

PRISCILA DINI COELHO

**ANÁLISE COMPARATIVA DA IDADE DE CORTE DE PLANTAÇÕES
FLORESTAIS COM BASE EM UNIDADES VOLUMÉTRICAS E GRAVIMÉTRICAS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

C672a
2015
Coelho, Priscila Dini, 1986-
Análise comparativa da idade de corte de plantações
florestais com base em unidades volumétricas e
gravimétricas / Priscila Dini Coelho. - Viçosa, MG, 2015.
vi, 51f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador : Sebastião Renato Valverde.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f.45-49.

1. Madeira - Densidade. 2. Madeira - Medição.
3. Economia florestal. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Florestal. Programa de
Pós-graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDD 22. ed. 634.98

PRISCILA DINI COELHO

**ANÁLISE COMPARATIVA DA IDADE DE CORTE DE PLANTAÇÕES
FLORESTAIS COM BASE EM UNIDADES VOLUMÉTRICAS E GRAVIMÉTRICAS**

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

APROVADA: 16 de setembro de 2015

Dr. Antonio de Pádua Nacif

Márcio Lopes da Silva
(Coorientador)

Sebastião Renato Valverde
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal pela oportunidade e concretização do mestrado.

A Deus por me dar forças para seguir sempre em frente!

Aos meus pais, Celso Coelho e Margareth Dini Coelho, por todo amor, apoio e incentivo, e aos meus irmãos pela presença e amparo constantes.

Ao Professor Sebastião Renato Valverde, que despertou em mim o interesse pela “Biomassa Florestal” e me incentivou a continuar na busca do conhecimento. Pela confiança, amizade, apoio em todos os momentos e enormes contribuições dadas ao trabalho.

A todos os professores do programa de Pós-Graduação pelos ensinamentos passados e a todos os funcionários pelo auxílio e atenção.

A todos os amigos que fiz durante o curso, pela convivência, estudo e boas conversas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão da bolsa de estudo.

Às demais pessoas que aqui não foram citadas, mas que contribuíram direta ou indiretamente para efetivação dessa conquista.

BIOGRAFIA

PRISCILA DINI COELHO, filha de Margareth Dini Coelho e Celso Coelho, nasceu em 25 de março de 1986, na cidade de Viçosa, Minas Gerais.

Ingressou no curso de Engenharia Florestal em março de 2006 pela Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, concluindo-o em janeiro de 2012.

Em julho de 2013, ingressou no programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde obteve o título de Mestre em Ciências Florestais em setembro de 2015.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 O setor florestal	4
3.2 Biomassa florestal	6
3.2.1 Segmento da biomassa para indústria	7
3.3 Propriedade da madeira.....	9
3.3.1 Densidade da madeira.....	10
3.4.2 Variações da densidade.....	11
3.3.3 Poder calorífico.....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4.1 Área de estudo	15
4.2 Fonte de dados	15
4.3 Determinação da massa de madeira.....	16
4.4 Determinação da idade técnica de corte.....	16
4.5 Custos e receitas.....	17
4.6 Análise econômica.....	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5.1 Comparativo da escolha do material genético considerando as unidades volumétricas e gravimétricas.....	21
5.2 Determinação da idade técnica de corte.....	22
5.2.1 Volumétrica	22
5.2.2 Gravimétrica	23
5.3 Análise econômica	30
5.3.1 Idade econômica de corte - Volumetria	30
5.3.2 Idade econômica de corte - Gravimetria	32
6. CONCLUSÕES	44
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
8. ANEXOS	50

RESUMO

COELHO, Priscila Dini, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2015. **Análise comparativa da idade de corte de plantações florestais com base em unidades volumétricas e gravimétricas.** Orientador: Sebastião Renato Valverde. Coorientador: Márcio Lopes da Silva

