, escolheu-se não criar subdivisões da mesorregiões da Fase 1, pelas seguintes razões:

- A dispersão observada de produtividades entre talhões de uma área de 100 km dentro de uma mesorregião é muitas vezes considerável, incluindo quando se trata de um único dono com boas práticas de manejo. A Figura 6 mostra por exemplo dados de inventário de 2015 para dois produtores florestais líderes na região entre Ribas do Rio Pardo e Três Lagoas. Observa-se que para uma idade determinada, o volume de madeira das melhores parcelas é mais do que o dobro do volume para as piores parcelas. No MAPITO, esta dispersão não é de 1 a 2, ela geralmente atinge 1 a 3. Tais variações são ligadas a escolha de clones, variações locais de condições edafoclimáticas e variações de manejo silvicultural.

Figura 6. Produtividades conforme inventário no campo de talhões de dois produtores florestais com boas práticas silviculturais no Leste do Mato Grosso do Sul



- Não existe um banco de dados consolidado com as produtividades florestais de todos os projetos, com medições realizadas no campo. Assim, considerando as médias de produtividade por empreendimento florestal disponíveis dentro de uma mesorregião (5 a 15 conforme a região) e a dispersão descrita acima, não foi geralmente possível definir se as variações aparentes entre partes de uma mesorregião correspondem realmente a diferenças de condições edafoclimáticas ou provêm de outros fatores (diferenças de manejo por exemplo)⁴.
- Nos raros casos quando parte de uma mesorregião mostra uma tendência clara de desvio da produtividade da média regional (nordeste do Minas Gerais abaixo da média do Leste do Minas Gerais, Lenções Paulistas acima da região de Itapeva no Estado de São Paulo por exemplo), o custo de produção da madeira não parece ter desvio de mais de 15% da média da mesorregião. Isto ocorre devido ao desvio estimado de produtividade ficar abaixo de 20% enquanto o preço médio da terra também reflete as diferenças de produtividade e ajuda a trazer o custo médio de produção da madeira mais próximo à média regional.
- O escopo do projeto é calcular o custo de produção da madeira com uma incerteza de $\pm 30\%$.

⁴ De certa forma, as empresas com mais capacidade de identificar variações regionais factíveis de produtividade são as grandes empresas consumidoras, porque elas podem – quando bem organizadas – controlar todos os parâmetros de manejo da floresta ao longo da vida e assim fazer uma análise de tipo *big data* para separar o impacto da localização. Como elas tendem também a comprar madeira em pé e realizar a colheita, elas têm acesso a muitos dados de produtividade florestal de pequenos e médios produtores que possam acrescentar aos dados próprios.

2.2.2.2 Localização

O usuário pode deixar vazio, ou informar aqui, um Estado e/ou uma região e/ou um município. Esta informação não é usada posteriormente no cálculo.

2.2.2.3 Isenção de impostos de renda

O usuário pode definir se o cálculo vai excluir ou não os impostos de renda. Atualmente, a produção de madeira é submetida aos regimes de impostos de renda clássicos (Lucro Presumido ou Lucro Real) independentemente do sistema de silvicultura ou do destino. Porém, esta premissa permite testar o impacto de uma possível mudança de política pública.

2.2.2.4 Tipo de estrutura gerencial

Consideraram-se dois tipos de estrutura:

- Uma empresa ou fundo florestais, por ter maiores custos indiretos, visto que:
 - Utiliza engenheiros e técnicos especializados (como funcionários ou através a contratação de uma empresa geralmente chamada “*property manager*”) para obter e manter o licenciamento, planejar as operações silviculturais, contratar serviços e insumos, manejar a venda da madeira.
 - Tem obrigações legais e/ou com investidores em termos de realização regular de inventário florestal e mapeamento das áreas, avaliação do valor do ativo, declaração contábil, preparação de relatórios de gestão, etc.
- Uma estrutura de gestão reduzida, que conta com poucos dos custos da categoria acima. Neste caso, o dono do projeto é geralmente um fazendeiro ou pessoa física e o projeto de pequeno a médio porte (tipicamente até alguns milhares de hectares no máximo).

2.2.2.5 Prazo esperado de produção

O prazo esperado de produção, ou seja, o tempo entre a primeira e a última colheita, precisa ser um número inteiro de anos. O mínimo é 1. O máximo é 50 menos o prazo de uma rotação, ou seja, o custeio faz o planejamento de produção e os cálculos financeiros para 50 anos a partir do primeiro ano do projeto.

Este prazo máximo foi definido porque:

- A visibilidade máxima de produção em termos de vida útil de consumidor ou prazo de contrato de suprimento é 25 anos, o que corresponde ao contrato de venda de eletricidade por uma termelétrica a biomassa vencedora de um leilão regulado organizado pela ANEEL.
- Considerando as taxas de retorno típicas esperadas por investidores financeiros para projetos florestais (8 a 10% em termos reais), a diferença de custo de produção ou preço alvo de venda entre um projeto de vida de 45 – 50 anos e perpétua não é material.

2.2.2.6 Tipo de projeto florestal

Considerando que:

- Uma das características do Eucalyptus é sua capacidade de rebrotar após a colheita, produzindo de 1 a 5 brotos por toco, o que permite várias colheitas sucessivas antes de estabelecer novos plantios (uma rotação é o prazo entre o plantio e a colheita, ou entre uma colheita e a colheita seguinte; um ciclo é o tempo entre um plantio e o plantio seguinte; assim, um ciclo pode incluir uma ou várias rotações).
- Existem poucos estudos em relação ao impacto efetivo da condução de rebrota na rentabilidade financeira do empreendimento. Porém, os bancos de dados indicam que a escolha de conduzir uma segunda rotação dentro de um ciclo, considerando técnicas adequadas de manejo florestal, muitas vezes permite melhorar a rentabilidade financeira em relação a replantar após cada colheita. A razão é que a produtividade da segunda rotação é de 80% a 110% da primeira rotação, enquanto os custos silviculturais são menores (o custo de eliminação dos brotos em excesso sendo muito menor do que o custo de plantio e não tendo custo de irrigação porque as raízes já são estabelecidas) ⁵.

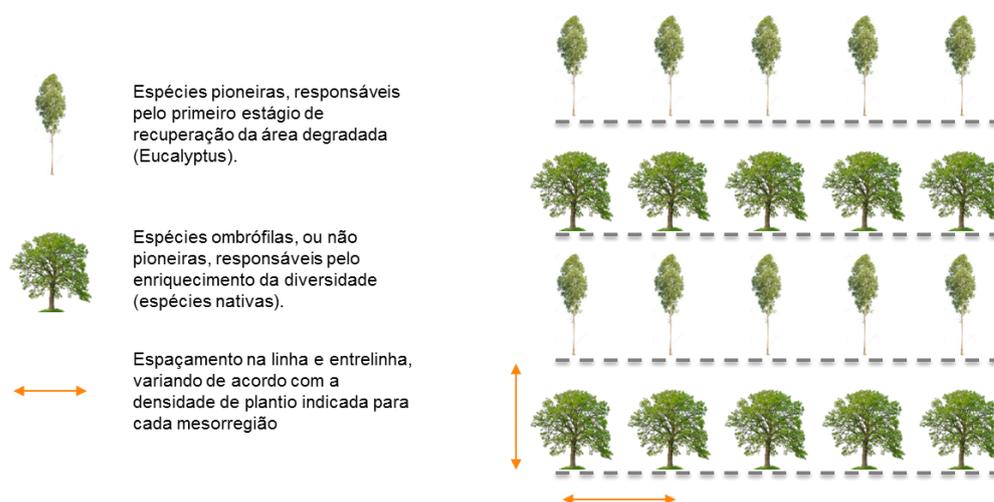
O modelo oferece quatro opções de projetos florestais, cujas características são definidas na Tabela 5:

⁵ Dentro de um ciclo, a variação de produtividade de uma rotação para a outra depende das condições da colheita anterior (se as cepas remanescentes apresentarem danos oriundos da atividade de colheita, se o manejo dos resíduos da colheita comprometer a rebrota e se o chão foi muito compactado por equipamentos de colheita de alta produtividade mais pesados, o impacto na produtividade das seguintes rotações será reduzido) e do cuidado tomado no manejo dos brotos (eliminação de brotos em excesso, aplicação de fertilizantes e agroquímicos nas quantidades as mais adequadas ou não).

- Plantio comercial com manejo de rebrota
- Plantio comercial sem manejo de rebrota
- Recomposição de Reserva Legal – 50% de eucalipto
- Recomposição de Reserva Legal – 25% de eucalipto

É importante ressaltar que os projetos em reserva legal correspondem a uma situação onde áreas inteiras devem ser recompostas. Desta maneira, é possível dispor as árvores para ter certa eficiência nas operações silviculturais e também para poder colher e extrair as árvores de eucalipto sem danificar as árvores nativas vizinhas (Figura 7).

Figura 7. Arranjo florestal para a recomposição de reserva legal com Eucalyptus



No caso de uma reserva legal parcialmente degradada onde existe um *patchwork* de pequenas áreas a recompor, cada uma com uma a algumas dezenas de árvores, não foi identificado nenhum modelo de manejo que permite garantir eficiência silvicultural e da colheita.

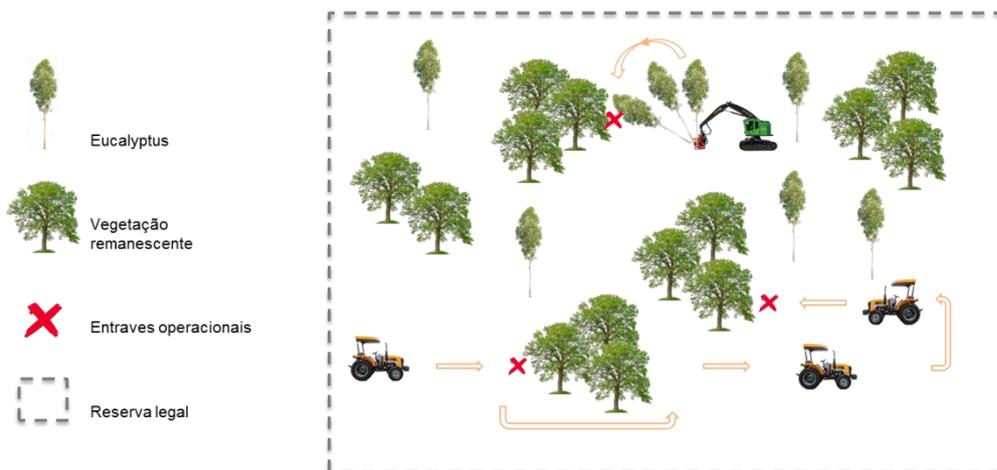
Neste caso, ocorre o comprometimento do rendimento operacional em função do desvio de obstáculos ou impossibilidade de mecanização com conseqüente ampliação dos custos. Além disso, há a possibilidade de impacto na vegetação remanescente, a qual já contribui a manutenção dos serviços ambientais.

Do ponto de vista de geração de caixa, há o comprometimento do volume comercial em função da reduzida densidade de plantio, limitada pela vegetação já existente.

É importante também ressaltar que não é possível recompor reservas legais da Pampa Gaúcha com eucalipto porque a vegetação nativa é composta somente com gramíneas.

Tabela 5. Definição dos tipos de projeto florestal

Modalidade	Definição	Manejo potencial	Número de mudas por hectare plantado
Plantio comercial com manejo de rebrota	Todas as áreas plantáveis, fora as reservas ambientais, são plantadas com 100% de eucalipto e a rebrota - se tiver mais de uma rotação por ciclo - é manejada para manter a melhor produtividade possível.	1 a 10 ciclos 1 a 4 rotações por ciclo Sem desbaste antes do corte raso Todas as rotações com prazo idêntico, podendo ser de 5, 6, 7, 8, 9 ou 10 anos.	100% de mudas de eucalipto em mercados florestais maduros e de fronteira, conforme as melhores práticas silviculturais atualmente em uso para a produção de madeira de eucalipto de processo. Em regiões incipientes de Cerrado e Amazônia, estimativa por analogia com o MAPITO.
Plantio comercial sem manejo de rebrota	Todas as áreas plantáveis fora as reservas ambientais são plantadas com 100% de eucalipto e a rebrota - se tiver mais de uma rotação por ciclo - não é manejada, para reduzir os custos de investimento.	1 a 10 ciclos 1 a 4 rotações por ciclo Sem desbaste antes do corte raso Todas as rotações com prazo idêntico, podendo ser de 5, 6, 7, 8, 9 ou 10 anos.	Idêntico ao regime de plantio comercial com manejo de rebrota.
Recomposição de RL – 50% de eucalipto	A reserva legal é totalmente plantada com 50% de mudas de eucalipto e 50% de mudas de árvores nativas e usa-se o maior grau possível de mecanização.	Somente 1 ciclo com 1 a 4 rotações. Sem desbaste antes do corte raso. Todas as rotações com prazo idêntico, podendo ser de 5, 6, 7, 8, 9 ou 10 anos.	Número total de mudas (de nativas e eucalipto) por hectare idêntico ao regime de plantio comercial com o uso do manejo de rebrota. Isto permite maximizar a produção de madeira de eucalipto.
Recomposição de RL – 25% de eucalipto	A reserva legal é totalmente plantada com 25% de mudas de eucalipto e 75% de mudas de árvores nativas e usa-se o maior grau possível de mecanização	Somente 1 ciclo com 1 a 4 rotações Sem desbaste antes do corte raso Todas as rotações de prazo idêntico, podendo ser de 5, 6, 7, 8, 9 ou 10 anos.	Número total de mudas (de nativas e eucalipto) por hectare idêntico ao regime de plantio comercial com o uso do manejo de rebrota.

Figura 8. Limitações a recomposição da reserva legal com objetivo comercial

2.2.2.7 Porte do projeto florestal

O valor autorizado vai de 1 hectare a 100 mil hectares para possibilitar simulações tanto para pequenos produtores quanto para os maiores empreendimentos. Com produtividades florestais normais, 100 mil hectares seriam mais do que suficientes para abastecer a maior termelétrica a madeira do mundo em operação hoje (de 240 MW, na Finlândia) e operando mais de 8.000 horas ao ano.

O modelo de custeio incorpora economias de escala dos custos indiretos, custos de colheita e de transporte. Os outros custos são estritamente proporcionais à área considerada.

2.2.2.8 Situação de referência para o projeto florestal

As situações de referência para o plantio comercial correspondem à valorização ou não da terra, com uso agroflorestal indiferenciado (Tabela 6).

Já para a recomposição de reserva legal, as situações de referência podem ser a ausência de qualquer acompanhamento, a regeneração natural com monitoramento, ou a recuperação ativa com plantios de árvores nativas.

Neste último caso de recuperação ativa, o modelo ainda não está bem consolidado. Considera-se que provavelmente, o número de mudas totais (que somente são de árvores nativas) ficará reduzido até 50% em relação a uma situação mista árvores nativas + eucalipto, e as operações serão provavelmente todas manuais. Isto porque:

- Uma área de reserva legal raramente estará sem nenhuma vegetação, assim será lógico aproveitar esta vegetação pré-existente para a recomposição.
- O dono da reserva legal vai geralmente buscar um equilíbrio entre garantir a recomposição e limitar os custos de recomposição, o que pode ser feito com uma redução do número de mudas nativas.

Tabela 6. Situações de referência para os projetos florestais

Projeto florestal	Situação de referência	Descrição	Relevância da abordagem
Plantio comercial com manejo de rebrota OU Plantio comercial sem manejo de rebrota	Terra sem valorização	Não entra nenhum valor em relação ao uso da terra no modelo financeiro	O proprietário do projeto florestal é também o dono das terras E Não é possível atribuir valor a terra (por exemplo: local isolado ou área tão grande e pouco produtiva que dificilmente ela poderia ser arrendada ou vendida para usos alternativos).
	Custo de terra a valor do mercado	A terra usada para o empreendimento florestal recebe um arrendamento anual que corresponde ao valor do mercado	O dono do projeto florestal irá alugar terras para o empreendimento OU O dono do projeto florestal é dono das terras e poderia arrendá-las ou vendê-las a terceiros, caso não plantasse eucalipto.
Recomposição de RL – 50% de eucalipto OU Recomposição de RL – 25% de eucalipto	Área sem acompanhamento	A reserva legal não está ativamente manejada nem monitorada. Não tem nenhum custo.	Situação mais comum hoje, quando reservas legais são deixadas sem cuidado.
	Regeneração natural com monitoramento	Não tem custo de uso de terra porque ela não tem uso produtivo. Também não tem nenhum custo silvicultural. Existem custos indiretos de monitoramento	Situação que deveria prevalecer com donos que querem cumprir a lei e limitar os gastos.
	Área recuperada com 100% de árvores nativas	A reserva legal é totalmente plantada com mudas de árvores nativas e o número de mudas por hectare é 50% do número total de mudas no caso da recomposição por parte com eucalipto. As operações silviculturais não são mecanizadas. Não tem custo de uso de terra porque ela não tem uso produtivo. Os custos indiretos são os mesmos que para a recomposição de RL com 25% ou 50% de eucalipto.	Recomposição ativa

Considerando que não existirão áreas contínuas expressivas somente com novos plantios, será difícil programar uma mecanização das atividades.

2.2.2.9 Preço alvo de venda

O preço alvo de venda, que permite obter exatamente a rentabilidade desejada pelo usuário, é calculado automaticamente pelo custeio a partir de todas as premissas do projeto (fora o preço de mercado e o preço provável de venda). Porém, ele é informado na aba de premissas porque ele é uma das referências possíveis para escolher o preço provável de venda.

2.2.3 Condições prováveis de venda da madeira

2.2.3.1 Quantidade de venda da madeira

A princípio, a madeira pode ser vendida pelo volume com casca, volume sem casca, peso verde, peso seco, e conteúdo energético. No Brasil, empresas de celulose frequentemente compram volume sem casca, enquanto serrarias e laminadoras compram volume com casca. Empresas que usam madeira por fins energéticos geralmente compram também volume com casca no Brasil, enquanto na Europa, elas compram geralmente por conteúdo energético, e mais raramente por peso verde ou seco.

Para dar opções ao usuário sem complicar desnecessariamente o custeio, é possível escolher entre volume (com casca), peso verde e conteúdo energético. Considera-se geralmente que o volume sem casca corresponde à cerca de 88% do volume com casca.

2.2.3.2 Modalidade de entrega da madeira ao comprador

Existem quatro modalidades diferentes de entrega da madeira: em pé, na beira da estrada, carregada no caminhão e posta na indústria, conforme a Tabela 7 seguinte.

O custeio permite calcular o custo de produção e o preço alvo de venda para cada uma destas quatro modalidades.

Tabela 7. Modalidades de venda da madeira

Modalidade	Responsabilidade do vendedor	Responsabilidade do comprador	Quando se aplica
Em Pé	Garantir acessibilidade das florestas para as equipes de colheita organizadas pelo comprador	Colheita e transporte até o sítio de consumo	O comprador tem as próprias equipes de colheita e transporte OU Nem o comprador nem o vendedor têm equipes próprias de colheita e transporte, mas o comprador, por escala e/ou experiência pode organizar a colheita e o transporte com um custo menor do que o vendedor.
Na beira da estrada	Colheita e armazenamento das toras em pilha na beira da estrada	Carregamento nos caminhões das toras armazenadas em pilhas e transporte até o sítio de consumo	O vendedor pode organizar a colheita com um custo menor do que o comprador com equipes próprias ou terceirizadas E O comprador pode organizar o transporte com um custo menor do que o vendedor com equipes próprias ou terceirizadas E É desejável deixar um intervalo entre a colheita e o transporte, ou para reduzir o teor de umidade antes do transporte, ou para organizar a cadeia logística.
Carregada no caminhão	Colheita e na sequência, carregamento dos caminhões fretados pelo consumidor.	Transporte até o centro de consumo	O vendedor pode organizar a colheita com um custo menor do que o comprador com equipes próprias ou terceirizadas E O comprador pode organizar o transporte com um custo menor do que o vendedor com equipes próprias ou terceirizadas E É desejável não deixar as toras no campo porque eles podem perder propriedades de uso
Posto na indústria	Colheita e transporte da madeira até o sítio de consumo	-	O vendedor tem as próprias equipes de colheita e transporte OU Nem o comprador nem o vendedor têm equipes próprias de colheita e transporte, mas o vendedor, por escala e/ou experiência, pode organizar a colheita e o transporte com um custo menor do que o comprador.

2.2.3.3 Preço provável de venda da madeira

O preço provável de venda é o preço usado no modelo financeiro para calcular os fluxos de caixa e a rentabilidade. Ele inclui as deduções PIS, COFINS, FUNRURAL e se existir, ICMS. Para escolher o valor, o usuário pode utilizar várias referências:

O modelo não sugere nenhum valor, porque o usuário pode utilizar várias referências, tais quais:

- preço atual de mercado (informado na parte das premissas sobre as condições econômicas regionais)
- preço projetado do mercado no horizonte de início de produção da madeira
- valor que corresponde ao potencial de pagamento do ou dos consumidor(es)
- preço alvo de venda (calculado acima).

Se o usuário decidir usar o preço alvo de venda, ele deve tomar cuidado que qualquer mudança de premissa modifica este valor, necessitando uma atualização do preço provável.

2.2.4 Características econômicas regionais

2.2.4.1 Custos de combustível

As referências de custos por mesorregião dadas como sugestão provêm da Agência Nacional de Petróleo (ANP) e foram atualizadas em agosto de 2017.

2.2.4.2 Índices de salários

O custeio permite definir um índice que representa as diferenças médias de salário de operador de equipamento de colheita e transporte entre Estados, usando como referência o Estado de São Paulo, para quais é efetivamente possível compilar os níveis de salário e encargos por categoria de funcionário.

Infelizmente, os dados disponíveis não permitiram estabelecer o valor do índice com boa precisão para os outros Estados. Somente foi concluído que o Estado de São Paulo oferece os melhores salários para estas categorias de funcionários. Por isto, usou-se o índice 100 para São Paulo e 95 para os demais estados.

2.2.4.3 Custo de uso da terra

Este valor é usado somente quando o tipo de projeto florestal é o plantio comercial e a terra é valorizada na situação de referência.

O valor sugerido para o usuário é composto a partir do relatório Agriannual referente ao segundo semestre de 2016. Este relatório divide o Brasil em 133 regiões homogêneas e visa a fornecer informações sobre o mercado de dois terços de uso e ocupação de terras rurais de cada região. Ele segmenta as terras de cada região por tipo de uso e de produtividade e é frequentemente utilizado por basear avaliações de terras e florestas na ausência de levantamento de preços de terra de campo.

O valor sugerido pelo modelo é assim a média aritmética de custos anuais de arrendamento de terras para reflorestamento (quando este dado é disponível) e de outras terras de uso potencial para plantios florestais (geralmente pastagem de baixa produtividade) entre as diferentes regiões do Agriannual que compõem a mesorregião.

2.2.4.4 Maturidade do mercado florestal

O usuário deve escolher entre três níveis de maturidade, “Maduro”, “Fronteira” e “Incipiente”, cujas definições são dadas na Tabela 8 seguinte.

De forma geral:

- Os custos globais de silvicultura, colheita e transporte são os maiores em regiões onde o mercado é incipiente, e os menores onde o mercado é maduro.
- As florestas têm a maior produtividade em mercados maduros - porque as práticas florestais e os tipos de clones são consolidados - e a menor produtividade em mercados incipientes.

O modelo aplica incrementos aos custos de colheita e transporte em regiões de mercado de fronteira e incipiente em relação ao mercado maduro.

Para os custos e as produtividades florestais, o impacto da maturidade é embutido nos bancos de dados para cada mesorregião, cujo valor médio serve de sugestão ao usuário.

Tabela 8. Definição dos níveis de maturidade do mercado florestal

Nome	Definição	Incrementos de custos de colheita e transporte em relação a um mercado florestal maduro
Maduro	As práticas de silvicultura são consolidadas, e existe um mercado ativo de produtores, compradores e prestadores de serviços.	0%
Fronteira	Têm menos de 10 anos de silvicultura na região, e existem poucos produtores, compradores, prestadores de serviços.	20%
Incipiente	Não tem ainda plantios florestais.	50%

2.2.4.5 Preço de madeira de mercado

Este dado pode não estar disponível (em regiões de mercado florestal incipiente) ou estar desconhecido do usuário. Caso ele esteja informado, ele não é usado diretamente no cálculo mas serve de apoio para o usuário:

- Ele pode embasar o preço provável de venda da madeira
- Ele é comparado ao preço alvo de venda e preço provável de venda nas abas "Resultado" e "Relatório".