O objetivo deste trabalho foi avaliar a idade técnica e econômica de corte das plantações florestais considerando o mercado de madeira sob a unidade de medida volumétrica e gravimétrica. O estudo foi realizado em uma empresa florestal, na região do Jequitinhonha do estado de Minas Gerais. Onde foram obtidos dados de produção volumétrica, nas idades de 3 (três) a 9 (nove) anos, e densidade básica da madeira aos 7 (sete) anos. Além disso, buscou-se na literatura informações sobre o comportamento do incremento da densidade ao longo da idade da árvore. Visto que tal propriedade ocorre de forma variável simulou-se o incremento da densidade em 2%, 3%, 4% e 5% por ano até os 9 (nove) anos de idade. Com base nesta simulação foram calculadas as estimativas de massa por hectare considerando os dados de crescimento volumétrico cedido pela empresa. Foi analisado a idade técnica de corte (ITC) ocorrida nos máximos incrementos anuais para volume e massa. Nesta fase concluiu-se que mudando a unidade de análise de volumétrica para gravimétrica a ITC ocorre pelo menos um ano mais tarde, podendo chegar a 3 anos quando em altos incrementos na densidade. Após esta fase procedeu-se as análises econômicas, com vista a avaliar se o adiamento da idade de corte, também traz vantagens econômicas além da melhora das propriedades da madeira. Os resultados das análises econômicas mostraram que projetos destinados à comercialização da madeira por medida gravimétrica é viável economicamente quando utilizado clones de alta densidade. Como visto para o clone C, que aos 7 (sete) anos apresentou VPL_{∞} (massa) 152% superior ao VPL_{∞} (volume), sob a mesma taxa de juros. Já para clones com baixa densidade da madeira, porém alta produtividade volumétrica, como o clone A, é interessante a análise sob o ponto de vista volumétrico, pois apresentou resultados 23% superior que nas análises considerando a massa. Portanto para clones mais densos (B e C), a idade de corte sempre será postergada quando considerada a unidade gravimétrica. Especialmente quando em baixas taxas de juros, haja vista que os incrementos médios em massa apresentam máxima produtividade um ano mais tarde que os incrementos médios em volume. Portanto não há perdas econômicas em adiar a idade de corte por 1 ou 2 anos, até a taxa de juros de 10%, considerando a unidade gravimétrica. Resultado igual foi obtido para todos os outros parâmetros analisados (VAE e TIR). Em síntese, foi concluído que a adoção da unidade de medida gravimétrica no setor florestal tende a provocar mudanças significativas na gestão dos projetos, melhorar as características da madeira pelo adiamento da idade de corte e tornar mais criteriosa a escolha do material genético. Proporcionando ao produtor florestal maior autonomia na condução dos plantios e melhor remuneração na comercialização da madeira.

ABSTRACT

COELHO, Priscila Dini, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2015. **Comparative analysis of the age of plantations cut based on volumetric and gravimetric units.** Adviser: Sebastião Renato Valverde. Co-adviser: Márcio Lopes da Silva

The objective of this study was to evaluate the technical and economic rotations of forest plantations considering the wood market in the unit volumetric and gravimetric measurement. The study was conducted in a forestry company in Jequitinhonha region of Minas Gerais. Which were obtained volumetric production data, at the ages of three (3) to nine (9) years and basic wood density to seven (7) years. In addition, it sought to literature information about the density of the growth behavior over the age of the tree. Because such property is variably simulated to the increased density of 2%, 3%, 4% and 5% per year up to nine (9) years of age. Based on this simulation we calculated the mass estimates per hectare considering the volumetric growth data given by the company. The cutting technique age (ITC) held in maximum annual increments for volume and mass was analyzed. At this stage it concluded that changing the volumetric analysis unit for gravimetric ITC occurs at least one year later, reaching three years when high increases in density. After this phase we proceeded to the economic analysis in order to assess whether the postponement of cutting age, also brings economic advantages besides the improvement of wood properties. The results of the economic analysis showed that projects for the marketing of timber by gravimetric measurement is cost-effective when used in high-density clones. As seen for clone C which to seven (7) years presented VPL_{∞} (mass) greater than 152% VPL_{∞} (volume) under the same interest rate. As for clones with low density wood, but high volumetric productivity as Clone A, analysis from the volumetric point of view is interesting, since it results showed 23% higher than in considering the mass analysis. Therefore, for denser clones (B and C), the cutting age will always be delayed when considering the gravimetric unit. Especially when low interest rates, given that the increases average mass present maximum productivity a year later that average increases in volume. So there is no economic loss to postpone the age of cut by 1 or 2 years until the interest rate of 10%, considering the gravity drive. The same result was obtained for all other analyzed parameters (VAE and TIR). In short, it was concluded that the adoption of the gravimetric measurement unit in the forestry sector tends to cause significant changes in the management of projects, improve the characteristics of the wood for the postponement of the cutting age and become more judicious choice of genetic material. Providing the largest forest producer autonomy in the conduct of plantations and better pay in the commercialization of wood.

1. INTRODUÇÃO

O setor produtivo de base florestal no Brasil vem passando por mudanças significativas no mercado de madeira. De um lado as indústrias de celulose em franca expansão consumindo madeira de longas distâncias e, de outro, as siderúrgicas a carvão vegetal ainda sentindo os efeitos da crise financeira de 2008. Por sorte, como alternativa a crise do carvão vegetal, tem se consolidado o mercado de madeira para geração de energia térmica e elétrica, seja na forma de lenha ou seja na forma de cavaco. Este segmento de biomassa florestal para energia vem se apresentando como alternativa de diversificação da matriz energética no país.

A biomassa florestal é uma forma de energia limpa e renovável, e sua utilização pode ser pela queima direta da madeira ou pelo uso do carvão vegetal decorrente da carbonização. A demanda por energia da biomassa tende a aumentar no Brasil, porém a oferta de matéria prima procedente de plantações com finalidade energética ainda é incipiente. Aliado a escolha da espécie potencial para produção de biomassa de alta densidade, se faz necessário uma revisão sobre as técnicas de manejo destinadas a este tipo de plantio.

No início da expansão do setor no Brasil, pesquisas de melhoramento florestal foram conduzidas buscando atender as indústrias de celulose, que ainda detém a maior parcela do mercado de madeira de reflorestamentos. Graças a este segmento teve-se avanços tecnológicos importantes na silvicultura do país com ganhos rápidos de crescimento volumétrico em detrimento da densidade da madeira. Neste período houve um aumento expressivo das áreas de plantio florestal impulsionado pela expansão dos mercados consumidores de madeira já existentes e pelo surgimento de novos mercados.

Porém, a crise financeira internacional de 2008-2009 afetou todos os setores da economia. No caso do Brasil ela levou a uma redução significativa na produção e nas exportações dos produtos florestais, com exceção da celulose. As mudanças no comércio internacional, resultantes da crise econômica e financeira mundial, provocaram queda no consumo doméstico de madeira. Em consequência disto, os produtores se depararam com a situação de ter floresta em idade de corte e não ter demanda de mercado.

Os plantios que excedem a idade padronizada de 7 (sete) anos, acarretam em perdas econômicas do ponto de vista volumétrico, pois ultrapassam o pico máximo de produtividade definido como idade técnica de corte. Porém, do ponto de vista gravimétrico, a análise econômica considerando a produção em massa, nunca foi realizada.

Com o crescimento do mercado de biomassa florestal as plantações para fins energéticos ganham mais atenção. E o foco deste segmento deixa de ser o volume passando a ser a massa. Porém, este novo mercado requer matéria prima com propriedades diferentes das destinadas às indústrias de celulose.

Uma das principais propriedades levadas em consideração para implantação de projetos destinados a energia é a alta densidade da madeira, intrínseca a outras propriedades desejáveis como, por exemplo, o poder calorífico.