2.2.4.6 Taxa de retorno esperada

Trata-se da taxa de retorno esperada real (ou seja, deduzindo a taxa de inflação) e após os impostos de renda.

A sugestão corresponde ao padrão requerido por um investidor florestal para a mesorregião considerada. Esta sugestão resulta da aplicação do modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*, ou em Português, Modelo de Precificação de Ativos de Capital) com um fator de risco que reflete a maturidade do mercado regional, com as fórmulas:

Taxa de retorno =

Taxa de retorno de uma empresa florestal hipotética listada na bolsa
+
Prêmio de risco regional

E

Taxa de retorno de uma empresa florestal hipotética listada na bolsa =

Taxa de juros reais sem risco para um prazo de 15 anos
+
Prêmio de risco do mercado brasileiro de ações x Beta setorial

A escolha da taxa de juros de 15 anos para a taxa sem risco justifica-se porque isto corresponde a um projeto florestal de eucalipto padrão de um ciclo com duas rotações e a curva das taxas de juros no Brasil tem sido muito regular para prazos de 10 a 30 anos desde 2012.

Não existe no Brasil uma empresa somente de produção de madeira listada na bolsa e também não foi identificada nenhuma empresa que esteja conduzindo medições de beta setoriais. Por isso, usa-se como *proxy* os betas compilados por Damodaran por todos os mercados emergentes para os setores econômicos relacionados de empresas de papel e celulose – que são grandes consumidoras de madeira e muitas vezes produzem grande parte desta matéria-prima – e de fundos e empresas imobiliárias, porque o investimento florestal, que fornece uma renda regular, é muitas vezes comparado ao investimento imobiliário.

Desta forma, a taxa de retorno de uma empresa florestal hipotética listada na bolsa foi estimada em 9% (Tabela 9).

Tabela 9. Taxa de retorno de uma empresa florestal hipotética lista na bolsa brasileira

Categoria	Fonte	Valor
Taxa de juros real sem risco para um prazo de 15 anos	Média de 01/01/2012 até 31/08/2017 das taxas de compra de títulos do Tesouro Direto de maturidade cerca 15 anos, líquido de taxas e impostos.	4,22%
Prêmio de risco do mercado brasileiro de ações	Conforme Damodaran	9,64%
	Conforme Pablo Fernandez e al.	9,60%
	Média	9,62%
Beta setorial sem alavancagem e corrigido por caixa, conforme Damodaran	Papel e produtos florestais para países emergentes, conforme Damodaran	0,57
	Fundos e sociedades imobiliárias para países emergentes, conforme Damodaran	0,47
	Média	0,52
Taxa de retorno de uma empresa florestal hipotética listada na bolsa	Calculado pelo CAPM	9,22%
	Usado no custeio	9,00%

Os prêmios de risco regionais foram estimados a partir de entrevistas com investidores florestais efetivos e potenciais para obter uma taxa de retorno calculada efetivamente igual às expectativas dos investidores, considerando a possibilidade de contrato de venda ao longo prazo de toda a produção a uma empresa industrial (ou seja, foi considerado unicamente o risco de liquidez do ativo, em caso de uma necessidade de venda) e o risco ligado à organização e custos das operações de produção e risco de produtividade. Estes prêmios são iguais a 0 na maioria das regiões onde o mercado florestal é maduro (ou seja, na prática não tem prêmio de liquidez) e atingem 2 a 4% nas regiões do MAPITO e de mercados incipientes (Tabela 10). Ou seja, o prêmio de risco é maior quando:

- As práticas silviculturais não são consolidadas, de tal forma que existe um risco expressivo da produtividade ficar bem abaixo do previsto e/ou custos silviculturais acima do previsto.
- As infraestruturas são pouco desenvolvidas, de tal forma que existe um risco operacional de não sempre conseguir acesso às florestas para plantar ou colher, ou transportar a madeira colhida da floresta até o consumidor quando seria necessário (por exemplo, em período de forte chuva).

Tabela 10. Prêmio de risco regional

Mesorregião	Prêmio de risco regional
Mato Grosso do Sul	0%
Pampa Gaúcho	1%
Serra Gaúcha	1%
Paraná e Santa Catarina	0%
São Paulo	0%
Leste de Minas Gerais	0%
Oeste de Minas Gerais	0%
Norte ES e Sul BA	0%
Cerrado	2%
MAPITO	3%
Amazônia	4%

É importante ressaltar que a análise de risco não inclui o risco de mercado. Isto é adequado quando uma das seguintes condições é satisfeita:

- O projeto florestal está inserido num mercado florestal onde existem muitos compradores potenciais de madeira e a oferta e demanda estão ben equilibradas; ou
- A madeira é vendida através um contrato de longo prazo com volumes e preço de venda pré-estabelecidos e existe uma quase certeza que o comprado vai honrar as obrigações contratuais (por exemplo termelétrica tendo vendido a produção através um leilão regulado e operando na base).

Em todos os outros casos , pode existir um premio de risco de mercado.

2.2.5 Características físicas regionais

2.2.5.1 Isoietas

As isoietas (ou chuvas anuais médias) não são utilizadas diretamente no cálculo. Numa versão futura do custeio, a sugestão de produtividade de floresta poderia ser calculada a partir das isoietas.

As médias por mesorregião foram calculadas a partir dos mapas de linhas de isoietas disponibilizados pela Agencia Nacional das Águas, (ANA, 2016).

2.2.5.2 Relevo

O usuário pode escolher dentro de uma lista fechada de opções que vai de "Plano" a "Forte ondulado mais montanhoso", conforme a Tabela 11 seguinte.

Tabela 11. Definições das categorias de relevo

Nome	Intervalo de aclave - declive	Aclave médio usado nos cálculos de produtividade da operação de colheita
Plano	0 – 3%	0,0%
Suave Ondulado	3 – 6%	3,0%
Ondulado	6 – 12%	7,5%
Forte ondulado	12 – 20%	14,5%
Forte ondulado mais montanhoso	20 – 40%	28,5%

O relevo mais acentuado reduz expressivamente o rendimento das operações de colheita e pode até impedir a mecanização das operações. O modelo considera a seguinte equação

Rendimento (Relevo R) =

$$\text{Rendimento (plano)} \times (1 - \alpha R)$$

Onde α é tabulado com valores distintos para os diferentes sistemas de colheita.

2.2.6 Cronograma e manejo florestal

Nesta etapa, são definidas as características da organização da produção da madeira em pé, que completam as definições anteriores do tipo de projeto florestal e do prazo de produção.

2.2.6.1 Número de rotações por ciclo

O número pode variar de 1 a 4:

- Para o plantio comercial, 2 é geralmente considerado o valor dando a maior rentabilidade financeira. O ganho de custos silviculturais mais do que compensa a perda de produtividade entre a primeira e a segunda rotação, que fica limitada quando acontecer. As terceira e quarta rotações têm os mesmos custos silviculturais do que a segunda rotação, porém, têm uma produtividade florestal significativamente menor. Adicionalmente, o desenvolvimento de novos clones

com maior produtividade e/ou resistência às pragas – incluindo para regiões de mercado florestal maduro – justifica trocar os plantios após duas rotações.

- Para o plantio em reserva legal, 3 é o máximo na prática, porque a lei somente autoriza a exploração de madeira neste caso durante 20 anos após o plantio.

2.2.6.2 Prazo de cada rotação

O prazo fixado é idêntico para todas as rotações, de plantio ou de rebrota. É um número inteiro de anos, podendo variar de 5 a 10 anos.

O ótimo de rentabilidade é geralmente para 6 ou 7 anos. Abaixo de 5 anos, a perda de rentabilidade é importante porque as florestas ainda não tiveram tempo de se desenvolver, além de algumas características da madeira afetarem os processos industriais de maneira negativa, como a baixa densidade da madeira em estágios iniciais de desenvolvimento. Acima de 10 anos, o corte de madeira para fins de processo industrial ou de geração de energia fica difícil, e a redução da taxa de crescimento florestal não compensa o incremento de custos fixos.

2.2.6.3 Prazo inicial de plantio

A planilha somente funciona se o prazo inicial de plantio for inferior ou igual ao prazo esperado de produção, e também ao prazo de rotação, o que corresponde a prática geral.

Plantar em vários anos permite ter uma produção de madeira mais homogênea ao longo do tempo, e reduz os custos de investimento.

2.2.6.4 Prazo de um ciclo

O prazo de um ciclo é calculado automaticamente como o produto entre o número de rotações por ciclo e o prazo de uma rotação.

2.2.6.5 Prazo efetivo do projeto florestal desde o início

Se o plantio for comercial, o prazo efetivo é dado pela fórmula:

Prazo efetivo =

Prazo de uma rotação (ou seja, prazo entre plantio e 1ª colheita)
+
Prazo esperado de produção

Se o plantio for em reserva legal, a lei impõe que a reserva legal esteja 100% restituída à floresta nativa em ao máximo 20 anos. Na prática, é também pouco provável a realização de mais de 1 ciclo de produção com eucalipto, de tal forma que se aplica a fórmula:

Prazo efetivo = Mínimo de

20 anos

Prazo inicial de plantio + prazo esperado de produção

Prazo inicial de plantio + prazo de um ciclo

2.2.6.6 Densidade de plantios de eucalipto

A densidade de plantios de eucalipto é definida automaticamente pelo custeio em função da mesorregião e do tipo de projeto florestal, conforme a Tabela 12.

Tabela 12. Densidade de plantio de eucalipto

Mesorregião	Número de mudas de eucalipto por hectare			
	Plantio comercial com manejo de rebrota	Plantio comercial sem manejo de rebrota	Recomposição de Reserva Legal – 50% de eucalipto	Recomposição de Reserva Legal – 25% de eucalipto
Mato Grosso do Sul	1.143	1.143	571	286
Pampa Gaúcho	1.667	1.667	833	417
Serra Gaúcha	1.667	1.667	833	417
Paraná e Santa Catarina	1.667	1.667	833	417
São Paulo	1.143	1.143	571	286
Leste de Minas Gerais	1.143	1.143	571	286
Oeste de Minas Gerais	1.143	1.143	571	286
Norte ES e Sul BA	1.143	1.143	571	286
Cerrado	1.000	1.000	500	250
MAPITO	1.000	1.000	500	250
Amazônia	1.000	1.000	500	250

Para todas as regiões excluindo o Cerrado e a Amazônia, onde o mercado florestal é incipiente, considerou-se a densidade que corresponde ao manejo o mais comum hoje para maximizar a produção de madeira de processo ou para fins energéticos.

Para o Cerrado e a Amazônia, foi adotada a mesma densidade do que para o Cerrado, por comparação das condições edafoclimáticas.

Vale ressaltar que:

- Quando o projeto florestal é de recomposição de reserva legal, o eucalipto coexiste com árvores nativas. Por exemplo, se o projeto estiver no Cerrado com 50% de eucalipto, serão também plantadas, na média, 500 árvores nativas por hectare de reserva recomposta.
- Quando a situação de referência é a recomposição de reserva legal com 100% de árvores nativas, considerou-se que a densidade de replantio é 50% da densidade de plantios de eucalipto num plantio comercial. Assim, no Cerrado, isto iria corresponder a 500 árvores nativas por hectare recomposto.

2.2.7 Características físicas da madeira do projeto

É necessário definir os fatores de conversão entre volume, peso verde e conteúdo energético.

O custeio faz as seguintes escolhas para o usuário:

- A espécie de *Eucalyptus* considerada é somente *E. urograndis*, clone nascido do cruzamento entre *E. grandis* e *E. urophylla*, e hoje a espécie a mais plantada no Brasil. Uma versão futura do modelo poderia incluir outras espécies de eucalipto, especialmente algumas espécies bem adaptadas para alguns usos específicos.
- O volume de madeira é sempre incluindo a casca, de tal forma que com a escolha de *E. urograndis*, a densidade seca média de referência é 0,45 t/m³ aos 7 anos e o poder calorífico inferior de referência é 18 GJ / tonelada seca.
- A densidade seca das árvores aumenta com a idade, esta relação é bem aproximada por:

Densidade seca (idade N) =

$$\text{Densidade seca 7 anos} * [1 + 0,03 * (n - 7)]$$

- A umidade representa o peso da água em relação ao peso total da madeira, de tal

forma que a densidade verde é automaticamente calculada pela equação:

Densidade verde =

$$\text{Densidade seca} / (1 - \text{Umidade})$$

- Embora existam várias equações para calcular o teor energético de madeira úmida a partir do teor de madeira seca, equação geralmente utilizada é a seguinte:

Teor energético (GJ por tonelada verde) =

$$\text{Teor energético por tonelada seca} \times (1 - \text{Umidade}) - 2,33 * \text{Umidade}$$

- Embora o mercado florestal brasileiro esteja mais acostumado a representar o conteúdo energético em kcal/kg, o custeio indica o conteúdo em MWh/m³, calculado como:

Teor energético da madeira verde (MWh/m³) =

$$\text{Teor energético (GJ por tonelada verde)} \times \text{densidade verde} / 3,6$$

No caso de queima de madeira para produção de energia térmica ou elétrica, é comum para o fornecedor de equipamento ou da usina (no caso de um contrato *turnkey*) comunicar o rendimento energético (em %). O usuário pode assim rapidamente estimar o consumo específico de madeira em m³ conforme a equação:

Consumo específico (m³/MWh produzido) =

$$\text{Teor energético da madeira verde (MWh/m³)} / \text{Rendimento energético}$$

Assim, o único parâmetro do quadro 4b a ser escolhido pelo usuário é a umidade média que:

- Geralmente vai de 45 a 55% para venda em pé ou carregada no caminhão;
- Pode cair até 30 - 35% para outras modalidades de venda, se a cadeia logística incluir um prazo de armazenamento em pilha antes do transporte até o consumidor.

2.2.8 Produtividade das florestas

2.2.8.1 Índice de sítio

A produtividade de uma floresta depende do conjunto de (i) condições edafoclimáticas, (ii) escolha da espécie e do clone, (iii) práticas silviculturais (em termos de uso de irrigação, adubo, etc.) e (iv) densidade / espaçamento dos plantios. O índice de sítio permite agrupar o impacto dos dois primeiros tipos de fatores, considerando o uso das práticas silviculturais as mais adequadas e a primeira rotação (ou seja, a produção após o plantio).

Com o índice de sítio e o espaçamento dos plantios, o modelo Florexcel desenvolvido pela Universidade Federal do Paraná a partir da compreensão da biologia do crescimento do eucalipto e de bancos de dados, permite calcular o volume de madeira disponível com qualquer idade e qualquer densidade de plantios para uma floresta comercial conforme o Anexo A.

Assim, a partir da densidade de plantios imposta pelo modelo e do índice de sítio indicado pelo usuário, o modelo calcula automaticamente o Incremento Médio Anual (IMA) aos 7 anos, já que 7 anos é a idade de corte comumente praticada pelo mercado (Tabela 13).

Tabela 13. Incremento Médio Anual aos 7 anos em função da densidade de plantio e do índice de sítio de plantios convencionais de eucalipto, conforme o modelo Florexcel

Índice de sítio	IMA 7 anos função da densidade de plantios (m ³ /ha.ano)			
	1667	1143	1000	833
28,5	23,9	16,8	15,2	14,7
29,0	24,9	17,6	16,0	15,5
29,5	26,0	18,5	16,8	16,2
30,0	27,1	19,3	17,6	17,0
30,5	28,2	20,2	18,5	17,8
31,0	29,4	21,1	19,4	18,6
31,5	30,5	22,0	20,3	19,4
32,0	31,7	22,9	21,2	20,2
32,5	32,9	23,9	22,1	21,1
33,0	34,1	24,8	23,1	22,0
33,5	35,4	25,8	24,1	22,8
34,0	36,6	26,8	25,1	23,8
34,5	37,9	27,8	26,1	24,7
35,0	39,2	28,9	27,1	25,6
35,5	40,4	29,9	28,2	26,6
36,0	41,8	31,0	29,2	27,6
36,5	43,1	32,1	30,3	28,6
37,0	44,4	33,2	31,4	29,6
37,5	45,8	34,3	32,5	30,6
38,0	47,1	35,4	33,7	31,6
38,5	48,5	36,6	34,8	32,7
39,0	49,9	37,8	36,0	33,8
39,5	51,3	38,9	37,2	34,9

Fonte: Florexcel

O usuário deve verificar que o IMA aos 7 anos obtido é coerente com os valores regionais – na medida do possível – e se não for o caso, decidir se vale a pena ajustar o índice de sítio escolhido.

A razão por escolher com dado de produtividade o índice de sítio, e não o IMA aos 7 anos, e que assim, numa versão futura do custeio, seria possível ampliar a escolha de tipo de manejo, por exemplo deixando a possibilidade de mudar a densidade de plantios.

2.2.8.2 Relação de produtividade entre rotações

O modelo de custeio calcula a produção de madeira para 1 hectare manejado da seguinte forma:

Para a rotação 1:

Produção (1) =

Proporção da área manejada efetivamente coberta com eucalipto
X

Produção por hectare conforme o modelo Florexcel para o índice de sítio, a densidade de plantios e o prazo da rotação informados

X

Fator de correção da rotação 1 em relação ao padrão definido por Florexcel

Para as rotações $N = 2, 3$ ou 4 , se existirem

Produção (N) =

Produção (N – 1)
X

Fator de Correção N em relação a N – 1

Os fatores de correção sugeridos para o usuário são independentes da mesorregião e são resumidos na Tabela 14 abaixo. Eles foram estabelecidos da seguinte forma:

- Fator de correção para a rotação 1:
 - Por definição, o plantio comercial corresponde ao regime padrão e assim, o fator de correção para a rotação 1 neste caso é naturalmente 100%.
 - Para a recomposição de reserva legal, como não existem dados de referência, considera-se prudente adotar um fator de correção de 80% para considerar as possíveis perdas de produtividade ligadas a interações desfavoráveis do eucalipto

com as espécies nativas plantadas a proximidade, limitações de manejo (uso de agroquímico, por exemplo) que poderiam ser impostas por órgãos ambientais, e dificuldades operacionais ligadas a um arranjo descontínuo (necessidade de abandonar algumas árvores, por exemplo, ligadas a dificuldade de extração sem danificar as árvores nativas).

- Fatores de correção para as rotações de rebrota de plantio comercial:
 - Conforme já indicado, para um plantio comercial com manejo de rebrota, a produtividade da segunda rotação (primeira rebrota) varia entre 80% e 110% da produtividade da primeira rotação. O valor sugerido de 100% corresponde à opinião dos peritos em relação à produção de madeira para geração de energia, quando a morfologia e o diâmetro dos fustes oriundos da rebrota não impactam o potencial de uso da madeira, o que permite manter um maior número de fustes por toco e assim garantir uma alta produtividade.
 - Para outras rotações (3ª e 4ª com manejo de rebrota, 2, 3ª e 4ª sem manejo de rebrota), existem poucos dados quantitativos e as sugestões foram estimados a partir da experiência acumulada no campo.
- Fatores de correção para as rotações de rebrota em reserva legal: não existem dados. Assim, as sugestões foram estimadas por um comitê de peritos por comparação com as estimativas dos plantios comerciais.

Tabela 14. Relação de produtividade entre rotações conforme o modelo de projeto florestal

Nome	Rotação 1 /	Rotação 2 /	Rotação 3 /	Rotação 4 /
	Rotação 1 padrão	Rotação 1	Rotação 2	Rotação 3
Comercial com manejo de rebrota	100%	100%	80%	80%
Comercial sem manejo de rebrota	100%	70%	70%	70%
Recomposição de RL - 50% eucalipto	80%	80%	80%	
Recomposição de RL - 25% eucalipto	80%	80%	80%	

2.2.9 Custos de preparação do projeto florestal

Estes custos ocorrem por parte no início do projeto florestal e por parte pouco antes do primeiro plantio (o que pode não coincidir com o início do projeto florestal, se o projeto for implantado em vários anos).

Os custos de preparação são o licenciamento, a cerca, e preparação do solo. Considera-se que eles são idênticos para o projeto florestal de recomposição de reserva legal com plantio de eucalipto e a situação de referência de recomposição de reserva legal com 100% de plantios de árvores nativas.

2.2.9.1 Licenciamento

O licenciamento é um pré-requisito para o planejamento de um empreendimento florestal e em alguns estados pode ser fator limitante da sua implantação, como por exemplo, no Rio Grande do Sul, onde a disponibilidade de áreas para silvicultura já está previamente delimitadas por micro bacias hidrográficas.

As diretrizes do licenciamento ambiental são definidas na esfera Federal, porém, os são os estados que estabelecem os procedimentos operacionais para a regularização do licenciamento. Neste aspecto, observam-se algumas variações no entendimento dos órgãos ambientais estaduais no sentido de exigir estudos com maior ou menor detalhamento para o licenciamento de empreendimentos florestais considerando as características regionais (socioambientais) distintas.

Desta forma, os custos do licenciamento variam em função destas variações de exigências, em casos de EIA/RIMA os custos podem aumentar significativamente, enquanto quando os estudos são simplificados, os custos são inferiores. Considerando somente os custos de estudos técnicos, estima-se que o custo de licenciamento varia de R\$5,00 a R\$ 10,00 por ha e considerando um valor mínimo, independente da área plantada, de aproximadamente R\$ 5.000 reais. Estes valores foram obtidos em ligações com produtores florestais.

Adicionalmente, há ainda os custos decorrentes do pagamento de taxas de licenciamento que são estabelecidos por lei e devem ser pagas aos órgãos ambientais. Esta taxa é variável de 1% a 5% do valor do empreendimento, mas também pode ser negociada no processo de licenciamento em função da complexidade do empreendimento. Pequenos empreendimentos podem até ser isentos da taxa.

2.2.9.2 Cerca

O custo da cerca é geralmente estimado com o custo por metro multiplicado pelo comprimento da cerca ser instalada.

O custo por hectare sugerido de R\$ 10 por metro provém de entrevistas e de um levantamento de dados secundários e entrevistas com empresas florestais.

2.2.9.3 Preparo do solo

O preparo do solo inclui a remoção de vegetação, a subsolagem, o coveamento e a correção do solo.

O valor sugerido provém de valores médios regionais (Tabela 15).

Tabela 15. Custos médios de prepara do solo por mesorregião

Mesorregião	R\$/ha	
	Comercial convencional	Reserva legal
Mato Grosso do Sul	680	290
Pampa Gaúcha	671	N/D
Serra Gaúcha	738	1.324
Paraná e Santa Catarina	723	1.324
São Paulo	899	1.324
Leste de Minas Gerais	775	1.324
Oeste de Minas Gerais	697	305
Norte ES e Sul BA	766	830
Cerrado	723	290
MAPITO	723	289
Amazônia	757	289

2.2.9.4 Custos indiretos de manejo do empreendimento florestal

Os custos indiretos incluem os seguintes componentes:

- Custos administrativos
- Custos de monitoramento e manutenção do licenciamento ambiental
- Certificação florestal (quando existir)
- Planejamento florestal
- Pesquisa & Desenvolvimento
- Mapeamento
- Manutenção de cerca e estradas
- Prevenção contra os incêndios
- Seguro
- Impostos sobre a propriedade
- Serviços terceirizados (tais quais: inventário, avaliação, contabilidade, etc.)

Estes custos são descritos pela seguinte equação:

Custos indiretos =

Custos fixos

+

Custos ambientais considerados proporcionais à área manejada

+

Outros custos considerados proporcionais à área manejada

Os valores sugeridos são função do modelo de gestão e do tipo de projeto florestal, conforme a Tabela 16.

Tabela 16. Custos indiretos sugeridos

Categoria de custos	Estrutura de manejo		Unidade	Casos onde estes custos não entram no cálculo
	Reduzida	Empresa ou Fundo		
Custos indiretos fixos do projeto florestal	5.000	100.000	R\$/ano	Quando o projeto florestal é uma recomposição de reserva legal e a situação de referência é uma regeneração natural com monitoramento ou uma recomposição com plantio de árvores nativas
Custos variáveis de monitoramento ambiental de plantio comercial	5	10	R\$/ha plantado / ano	Não existe
Custos variáveis de monitoramento ambiental de reserva legal em fase de recomposição	190	190	R\$/ha reserva legal recomposta / ano	Quando o projeto florestal é uma recomposição de reserva legal e a situação de referência é uma regeneração natural com monitoramento ou uma recomposição com plantio de árvores nativas
Custos indiretos variáveis de um plantio comercial e não ligados ao monitoramento ambiental	45	190	R\$/ha plantado / ano	Não existe
Custos indiretos variáveis em região de reserva legal ativamente recomposta e não ligados ao monitoramento ambiental	45	190	R\$/ha reserva legal recomposta / ano	Quando o projeto florestal é uma recomposição de reserva legal e a situação de referência é uma recomposição com plantio de árvores nativas

2.2.10 Custos de operação florestal

É um padrão do mercado para a modelagem financeira de descartar hoje qualquer efeito de escala no custo das operações silviculturais, e de considerar todos os custos estritamente proporcionais à área plantada. Isto é porque os ganhos de escala sobre os custos de compra de insumos e a mão de obra tem um impacto relativamente limitado em comparação ao impacto das variações de práticas silviculturais, escolha de fornecedor de insumos, variações de salário de uma região para a outra, possibilidade de mecanização das operações em função do relevo, do arranjo das árvores, etc.