Estudos conduzidos no sentido de analisar as variáveis que mais influenciam na obtenção de madeira mais densa apontam que a maturação dos plantios atinge sobremaneira as propriedades da madeira. Significa que plantios adultos resultarão em maior massa por unidade de área. Mas as rotações adotadas atualmente são baseadas na máxima produtividade volumétrica. Todavia a tendência do mercado interessado na biomassa tende a levar em consideração a unidade que mede a característica desejada, no caso a massa de madeira. Essa tendência tem se iniciado no segmento siderúrgico, pagando pela tonelada do carvão, resultando em processos mais sistemáticos e produtivos.

Tendo em vista a importância ambiental, econômica e social dos plantios florestais, além dos altos custos de implantação e manutenção e o longo tempo de maturação dos projetos faz-se necessário uma análise econômica sobre a idade ótima de corte, dada a tendência de mudança na unidade de medida volumétrica para gravimétrica.

Esta análise é de grande importância para o planejamento e administração de empreendimentos florestais, considerando que o reflorestamento, diferente das culturas agrícolas, é uma atividade que não se exige a pronta colheita quando no ponto de corte, com isso, o produtor ou investidor, dependendo da sua necessidade financeira, passa a ter a opção de adiar o corte quando a madeira for negociada em peso.

Portanto este trabalho buscou analisar técnica e economicamente os efeitos da mudança da unidade de medida da madeira de volumetria para gravimetria e suas consequências na idade ótima de corte das plantações florestais.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar, técnica e economicamente, a idade ótima de corte considerando o mercado de madeira sob unidade gravimétrica.

Os objetivos específicos foram:

- Analisar a idade de corte levando em contas os ganhos de densidade ao longo dos anos;
- Determinar a idade técnica e econômica de corte considerando unidades volumétricas e gravimétricas;
- Simular o efeito da densidade na análise econômica em diferentes taxas de juros;
- Avaliar a remuneração diferenciada a quem produz madeira mais densa; e
- Fornecer informações que auxiliem na tomada de decisões e favoreçam novos investimentos em plantios florestais de eucalipto para produção de biomassa.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O setor florestal

A economia do setor florestal brasileiro era pouco expressiva até 1965, tanto que as atividades de manejo das florestas plantadas e nativas eram insignificantes e realizadas, na sua grande maioria, em pequena escala e em condições de baixo emprego de tecnologia e gestão. A produção de carvão vegetal tinha como fonte de matéria-prima as florestas nativas. Nessa época, poucos empregos eram gerados e o País importava quase todo o produto florestal industrial. Além disso, os produtores rurais e empresários florestais não tinham interesse em investir em projetos de reflorestamento devido, entre outras coisas, à baixa rentabilidade, ao longo prazo de maturação e aos riscos elevados (VALVERDE et al., 2004).

Com a política de incentivos fiscais ao reflorestamento, que vigorou de 1965 a 1988 (Lei Federal 5.106/1966; Decreto-Lei 1.134/1970; Decreto-Lei 1.376/1974 e Lei 7.714/1988), ocorreu um significativo crescimento dos reflorestamentos no Brasil. Essa política de subsídio à produção florestal surgiu como uma contrapartida legal para apoiar as empresas consumidoras de produtos e subprodutos florestais que, pela Lei no 4.771/65 (segundo código florestal), eram obrigadas ao auto-suprimento (VALVERDE et al., 2004).

Pôde-se, porém, verificar que também ocorreram impactos ambientais negativos, sobretudo no meio antrópico, e entre eles, se destacam os problemas ocasionados pela aquisição, por parte das empresas que utilizam recursos florestais, de grandes extensões de terra, para formarem latifúndios monoculturais de eucalipto ou pinus (SILVA, 1994).

Dessa forma, os latifúndios contendo grandes maciços florestais dificultavam a existência de outros produtores eliminando a possibilidade de concorrência, levando a constituição de monopólios naturais no mercado da madeira. Sendo assim, naturalmente, os preços da madeira de reflorestamento eram controlados e formados pelas grandes empresas florestais nas suas regiões de atuação, o que tornava a atividade menos valorizada, reduzindo a sua atratividade e eliminava o interesse dos produtores rurais em investir nos projetos de reflorestamento (VALVERDE et al., 2004).

Para contornar esse desinteresse por parte dos produtores, muitas empresas constituíram programas de fomento florestal. Segundo CERQUEIRA (1993) apud OLIVEIRA et al. (2006), a atividade de fomento florestal, através da qual a produção de

matéria-prima para as indústrias passa a ser realizada de forma integrada com o produtor rural, é uma estratégia empresarial que reduz, ou elimina, a necessidade de compra de terras.

O fato é que os reflorestamentos nas pequenas e médias propriedades rurais, advindos ou não de programas de fomento, apresentam maior probabilidade de sustentabilidade na medida em que geram benefícios sociais mais amplos e mitigam impactos ambientais negativos, em comparação com os extensos latifúndios das grandes empresas florestais (OLIVEIRA, 2003).

As políticas de incentivo à atividade florestal, apesar de relativamente escassas, aliadas à excelente adaptabilidade das espécies exóticas como Pinus e Eucalipto, à avançada tecnologia silvicultural brasileira e às altas produtividades, tiveram importante papel para o desenvolvimento e consolidação do setor. Tornando o país um dos maiores do ranking de exportadores do mercado internacional de produtos florestais.

Tal cenário favoreceu a expansão dos mercados existentes, o surgimento de novos mercados e novos produtos que se utilizam basicamente da madeira de reflorestamento, que foram se consolidando aqui e no exterior (VALVERDE et al., 2004). Segundo os mesmos autores, isso aumentou vertiginosamente o consumo de madeira, sem o correspondente aumento na oferta, que provocou um colapso no abastecimento, popularmente conhecido como “apagão florestal”. Tal situação colaborou com mudanças profundas e positivas no mercado, como a valorização da madeira e aumento na atratividade dos projetos que favoreceu o aumento das áreas reflorestadas, circunstância que permaneceu até 2008.

A súbita mudança de ordem econômica ocorrida no cenário mundial a partir de setembro de 2008 provocou marcantes alterações na economia nacional e quebrou um ciclo de otimismo vivido pelo setor de base florestal brasileiro, especialmente no período de 2004 a 2008 (AMS, 2009).

Como reação à crise financeira internacional, a indústria florestal investiu no desenvolvimento de novos produtos e na produtividade das operações. Paralelamente o governo criou linhas de crédito para impulsionar a economia nacional e para facilitar investimentos visando aumentar a produtividade. Alguns tributos foram reduzidos e isso ajudou a aumentar a demanda doméstica. O bom desempenho da economia nacional ao longo dos últimos anos foi crucial no processo, pois a demanda por produtos madeireiros em geral aumentou. Assim, o mercado interno tornou-se uma alternativa para os exportadores (TOMASELLI et al. 2012).

Segundo os mesmos autores, a recuperação da indústria exportadora de base florestal tem sido lenta, mas desde 2010 os preços internacionais e a demanda por maioria dos

produtos têm aumentado, em 2012 a indústria já estava operando com cerca de 80% da produção antes da crise.

3.2 Biomassa Florestal

A biomassa florestal é, provavelmente, o combustível mais antigo e conhecido do homem, já que o início de sua utilização está diretamente vinculado ao descobrimento do fogo. Nos dias atuais, esta utilização está normalmente relacionada com os produtos secundários dela obtido, como, por exemplo, o carvão vegetal. Recentemente, tem-se consolidado, também, o uso de cavacos (VALVERDE et al., 2012).

Segundo COUTO et al. (2000), a biomassa florestal possui características tais que permitem a sua utilização como fonte alternativa de energia, seja pela queima da madeira, pelo uso do carvão, pelo aproveitamento de resíduos da exploração e pelo aproveitamento de óleos essenciais, alcatrão e ácido pirolenhoso.