As operações de silvicultura podem ser classificadas em 6 grandes categorias:

- Plantio: isto ocorre no início de cada novo ciclo e os custos incluem principalmente as mudas e a mão de obra. O custeio considera que os custos se mantêm idênticos para sucessivos ciclos – se tiverem. Esta premissa é geralmente verdadeira para o segundo ciclo, porque é possível plantar entre os tocos do ciclo anterior, porém para outros ciclos, custos de remoção dos tocos

deveriam estar incluídos. Na prática, o impacto desta omissão é desprezível.

- Manejo de broto: isto ocorre no primeiro ano após a colheita de uma rotação, se este ano for o início de uma nova rotação dentro do mesmo ciclo. Esta etapa corresponde à eliminação dos brotos em excesso e a replantios pontuais dentro de uma área.
- Irrigação: isto ocorre no primeiro ano de cada novo ciclo, após o plantio, até que as raízes estejam suficientemente desenvolvidas para atingir fontes de água dentro do solo. Esta operação é desnecessária para as rotações 2, 3 ou 4 do ciclo.
- Fertilizante: o fertilizante é principalmente aplicado no ano do plantio, outras aplicações podem ocorrer até 5 anos após o plantio.
- Controle de mato: herbicidas são principalmente aplicados no ano de plantio; outras aplicações podem ocorrer até que a cobertura das árvores se fecha, geralmente até 2 anos de idade.
- Controle de pragas: esta operação é praticada ao longo da vida dos plantios

No caso de manejo ativo de rebrota para manter alta produtividade florestal, os custos ligados à aplicação de todos agroquímicos se mantêm com níveis comparáveis entre a rotação de rebrota e a primeira rotação. Se a rebrota não for ativamente manejada, será necessário ao mínimo controlar as pragas para não comprometer a floresta.

Os valores sugeridos ao usuário são detalhados da Tabela 61 à Tabela 68 no Anexo B. Os totais até o sétimo ano são resumidos para o plantio comercial convencional na Tabela 17 e para o plantio em reserva legal na Tabela 18.

Os valores provêm:

- Para as regiões de mercado florestal maduro ou fronteira.
- Para os mercados incipientes a estimativa dos custos baseou-se nos mercados maduros e de fronteira com ajustes relacionados à: (I) condições edafoclimáticas, ajustes de manejo como por exemplo maior número de irrigações para regiões mais secas, (II) relevo, com penalização do rendimento de operações em função da declividade, (III) características regionais, como aumento dos custos de mato competição em função de características da vegetação pertencente à mesorregião e (IV) características econômicas, representada pelo custo da mão de obra, insumos, etc.

Considerou-se que as operações silviculturais de recomposição de reserva legal:

- Poderão ser parcialmente mecanizadas, em média, para a recomposição com 50% de eucalipto, em mesorregiões planas enquanto elas serão 100% manuais em outras mesorregiões (a razão é que os donos florestas tendem a selecionar para reservas legais as zonas menos favoráveis para implantação da cultura, particularmente as regiões de maior aclive, onde a mecanização é mais difícil: tais zonas são mais frequentes em regiões de relevo ondulado);
- Serão 100% manuais para a recomposição com 100% de árvores nativas.

Tabela 17. Custo total da silvicultura por mesorregião, regime e rotação até o sétimo ano para o plantio convencional

Mesorregião	R\$/ha			Relevo
	Plantio	Rebrota com manejo	Rebrota sem manejo	
Mato Grosso do Sul	5.799	3.856	891	Plano
Pampa Gaúcha	5.167	3.110	775	Plano
Serra Gaúcha	5.301	3.295	833	Suave Ondulado
Paraná e Santa Catarina	5.128	3.244	805	Suave Ondulado
São Paulo	6.446	4.016	932	Suave Ondulado
Leste de Minas Gerais	6.721	4.265	1.119	Ondulado
Oeste de Minas Gerais	6.319	4.015	1.041	Ondulado
Norte ES e Sul BA	6.094	4.049	1.143	Ondulado
Cerrado	7.543	4.540	1.370	Plano
MAPITO	7.061	4.443	1.252	Plano
Amazônia	6,456	4.437	1.313	Plano

Tabela 18. Custo total da silvicultura por mesorregião, arranjo e rotação até o sétimo ano para o plantio em reserva legal

Mesorregião	R\$/ha					Relevo
	50% euc 1º rot	50% euc 2º rot	25% euc 1º rot	25% euc 2º rot	100% árv nat.	
Mato Grosso do Sul	8.355	4.524	10.456	2.262	9.552	Plano
Pampa Gaúcha	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	Plano
Serra Gaúcha	13.263	9.406	14.415	4.703	12.844	Suave Ondulado
Paraná e Santa Catarina	13.263	9.406	14.415	4.703	12.844	Suave Ondulado
São Paulo	12.190	9.406	12.937	4.703	11.902	Suave Ondulado
Leste de Minas Gerais	12.190	9.406	12.937	4.703	11.902	Ondulado
Oeste de Minas Gerais	8.273	5.860	8.914	2.930	7.985	Ondulado
Norte ES e Sul BA	10.111	4.049	11.345	2.025	9.692	Ondulado
Cerrado	8.355	4.540	10.456	2.720	9.552	Plano
MAPITO	7.098	4.443	8.682	2.222	8.567	Plano
Amazônia	7.098	4.433	8.682	2.222	8.567	Plano

2.2.11 Custos de colheita

Caso a colheita esteja incluída nas responsabilidades do vendedor da madeira, o usuário pode definir um intervalo provável para o custo de colheita.

Caso o usuário não defina tal intervalo, o custeio escolhe a combinação a mais econômica dentro do universo de 3 sistemas de colheita x 2 organizações e de um conjunto de restrições.

Os três sistemas são:

- Colheita “*full tree*” praticada com o conjunto de equipamentos *feller buncher* + *skidder* + garra traçadora: o sistema é caracterizado pelo corte da madeira, remoção do talhão e processamento em local previamente definido, geralmente, laterais das estradas ou pátios temporários. Ele exige elevado índice de mecanização, alcança grandes produtividades, e é aplicado para colheita de grande porte. O *feller buncher* corta, acumula e derruba várias árvores ao mesmo tempo. O *skidder* é um trator florestal articulado responsável por retirar árvores cortadas pelo *feller buncher* do interior do talhão até a beira da estrada; ele pode realizar o arraste de árvores individuais ou em feixes por meio de duas ferramentas: pinça hidráulica ou cabo. A garra traçadora realiza a toragem da madeira e o empilhamento, deixando as toras prontas para o carregamento (Figura 9).
- Colheita “*cut to length*” praticada com o conjunto de equipamentos *harvester* + *forwarder*: o sistema é caracterizado pelo processamento da árvore no local de corte e derrubada, sendo realizada ali a operação de processamento, que é composta pelo desganhamento e descascamento (quando houver necessidade) e ainda o corte das árvores em toras com comprimento que pode variar de 1 a 7 metros. Este sistema exige menor grau de mecanização, facilita o deslocamento a pequenas distâncias, diminui a agressão ao meio ambiente, e tem produtividade intermediária. O *harvester*, composto, em sua essência, por uma máquina base automotriz adaptada sobre pneus ou esteiras, uma lança ou braço mecânico/hidráulico e um implemento (cabeçote) em sua extremidade, pode executar, sequencialmente, as operações de corte da árvore, derrubada, desganhamento, descascamento, traçamento e formação de pilhas de toras. O *forwarder* é responsável pela remoção das toras e desloca-se sobre a camada de resíduos (galhos, cascas e folhas) deixados pelo *harvester*, durante a operação de processamento (Figura 10).
- Corte manual: com motosserra e trator (Figura 11).

Figura 9. Sistema *full tree*: *feller buncher*, *skidder* e *garra traçadora*



Figura 10. Sistema *cut to length*: *harvester* e *forwarder*



Figura 11. Sistema de corte manual: *motosserra* e *trator*



As duas organizações são:

- A internalização das operações, que permite reduzir o gasto ligado à margem de lucro e deduções e impostos do fornecedor de serviços no caso de uma terceirização, mas impõe o pagamento de recursos de equipamento e mão de obra o ano inteiro, incluindo quando tais recursos seriam realmente necessários parte do ano, considerando o volume a ser colhido;
- A terceirização das operações.

As restrições potenciais são:

- Técnicas: em reserva legal, considerou-se que somente se poderá usar o corte manual;
- Ligadas à maturidade do mercado florestal: considerou-se que em mercados incipientes onde não existem hoje prestadores de serviços nem operadores de máquina qualificados, as colheitas “*full tree*” ou “*cut to length*” deveriam ser internalizadas;
- Definidas pelo usuário que pode impor a internalização, a terceirização se em mercado maduro, ou deixar efetivamente o modelo escolher a melhor opção dentro das restrições técnicas e de maturidade do mercado florestal.

As premissas quantitativas que permitem a escolha da combinação e o cálculo do custo de colheita são descritas no parágrafo 2.3.3 Modelos de colheita na página 55.

2.2.12 Custos de transporte

Caso o transporte esteja incluído nas responsabilidades do vendedor da madeira, o usuário pode definir um intervalo provável para o custo de transporte.

Caso o usuário não defina tal intervalo, o custeio escolhe a combinação mais econômica dentro do universo de 3 sistemas de transporte x 2 organizações e de um conjunto de restrições.

Os três sistemas são:

- Tri-trem, formado por três semirreboques interligados: ele tem a maior carga líquida entre os sistemas de transporte de madeira (50 t) e é utilizado quando as estradas são largas e em relevo relativamente plano. É hoje o sistema o mais usado pelas grandes empresas de celulose (Figura 12).
- Bi-trem, formado por dois semirreboques interligados: a carga líquida é intermediária (38 t) (Figura 13).
- Carreta, composto de um semirreboque, e com a menor carga líquida. A carreta é hoje reservada para regiões de baixa acessibilidade, porque as estradas são muito estreitas ou tem relevo acentuado (Figura 14).

Figura 12. Sistema Tri-trem



Figura 13. Sistema Bi-trem

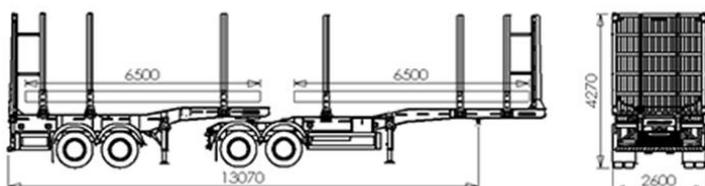
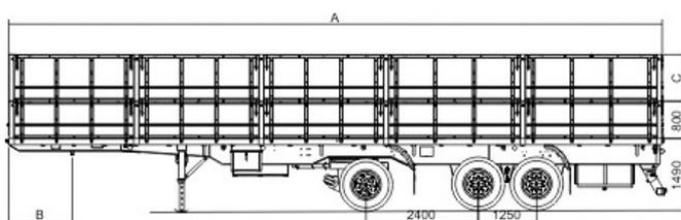


Figura 14. Sistema de carreta



As duas organizações são:

- A internalização das operações, que permite reduzir o gasto ligado à margem de lucro e deduções e impostos do fornecedor de serviços no caso de uma terceirização, mas impõe o pagamento de recursos de equipamento e mão de obra o ano inteiro, incluindo quando tais recursos seriam realmente necessários parte do ano, considerando o volume a ser colhido;
- A terceirização das operações.

As restrições potenciais são:

- Técnicas: em algumas regiões, somente se consegue usar carretas, em outras bi-trem e carretas, e em outras, os três sistemas;

Definidas pelo usuário que pode impor a internalização, a terceirização, ou deixar efetivamente o modelo escolher a melhor opção dentro das restrições técnicas.

O sistema de maior carga que pode ser efetivamente utilizado deve ser dado como premissa. O custeio faz uma sugestão em função da mesorregião selecionada.

O usuário deve também definir a distância de transporte da floresta à fábrica, e as velocidades médias de idas e volta. O custeio faz as sugestões seguintes:

- Para a distância: 50 km
- Para a velocidade média sem carga: 50 km/h
- Para a velocidade média com carga: 30 km/h.

2.2.13 Deduções

As deduções sobre as vendas da madeira podem ser classificadas em três grandes categorias:

- As deduções que sempre se aplicam:
 - PIS (Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público)
 - COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social)
- As deduções que a princípio se aplicam sempre, porém poderiam sofrer exceção no futuro. É o caso do FUNRURAL (Contribuição ao Fundo de Assistência ao Trabalhador Rural), que o Supremo Tribunal Federal havia declarado inconstitucional quando o empregador é uma pessoa física em 2011, mas declarou constitucional em março de 2017.
- Deduções que se aplicam na minoria das situações. É o caso do ICMS (Imposto sobre a Circulação de Mercadoria e Serviços), que é recolhido somente para vendas entre Estados.

O modelo financeiro define automaticamente o regime de PIS e COFINS assim como o regime dos impostos de renda CSLL (Contribuição Social sobre o Lucro Líquido) e IRPJ (Imposto de Renda de Pessoa Jurídica) optando pelos mais favoráveis, em função das possibilidades deixadas abertas pelo nível de faturamento bruto.

Assim, o usuário da planilha pode escolher as taxas de FUNRURAL e de ICMS que vão se aplicar às vendas de madeira. Ele pode também definir a taxa média de ICMS que se aplica sobre as compras de insumos e serviços, o que terá um impacto sobre o resultado do modelo financeiro somente se a taxa de ICMS sobre as vendas é diferente de zero.

2.3 Premissas não modificáveis pelo usuário

2.3.1 Modelos florestais

A principal premissa não modificável é o conjunto de tabelas dando a produtividade de um plantio comercial em função do índice de sítio, densidade de plantio e idade, conforme já mostrado na Tabela 13.

2.3.2 Modelos para trabalhadores

O custo unitário dos trabalhadores precisou ser definido para calcular o custo das operações de colheita e de transporte, quando tal cálculo for relevante (lembra-se que para as operações silviculturais, as médias regionais já incorporam os efeitos dos salários e organização dos trabalhadores).

Portanto, considerou-se 3 categorias de trabalhadores, cujo salário mensal e custo global em relação ao Estado de São Paulo conforme a Tabela 19 a seguir:

Tabela 19. Custo de Operadores de Colheita e Transporte no Estado de São Paulo

Categoria de funcionário	Salário (R\$/mês)	Custo global (R\$/ano)
Motorista	1.700	45.780
Operador de motosserra	2.200	57.480
Operador de máquina de colheita	2.700	69.180

Cada trabalhador tem um tempo útil máximo de 1.518 horas ao ano (Tabela 20), o resto do tempo corresponde a ausências não planejadas, treinamento, etc. A organização das operações, e efeitos de escala, se manifestam na capacidade de transformar o tempo útil máximo em tempo útil efetivo.

Tabela 20. Cálculo do tempo útil máximo dos trabalhadores

Item	Valor
Trabalho por semana	44 horas
Semanas por ano	46
Proporção útil máxima	75%
Tempo útil máximo	1.518 horas/ano

2.3.3 Modelos de colheita

2.3.3.1 Do custo da operação de colheita ao custo total de colheita

O custo total de colheita foi modelizado a partir da seguinte equação:

Custo total de colheita =

$$\text{Custo da operação} / (1 - \text{taxa de administração}) / (1 - \text{margem de lucro de terceirização})$$

Os valores utilizados pelo custeio são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21. Premissas de taxa de administração e margem de lucro de terceirização para a operação de colheita

Organização da colheita	Taxa de administração	Margem de lucro de terceirização
Internalizada	10%	-
Terceirizada	10%	15%

2.3.3.2 Organização da operação

Considera-se um modelo único de organização da produção, conforme praticado atualmente pelo mercado florestal (Tabela 22):

- Quando a produção é terceirizada, considera-se que a mão de obra e os equipamentos são utilizados a 100% da capacidade efetiva, independentemente do porte do projeto florestal, porque existem outros clientes que podem completar a atividade ao longo do ano. Assim, a colheita paga efetivamente somente o que ela utiliza.
- Quando a produção é internalizada, considera-se que o empreendimento funciona com o número de funcionários e equipamentos inteiro e mínimo para garantir a colheita, mas que não existe atividade alternativa enquanto não precisa colher, ou seja, a colheita paga também o tempo ocioso dos funcionários e a depreciação dos equipamentos ociosos.

Tabela 22. Organização da colheita

Item	Valor
Tempo por turno	8,8 horas
Número de turnos máximo por dia	2
Número de dias por semana	6
Número de semanas ao ano	50
Tempo de produção máximo por ano	5.280 horas
Número máximo de equipes por equipamento	4

2.3.3.3 Características técnico-econômicas dos diferentes sistemas de colheita

O número de máquinas é dado para terceirização em mercados maduros

Número de equipamentos =

Número de horas de colheita / Tempo útil

Em mercados não maduros ou se a operações são internalizadas, o número de máquinas é dado por:

Número de equipamentos =

Arrendado ao valor sup de (Número de horas de colheita / Tempo útil)

A calibração do número de equipamentos de colheita pode ser feita considerando somente a primeira rotação, porém considerou-se a média entre a 1ª e a 2ª rotação do 1º ciclo, quando a 2ª rotação existir, porque na prática, o dono do empreendimento florestal tentaria regular a variação de demanda entre as rotações com horas extras ou reduzidas, e não com o ajuste do número de funcionários ou equipamentos.

O número de horas de colheita de uma rotação é dado por:

Número de horas de colheita =

Volume a ser colhido / Produtividade horária

Onde a produtividade horária é calibrada a partir da produtividade numa condição padrão (por exemplo: com fustes de volume médio individual (VMI), de 0,2 m³ em terreno plano), o VMI efetivo e o relevo graças à equação:

Produtividade horária =

Produtividade (VMI = 0,20 m³; plano)

X

(P0 + P1 x ln (VMI))

X

(1 – perda de produtividade quando o aclave cresce 1%) ^ aclave médio

A equação anterior e os parâmetros calibrados para plantios comerciais são apresentadas na Tabela 23. Para o sistema manual em reserva legal, não foram encontradas informações e considerou-se que a dificuldade de operacionalizar a extração das toras de eucalipto poderia reduzir a uma queda de 50% da produtividade em relação à colheita manual para um plantio comercial convencional.

Tabela 23. Dados de cálculo das produtividades por sistema

Sistema de colheita	Produtividade padrão com VMI = 0,2 m ³ /arv (m ³ /hora)	P0	P1	Perda de produtividade 1% aclave
Full tree	122	2,15	0,71	4%
Cut to length	33	2,15	0,71	4%
Manual - plantio comercial	4	2,15	0,71	1%
Manual em RL	2	2,15	0,71	4%

O tempo útil para os equipamentos é dado por:

Tempo útil =

[Tempo de produção máximo por ano (5.280 horas conforme a Tabela 22 – Tempo de mobilização / desmobilização]

X

Taxa de utilização potencial

Onde a taxa de utilização potencial é calculado a partir de:

Taxa de utilização potencial =

Disponibilidade mecânica X Eficiência operacional

Os valores para o Tempo de mobilização / desmobilização, Disponibilidade mecânica e Eficiência operacional para os diferentes sistemas foram estimados conforme a Tabela 24 a seguir.

Tabela 24. Paramêtros para o cálculo do tempo útil ao ano para cada sistema de colheita

Sistema de colheita	Tempo de mobilização e desmobilização (dias)	Disponibilidade mecânica	Eficiência operacional	Taxa de utilização potencial
<i>Full tree</i>	2	80%	85%	68%
<i>Cut to length</i>	2	80%	85%	68%
Manual – plantio comercial	1	80%	80%	64%
Manual em RL	1	80%	80%	64%

O custo de investimento por conjunto de equipamento e as vidas úteis em termos de horas de operação são apresentados na Tabela 25. Considera-se também que os equipamentos têm vida útil, independentemente do tempo efetivo de uso, por conta de um desgaste natural, e da obsolescência tecnológica.

Tabela 25. Custos de investimento e vida útil dos equipamentos para cada sistema de colheita

Sistema de colheita	Investimentos (R\$)	horas de operação	anos desde compra
<i>Full tree</i>	4.500.000	20.000	10
<i>Cut to length</i>	4.200.000	20.000	10
Manual – plantio comercial	300.000	10.000	4
Manual em RL	300.000	10.000	4

Os custos operacionais correspondem aos gastos salariais, consumo de combustível, e outros gastos de óleo, manutenção, etc. Os valores por sistema de colheita necessários para fazer uma estimativa são reunidos na Tabela 26.

O número de funcionários é dado para terceirização em mercados maduros:

Número de funcionários =

Número de funcionários por equipe

X

[Número de horas de colheita / Tempo útil máximo dos trabalhadores (1.518 horas / ano conforme a Tabela 20)]

Em mercados não maduros ou se as operações são internalizadas, o número de funcionários é dado por:

Número de funcionários =

Número de funcionários por equipe

X

Arrendado ao valor sup de (Número de horas de colheita / Tempo útil máximo dos trabalhadores)

O salário médio dos funcionários por categoria (operador de máquina de colheita para os sistemas “full tree” e “cut to length”, operador de motosserra em outros casos) em São Paulo é dado na Tabela 19 e no cálculo, recebe uma correção em função da mesorregião efetiva.

Os outros custos operacionais (óleo, manutenção, etc.) foram considerados proporcionais ao tempo de operação efetivo, o coeficiente de proporcionalidade é próximo para todos os sistemas de colheita.

Tabela 26. Valores dos parâmetros para o cálculo dos custos operacionais de colheita

Sistema de colheita	Número de funcionários (por equipe)	Consumo diesel (l/hora)	Consumo gasolina (l/hora)	Custos variáveis outros que combustível (R\$/R\$ de investimento / hora)
Full tree	3	85	0,0	9,00E-05
Cut to length	2	41	0,0	9,00E-05
Manual - plantio comercial	2	0	0,8	9,00E-05
Manual em RL	2	0	0,4	9,00E-05

É importante ressaltar que esta modelagem permite reproduzir os custos de colheita de plantio comerciais com um erro menor do que 20% quando a empresa que comunica o custo de colheita também informa o relevo, o VMI, o sistema de colheita e a internalização ou não das operações.

2.3.4 Modelos de transporte

A abordagem do cálculo do custo de transporte é muito semelhante àquela do cálculo de colheita, porém com uma diferença significativa, que sempre existe a possibilidade de organizar um transporte terceirizado, incluindo em regiões de mercado florestal não maduro. Mas neste caso, as eficiências operacionais são degradadas, e as taxas administrativas e margens de lucro são maiores, por falta de desempenho e de concorrência para estabelecer os preços.

2.3.4.1 Do custo da operação de transporte ao custo total de transporte

O custo total de transporte foi modelizado a partir da seguinte equação:

Custo total de transporte =

$$\frac{[\text{Custo da operação} / (1 - \text{taxa de administração}) + \text{Custo administrativo por carga}]}{(1 - \text{margem de lucro de terceirização})}$$

Os valores utilizados pelo custeio são apresentados na Tabela 27. Vale a pena ressaltar que as taxas administrativas e as margens de lucro são significativamente maiores do que para as operações de colheita.

Tabela 27. Premissas de taxa de administração e margem de lucro de terceirização para a operação de transporte

Organização do transporte	Custo administrativo por carga	Taxa de administração	Margem de lucro de terceirização
Internalizado	250	25%	-
Terceirizado mercado florestal maduro	250	25%	30%
Terceirizado mercado florestal não maduro	250	30%	50%

2.3.4.2 Organização da operação

Considera-se um modelo único de organização da produção, conforme praticado atualmente pelo mercado florestal (Tabela 28):

- Quando a produção é terceirizada, considera-se que a mão de obra e os equipamentos são utilizados a 100% da capacidade efetiva, independentemente do porte do projeto florestal, porque existem outros clientes que podem completar a atividade ao longo do ano. Assim, o transporte paga efetivamente somente o que ele utiliza.
- Quando a produção é internalizada, considera-se que o empreendimento funciona com o número de funcionários e equipamentos inteiro e mínimo para

garantir a colheita, mas que não existe atividade alternativa enquanto não precisa colher, ou seja, a colheita paga também o tempo ocioso dos funcionários e a depreciação dos equipamentos ociosos.

- O respeito do prazo de turno durante o dia é mais flexível para o transporte do que a colheita, porque os motoristas devem completar idas e/ou voltas. Porém, considerando uma distância de transporte reduzida (tipicamente até 100 km), é geralmente possível operar os caminhões com um motorista e respeitar em média o tempo de trabalho legal mensal dos motoristas e dois turnos por dia trabalhado.

Tabela 28. Organização do transporte

Item	Valor
Tempo por turno	8,8 horas
Número de turnos máximo por dia	2
Número de dias por semana	6
Número de semanas ao ano	50
Tempo de produção máximo por ano	5.280 horas
Número máximo de equipes por equipamento	4
Número de motoristas por equipe	1

2.3.4.3 Características técnico-econômicas dos diferentes sistemas de colheita

O número de caminhões é dado para terceirização:

Número de equipamentos =

Número de horas de transporte / Tempo útil

Se as operações são internalizadas, o número de máquinas é dado por:

Número de equipamentos =

Arrendado ao valor sup de (Número de horas de transporte / Tempo útil)

Como para a colheita, calibrou-se o número de equipamentos de transporte considerando a média do volume a ser entre a 1ª e a 2ª rotação do 1º ciclo, quando a 2ª rotação existir.

O número de horas de transporte é dado por:

Número de horas de transporte =

$$\frac{\text{Volume médio anual a ser transportado} / \text{Carga útil}}{X} \times \text{Número de horas por rotação}$$

O número de horas por rotação é dado por:

Número de horas por rotação =

$$\begin{aligned} & \text{Tempo de carregamento e descarregamento por carga} \\ & + \\ & \text{Tempo de espera médio por carga} \\ & + \\ & \text{Distância de Transporte} / \text{Velocidade com carga} \\ & + \\ & \text{Distância de Transporte} / \text{Velocidade sem carga} \end{aligned}$$

A Tabela 29 indica os tempos de carregamento / descarregamento e de espera média. Os outros componentes – descrevendo o tempo efetivo de transporte são calculados a partir das premissas feitas pelo usuário.

Tabela 29. Tempos de carregamento / descarregamento e de espera para os sistemas de transporte

Sistema de transporte	Tempo de carregamento + descarregamento (hora)	Tempo médio de espera (hora)
Tri-trem	0,50	
Bi-trem	0,40	1,50
Carreta	0,30	

O tempo útil para os equipamentos é dado por:

Tempo útil =

$$\frac{\text{Tempo de produção máximo por ano (5.280 horas conforme a Tabela 22)}}{X} \times \text{Taxa de utilização potencial}$$

Entrevistas com donos de frotas permitiram definir as taxas de utilização potenciais em mercados florestais maduros. Foi sugerido que as taxas são maiores para operações

internalizadas, porém, esta conclusão foi estabelecida com uma amostragem relativamente limitada. Já para as regiões de mercado florestal não maduro, considerou-se uma taxa de utilização potencial menor, em razão principalmente da infraestrutura de menor qualidade que causa maiores danos aos veículos (Tabela 30). Para operações terceirizadas, as taxas de utilização potencial e efetivas são iguais. Para operações internalizadas, como o número de equipamentos é arrendado ao valor superior, a taxa de utilização efetiva depende se a demanda corresponde exatamente ao número de equipamentos efetivos ou não; assim, com algumas oscilações, ela tende a aumentar quando o porte do projeto florestal aumenta.

Tabela 30. Premissas e taxa de utilização potencial para os caminhões

Organização da operação	Taxa de utilização potencial
Internalizada	75%
Terceirizada mercado florestal maduro	70%
Terceirizada mercado florestal não maduro	60%

O custo de investimento em transporte por conjunto de equipamento e as vidas úteis em termos de horas de operação são apresentados na Tabela 31.

Tabela 31. Custos de investimento e vida útil dos equipamentos para cada sistema de transporte

Sistema de transporte	Investimento (R\$)	Vida útil (anos)
Tri-trem	750.000	5
Bi-trem	710.000	
Carreta	670.000	

Os custos operacionais correspondem aos gastos salariais, consumo de diesel, e outros gastos de óleo, manutenção, etc. e os valores por sistema de colheita necessários para fazer uma estimativa são reunidos na Tabela 26. O número de funcionários é dado por:

Número de funcionários =

$$\frac{\text{Número máximo de equipes por caminhão (4)}}{X} \times \text{Número de caminhões}$$

O salário médio dos motoristas em São Paulo é dado na Tabela 19 e no cálculo, recebe uma correção em função da mesorregião .

Os outros custos operacionais (óleo, manutenção, etc.) foram considerados proporcionais ao tempo de operação efetivo, o coeficiente de proporcionalidade é próximo para todos os sistemas de transporte (Tabela 32). Estes custos tem pouco impacto no custo de colheita global.

Tabela 32. Valores dos parâmetros para o cálculo dos custos operacionais de transporte

Sistema de transporte	Consumo de diesel (l/km ida)	Custos operacionais outros que diesel (R\$/R\$ investimento / km ida)
Tri-trem	0,66	
Bi-trem	0,48	0,000001
Carreta	0,40	

2.4 Planejamento de produção e modelo financeiro:

2.4.1 Planejamento de produção

As principais premissas do planejamento de produção são as seguintes:

- A base de planejamento é anual e todas as operações ocorrem no início do ano
- Uma área é manejada até que a última colheita acontece dentro do prazo total do projeto florestal.

2.4.2 Modelo financeiro

As principais características do modelo financeiro são as seguintes:

- A base de cálculo é anual.
- Todos os gastos e receitas ocorrem no início do ano.
- O modelo é construído em termos reais, ou seja, não inclui os efeitos da inflação. Isto é uma abordagem comum para analisar projetos florestais, que não tem nenhum impacto na rentabilidade quando o regime de deduções é Cumulativo, a venda de madeira não produz nenhum pagamento de ICMS e o regime de impostos de renda é de Lucro Real, o que corresponde à grande maioria dos projetos florestais, na prática (receitas anuais de menos de 76 milhões R\$ e vendas no mesmo Estado). Nos outros casos, a premissa do modelo conduz a superestimar a rentabilidade do projeto, de ao máximo 0.5% em termos absolutos.
- O modelo não considera o capital de giro. Isto é também uma abordagem comum para analisar projetos florestais, que conduz a superestimar a rentabilidade (de

menos de 0.1% em termos absolutos) do projeto.

- Não tem financiamento por dívida da atividade florestal. Na prática, novos plantios comerciais de grande porte raramente usam dívida, porque o prazo para que o empreendimento começa a gerar caixa para pagar os juros e o principal ultrapassa o prazo de carência que a grande maioria dos bancos comerciais considera aceitável, e porque o governo hoje dedica o financiamento florestal para projetos com forte impacto ambiental ou pequenos produtores. Muitos fundos de investimento também são proibidos pelos investidores de financiar novas florestas com dívida. Estima-se que o financiamento pelo BNDES de 50% da silvicultura com taxas de juros comparáveis às taxas para o financiamento de termelétricas a biomassa permitiria uma redução do preço alvo de venda da madeira de ao máximo 10% do preço alvo da madeira em pé e poderia até levar a um leve aumento deste preço.
- As receitas e os custos são o resultado da diferença entre o projeto florestal e a situação de referência.
- O modelo simula todos os regimes de deduções e impostos de renda disponíveis e escolhe o regime que permite a melhor rentabilidade.

3 RESULTADOS

Esta seção começa com os plantios comerciais tradicionais. Ela trata do exemplo de um projeto padrão para uma mesorregião (o Mato Grosso do Sul), ilustrando o resultado do planejamento de produção, os fluxos financeiros, e a decomposição do custo de produção e valor da madeira, antes de mostrar a sensibilidade dos resultados econômicos deste projeto às condições de manejo, produtividade florestal e principais itens de custos. São depois comparados os resultados entre as mesorregiões.

A mesma abordagem é repetida com a recomposição de reserva legal utilizando por parte eucalipto.

A mesorregião Mato Grosso do Sul é utilizada como ilustração porque:

- Ela foi identificada na fase 1 como uma das regiões de maior potencial.
- Os resultados confirmam que esta região tem o melhor potencial do ponto de visto econômico.
- As conclusões valem de forma geral para as outras regiões.

3.1 Plantio comercial convencional

3.1.1 Análise para uma Mesorregião – exemplo do Mato Grosso do Sul

3.1.1.1 Plantio comercial com o manejo o mais padrão, a produção de madeira durante 25 anos e um porte de 10.000 hectares

As características deste projeto estão mostradas na Tabela 33. O mercado é dominado hoje pelas empresas de celulose que compram madeira em pé, porém, para ilustrar o custo da madeira pronta a ser consumida, o modelo padrão considera a madeira posto na fábrica.

Tabela 33. Características do projeto com plantio comercial padrão no MS

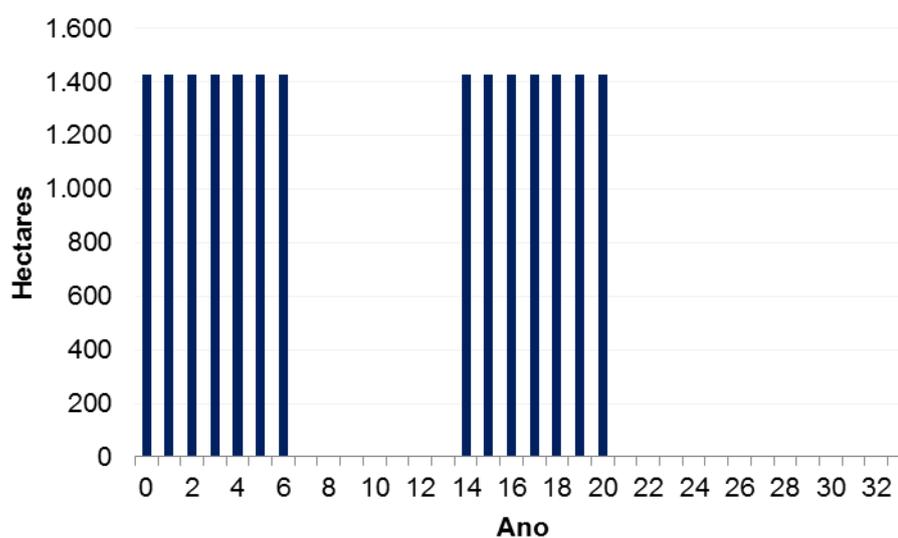
Característica	Valor
Tipo de estrutura gerencial	Empresa ou fundo florestal
Prazo de produção da madeira	25 anos
Tipo de projeto florestal	Comercial com manejo de rebrota
Porte do projeto florestal	10.000 hectares
Situação de referência para avaliação econômica	Custo de terra a valor do mercado
Taxa de retorno alvo	9,0%

Característica	Valor
Número de rotações por ciclo	2
Prazo de rotação	7 anos
Prazo inicial de plantio	7 anos
Produtividade da 1º rotação	248 m³/ha
Madeira total produzida	8.857 mil m³
Sistema de colheita	Internalizada
Organização da colheita	Full tree
Distância média de transporte	50 km
Sistema de transporte	Tri-trem
Organização do transporte	Internalizado
Modelo de venda da madeira	Posto na indústria

Fluxos de Produção

Para este projeto, o plantio do primeiro ciclo é implantado de forma regular ao longo dos anos 0 (início do projeto) a 6 (7 anos de plantio, e o segundo ciclo de plantio (reforma) acontece dos anos 13 a 20). Considerando o prazo do projeto global, não existe um terceiro ciclo de plantio (Figura 15).

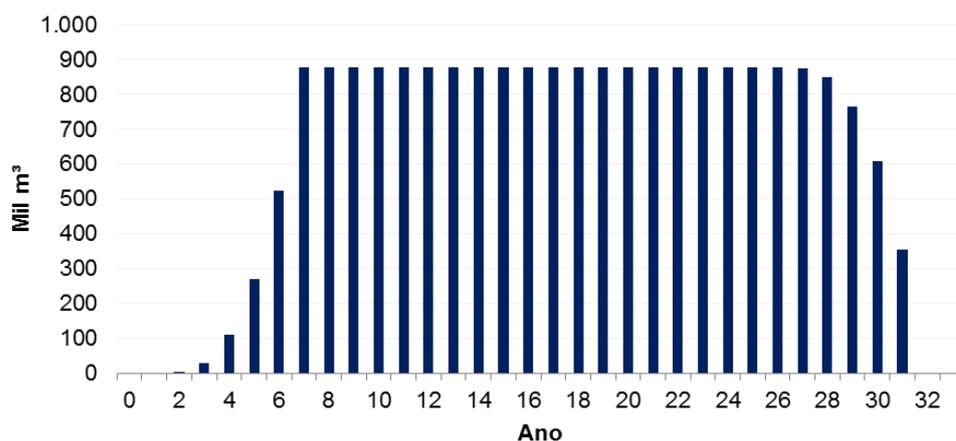
Figura 15. Área com implantação ou reforma durante o ano para o projeto com plantio comercial padrão no MS



Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

O estoque disponível de madeira cresce até o sétimo ano, estabiliza (porque as produtividades da primeira e da segunda rotação são consideradas equivalentes), e cai nos últimos anos do projeto, quando as áreas colhidas não são mais replantadas ou manejadas (Figura 16).

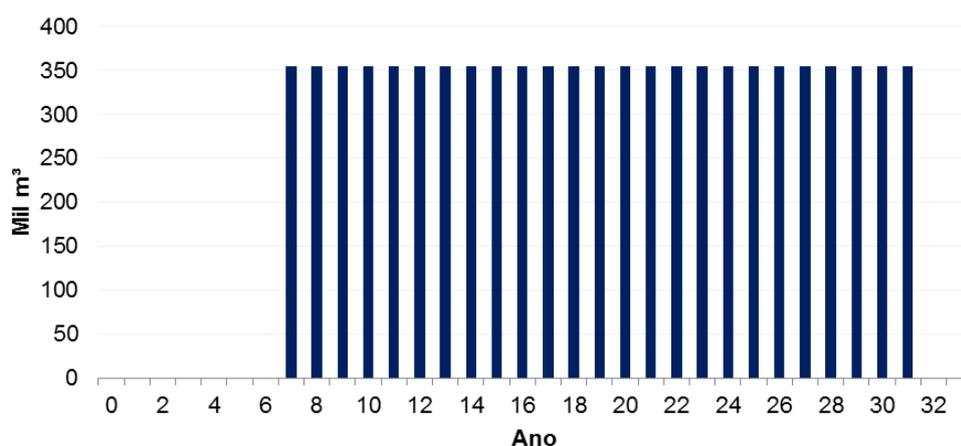
Figura 16. Estoque disponível no fim do ano para o projeto com plantio comercial padrão no MS



Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

O volume colhido por ano é estável ao longo da vida do projeto, também porque a produtividade é considerada a mesma para as duas rotações (Figura 17).

Figura 17. Volume colhido durante o ano para o projeto com plantio comercial padrão no MS

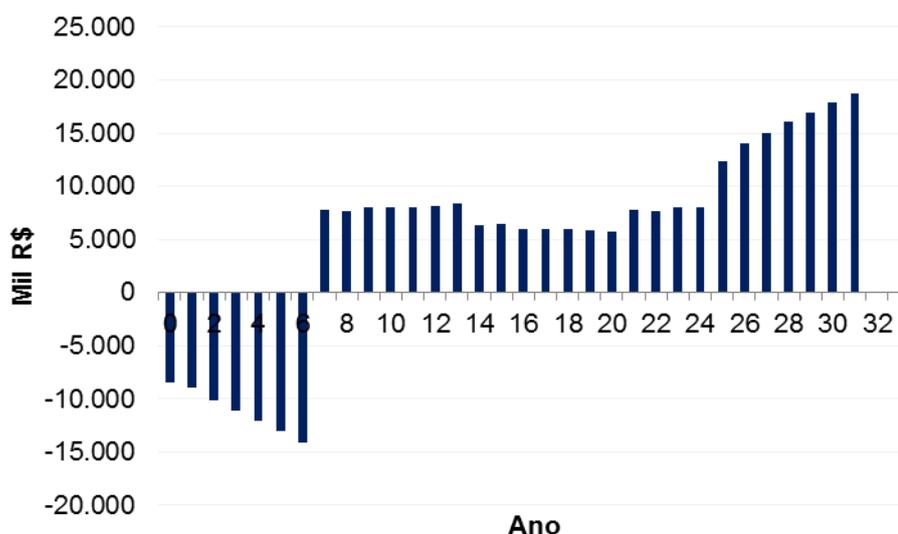


Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

Fluxos de Caixa

Os fluxos de caixa são negativos até realizar a primeira colheita no ano 7. Dos anos 0 a 6 os fluxos de caixa são negativos e vão piorando, com a execução cada ano da mesma quantidade de novos plantios, o aumento de áreas em fase de manutenção florestal, e de áreas plantadas totais assim submetidas aos custos indiretos variáveis e os custos de uso da terra. A partir dos anos 7 a 13, os fluxos de caixa são positivos com um nível médio, porque as áreas são colhidas (fluxo de caixa positivo) e entram em manejo de rebrota (custo silviculturais relativamente baixos). Os anos 14 a 20, os fluxos de caixa são positivos com um nível menor porque as áreas colhidas são replantadas, ou seja, os custos de investimentos são mais expressivos do que os anos anteriores. Os anos 21 a 24 repetem a situação dos anos 7 a 10 e depois, os fluxos de caixa livres aumentam significativamente porque as colheitas continuam enquanto as áreas começam a sair do projeto florestal, e assim param de ter custos de investimento, uso de terra e indiretos (Figura 18).

Figura 18. Fluxos de caixa livre para o projeto com plantio comercial padrão no MS – com preço de venda garantido o retorno esperado pelo investidor



Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

O projeto atinge a rentabilidade desejada por investidores nesta região, que é de 9%, se o preço de venda for R\$ 85,9 /m³. Considerando uma umidade média de 45%, isto corresponde também a preços de venda de R\$ 190,9 /t seca, 105,0 / t verde e R\$ 42,7 / MWh. (Tabela 34). Assim, se, por exemplo, a madeira for vendida a uma termelétrica de rendimento energético líquido igual a 30%, o custo de madeira será $42,7 / 30\% = \text{R\$ } 142 / \text{MWh}$ de eletricidade vendida.

Tabela 34. Preço alvo de venda da madeira do projeto com plantio comercial padrão no MS

Quantidade de venda	Preço alvo de venda
Volume	85,9 R\$/m ³
Peso seco	190,9 R\$/t seca
Peso verde	105,0 R\$/t verde
Energia	42,7 R\$/MWh

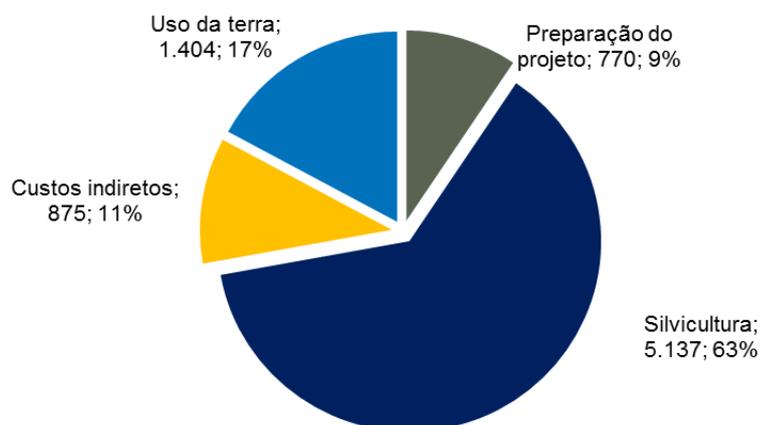
Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

O custo de investimento na produção de madeira em pé fica em R\$ 81.86 milhões, ou seja, R\$ 8.186 por hectare. A silvicultura representa 63% deste total, seguida pelo uso da terra a valor do mercado, com 17%. (Tabela 35 e Figura 19).

Tabela 35. Custo de investimento para produzir a madeira em pé total e por hectare do projeto com plantio comercial padrão no MS

Categoria	Item	Total projeto (mil R\$)	Capex Unitário (R\$/ha)
	Total	22.790	2.279
Gastos	Custos indiretos	8.750	875
	Uso da terra	14.040	1.404
	Total	59.068	5.907
Investimentos	Preparação do projeto	7.698	770
	Silvicultura	51.370	5.137
	Total	81.858	8.186

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

Figura 19. Distribuição por categoria do custo de investimento por hectare plantado para a produção de madeira em pé do projeto com plantio comercial padrão no MS

Total = R\$ 8.186 /ha

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

O custo de produção de caixa, custo com retorno de capital e preço alvo são respectivamente iguais a R\$ 54,0; 77,7 e 85,9 /m³.⁶ (Tabela 36 e Figura 20)

A silvicultura é o principal fator responsável pelo custo de caixa, mas as operações de colheita e transporte, e o uso da terra também têm contribuições importantes.

A diferença de R\$ 23,7 /m³ entre o custo com retorno de capital e o custo de caixa provém do fato que a maioria das despesas é concentrada no início do projeto (preparação do terreno e plantio), enquanto a primeira colheita acontece somente após 7 anos e taxa de retorno é de 9%.

A diferença de R\$ 8,2 /m³ entre o preço alvo de venda e o custo com retorno de capital provém das deduções e impostos de renda.

Tabela 36. Decomposição dos custos de produção e preço alvo de venda ao longo da vida para o projeto com plantio comercial padrão no MS

Categoria	Item	Total vida do projeto (mil R\$)	Custo Unitário Quantidade de venda (R\$/m ³)
	Total	7.698	0,9
Custos de preparação do projeto florestal	Custos fixos	500	0,1
	Cerca	400	0,0
	Preparação do solo	6.798	0,8
	Total	140.950	15,9
Gastos do projeto silvicultural	Custos indiretos	53.200	6,0
	Uso da terra	87.750	9,9
	Total	171.708	19,4
Investimento silvicultural	Plantio	26.858	3,0
	Irrigação	17.597	2,0
	Fertilizante	44.706	5,0
	Controle de mato	46.692	5,3
	Controle de praga	35.856	4,0
	Total	157.651	17,8
Colheita e transporte	Colheita	86.552	9,8
	Transporte	71.099	8,0
Total custo de caixa		478.007	54,0
Custo com retorno no capital		N/D	77,7
Deduções e impostos	Total		8,2
	Deduções		5,6
	Impostos de renda		2,6
Preço alvo de venda		N/D	85,9

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

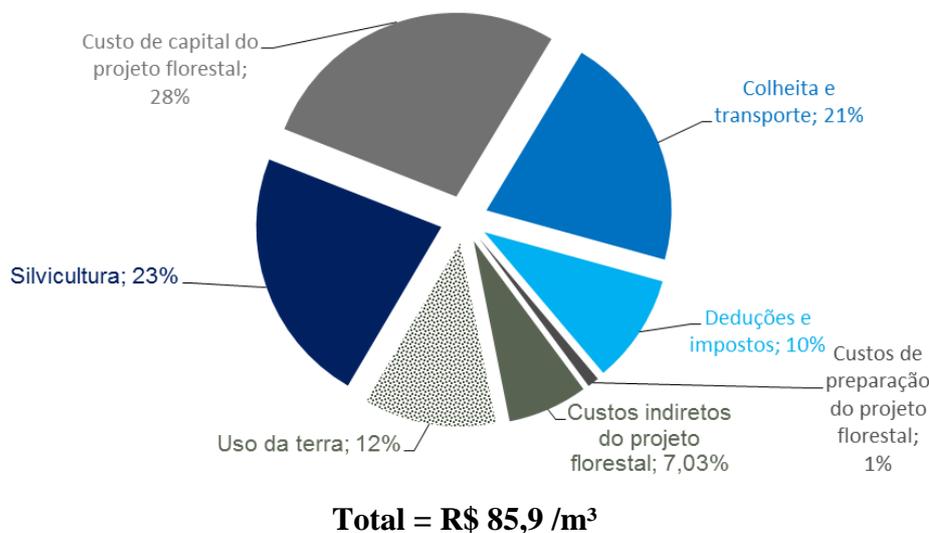
O peso das deduções e impostos é assim expressivo – cerca 10% do valor total da madeira.