De acordo com LORA e ANDRADE (2004), o potencial energético da biomassa é enorme, tanto em escala mundial como no Brasil. Ao mesmo tempo, os biocombustíveis poderiam ser uma das soluções para o fornecimento de eletricidade em comunidades isoladas, o que simultaneamente pode constituir um incentivo para o desenvolvimento de atividades extrativistas sustentáveis que contribuam para o desenvolvimento destas comunidades.

A demanda por energia de biomassa tende a aumentar no Brasil e no mundo. A oferta de biomassa florestal se dá por resíduos (florestais, industriais ou urbanos) ou é oriunda de plantações de florestas energéticas. Os resíduos florestais têm a maior oportunidade a curto prazo, enquanto a oferta de matéria-prima oriunda de plantações de finalidade exclusivamente energética ainda é incipiente. No Brasil existe grande potencial de desenvolvimento a médio prazo. O mercado internacional de biocombustíveis de resíduos florestais (pellets) foi de US\$ 1,6 bilhão em 2012, dominado pelo Canadá e Estados Unidos, com tendência de crescimento (FAOSTAT, 2014).

De acordo com VALE et al. (2002), a escolha de espécies para produção de energia deve se basear no seu potencial para uma produção maior de biomassa seca e em sua maior densidade básica, desde que não seja muito elevada, pois madeiras muito duras apresentam menor condutibilidade calorífica. Aliado a essas características, deve-se levar em conta o poder calorífico superior da madeira que, em conjunto, produzem grandes quantidades de energia na forma de calor.

A utilização da biomassa florestal como fonte de energia é sem dúvida a alternativa que contempla a vocação natural do Brasil. Entretanto, apesar de seu comprovado potencial, a biomassa florestal não recebe dos governos a atenção necessária na concepção da matriz energética brasileira. Diante da atual crise de energia, os baixos custos de produção da biomassa florestal, decorrentes da alta produtividade, mostram que é necessário repensar o uso da madeira como fonte de energia (SOARES et al. 2006).

Ainda segundo o mesmo autor, para que as potencialidades da bioenergia sejam devidamente aproveitadas, é preciso que os planejadores do setor energético reconheçam a sua importância como vetor de desenvolvimento regional e sustentável. É preciso, portanto, maior fomento à pesquisa e desenvolvimento de projetos industriais de aproveitamento energético da biomassa, com vista à oferta local de empregos e à melhoria do padrão de vida de comunidades e regiões subdesenvolvidas.

Fortemente associado à atividade agrícola crescente (secagem de grãos e movimentação de caldeiras), o uso da biomassa também é largamente utilizado no âmbito do consumo domiciliar da lenha, bem como pelas indústrias alimentícia, de papel & celulose, cerâmica vermelha, gesso e ferro-gusa. A biomassa florestal também se apresenta como um dos grandes potenciais de alavancagem do setor florestal brasileiro no âmbito internacional. Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2014), atualmente no país estão registradas apenas 53 usinas que utilizam biomassa florestal para a produção de energia, respondendo por 0,32% da capacidade instalada nacional (438 mil kW), mas há uma tendência positiva de crescimento desse tipo de geração de energia.

Estudos de quantificação e qualificação da biomassa da indústria madeireira realizados a partir de 2001 e experiências industriais do uso da biomassa para geração de energia elétrica, oriunda de indústrias de base florestal, a partir de 2005, na região Serrana Sul de Santa Catarina, vêm demonstrando o grande potencial econômico, social e ambiental do uso dessa fonte para a geração de energia (BRAND et al., 2001; BRAND; NEVES, 2005; BRAND et al., 2009 apud BRAND et al., 2014).

3.2.1 Segmento da Biomassa para Indústria

No Brasil, há uma crescente demanda pela utilização da biomassa para uso industrial, seja para o abastecimento de caldeiras e para a geração de energia na forma direta (queima direta) ou para a redução do minério de ferro (carvão vegetal).