⁶ **Custo de caixa** = total das saídas de caixa ligadas à produção durante a vida do projeto.

Custo com retorno do capital = valor presente líquido das saídas de caixa ligadas à produção durante a vida do projeto dividido pelo valor presente líquido dos volumes produzidos, a taxa de desconto sendo a taxa de retorno esperada pelo dono do projeto.

Preço alvo = preço de venda que garante ao investidor a taxa de retorno esperada. O preço alvo é maior que o custo com retorno do capital porque ele toma conta não somente os custos de produção, mas também as deduções e os impostos de renda.

Figura 20. Decomposição do preço de venda para o projeto com plantio comercial padrão no MS



Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

3.1.1.2 Sensibilidade dos resultados econômicos às condições de manejo para o plantio comercial com o manejo padrão no MS

Número de Rotações

O replantio após cada rotação (1 rotação por ciclo) aumenta o preço alvo de venda, porque o custo de investimento aumenta significativamente enquanto não tem um ganho expressivo da produtividade (Tabela 37). Manejar com mais de duas rotações é também considerado inadequado, porque a redução de custo de investimento silvicultural na vida total do projeto não compensa a perda de produtividade (e também não permite aproveitar os ganhos possíveis com os novos clones disponibilizados no mercado).

Tabela 37. Impacto do número de rotação sobre o preço alvo de venda da madeira para o plantio comercial com o manejo padrão no MS

Número de rotações	Preço alvo de venda (R\$/m³)
1	92,6
2	85,9
3	86,4
4	86,8

Fonte: Consolidado a partir do simulador EXCEL do custo de madeira

Abaixo de sete anos de idade, o aumento da idade de corte reduz expressivamente o custo de produção e do preço alvo de venda da madeira, porque o aumento de volume

mais do que compensa o aumento dos custos indiretos, de uso da terra e custos de uso do capital (Tabela 38). O custeio sugere que esta tendência continua após sete anos de idade, porém na prática empresas raramente conseguem observar tais ganhos. De toda forma, os investidores florestais não analisam somente a rentabilidade, mas tendem a fazer um balanço entre retorno e tempo de recuperação do capital. Desta forma, o ótimo é geralmente considerado entre 6 e 7 anos.

Tabela 38. Impacto do idade de corte sobre o preço alvo de venda da madeira para o plantio comercial com o manejo padrão no MS

Idade de corte (anos)	Preço alvo de venda (R\$/m ³)
5	141,3
6	102,0
7	85,9
8	74,1
9	69,2
10	67,0

Fonte: Consolidado a partir do simulador EXCEL do custo de madeira

Intensidade do Manejo da Rebrotas

Considerando um ciclo com duas rotações, a ausência de manejo da rebrotas parece conduzir a um custo de produção da madeira pouco diferente da situação de um manejo ativo, ou seja, a redução drástica dos custos silviculturais parece quase compensar para a perda de produtividade (Tabela 39). Porém, é importante ressaltar que existe uma grande incerteza sobre a perda de produtividade efetiva quando a rebrotas não é manejada, e a maioria das empresas florestais não querem tomar este risco. Isto é a razão para qual o padrão de mercado é com um manejo ativo da rebrotas, quando existir.

Tabela 39. Impacto do manejo da rebrotas sobre o custo de produção e preço alvo de venda da madeira para o plantio comercial no MS

Manejo da rebrotas	R\$/m ³		
	Custo de caixa	Custo com retorno do capital	Preço alvo
Sim	54,0	77,7	85,9
Não	55,4	78,5	86,8

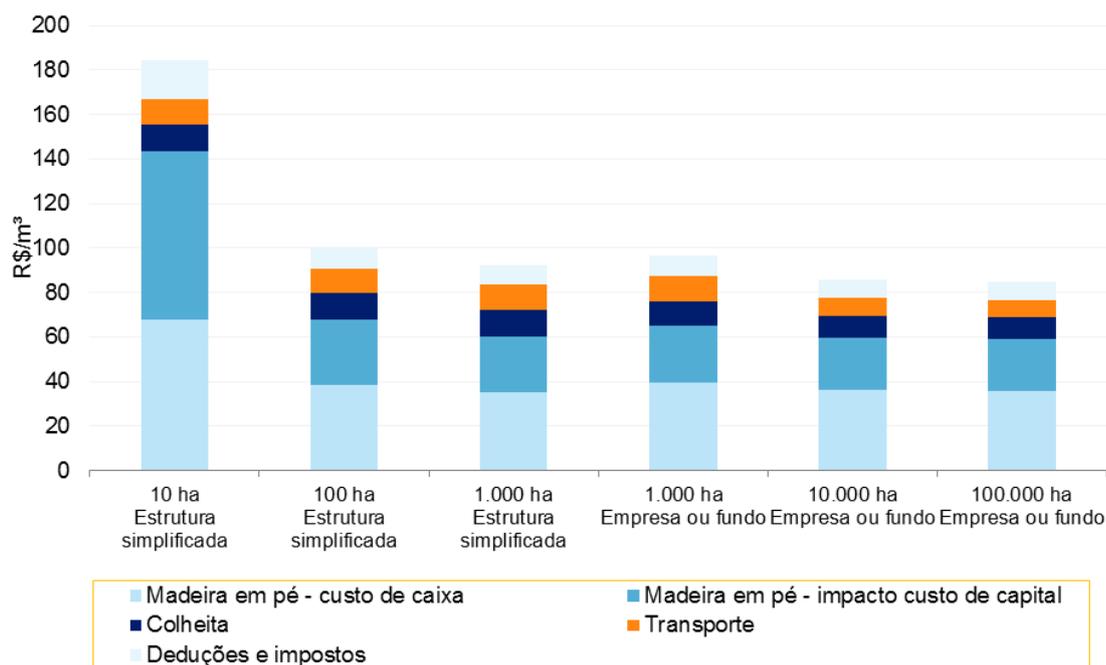
Fonte: Consolidado a partir do simulador EXCEL do custo de madeira

Porte do Projeto e Estrutura Gerencial

Apesar do aumento dos custos de licenciamento quando o porte atinge 1.000 ha (por conta da necessidade de Estudo Ambiental acima deste valor), e da mudança provável do regime de Lucro Presumido para Lucro Real se o faturamento bruto for ultrapassar R\$ 76 milhões, a diminuição dos custos (i) fixos de licenciamento, (ii) fixos indiretos e (iii) de cerca, por hectare conduz globalmente a efeitos de escala favoráveis. É importante ressaltar que acima de 10 mil hectares, os ganhos de escala são pouco marcados.

Fundos de investimento e empresas florestais têm custos de manejo maiores, mas geralmente conseguem produtividades florestais maiores que fazendeiros ou pessoas físicas que manejam com uma estrutura reduzida. Para uma área plantada de até mil hectares, estruturas reduzidas conseguem geralmente a maior rentabilidade, ou seja, o menor preço alvo de venda, considerando a mesma taxa de retorno alvo (e geralmente, tais estruturas buscam uma taxa de retorno menor que reforçam ainda mais a competitividade). A maioria dos empreendimentos acima de 5 mil hectares plantados precisam juntar vários investidores, o que impõe uma boa estrutura de manejo.

Figura 21. Decomposição do preço alvo de venda para o projeto com plantio comercial padrão no MS



Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

3.1.1.3 Sensibilidade dos resultados econômicos à produtividade e principais itens de custos para o plantio comercial com o manejo padrão no MS

Incerteza sobre os Níveis de Produtividade Florestal e Fatores Econômicos

A partir da análise de diferentes bancos de dados e opiniões de experts, definiu-se os intervalos de confiança relativa sobre a produtividade e os fatores econômicos para empreendimentos de tipicamente mais de 5 mil hectares (Tabela 40).

Os fatores que impactam a produtividade são as condições edafoclimáticas médias (características de solo, de chuva, exposição ao sol), práticas silviculturais (densidade de plantio por hectare, escolha de muda ou de clone, adequação do clone às condições locais, adequação de irrigação se necessário, adequação da aplicação de adubo, herbicidas e pesticidas) e acontecimento de eventos excepcionais (seca, doença, e mais raramente incêndios).

É importante ressaltar que para empreendimentos de menor porte, os intervalos de confiança são muito mais amplos (por exemplo, considerando um grupo de mais de 100 produtores com áreas individuais de 5 a 100 hectares numa zona de 200 km de diâmetro da mesorregião Oeste de Minas Gerais todos com contratos com uma mesma firma consumidora, o IMA aos 7 anos pode variar 15 a 45 m³/ha.ano. Isto acontece porque pequenos produtores geralmente têm uma dispersão de práticas silviculturais mais amplas do que grandes produtores, alguns visando a maximizar a taxa de retorno enquanto outros preferem ter saídas de caixa menores, mesmo que prejudique a produtividade e assim a rentabilidade final. Existe também um efeito estatístico: empreendimentos de mais de 5 mil hectares são geralmente compostos de diferentes áreas também com uma diferença expressiva de produtividade entre a melhor e a pior área, porém na média, o desvio da média regional é limitado).

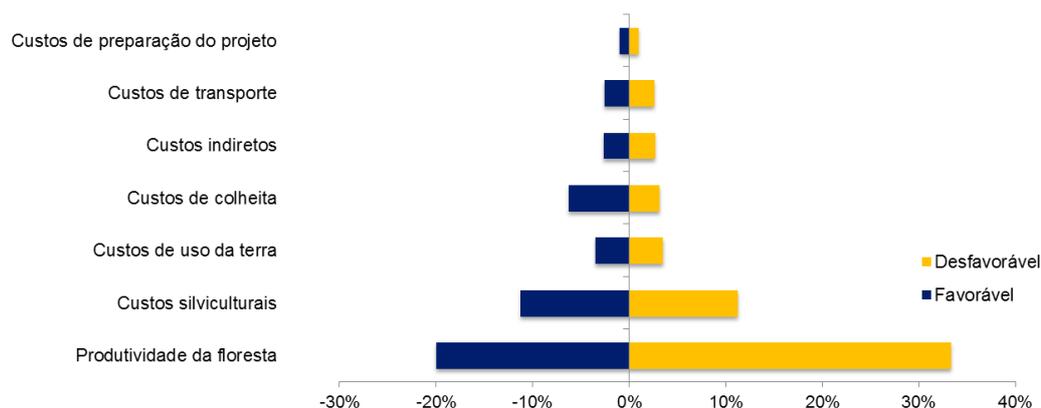
Considerando o impacto da cada parâmetro separadamente (Tabela 40 e Figura 22), aparece que a incerteza em relação à produtividade tem o maior impacto potencial sobre o preço alvo da madeira seguido pela incerteza sobre os custos silviculturais. As incertezas dos custos de colheita, transporte e indiretos geram incertezas relativamente similares e pouco expressivas do preço alvo de venda. A incerteza do custo de preparação do projeto gera uma incerteza desprezível. Este ranqueamento reflete, sem surpresa, as importâncias relativas dos fatores de custo descritos na Figura 20.

Tabela 40. Intervalo de confiança da produtividade e dos principais itens de custos, e sensibilidade do preço alvo à variabilidade destes fatores, para o plantio comercial com o manejo padrão no MS

Parâmetro	Variação do parâmetro relativa ao valor médio		Variação do preço alvo de venda relativa ao valor médio	
	Favorável	Desfavorável	Favorável	Desfavorável
Produtividade da floresta	25%	-25%	-20%	33%
Custos silviculturais	-25%	25%	-11%	11%
Custos de uso da terra	-20%	20%	-4%	4%
Custos de colheita	-50%	25%	-6%	3%
Custos indiretos	-25%	25%	-3%	3%
Custos de transporte	-25%	25%	-3%	3%
Custos de preparação do projeto	-25%	25%	-1%	1%

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

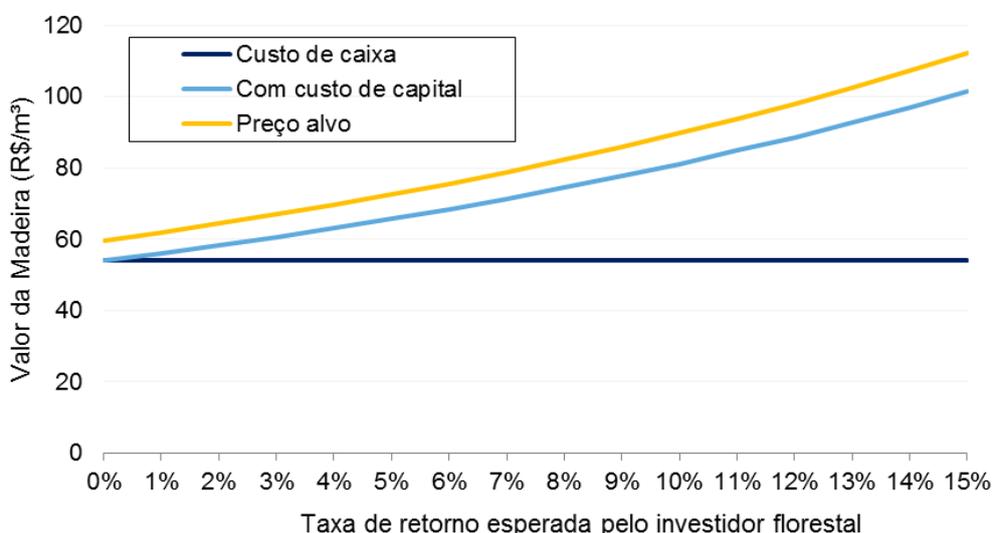
Figura 22. Sensibilidade do preço alvo aos valores extremos potenciais da produtividade e dos principais fatores de custos, para o plantio comercial com o manejo padrão no MS



Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

A taxa de retorno esperado pelos investidores também tem um impacto expressivo sobre o custo com retorno de capital e o preço alvo de venda da madeira (Figura 23). O aumento da taxa de desconto de 9 para 10% conduz a um aumento de 4,5% destes dois valores.

Figura 23. Variação do valor da madeira em função da taxa de retorno esperada pelo investidor para o plantio comercial com o manejo padrão no MS

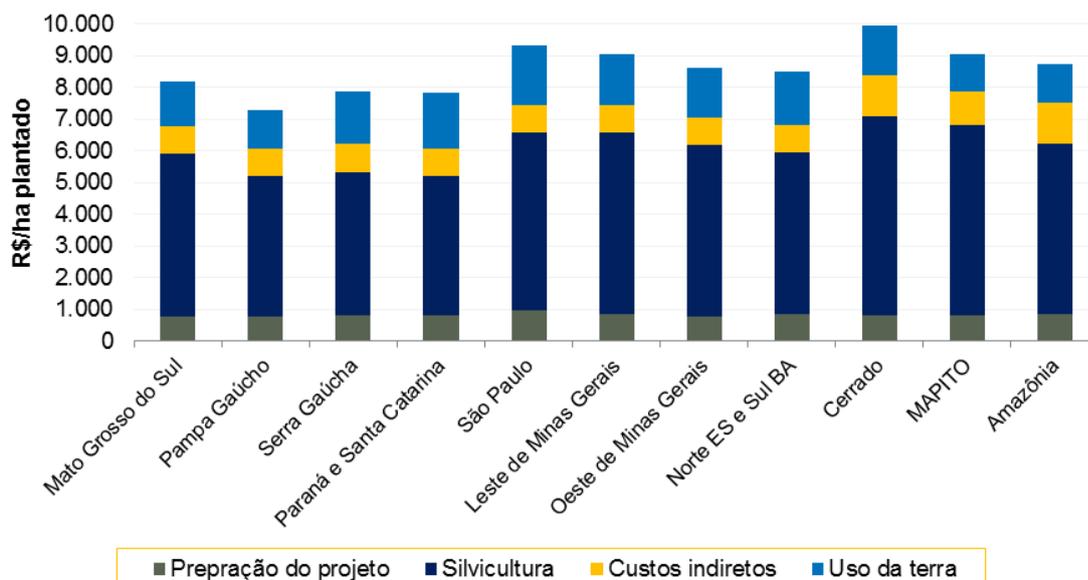


Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

3.1.1 Comparação entre Mesorregiões

O custo de investimento é relativamente homogêneo entre mesorregiões. Ele varia de R\$ 7,300 por hectare no Pampa Gaúcho a R\$ 9,900 por hectare no Cerrado (Figura 24).

Figura 24. Sensibilidade do custo de investimento à mesorregião para um plantio comercial



Projeto de 10 mil hectares plantado com uma estrutura gerencial de fundo ou empresa florestal, e incorporando o custo de uso da terra. São 2 rotações de 7 anos. Todas as outras premissas são de acordo com as sugestões do custeiro.

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

As quatro mesorregiões de mercado florestal maduro com as maiores produtividades do país e prêmio de risco regional igual a 0, que são Mato Grosso do Sul, o Norte ES + BA, Paraná + Santa Catarina, e São Paulo têm os preços alvos de madeira de plantio comercial convencional os mais competitivos e muito semelhantes, de R\$ 86 a 92 /m³ (Tabela 41 e Figura 25).

As duas mesorregiões de Minas Gerais e as duas mesorregiões do Rio Grande do Sul formam um grupo com preço alvo de venda intermediário – de R\$ 96 a 109 /m³. As produtividades são médias (MG) a baixas (RS), mas isto é compensado por custos silviculturais equivalentemente médios a baixos, e prêmios de risco regional de 0 a 1%.

As três mesorregiões de mercado florestal incipiente ou fronteira conduzem aos preços de venda mais altos, de cerca R\$ 132 – 134 /m³ para o Cerrado e o MAPITO, e R\$ 157 /m³ para Amazônia. As baixas produtividades florestais, os altos custos silviculturais (por conta de custo alto com fertilização e controle de mato, e no Cerrado e MAPITO, também irrigação), falta de mercado maduro para contratar prestadores de serviços de colheita e/ou transporte a custos competitivos, e o maior prêmio de risco regional (2%, 3% e 4% respectivamente para Cerrado, MAPITO e Amazônia) combinam para reduzir a atratividade econômica destas regiões.

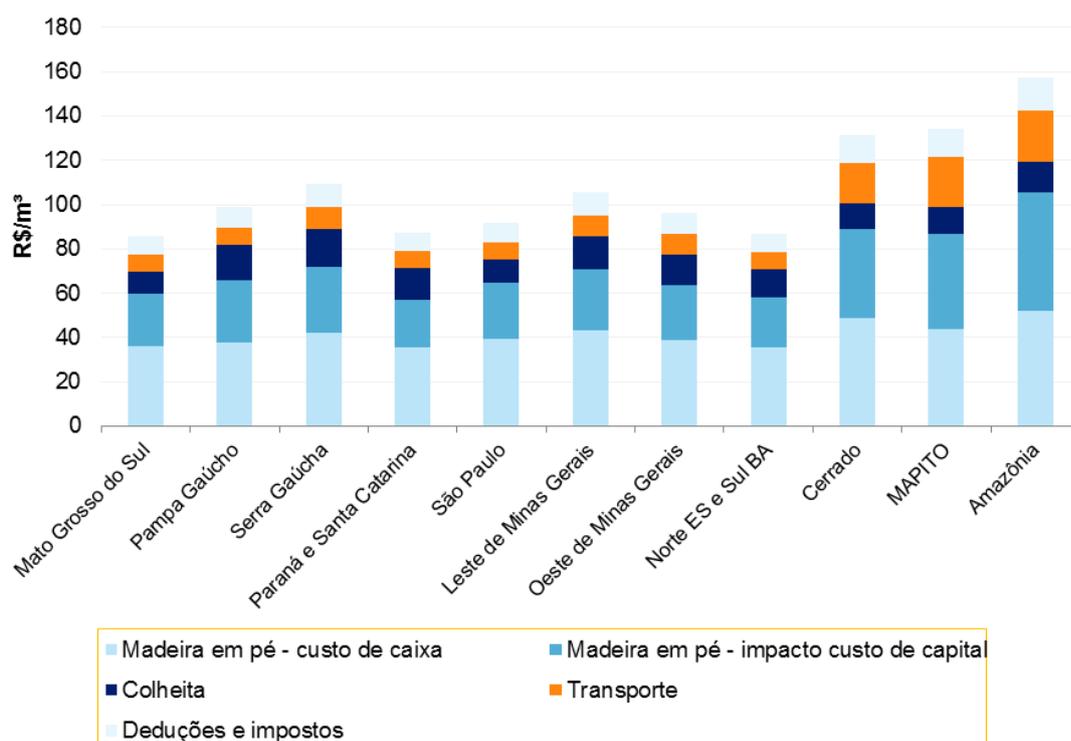
Tabela 41. Sensibilidade do valor da madeira à mesorregião para um plantio comercial

Meso-região	R\$/m ³					Total
	Madeira em pé - custo de caixa	Madeira em pé - impacto custo de	Colheita	Transporte	Deduções e impostos	
Mato Grosso do Sul	36	24	10	8	8	86
Pampa Gaúcho	38	28	16	8	9	99
Serra Gaúcha	42	30	17	10	10	109
Paraná e Santa Catarina	35	22	14	8	8	88
São Paulo	39	25	11	8	9	92
Leste de Minas Gerais	43	28	15	10	10	105
Oeste de Minas Gerais	39	25	14	10	9	96
Norte ES e Sul BA	36	22	13	8	8	87
Cerrado	49	40	12	18	13	132
MAPITO	44	43	12	23	13	134
Amazônia	52	53	14	23	15	157

Projeto de 10 mil hectares plantado com uma estrutura gerencial de fundo ou empresa florestal, e incorporando o custo de uso da terra. São 2 rotações de 7 anos por ciclo com um manejo de rebrota e um prazo de produção de 25 anos. Todas as outras premissas são de acordo com as sugestões do custeio.

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

Figura 25. Sensibilidade do valor da madeira à mesorregião para um plantio comercial



Projeto de 10 mil hectares plantado com uma estrutura gerencial de fundo ou empresa florestal, e incorporando o custo de uso da terra. São 2 rotações de 7 anos por ciclo com um manejo de rebrota e um prazo de produção de 25 anos. Todas as outras premissas são de acordo com as sugestões do custeio.

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

3.2 Plantio em Reserva Legal

3.2.1 Se a situação de referência for uma regeneração natural com monitoramento

3.2.1.1 Projeto padrão de mil hectares regenerados com 50% de eucalipto no MS

As características do projeto padrão estão mostradas na Tabela 42. A área total recomposta é presumida igual a mil hectares, ou seja, menor do que para um plantio comercial, porque na maioria das regiões do Brasil, as reservas legais ocupam por lei 20% da área total de uma propriedade, e muitas vezes, partes destas áreas serão impróprias à silvicultura.

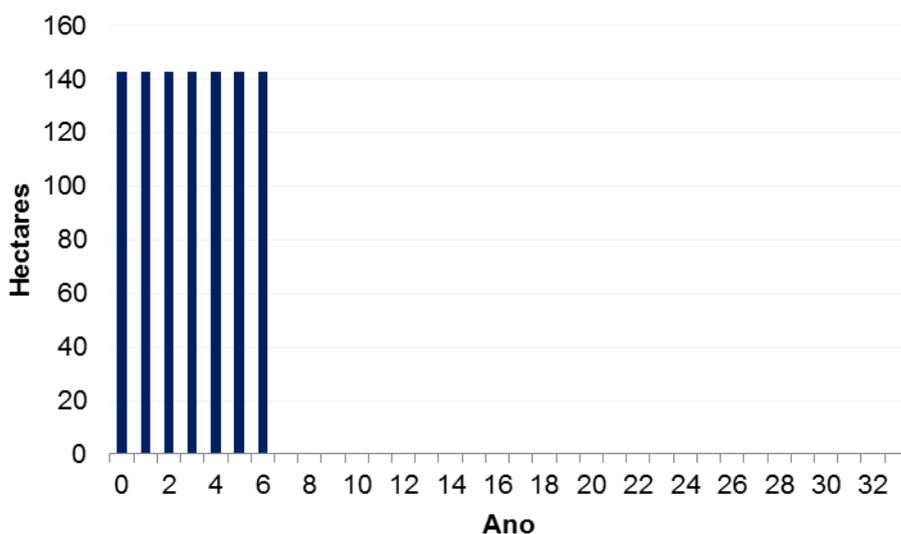
Tabela 42. Características do projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento

Característica	Valor
Tipo de estrutura gerencial	Empresa ou fundo florestal
Prado de produção da madeira	13 anos
Tipo de projeto florestal	Recomposição de RL - 50% eucalipto
Porte do projeto florestal	1000 hectares
Situação de referência para avaliação econômica	Regeneração natural com monitoramento
Taxa de retorno alvo	9,0%
Número de rotações por ciclo	2
Prazo de rotação	7 anos
Prazo inicial de plantio	7 anos
Produtividade 1o rotação	89 m ³ /ha
Madeira total produzida	139 mil m ³
Sistema de colheita	Internalizada
Organização da colheita	Manual RL
Distância média de transporte	50 km
Sistema de transporte	Tri-trem
Organização do transporte	Terceirizado
Modelo de venda da madeira	Posto na indústria

Fluxos de Produção

Para este projeto, o plantio é implantado de forma regular ao longo dos anos 0 (início do projeto) a 6 (7 anos de plantio). Somente tem-se um ciclo de plantio (Figura 26).

Figura 26. Área com implantação ou reforma durante o ano para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS

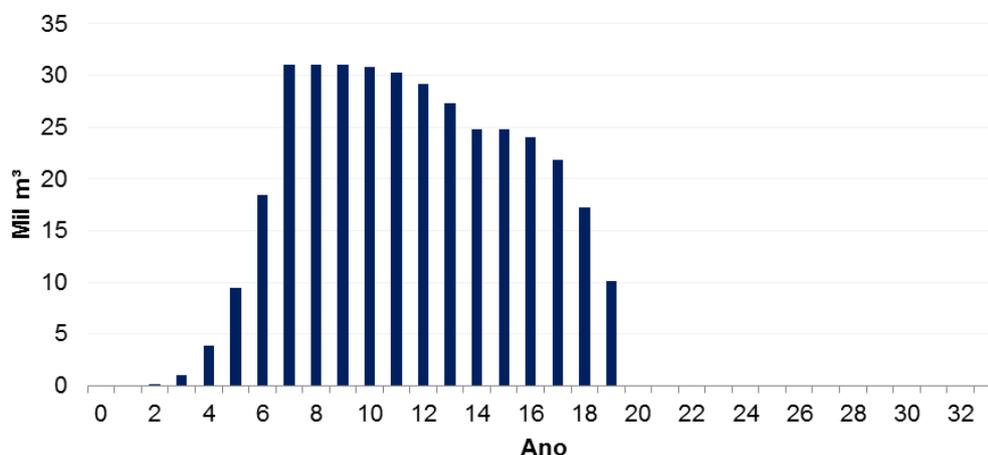


Fonte:

Simulador EXCEL do custo de madeira

O estoque disponível de madeira cresce até o sétimo ano, e começa a cair, inicialmente lentamente e a partir do ano 12, mais rapidamente, até a última colheita no ano 19, ou seja, 20 anos após o início do projeto (Figura 27).

Figura 27. Estoque disponível no fim do ano para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS

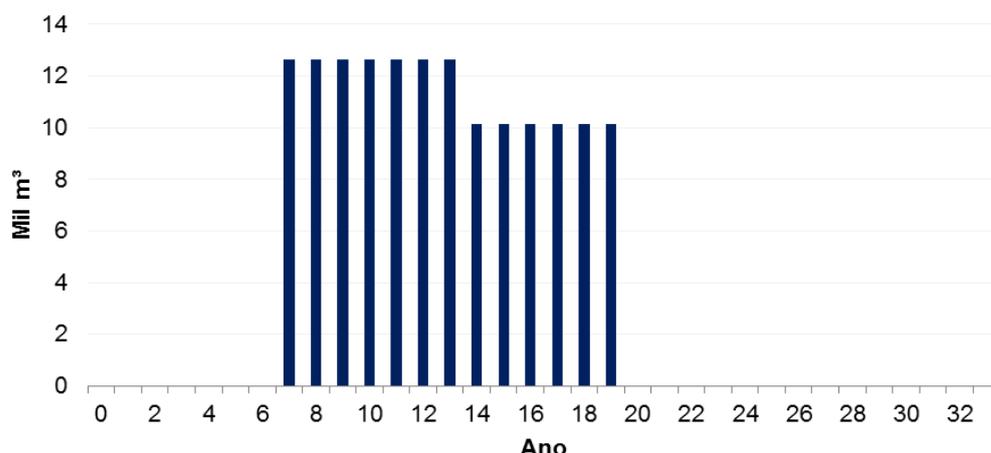


Fonte:

Simulador EXCEL do custo de madeira

O volume colhido por hectare projetado é baixo para a primeira rotação (89 m³/ha), devido ao número reduzido de árvores de eucalipto por hectare, da competição com as árvores nativas, e das dificuldades para efetuar as operações de silvicultura nas melhores condições (Figura 28). Este volume é ainda mais baixo para a segunda rotação (71 m³/ha).

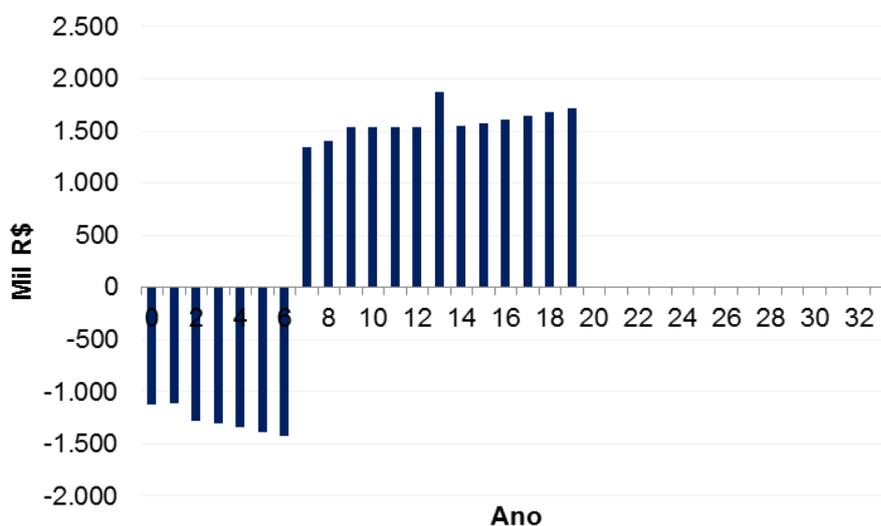
Figura 28. Volume colhido durante o ano para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS



Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

Os fluxos de caixa são negativos e vão piorando do ano 0 até o ano 6 incluído, com a execução cada ano da mesma quantidade de novos plantios, o aumento de áreas em fase de manutenção florestal, e de áreas plantadas totais assim submetidas aos custos indiretos variáveis. A partir do ano 7 até o último ano de colheita (19), os fluxos são positivos e tendem a crescer. O pico do ano 13 cumula renda alta (último ano da safra da 1º rotação) e custos silviculturais baixos (Figura 29).

Figura 29. Fluxos de caixa livre para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS



Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

O projeto atinge a rentabilidade desejada por investidores nesta região, que é de 9%, se o preço de venda for R\$ 239,9 /m³. Considerando uma umidade média de 45%, isto corresponde também a preços de venda de R\$ 293,2 /t e R\$ 119,9 / MWh. (Tabela 43). Assim, se, por exemplo, a madeira for vendida a uma termelétrica de rendimento energético líquido igual a 30%, o custo de madeira será $42,7 / 30\% = R\$ 142 / MWh$ de eletricidade vendida.

Tabela 43. Preço alvo de venda da madeira para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento

Quantidade de venda	Preço alvo de venda
Volume	239,9 R\$/m ³
Peso seco	434,9 R\$/t seca
Peso verde	293,2 R\$/t verde
Energia	119,9 R\$/MWh

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

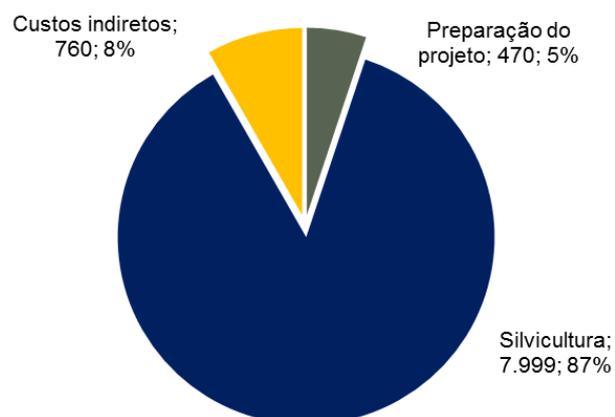
O custo de investimento fica em R\$ 9,229 milhões, ou seja, R\$ 9.229 por hectare. A silvicultura representa 87% deste total, seguida pelos custos indiretos. Por definição, não existem custos de uso da terra. (Tabela 44 e Figura 30).

Tabela 44. Custo de investimento para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento

Categoria	Item	Total projeto (mil R\$)	Capex Unitário (R\$/ha)
Gastos	Total	760	760
	Custos indiretos	760	760
	Uso da terra	0	0
<hr/>			
Investimentos	Total	8.469	8.469
	Preparação do projeto	470	470
	Silvicultura	7.999	7.999
<hr/>			
Total		9.229	9.229

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

Figura 30. Distribuição por categoria do custo de investimento para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento



Total = R\$ 9.229 /ha

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

O custo de produção de caixa, custo com retorno de capital e preço alvo são respectivamente iguais a R\$ 139,4; 217,1 e 239,9 /m³. (Tabela 45 e Figura 31)

A silvicultura é o principal fator responsável pelo custo de caixa, seguida pelo custo de colheita. O custo silvicultural por m³ é cerca de 4 vezes maior do que para um plantio convencional, porque o custo das operações por hectare recuperado é 44% maior do que o custo das operações por hectare de plantio convencional (Tabela 17), enquanto a produção por hectare é cerca 2,5 vezes menor (Tabela 14). O custo de colheita é cerca 3 vezes maior do que para um plantio convencional porque é necessário usar a motosserra e a dificuldade de extração da madeira sem danificar as árvores nativas ao redor reduz a produtividade da operação.

Tabela 45. Decomposição dos custos de produção e preço alvo de venda ao longo da vida para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento

Categoria	Item	Total vida do projeto (mil R\$)	Custo Unitário Quantidade de venda (R\$/m ³)
	Total	470	3,1
Custos de preparação do projeto florestal	Custos fixos	100	0,7
	Cerca	80	0,5
	Preparação do solo	290	1,9

	Total	2.470	16,5
Gastos do projeto silvicultural	Custos indiretos	2.470	16,5
	Uso da terra	0	0,0

	Total	11.215	75,1
Investimento silvicultural	Plantio	3.579	24,0
	Irrigação	954	6,4
	Fertilizante	2.087	14,0
	Controle de mato	3.569	23,9
	Controle de praga	1.025	6,9

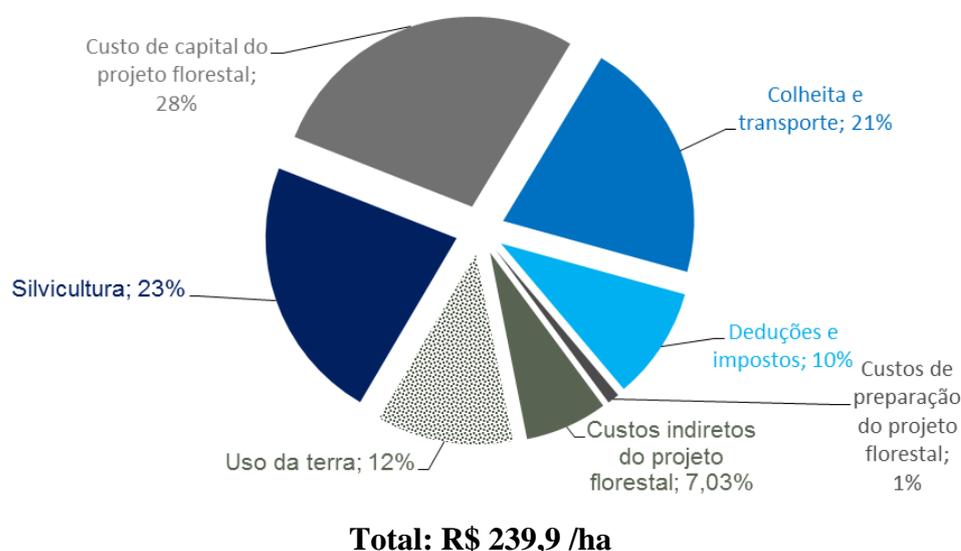
	Total	6.661	44,6
Colheita e transporte	Colheita	4.974	33,3
	Transporte	1.687	11,3

Total custo de caixa		20.815	139,4
Custo com retorno no capital		N/D	217,1
Deduções e impostos	Total		7,3
	Deduções		7,3
	Impostos de renda		0,0

Preço alvo de venda		N/D	239,9

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

Figura 31. Decomposição do preço de venda para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento



Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

3.2.1.2 Análise de sensibilidade

Sensibilidade ao Manejo

O principal fator de manejo que impacta os resultados é a proporção de mudas de eucalipto em relação ao número de mudas totais. Com a redução desta proporção de 50% para 25%, os custos de produção e preços alvo de venda quase dobram, sem surpresa (Tabela 46).

Tabela 46. Impacto da proporção de mudas de eucalipto sobre o valor da madeira para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento

Proporção de mudas de eucalipto	R\$/m ³		
	Custo de caixa	Custo com retorno do capital	Preço alvo
50%	139,4	217,1	239,9
25%	260,7	438,0	484,1

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

Voltando a um projeto com 50% de eucalipto, a comparação entre as mesorregiões mostra que existe uma ampla dispersão de valores, e que Mato Grosso do Sul apresenta a situação a mais favorável (Figura 32). Ou seja, é possível de concluir que o plantio em reserva legal por fim meramente econômico (por exemplo: por falta de terras alternativas) não é uma alternativa atraente.

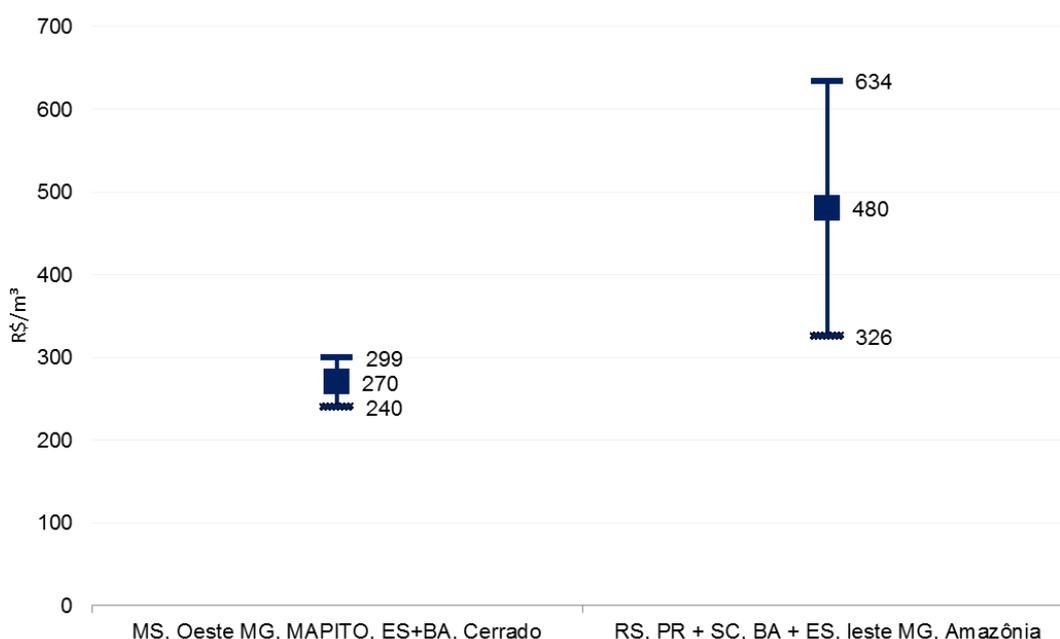
Comparação entre mesorregiões

Considerando o grau de incerteza das premissas, considera-se que não é possível estabelecer um ranqueamento relativo entre os valores das diversas regiões.

Porém, algumas conclusões podem ser derivadas:

- O custo de investimento varia entre R\$ 8 e 15 mil por hectare. Os principais fatores são a possibilidade ou não de mecanizar as operações de silvicultura e o custo das mudas nativas (que podem atingir R\$ 2 por muda)
- Não existe nenhuma mesorregião com um preço alvo menor do que R\$ 239,9 /m³, o que é significativamente maior em todas as mesorregiões, especialmente de mercado florestal maduro, do que o preço alvo para plantio comercial. Ou seja, apesar das incertezas sobre as premissas, não parece ser possível justificar economicamente o plantio de eucalipto em reserva legal se a base de comparação for a regeneração natural da área.
- As mesorregiões parecem se dividir em dois grupos:
 - Mato Grosso do Sul, Oeste de Minas entre R\$ 240 e R\$ 300 /m³.
 - As demais mesorregiões, onde o preço alvo supera R\$ 326 /m³ e pode atingir até R\$ 634 /m³ (na Amazônia).

Figura 32. Sensibilidade do valor da madeira à mesorregião para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto, a situação de referência sendo a recomposição natural com monitoramento



Projeto de mil hectares de reserva legal com uma estrutura gerencial de fundo ou empresa florestal. São 2 rotações de 7 anos por ciclo com um manejo de rebrota e um prazo de produção de 13 anos. Todas as outras premissas são de acordo com as sugestões do custeio.

Fonte: Compilação a partir do Simulador EXCEL do custo de madeira

3.2.2 Se a situação de referência for uma recomposição com 100% de árvores nativas

3.2.2.1 Projeto padrão de mil hectares regenerados com 50% de eucalipto no MS

As características do projeto padrão estão mostradas na Tabela 47. Em relação à Tabela 42, a única diferença é a situação de referência.

Tabela 47. Características do projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas

Característica	Valor
Tipo de estrutura gerencial	Empresa ou fundo florestal
Prazo de produção da madeira	13 anos
Tipo de projeto florestal	Recomposição de reserva legal – 50% eucalipto
Porte do projeto florestal	1.000 hectares
Situação de referência para avaliação econômica	Área recuperada com 100% de plantios nativos, com uma densidade de plantio igual a 50% da densidade do projeto florestal, para limitar custos.
Taxa de retorno alvo	9,0%
Número de rotações por ciclo	2
Prazo de rotação	7 anos
Prazo inicial de plantio	7 anos
Produtividade da 1ª rotação	89 m ³ /ha
Madeira total produzida	149 mil m ³
Sistema de colheita	Internalizada
Organização da colheita	Manual RL
Distância média de transporte	50 km
Sistema de transporte	Tri-trem
Organização do transporte	Terceirizado
Modelo de venda da madeira	Posto na indústria

Fluxos de Produção

Os fluxos de áreas plantadas, de estoque disponível de madeira, volume colhido cada ano, continuam descritos pelas Figura 26, Figura 27, e Figura 28 respectivamente.

Fluxos de Caixa

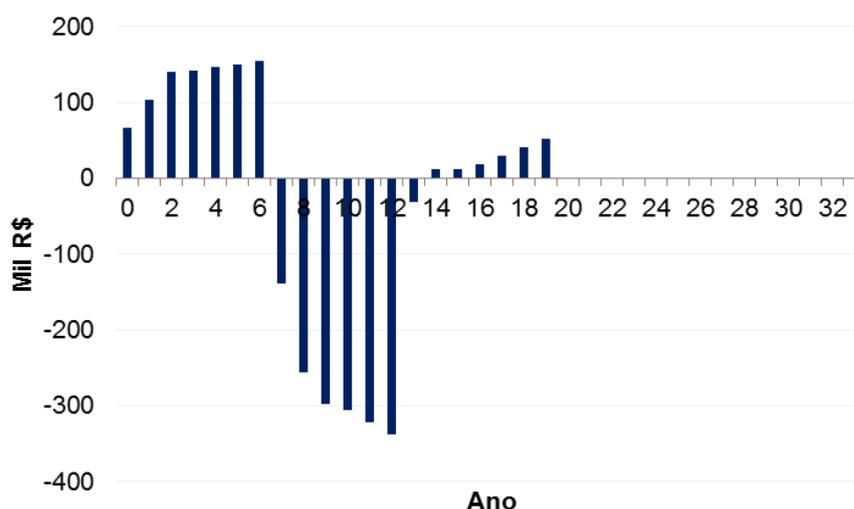
Os fluxos de caixa, que são compostos da diferença entre os fluxos do projeto florestal com eucalipto e os fluxos da recomposição com somente árvores nativas, apresentam um perfil totalmente invertido das duas situações anteriores (plantio comercial convencional com valorização do uso da terra e recomposição de reserva legal com eucalipto comparada à regeneração natural) até o ano 13 (Figura 33).

Os fluxos de caixa são inicialmente positivos e crescentes até o ano 6 porque (i) as operações silviculturais da situação de referência são presumidas manuais enquanto algumas são presumidas mecanizadas no projeto florestal, e (ii) mudas de árvores nativas são significativamente mais caras do que mudas de eucalipto (R\$ 4,58 para uma muda de árvore nativa contra R\$ 0,50 para uma muda de eucalipto),

Quando começa a colheita da primeira rotação, os fluxos se tornam negativos, porque (i) no projeto florestal, a receita é baixa (baixa volume de madeira e baixo preço de venda), enquanto existem custos de manejo da rebrota e (ii) a situação de referência não comporta mais custos silviculturais.

A partir do ano 14, os fluxos de caixa livre voltam a ser positivos e aumentam à medida que diminuem os custos silviculturais de manejo da rebrota.

Figura 33. Fluxos de caixa livre para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas



Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

O projeto atinge a rentabilidade desejada por investidores nesta região, que é de 9%, se o preço de venda for R\$ 56,2 /m³. Considerando uma umidade média de 45%, isto corresponde também a preços de venda de R\$ 68,7 /t e R\$ 27,9 / MWh. (Tabela 48). Assim, se, por exemplo, a madeira for vendida a uma termelétrica de rendimento energético líquido igual a 30%, o custo de madeira será $27,9 / 30\% = \text{R\$ } 93,1 / \text{MWh}$ de eletricidade vendida.

Tabela 48. Preço alvo de venda da madeira para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas

Quantidade de venda	Preço alvo de venda
Volume	56,2 R\$/m ³
Peso seco	124,9 R\$/t seca
Peso verde	68,7 R\$/t verde
Energia	27,9 R\$/MWh

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

O custo de produção de caixa, custo com retorno de capital e preço alvo são respectivamente iguais a R\$ 54,3; 49,2 e 56,2 /m³. (Tabela 49)

A colheita é o principal fator responsável pelo custo de caixa, seguida pelo transporte. O custo silvicultural por m³ vem em terceiro lugar. Ele é positivo, porque a economia realizada durante o crescimento da primeira rotação de eucalipto não é suficiente para compensar o ganho em relação à situação de referência da primeira rotação.

O custo com retorno de capital é menor do que o custo de caixa, por conta do recebimento dos fluxos de caixa livres positivos nos primeiros anos.

Tabela 49. Decomposição dos custos de produção e preço alvo de venda ao longo da vida para o projeto de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas

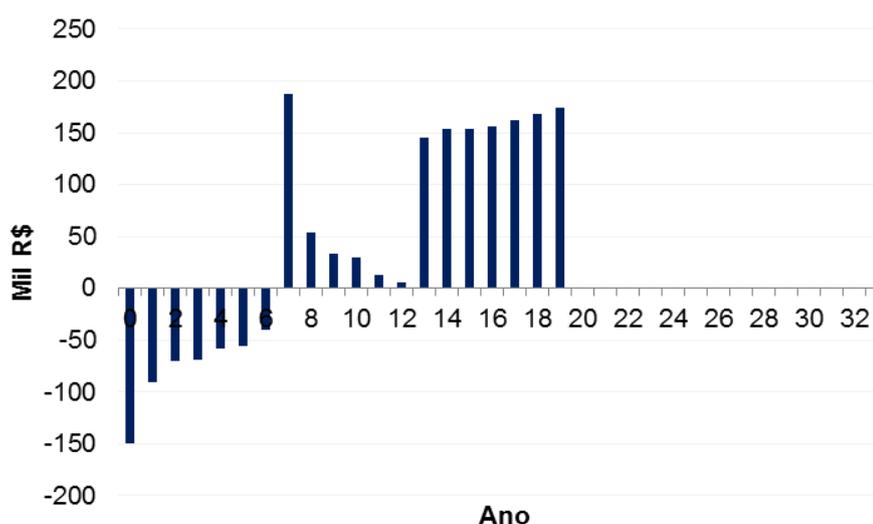
Categoria	Item	Total vida do projeto (mil R\$)	Custo Unitário Quantidade de venda (R\$/m ³)
	Total	0	0,0
Custos de preparação do projeto florestal	Custos fixos	0	0,0
	Cerca	0	0,0
	Preparação do solo	0	0,0
	Total	0	0,0
Gastos do projeto silvicultural	Custos indiretos	0	0,0
	Uso da terra	0	0,0
	Total	1.438	9,6
Investimento silvicultural	Plantio	612	4,1
	Irrigação	172	1,1
	Fertilizante	866	5,8
	Controle de mato	-506	-3,4
	Controle de praga	294	2,0
	Total	6.661	44,6
Colheita e transporte	Colheita	4.974	33,3
	Transporte	1.687	11,3
Total custo de caixa		8.099	54,3
Custo com retorno no capital		N/D	49,2
	Total		9,8
Deduções e impostos	Deduções		7,4
	Impostos de renda		2,5
Preço alvo de venda		N/D	56,2

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

3.2.2.2 Análise de sensibilidade

Considerando uma recomposição com 25% de mudas de eucalipto, os custos silviculturais durante os primeiros anos ficam agora maiores do que para a situação de referência, e os fluxos de caixa livres anuais tomam uma forma mais clássica (Figura 34).