Segundo QUIRINO et al. (2005), citado por CASTRO (2011), a madeira para produção de carvão vegetal apresenta características diferentes daquelas necessárias para a

geração de energia através da queima direta. Para queima direta é melhor utilizar madeiras com maior poder calorífico, pois essa propriedade está relacionada com o rendimento energético, que por sua vez está relacionado com a sua constituição química, onde os teores de celulose, hemicelulose, lignina, extrativos e substâncias minerais variam de uma espécie para outra.

Para a produção de carvão vegetal, a madeira deve possuir um maior teor de lignina associado a um menor teor de holocelulose e maior densidade. O incremento da densidade é importante para a qualidade final do carvão, mas deve-se observar também as alterações nos aspectos anatômicos da madeira, que são importantes para sua secagem no campo e durante o processo de carbonização (FREDERICO, 2009 apud CASTRO, 2011)

O consumo de carvão vegetal exclusivamente de florestas plantadas obteve um crescimento da ordem de 61,4% entre 2009 e 2012. O aumento do consumo de carvão vegetal, em especial originado das florestas plantadas, decorreu de vários fatores, dentre os quais pode-se destacar as exigências e a pressão constante dos grandes consumidores nacionais e internacionais de ferro-gusa para redução ou até eliminação da utilização de carvão de áreas nativas, aliado às exigências ambientais nacionais, cada vez mais intensas, por meio de leis e regulamentos. Observa-se, dessa forma, uma elevação progressiva do consumo de carvão originado de plantações florestais na produção de gusa no país. As grandes consumidoras de carvão vegetal – indústrias independentes ou integradas de produção de ferro-gusa e ferro-ligas – estão aumentando a eficiência do processo de carbonização da madeira e do processo industrial com a finalidade de aprimorar a sustentabilidade ambiental, econômica e social da produção de carvão vegetal e siderúrgica. Em 2012, foram produzidos 17,81 milhões de metros cúbicos de carvão vegetal a partir de florestas plantadas, dos quais 66,2% foram consumidos pelos “guseiros” independentes (ABRAF, 2013).

As indústrias que utilizam a madeira de eucalipto como matéria prima, cada vez mais requerem informações básicas em relação às suas qualidades e às possibilidades do seu melhoramento. As novas técnicas de manejo e exploração florestal, aliadas ao melhoramento genético, têm propiciado aumentos significativos na produção volumétrica de madeira por unidade de área plantada. A produção volumétrica é ainda o índice primordial na avaliação da economicidade da floresta como um todo. Tendo em vista a alta variabilidade da densidade da madeira associada às diferentes espécies, às procedências das sementes, à idade de exploração, etc., considera-se, hoje, o peso seco da madeira por unidade de área como o índice mais adequado.

Quando o objetivo do empreendimento florestal é produzir madeira para energia é mais interessante quantificar o estoque em peso de biomassa do que em volume. A título de

ilustração pode-se considerar um plantio de dois povoamentos, um de *Eucalyptus camaldulensis* (1) e outro de *Eucalyptus urophylla* (2) de mesma idade, em um mesmo local e sujeitos ao mesmo manejo. As espécies 1 e 2 produzem aos 7 anos respectivamente 150 e 160 m³ de madeira por hectare. Do ponto de vista volumétrico a espécie (2) é mais viável economicamente. Assumindo que a densidade básica da espécie (1) seja 0,59g/cm³ e da espécie (2) 0,50 g/cm³, e se o produto final for energia, a primeira pode gerar 88,5 t/ha de madeira seca e a segunda 80,0 t/ha. Assim, após considerar o produto final, a espécie (1) é mais viável economicamente (FRANCO et al., 1998)

De maneira geral, as empresas estipulam uma idade de corte para toda a sua área plantada, baseando-se na produtividade volumétrica do povoamento. Entretanto, essa recomendação desconsidera a rotação, o tipo de crescimento da espécie em questão, a vinculação com planos globais de abastecimento, o aumento em valor devido ao ganho em qualidade da madeira, o uso de diferentes taxas de juros (RODRIGUES et al., 1997).