Figura 34. Fluxos de caixa livre para o projeto de recomposição de reserva legal com 25% de eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas



Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

Neste caso, o custo de produção da madeira é significativamente maior e também voltamos numa situação onde o custo de capital aumenta o custo de produção da madeira (Tabela 50).

Tabela 50. Impacto da proporção de mudas de eucalipto sobre o valor da madeira para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas

Proporção de mudas de eucalipto	R\$/m ³		
	Custo de caixa	Custo com retorno do capital	Preço alvo
50%	54,3	49,2	56,2
25%	90,3	102,4	112,8

Fonte: Consolidado a partir do Simulador EXCEL do custo de madeira

3.2.2.3 Sensibilidade dos resultados econômicos à produtividade e principais itens de custos para o plantio comercial com o manejo padrão no MS

Na ausência de dados consolidados sobre as práticas e os custos de recomposição, os intervalos de confiança relativa sobre a produtividade e os fatores econômicos foram estimados a partir do consenso de um comitê de peritos. Estes intervalos são muito mais amplos do que os intervalos para os plantios comerciais (Tabela 51 e Figura 35):

- A incerteza sobre a produtividade traduz a dispersão de condições edafoclimáticas dentro de uma mesorregião e também a incerteza sobre o melhor arranjo de eucalipto em reserva legal em relação à situação de plantio convencional.
- Os custos silviculturais também têm intervalo de confiança amplo, porque (i) a silvicultura em reserva legal não é uma prática consolidada, e (ii) eles representam as diferenças de custos entre a recomposição com 50% de eucalipto e a recomposição com 100% de árvores nativas, ou seja, partes das incertezas de cada situação se acumulam.
- A incerteza sobre os custos de colheita provém da dificuldade de prever o incremento de custos ligado à colheita em reserva legal.
- Somente a incerteza sobre os custos de transporte das toras entre a floresta e o consumidor fica idêntica à do projeto florestal convencional

Esta incerteza gera também uma incerteza expressiva em relação ao custo de produção e preço alvo de venda da madeira.

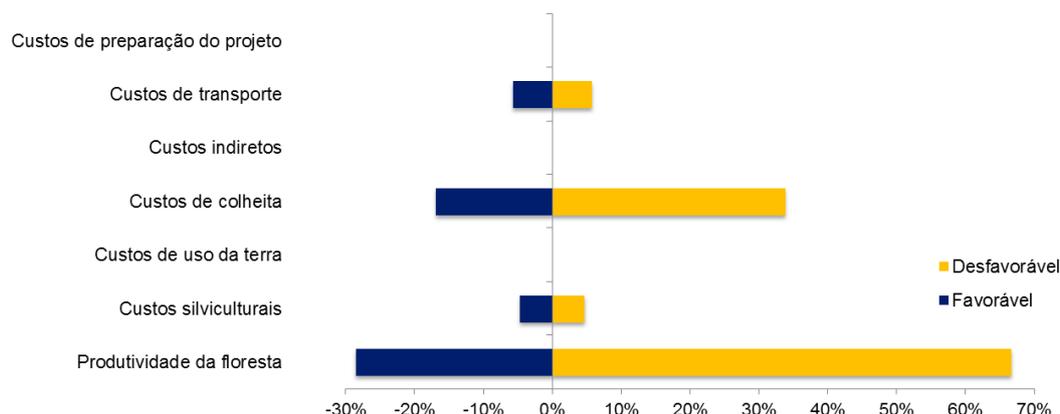
Tabela 51. Intervalo de confiança da produtividade e dos principais itens de custos, e sensibilidade do preço alvo à variabilidade destes fatores, para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas

Parâmetro	Variação do parâmetro relativa ao valor médio		Variação do preço alvo de venda relativa ao valor médio	
	Favorável	Desfavorável	Favorável	Desfavorável
Produtividade da floresta	40%	-40%	-29%	67%
Custos silviculturais	-50%	50%	-5%	5%
Custos de uso da terra	0%	0%	0%	0%
Custos de colheita	-25%	50%	-17%	34%
Custos indiretos	0%	0%	0%	0%
Custos de transporte	-25%	25%	-6%	6%
Custos de preparação do projeto	0%	0%	0%	0%

Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

Figura 35. Sensibilidade do preço alvo aos valores extremos potenciais da produtividade e dos principais fatores de custos, para o projeto de recomposição de reserva legal com

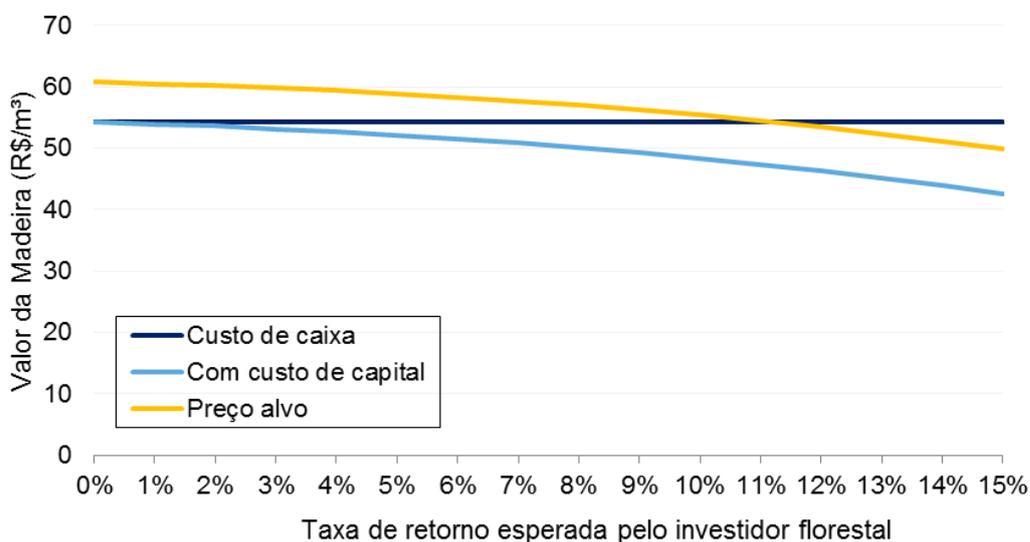
eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas



Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

Devido aos fluxos de caixa iniciais positivos, o custo de produção da madeira e o preço alvo diminuem quando a taxa de retorno esperado pelos investidores aumenta. (Figura 36).

Figura 36. Variação do valor da madeira em função da taxa de tetorno esperada pelo investidor para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas



Fonte: Simulador EXCEL do custo de madeira

3.2.3 Comparação entre Mesorregiões

Conforme já indicado, a premissa adotada é que:

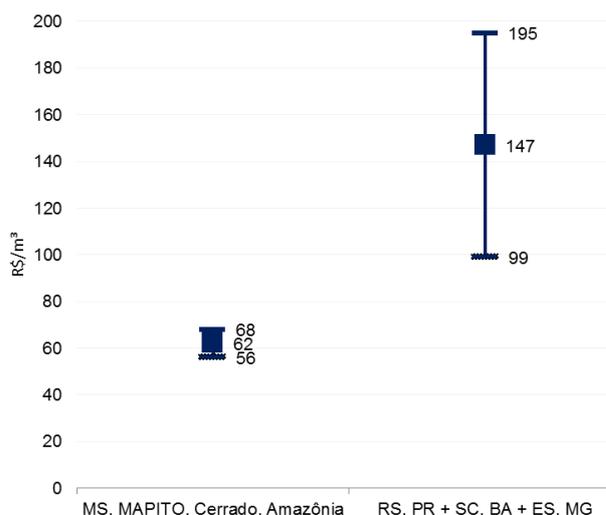
- Em média, as operações silviculturais de recomposição com 50% de eucalipto em mesorregiões planas poderão ser parcialmente mecanizadas, enquanto elas serão 100% manuais em outras mesorregiões.
- As operações silviculturais de recomposição com 100% de árvores nativas serão 100% manuais.

Assim, o custo total das operações de silvicultura durante os sete primeiros anos é projetado menor para a recomposição com 50% de eucalipto do que para a recomposição com 100% de árvores nativas nas regiões planas do Mato Grosso do Sul, do MAPITO, do Cerrado e de Amazônia (Tabela 17), e o preço alvo da madeira é projetado baixo, de R\$ 56 /m³ no Mato grosso do Sul, até R\$ 66 – 67 /m³ nas três outras mesorregiões (Figura 37). Estes valores são menores que os preços alvo obtidos com os plantios comerciais em todas as mesorregiões.

Por outro lado, nas outras mesorregiões cujo relevo é de tipo suave ondulado ou ondulado, o custo da silvicultura durante os sete primeiros anos é projetado maior para a recomposição com 50% de eucalipto do que para a recomposição com 100% de árvores nativas (Tabela 17), e o preço alvo da madeira é projetado alto, acima de R\$ 99/m³ em todos os casos, e também acima do preço alvo para madeira de plantio comercial convencional (Figura 37).

Dentre as regiões com relevo mais desfavorável, existe também uma grande dispersão de valores. Considerando o grau de incerteza das premissas, considera-se que não é possível trazer conclusões sobre o ranqueamento relativo entre os valores.

Figura 37. Sensibilidade do valor da madeira à mesorregião para o projeto de recomposição de reserva legal com eucalipto no MS, a situação de referência sendo a recomposição com 100% de árvores nativas



Projeto de mil hectares de reserva legal com uma estrutura gerencial de fundo ou empresa florestal. São 2 rotações de 7 anos por ciclo com um manejo de rebrota e um prazo de produção de 13 anos. Todas as outras premissas são de acordo com as sugestões do custeio.

Fonte: Compilação a partir do Simulador EXCEL do custo de madeira

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.1 Conclusões sobre o potencial do eucalipto como matéria-prima de geração de eletricidade

É importante ressaltar inicialmente que:

- Apesar do esforço para definir mesorregiões com comportamento homogêneo, existe uma dispersão expressiva de condições de produtividade, custos de uso de terra (para plantios comerciais) e custos silviculturais dentro de cada mesorregião que pode conduzir a resultados econômicos expressivamente diferentes da média para um projeto específico.
- As práticas e, portanto, os custos de silvicultura e colheita para o eucalipto em reserva legal não são bem consolidados.

Sempre lembrando destas limitações, pode se tentar uma análise do potencial de eucalipto como matéria-prima de geração de eletricidade por mesorregião.

4.1.1 Síntese econômica

Para identificar as melhores oportunidades de plantio de eucalipto entre as diferentes mesorregiões e tipos de projeto florestal, por fins de produção de eletricidade, foram atribuídas notas para os aspectos econômicos estudados nesta Fase 2, cruzando os aspectos econômicos com os critérios analisados na Fase 1. As notas foram definidas de 1 (Inviável) a 5 (muito atraente), conforme a Tabela 52.

A nota econômica global foi atribuída a partir da consideração do custo de investimento per hectare (medição comum no universo florestal) com peso de 33,33%, e o preço alvo de venda posto na indústria (que sintetiza a competitividade do empreendimento) com peso de 66,67%. As notas para o nível de preço alvo foram atribuídas a fim de viabilizar uma termelétrica de porte 50 a 150 MW, com um preço de venda de eletricidade de R\$ 300 a 350 /MWh.

Tabela 52. Critério de notação dos parâmetros econômicos

Nota			Investimento (R\$/ha)		Nível de preço alvo (R\$/m³)	
Valor	Cor	Definição	Min	Max	Min	Max
5	●	Muito atraente	-	0	-	60
4	●	Atraente	0	5.000	60	80
3	●	Neutro	5.000	10.000	80	100
2	●	Provavelmente inviável	10.000	15.000	100	150
1	●	Inviável	15.000	-	150	-

Conforme as notas por mesorregião para o plantio comercial convencional (Tabela 53), a recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto usando como situação de referência a regeneração natural (Tabela 54) ou a recomposição com 100% de árvores nativas (Tabela 55), o plantio de eucalipto poderia ter a maior atratividade econômica para:

- Apoiar a recomposição de reservas legais muito degradadas, onde o plantio de árvores é de toda forma necessário, se for possível realizar o plantio 50% eucalipto + 50% árvores nativas de forma mecanizada. Isto teria maior oportunidade de acontecer nas regiões mais planas de Mato Grosso do Sul, Cerrado, MAPITO e Amazônia.
- Produzir madeira a partir de plantios convencionais na Pampa Gaúcha.

Tabela 53. Nota em função dos critérios econômicos para o plantio comercial convencional nas diferentes mesorregiões

Mesorregião	Nota			Cor		
	Investimento	Preço alvo	Global	Investimento	Preço alvo	Global
Mato Grosso do Sul	3	3	3	●	●	●
Pampa Gaúcha	3	4	4	●	●	●
Serra Gaúcha	3	2	2	●	●	●
Paraná e Santa Catarina	3	3	3	●	●	●
São Paulo	2	3	3	●	●	●
Leste de Minas Gerais	3	2	2	●	●	●
Oeste de Minas Gerais	3	3	3	●	●	●
Norte ES e Sul BA	3	3	3	●	●	●
Cerrado	2	2	2	●	●	●
MAPITO	3	2	2	●	●	●
Amazônia	3	1	2	●	●	●

Tabela 54. Nota em função dos critérios econômicos para a recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto, considerando a recomposição natural como situação de referência, nas diferentes mesorregiões

Mesorregião	Nota			Critério econômico		
	Investimento	Preço alvo	Global	Investimento	Preço alvo	Global
Mato Grosso do Sul	3	1	2	●	●	●
Serra Gaúcha	2	1	1	●	●	●
Paraná e Santa Catarina	2	1	1	●	●	●
São Paulo	2	1	1	●	●	●
Leste de Minas Gerais	2	1	1	●	●	●
Oeste de Minas Gerais	3	1	2	●	●	●
Norte ES e Sul BA	2	1	1	●	●	●
Cerrado	3	1	2	●	●	●
MAPITO	3	1	2	●	●	●
Amazônia	3	1	2	●	●	●

Tabela 55. Nota em função dos critérios econômicos para a recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto, considerando a recomposição com 100% de árvores nativas como situação de referência, nas diferentes mesorregiões

Mesorregião	Nota			Investimento	Preço alvo	Arredondado
	Investimento	Preço alvo	Total			
Mato Grosso do Sul	5	5	5	●	●	●
Serra Gaúcha	4	1	2	●	●	●
Paraná e Santa Catarina	4	1	2	●	●	●
São Paulo	4	2	3	●	●	●
Leste de Minas Gerais	4	2	3	●	●	●
Oeste de Minas Gerais	4	3	3	●	●	●
Norte ES e Sul BA	4	3	3	●	●	●
Cerrado	5	4	4	●	●	●
MAPITO	5	4	4	●	●	●
Amazônia	5	4	4	●	●	●

4.1.1 Consolidação das Fases 1 e 2

Os resultados da Fase 1 e da Fase 2 foram consolidados pela atribuição de uma nota global entre 1 e 5 incorporando os aspectos qualitativos agrários, socioambientais e florestais, junto com a nota econômica, conforme os pesos e as definições da Tabela 56.

Tabela 56. Metodologia de consolidação dos critérios de atratividade

Critério	Peso	Composição	Proporção
Agrário	15	Disponibilidade de terras	50,0%
		Facilidade de Regularização Documental	50,0%
Socio-ambiental	30	Aceitação Social	25,0%
		Facilidade Licenciamento Ambiental	25,0%
		Presença de Pastagens degradadas	12,5%
		Condições Hídricas Favoráveis	37,5%
Florestal	15	Produtividade	33,3%
		Existência de Mercado Florestal Ativo	33,3%
		Facilidade Logística	33,3%
Econômico	40	Investimento	33,3%
		Preço alvo de venda da madeira	66,7%
Total	100	-	-

Os preços de terra analisados na Fase 1 foram excluídos dos critérios agrários, e a produtividade florestal, foi excluída dos critérios florestais, visto que estes dados quantitativos já estão embutidos no preço alvo da madeira, e o custo da terra também está embutido no custo de investimento.

As notas de 1 a 5 para as facilidades de regularização documental, todos os fatores socioambientais, os fatores florestais foram dadas no relatório da Fase 1 e valem tanto para o plantio comercial quanto para o plantio em reserva legal. O relatório da Fase 1 também atribuiu notas de 1 a 5 para a disponibilidade de terras globais, que é um bom proxy para a nota de disponibilidade de terras para plantio comercial, considerando que a maioria das terras disponíveis são desta categoria. Para a disponibilidade de terras em reserva legal, as notas foram atribuídas conforme a Tabela 57.

Tabela 57. Critério de notação da disponibilidade de terras em reserva legal

Valor	Nota		Área (mil ha)	
	Cor		Min	Max
5			1.500	-
4			500	1.500
3			200	500
2			50	200
1			0	50

Em relação ao plantio comercial, nota-se que a maioria das mesorregiões tem uma nota neutra (Tabela 58). Somente o Mato Grosso do Sul aparece globalmente atraente, graças à boa atratividade nos aspectos agrários, socioambientais e florestais, e uma nota neutra em relação aos aspectos econômicos. A Serra Gaúcha e o MAPITO são as duas mesorregiões destacadas como as menos atraentes, por ter notas baixas em relação ao mínimo dois dos quatro critérios.

Tabela 58. Nota global em função dos critérios qualitativos e econômicos para o plantio comercial convencional nas diferentes mesorregiões

Mesorregião	Aspectos				Total
	Agrários	Socio-ambientais	Florestais	Econômicos	
Mato Grosso do Sul					
Pampa Gaúcho					
Serra Gaúcha					
Paraná e Santa Catarina					
São Paulo					
Leste de Minas Gerais					
Oeste de Minas Gerais					
Norte ES e Sul BA					
Cerrado					
MAPITO					
Amazônia					

O plantio de eucalipto em reserva legal, considerando como situação de referência a regeneração natural, é pouco atraente na maioria das mesorregiões e neutro no restante (Tabela 59), porém, a nota ponderada atinge somente 2,8 no melhor caso, devido à baixa atratividade econômica. Vale lembrar que não é possível atribuir uma nota global para o Mato Grosso do Sul (falta de dados oficiais sobre as áreas de reserva legal) e no Pampa Gaúcho (impossibilidade de plantar eucalipto em reserva legal).

O plantio de eucalipto em reserva legal, considerando como situação de referência a recomposição com 100% de árvores nativas, é atraente no Cerrado que combina alta disponibilidade de terras, bons critérios socioambientais e atratividade econômica (Tabela 60). Ela é neutra na maioria das regiões, porém com notas entre 3,3 e 3,0 em São Paulo, Amazônia, MAPITO, e Oeste de Minas Gerais onde a atratividade econômica compensa a relativa limitação de áreas de reserva legal disponíveis.

É também importante ressaltar que a análise desta Fase 2 ainda não é suficiente para definir as condições as mais atraentes para a geração de eletricidade. Assim, a terceira fase vai conduzir a um novo ranqueamento das mesorregiões e regimes de produção da madeira, em função dos seguintes fatores:

- Regimes de impostos diferenciados entre as mesorregiões, em função dos subsídios Sudene / Sudam principalmente
- Custos de investimentos diferenciados entre as mesorregiões, em função da qualidade das infraestruturas físicas, distância dos portos de importação de

- equipamento e disponibilidade de mão de obra qualificada
- Disponibilidade de áreas necessárias para plantar as florestas que vão abastecer as termelétricas.

Tabela 59. Nota global em função dos critérios qualitativos e econômicos para a recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto, considerando a recomposição natural como situação de referência, nas diferentes mesorregiões

Mesorregião	Aspetos				Total
	Agrários	Socio-ambientais	Florestais	Econômicos	
Mato Grosso do Sul	N/D	●	●	N/D	N/D
Pampa Gaúcho	●	●	●	N/D	N/D
Serra Gaúcha	●	●	●	●	●
Paraná e Santa Catarina	●	●	●	●	●
São Paulo	●	●	●	●	●
Leste de Minas Gerais	●	●	●	●	●
Oeste de Minas Gerais	●	●	●	●	●
Norte ES e Sul BA	●	●	●	●	●
Cerrado	●	●	●	●	●
MAPITO	●	●	●	●	●
Amazônia	●	●	●	●	●

Tabela 60. Nota global em função dos critérios qualitativos e econômicos para a recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto, considerando a recomposição com 100% de árvores nativas como situação de referência, nas diferentes mesorregiões

Mesorregião	Aspetos				Total
	Agrários	Socio-ambientais	Florestais	Econômicos	
Mato Grosso do Sul	N/D	●	●	●	N/D
Pampa Gaúcho	●	●	●	N/D	N/D
Serra Gaúcha	●	●	●	●	●
Paraná e Santa Catarina	●	●	●	●	●
São Paulo	●	●	●	●	●
Leste de Minas Gerais	●	●	●	●	●
Oeste de Minas Gerais	●	●	●	●	●
Norte ES e Sul BA	●	●	●	●	●
Cerrado	●	●	●	●	●
MAPITO	●	●	●	●	●
Amazônia	●	●	●	●	●

4.2 Sugestões para próximos trabalhos

Para melhorar a qualidade das predições do custeio, são recomendadas as seguintes tarefas, por ordem decrescente de impacto:

As duas tarefas as mais importantes, e de importância igual, são:

- Reduzir as incertezas sobre as condições efetivas, custos de silvicultura e colheita em reserva legal e a produtividade dos plantios de eucalipto: o custeio mostrou a ampla flutuação dos custos de produção do eucalipto em função das premissas, enquanto existem poucos dados efetivos. Recomenda-se fazer um levantamento sistemático (através de entrevistas e/ou visitas de campo) para coletar dados efetivos, ou identificar testes em andamento que podem fornecer dados no custo ou médio prazo.

- Incorporar no modelo a possibilidade de financiamento parcial por dívida e de subsídios, para responder a perguntas do tipo “sabendo que para viabilizar uma atividade industrial na região X, precisamos de um preço de madeira P, qual é a taxa de juro ou qual é o nível de subsidio necessário?”.

Em segundo lugar, seria interessante compor uma biblioteca de dados que permita deixar o modelo mais livre em relação à possibilidade de simulação de diferentes espécies, ou tipo de clones para uma mesma espécie. Por exemplo, empresas que buscam produzir eucalipto por fim de produção de carvão vegetal ou energética tem plantado clones de *E. Urograndis*, ou outras espécies, com densidade seca maior. O levantamento das práticas silviculturais e produtividades permitiria definir se é possível obter custos de produção da madeira em R\$ por tonelada ou MWh inferior ao custo do padrão utilizado nesta versão do custeio.

Outras melhorias potenciais impactam a mecânica do modelo, e não os inputs, com impacto limitado no poder preditivo:

- A expansão da idade de corte e a introdução de possibilidade de desbaste permitiriam simular a produção de vários sortimentos de madeira vendidos a preços diferenciados. Porém, vale ressaltar que o mercado de madeira grossa de eucalipto hoje é relativamente limitado e que as referências das curvas de crescimento de eucalipto para idades de mais de 10 anos são poucas, de tal forma que todo ganho potencial de rentabilidade identificado pelo custeio com estes outros regimes em relação ao regime padrão do custeio atual deveria ser analisado com muita precaução.
- A incorporação do capital de giro permite refinar o custo de investimento, e da rentabilidade, porém o impacto é limitado em relação à incerteza sobre os custos silviculturais.
- A incorporação da inflação impacta o cálculo do custo de produção / preço de venda da madeira expresso em termos de valor atual somente no regime de Lucro Real, ou seja, para os maiores empreendimentos.

Recomenda-se também atualizar o custeio:

- Cada vez que surgirá no futuro uma política pública com o potencial de alterar expressivamente o modelo de negócio (por exemplo, mecanismo específico de financiamento, ou subsídio)
- Anualmente para os custos e taxas de retorno esperadas pelos investidores
- A cada dois anos para as práticas e produtividades silviculturais.

5

ANEXO A – TABELAS DE PRODUÇÃO DE MADEIRA DE PLANTIOS CONVENCIONAIS CONFORME O MODELO FLOREXCEL

Índice de sítio	Volume função de idade para 1667 árvores / hectare (m³)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
28,5	-	1,0	15,6	32,7	73,4	116,6	167,0	220,1	274,1	327,4
29,0	-	1,0	16,3	35,0	76,9	122,2	174,5	229,4	285,2	340,1
29,5	-	1,0	16,9	37,5	80,4	127,9	182,1	238,8	296,5	353,0
30,0	-	1,0	17,4	40,0	84,0	133,6	189,9	248,7	308,0	366,0
30,5	-	1,0	17,9	42,7	87,7	139,5	197,7	258,5	319,5	379,0
31,0	-	1,0	18,3	45,3	91,6	145,5	205,7	268,4	331,2	392,2
31,5	-	1,0	18,8	48,0	95,5	151,6	213,8	278,5	343,0	405,5
32,0	-	1,0	19,2	50,8	99,5	157,8	222,1	288,7	354,9	418,8
32,5	-	1,0	19,6	53,6	103,6	164,1	230,4	299,0	366,9	432,3
33,0	-	1,0	19,9	56,3	107,8	170,6	238,8	309,4	379,1	445,7
33,5	-	1,0	20,3	59,0	112,2	177,1	247,6	320,0	391,3	459,3
34,0	-	1,0	20,8	61,8	116,6	183,7	256,3	330,6	403,6	473,5
34,5	-	1,1	21,2	64,5	121,2	190,4	265,1	341,4	416,0	487,3
35,0	-	1,1	21,8	67,2	125,9	197,2	274,1	352,2	428,4	501,3
35,5	-	1,1	22,4	69,9	130,6	204,1	283,1	363,2	440,9	515,3
36,0	-	1,2	23,0	72,6	135,5	211,1	292,3	374,2	453,5	529,4
36,5	-	1,3	23,8	75,3	140,4	218,2	301,5	385,4	466,7	543,6
37,0	-	1,4	24,6	78,1	145,4	225,4	310,9	396,6	479,6	557,9
37,5	-	1,5	25,6	80,8	150,4	232,7	320,3	407,9	492,5	572,3
38,0	-	1,7	26,6	83,7	155,6	240,0	329,9	419,3	505,6	586,8
38,5	-	1,9	27,8	86,6	160,8	247,7	339,6	430,8	518,7	601,4
39,0	-	2,2	29,1	89,5	166,1	255,3	349,3	442,4	532,0	616,2
39,5	-	2,6	30,4	92,5	171,5	263,0	359,2	454,0	545,3	631,0

Índice de sítio	Volume função de idade para 1143 árvores / hectare (m³)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
28,5	-	0,6	9,3	22,5	49,0	80,8	117,7	158,3	200,6	243,4
29,0	-	0,6	9,7	24,1	51,5	84,9	123,4	166,2	210,3	254,8
29,5	-	0,6	10,0	25,8	54,1	89,1	129,2	174,3	220,2	266,5
30,0	-	0,6	10,3	27,5	56,8	93,4	135,1	182,6	230,4	278,3
30,5	-	0,6	10,7	29,2	59,6	97,9	141,1	191,4	240,7	290,3
31,0	-	0,6	11,0	31,0	62,4	102,4	147,5	200,1	251,2	302,5
31,5	-	0,6	11,3	32,7	65,4	107,0	153,9	208,9	261,9	314,8
32,0	-	0,6	11,6	34,5	68,4	111,8	160,4	218,0	272,8	327,3
32,5	-	0,6	11,9	36,3	71,7	116,6	167,0	227,2	283,9	339,9
33,0	-	0,6	12,2	38,0	74,9	121,6	173,7	236,6	295,1	353,2
33,5	-	0,7	12,5	39,8	78,2	126,6	180,6	246,1	306,4	366,3
34,0	-	0,7	12,9	41,6	81,7	131,8	187,6	255,8	317,9	379,6
34,5	-	0,7	13,4	43,5	85,1	137,0	194,7	265,7	329,6	393,1
35,0	-	0,7	13,9	45,3	88,7	142,3	202,0	275,7	341,4	406,7
35,5	-	0,8	14,4	47,2	92,4	148,0	209,3	285,9	353,8	420,5
36,0	-	0,8	15,0	49,2	96,1	153,6	216,8	296,2	366,0	434,5
36,5	-	0,9	15,7	51,1	99,9	159,3	224,4	306,6	378,4	448,7
37,0	-	1,0	16,5	53,2	103,8	165,1	232,2	317,2	390,9	463,0
37,5	-	1,1	17,3	55,3	107,7	171,0	240,0	327,9	403,6	477,6
38,0	-	1,3	18,2	57,5	111,8	177,0	248,0	338,7	416,5	492,3
38,5	-	1,5	19,2	59,7	115,9	183,1	256,1	349,7	429,5	507,2
39,0	-	1,7	20,2	62,0	120,1	189,4	264,3	361,3	442,7	522,2
39,5	-	1,9	21,2	64,3	124,3	195,7	272,5	372,7	456,1	537,4

Índice de sítio	Volume função de idade para 1000 árvores / hectare (m ³)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
28,5	-	0,7	8,4	18,9	44,4	72,6	106,3	142,8	181,0	219,7
29,0	-	0,7	9,1	20,2	46,9	76,5	111,9	150,0	189,8	230,0
29,5	-	0,7	9,7	21,7	49,5	80,7	117,6	157,3	198,7	240,4
30,0	-	0,7	10,2	23,3	52,1	84,9	123,5	164,8	207,9	251,1
30,5	-	0,7	10,7	25,0	54,7	89,3	129,5	172,7	217,2	261,9
31,0	-	0,7	11,1	26,8	57,4	93,7	135,7	180,5	226,7	272,9
31,5	-	0,7	11,5	28,7	60,2	98,3	141,9	188,5	236,4	284,1
32,0	-	0,7	11,9	30,6	63,1	103,0	148,4	196,7	246,2	295,3
32,5	-	0,7	12,3	32,5	66,1	107,8	154,9	205,0	256,1	306,7
33,0	-	0,7	12,6	34,5	69,3	112,7	161,5	213,5	266,2	318,7
33,5	-	0,7	12,9	36,5	72,5	117,8	168,5	222,1	276,5	330,5
34,0	-	0,7	13,2	38,5	75,8	122,9	175,5	230,9	286,9	342,5
34,5	-	0,7	13,5	40,5	79,1	128,1	182,6	239,7	297,4	354,7
35,0	-	0,7	13,9	42,4	82,7	133,5	189,8	248,8	308,0	367,0
35,5	-	0,7	14,2	44,4	86,3	138,9	197,1	257,9	319,2	379,5
36,0	-	0,8	14,6	46,4	90,0	144,5	204,6	267,2	330,2	392,1
36,5	-	0,8	15,1	48,5	93,8	150,1	212,2	276,7	341,4	404,9
37,0	-	0,8	15,6	50,5	97,7	155,9	219,9	286,2	352,7	417,8
37,5	-	0,9	16,2	52,6	101,6	161,7	227,8	295,9	364,2	430,9
38,0	-	0,9	16,8	54,7	105,6	167,6	235,8	305,7	375,8	444,2
38,5	-	1,0	17,5	56,9	109,7	173,9	243,9	315,5	387,6	457,6
39,0	-	1,1	18,3	59,1	113,9	180,1	252,1	326,0	399,5	471,2
39,5	-	1,2	19,2	61,3	118,2	186,4	260,4	336,3	411,6	484,9

Índice de sítio	Volume função de idade para 833 árvores / hectare (m ³)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
28,5	-	0,5	7,6	19,4	42,2	70,4	103,1	138,7	175,8	213,3
29,0	-	0,5	8,0	20,8	44,4	74,0	108,2	145,3	183,8	222,6
29,5	-	0,5	8,3	22,2	46,7	77,8	113,4	152,0	192,0	232,6
30,0	-	0,5	8,6	23,7	49,1	81,6	118,7	158,9	200,4	242,4
30,5	-	0,5	8,8	25,1	51,6	85,6	124,3	166,0	208,9	252,5
31,0	-	0,5	9,1	26,6	54,1	89,6	130,0	173,1	217,5	262,7
31,5	-	0,5	9,4	28,1	56,8	93,8	135,7	180,5	226,2	273,0
32,0	-	0,5	9,6	29,6	59,6	98,1	141,6	187,9	235,6	283,6
32,5	-	0,5	9,9	31,1	62,4	102,4	147,5	195,5	244,8	294,3
33,0	-	0,6	10,2	32,6	65,3	106,8	153,7	203,2	254,2	305,2
33,5	-	0,6	10,6	34,2	68,3	111,4	159,9	211,1	263,7	316,3
34,0	-	0,6	10,9	35,8	71,3	116,0	166,3	219,0	273,4	327,6
34,5	-	0,6	11,4	37,4	74,5	120,9	172,7	227,1	283,3	338,9
35,0	-	0,6	11,8	39,0	77,6	125,7	179,3	235,8	293,3	350,5
35,5	-	0,7	12,3	40,7	80,9	130,7	186,1	244,3	303,5	362,3
36,0	-	0,7	12,9	42,4	84,2	135,8	192,9	252,9	313,8	374,2
36,5	-	0,8	13,5	44,2	87,7	140,9	199,9	261,7	324,3	386,2
37,0	-	0,9	14,2	46,0	91,1	146,2	206,9	270,6	334,9	398,4
37,5	-	1,0	15,0	47,9	94,7	151,6	214,1	279,7	345,8	410,7
38,0	-	1,2	15,8	49,9	98,3	157,1	221,4	288,9	356,7	423,1
38,5	-	1,3	16,6	51,9	102,0	162,6	228,7	298,2	367,8	436,5
39,0	-	1,5	17,5	53,9	105,8	168,3	236,7	307,7	379,1	449,3
39,5	-	1,7	18,4	56,0	109,7	174,1	244,4	317,4	390,5	462,3

6

ANEXO B – BANCOS DE CUSTOS SILVICULTURAIS**Tabela 61. Custos silviculturais unitários para a rotação de implantação / reforma de um plantio comercial**

Região	Custos de operações para a rotação de implantação / reforma de um plantio convencional															
	Plantio - ano 0					Manutenção - ano 1			Manutenção - ano 2			Manutenção - ano 3		Manutenção - anos 4 e 5		Manut. > ano 5
	Plantio	Irrigação	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Controle de praga
Mato Grosso do Sul	1.032	880	1.232	960	189	-	298	129	-	106	188	-	97	-	176	169
Pampa Gaúcho	1.190	650	1.232	592	148	-	161	64	-	103	101	-	129	-	200	198
Serra Gaúcha	1.234	575	1.243	633	160	-	171	69	-	110	106	-	138	-	217	214
Paraná e Santa Catarina	1.234	483	1.243	633	160	-	157	69	-	101	106	-	132	-	204	201
São Paulo	1.156	896	1.383	1.224	195	-	180	79	-	117	121	-	152	-	237	235
Leste de Minas Gerais	1.040	1.024	1.247	1.104	272	-	321	143	-	112	203	-	178	-	273	265
Oeste de Minas Gerais	1.011	915	1.234	1.020	243	-	302	134	-	107	193	-	167	-	252	244
Norte ES e Sul BA	1.024	527	1.246	1.095	169	-	321	143	-	112	203	-	178	-	273	265
Cerrado	947	1.327	1.295	1.159	248	-	413	138	-	201	200	-	253	-	347	335
MAPITO	947	1.327	1.295	1.018	204	-	467	138	-	169	200	-	215	-	275	266
Amazônia	992	449	1.356	1.066	214	-	490	145	-	177	210	-	225	-	288	279

Tabela 62. Custos silviculturais unitários para a rebrota manejada de um plantio convencional

Região	Custos de operações para a rebrota manejada de um plantio convencional (R\$/ha)															
	Plantio - ano 0					Manutenção - ano 1			Manutenção - ano 2			Manutenção - ano 3		Manutenção - anos 4 e 5		Manut. > ano 5
	Condução do broto	Irrigação	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Controle de praga
Mato Grosso do Sul	396	-	1.104	1.062	189	-	298	129	-	106	188	-	97	-	88	56
Pampa Gaúcho	436	-	1.104	531	148	-	161	64	-	103	101	-	129	-	100	66
Serra Gaúcha	479	-	1.130	573	160	-	171	69	-	110	106	-	138	-	108	71
Paraná e Santa Catarina	479	-	1.130	573	160	-	157	69	-	101	106	-	132	-	102	67
São Paulo	463	-	1.149	1.204	218	-	163	72	-	106	110	-	138	-	119	78
Leste de Minas Gerais	407	-	1.137	1.169	216	-	321	143	-	112	203	-	107	-	137	88
Oeste de Minas Gerais	370	-	1.111	1.083	199	-	302	134	-	107	193	-	100	-	126	81
Norte ES e Sul BA	460	-	1.137	875	169	-	321	143	-	112	203	-	178	-	137	88
Cerrado	406	-	1.107	1.073	237	-	393	132	-	191	191	-	241	-	173	112
MAPITO	406	-	1.107	1.011	237	-	475	132	-	191	191	-	241	-	137	89
Amazônia	422	-	1.218	817	260	-	490	145	-	177	210	-	225	-	144	93

Tabela 63. Custos silviculturais unitários para a rebrota manejada de um plantio convencional

Região	Custos de operações para a rebrota não manejada de um plantio convencional (R\$/ha)															
	Plantio - ano 0					Manutenção - ano 1			Manutenção - ano 2			Manutenção - ano 3		Manutenção - anos 4 e 5		Manut. > ano 5
	Condução	Irrigação	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Controle de praga
Mato Grosso do Sul	-	-	-	-	189	-	-	129	-	-	188	-	97	-	88	56
Pampa Gaúcho	-	-	-	-	148	-	-	64	-	-	101	-	129	-	100	66
Serra Gaúcha	-	-	-	-	160	-	-	69	-	-	106	-	138	-	108	71
Paraná e Santa Catarina	-	-	-	-	160	-	-	69	-	-	106	-	132	-	102	67
São Paulo	-	-	-	-	218	-	-	72	-	-	110	-	138	-	119	78
Leste de Minas Gerais	-	-	-	-	216	-	-	143	-	-	203	-	107	-	137	88
Oeste de Minas Gerais	-	-	-	-	199	-	-	134	-	-	193	-	100	-	126	81
Norte ES e Sul BA	-	-	-	-	169	-	-	143	-	-	203	-	178	-	137	88
Cerrado	-	-	-	-	237	-	-	132	-	-	191	-	241	-	173	112
MAPITO	-	-	-	-	237	-	-	132	-	-	191	-	241	-	137	89
Amazônia	-	-	-	-	260	-	-	145	-	-	210	-	225	-	144	93

Tabela 64. Custos silviculturais unitários para a implantação de recomposição de reserva legal com 50% de eucalipto e 50% de árvores nativas

Região	Custos de operações para a implantação de recomposição de RL com 50% de eucalipto (R\$/ha recomposto)															
	Plantio - ano 0					Manutenção - ano 1			Manutenção - ano 2			Manutenção - ano 3		Manutenção - anos 4 e 5		Manut. > ano 5
	Plantio	Irrigação	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Controle de praga
Mato Grosso do Sul	3.311	954	760	1.147	81	264	645	41	264	645	41	-	41	-	81	81
Pampa Gaúcho	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Serra Gaúcha	3.148	1.324	882	3.584	145	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145
Paraná e Santa Catarina	3.148	1.324	882	3.584	145	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145
São Paulo	2.074	1.324	882	3.584	145	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145
Leste de Minas Gerais	2.074	1.324	882	3.584	145	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145
Oeste de Minas Gerais	2.028	1.051	859	1.448	92	312	923	46	312	923	46	-	46	-	92	92
Norte ES e Sul BA	3.214	830	724	2.335	115	264	981	58	264	981	58	-	58	-	115	115
Cerrado	3.311	954	760	1.147	81	264	645	41	264	645	41	-	41	-	81	81
MAPITO	1.966	954	767	1.169	82	268	669	41	268	669	41	-	41	-	82	82
Amazônia	1.966	954	767	1.169	82	268	669	41	268	669	41	-	41	-	82	82

Tabela 65. Custos silviculturais unitários para a rebrota manejada de uma reserva legal com 50% de eucalipto e 50% de árvores nativas

Região	Custos de operações para a rebrota manejada de uma RL com 50% de eucalipto (R\$/ha recomposto)															
	Plantio - ano 0					Manutenção - ano 1			Manutenção - ano 2			Manutenção - ano 3		Manutenção - anos 4 e 5		Manut. > ano 5
	Condução do broto	Irrigação	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Controle de praga
Mato Grosso do Sul	313	-	760	1.147	41	264	645	41	264	645	41	-	41	-	81	81
Pampa Gaúcho	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Serra Gaúcha	1.059	-	882	2.922	72	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145
Paraná e Santa Catarina	1.059	-	882	2.922	72	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145
São Paulo	1.059	-	882	2.922	72	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145
Leste de Minas Gerais	1.059	-	882	2.922	72	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145
Oeste de Minas Gerais	530	-	859	1.448	46	312	923	46	312	923	46	-	46	-	92	92
Norte ES e Sul BA	664	-	724	1.920	58	264	981	58	264	981	58	-	58	-	115	115
Cerrado	313	-	760	1.147	41	264	645	41	264	645	41	-	41	-	81	81
MAPITO	332	-	767	1.169	41	268	669	41	268	669	41	-	41	-	82	82
Amazônia	332	-	767	1.169	41	268	669	41	268	669	41	-	41	-	82	82

Tabela 66. Custos silviculturais unitários para a implantação de recomposição de reserva legal com 25% de eucalipto e 75% de árvores nativas

Região	Custos de operações para a implantação de recomposição de RL com 25% de eucalipto (R\$/ha recomposto)															
	Plantio - ano 0					Manutenção - ano 1			Manutenção - ano 2			Manutenção - ano 3		Manutenção - anos 4 e 5		Manut. > ano 5
	Plantio	Irrigação	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Controle de praga
Mato Grosso do Sul	4.448	868	734	1.680	97	260	788	48	260	788	48	-	48	-	97	97
Pampa Gaúcho	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Serra Gaúcha	4.010	1.324	882	3.584	145	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145
Paraná e Santa Catarina	4.010	1.324	882	3.584	145	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145
São Paulo	2.532	1.324	882	3.584	145	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145
Leste de Minas Gerais	2.532	1.324	882	3.584	145	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145
Oeste de Minas Gerais	2.486	1.051	859	1.448	92	312	923	46	312	923	46	-	46	-	92	92
Norte ES e Sul BA	4.217	830	724	2.335	115	264	981	58	264	981	58	-	58	-	115	115
Cerrado	4.448	868	734	1.680	97	260	788	48	260	788	48	-	48	-	97	97
MAPITO	2.470	892	745	1.752	99	266	825	49	266	825	49	-	49	-	99	99
Amazônia	2.470	892	745	1.752	99	266	825	49	266	825	49	-	49	-	99	99

Tabela 67. Custos silviculturais unitários para a rebrota manejada de uma reserva legal com 25% de eucalipto e 75% de árvores nativas

Região	Custos de operações para a rebrota manejada de uma RL com 25% de eucalipto (R\$/ha recomposto)															
	Plantio - ano 0					Manutenção - ano 1			Manutenção - ano 2			Manutenção - ano 3		Manutenção - anos 4 e 5		Manut. > ano 5
	Condução do broto	Irrigação	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Controle de praga
Mato Grosso do Sul	156	-	380	574	20	132	322	20	132	322	20	-	20	-	41	41
Pampa Gaúcho	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Serra Gaúcha	530	-	441	1.461	36	171	747	36	171	747	36	-	36	-	72	72
Paraná e Santa Catarina	530	-	441	1.461	36	171	747	36	171	747	36	-	36	-	72	72
São Paulo	530	-	441	1.461	36	171	747	36	171	747	36	-	36	-	72	72
Leste de Minas Gerais	530	-	441	1.461	36	171	747	36	171	747	36	-	36	-	72	72
Oeste de Minas Gerais	265	-	429	724	23	156	462	23	156	462	23	-	23	-	46	46
Norte ES e Sul BA	332	-	362	960	29	132	490	29	132	490	29	-	29	-	58	58
Cerrado	156	-	380	574	20	132	322	20	132	322	20	-	20	-	41	41
MAPITO	166	-	383	585	21	134	334	21	134	334	21	-	21	-	41	41
Amazônia	166	-	383	585	21	134	334	21	134	334	21	-	21	-	41	41

Tabela 68. Custos silviculturais unitários para a recomposição de reserva legal com 100% de árvores nativas

Região	Custos de operações para a recomposição de RL com 100% de mudas nativas e uma densidade de plantio igual a 50% dos plantios comerciais (R\$/ha recomposto)																
	Plantio - ano 0					Manutenção - ano 1			Manutenção - ano 2			Manutenção - ano 3		Manutenção - anos 4 e 5		Manut. > ano 5	
	Plantio	Irrigação	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga
Mato Grosso do Sul	2.966,8	782,5	708,9	2.213,5	112,4	256	931	56	256	931	56	-	56	-	112	112	
Pampa Gaúcho	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Serra Gaúcha	2.728,5	1.324,0	882,2	3.583,6	144,9	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145	
Paraná e Santa Catarina	2.728,5	1.324,0	882,2	3.583,6	144,9	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145	
São Paulo	1.786,8	1.324,0	882,2	3.583,6	144,9	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145	
Leste de Minas Gerais	1.786,8	1.324,0	882,2	3.583,6	144,9	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145	
Oeste de Minas Gerais	1.740,8	1.051,5	859,0	1.448,5	92,0	312	923	46	312	923	46	-	46	-	92	92	
Norte ES e Sul BA	2.794,2	830,4	724,2	2.334,9	115,3	264	981	58	264	981	58	-	58	-	115	115	
Cerrado	2.966,8	782,5	708,9	2.213,5	112,4	256	931	56	256	931	56	-	56	-	112	112	
MAPITO	1.669,5	830,4	724,2	2.334,9	115,3	264	981	58	264	981	58	-	58	-	115	115	
Amazônia	1.669,5	830,4	724,2	2.334,9	115,3	264	981	58	264	981	58	-	58	-	115	115	

Tabela 69. Custos silviculturais unitários para a recomposição de reserva legal com 100% de árvores nativas e uma densidade de plantios igual a aquela dos plantios comerciais

Região	Custos de operações para a recomposição de RL com 100% de mudas nativas e uma densidade de plantio igual a 100% dos plantios comerciais (R\$/ha recomposto)																
	Plantio - ano 0					Manutenção - ano 1			Manutenção - ano 2			Manutenção - ano 3		Manutenção - anos 4 e 5		Manut. > ano 5	
	Plantio	Irrigação	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de mato	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga	Fertilizante	Controle de praga
Mato Grosso do Sul	5.584,7	782,5	708,9	2.213,5	112,4	256	931	56	256	931	56	-	56	-	112	112	
Pampa Gaúcho	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Serra Gaúcha	4.871,9	1.324,0	882,2	3.583,6	144,9	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145	
Paraná e Santa Catarina	4.871,9	1.324,0	882,2	3.583,6	144,9	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145	
São Paulo	2.988,9	1.324,0	882,2	3.583,6	144,9	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145	
Leste de Minas Gerais	2.988,9	1.324,0	882,2	3.583,6	144,9	343	1.494	72	343	1.494	72	-	72	-	145	145	
Oeste de Minas Gerais	2.942,9	1.051,5	859,0	1.448,5	92,0	312	923	46	312	923	46	-	46	-	92	92	
Norte ES e Sul BA	5.220,2	830,4	724,2	2.334,9	115,3	264	981	58	264	981	58	-	58	-	115	115	
Cerrado	5.584,7	782,5	708,9	2.213,5	112,4	256	931	56	256	931	56	-	56	-	112	112	
MAPITO	2.973,6	830,4	724,2	2.334,9	115,3	264	981	58	264	981	58	-	58	-	115	115	
Amazônia	2.973,6	830,4	724,2	2.334,9	115,3	264	981	58	264	981	58	-	58	-	115	115	