3.3 Propriedades da madeira

A madeira apresenta grande variabilidade em suas propriedades, tanto entre árvores de mesma espécie como dentro de uma mesma árvore. Tal variabilidade confere uma vantagem sob o ponto de vista de que a madeira pode ser utilizada em diversos setores, desde a construção civil e rural fazendo parte das estruturas; nas indústrias sendo matéria prima para produção de papel, móveis, aço, entre outros; e também como combustível devido ao seu alto poder calorífico. Por outro lado, as indústrias que utilizam madeira como matéria-prima necessitam de uma uniformidade maior em suas características para melhorar a qualidade de seus produtos e tornar o processo produtivo mais sistemático.

De acordo com BARRICHELO (1992), para definir o melhor uso de uma madeira, deve ser estudado suas características, definindo sua qualidade que, por sua vez, pode ser definida como um atributo ou condição que distingue um determinado produto. De forma geral, seria a adequação ao uso que se pretende.

A madeira é um material altamente desuniforme. Variações entre e dentro das espécies são atribuídas, principalmente, a fatores genéticos e ambientais. Diferenças significativas ocorrem entre cerne e alburno, madeira de início e madeira de fim de estação de crescimento, e em escala microscópica, observa-se diferença até mesmo entre células individuais. A madeira de cerne contém mais compostos fenólicos (taninos) e ácidos e menos amido que a madeira de alburno. O cerne possui um tecido mais compacto e menos permeável (BURGER & RICHTER, 1991). De acordo com TRUGILHO & SILVA (2001), essas diferenças nas

composições químicas, físicas e morfológicas podem levar a produtos finais com características completamente distintas.

As propriedades da madeira variam conforme a espécie, a idade, posição geográfica, clima e das condições do solo em que a floresta foi plantada (CARNEIRO, 2006). Segundo RAGLAND et.al. (1991), algumas propriedades também variam com a localização dentro da árvore e as condições de crescimento.

Dentre as propriedades da madeira, a mais estudada é a densidade, pois é uma quantificação direta do material lenhoso por unidade de volume, estando relacionada a muitas características tecnológicas fundamentais para a produção e a utilização dos produtos florestais. Ela é considerada um dos parâmetros mais importantes entre as diversas propriedades físicas da madeira, pois afeta todas as suas demais propriedades. Seus efeitos, porém, são interativos e difíceis de serem avaliados isoladamente (SHIMOYAMA, 1990).

3.3.1 Densidade básica da madeira

Segundo SILVA (2002), a densidade da madeira é resultado de uma complexa combinação dos seus elementos constituintes internos. É uma propriedade muito importante e fornece inúmeras informações sobre as características da madeira, devido a sua íntima relação com várias outras propriedades, tornando-se um parâmetro muito utilizado para qualificar a madeira nos diversos segmentos da atividade industrial.

A densidade básica da madeira, também denominada de massa específica básica, é tida, pelas indústrias de base florestal, como uma das mais importantes propriedades por ser de fácil determinação e por estar correlacionada com rendimentos e características de diversos produtos, além de ser alterada através de tratamentos silviculturais e manipulada geneticamente (WILLIAMS; HAMILTON, 1961; ZOBEL, 1961 apud SHIMOYAMA 2005).

Esta propriedade física, definida como a relação entre o peso seco da madeira e o seu volume obtido acima do ponto de saturação das fibras, é resultante das características químicas, anatômicas e morfológicas, tais como as dimensões das fibras (comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lume); teor de lignina, holocelulose e extrativos; percentuais de lenho inicial e tardio; teor de madeira juvenil, adulta, dentre outros (KARTH, 1967; BARRICHELO, 1979; ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989; SHIMOYAMA, 1990 apud SHIMOYAMA 2005).

De maneira geral, a madeira apresenta uma rápida elevação dos valores de densidade, comprimento de fibra, etc, da fase juvenil até atingirem a maturidade, onde os valores

permanecem mais ou menos constantes. Na fase juvenil, a taxa de incorporação de biomassa é crescente, tendendo a se estabilizar, quando a árvore atinge a fase adulta. Essa taxa de variação da matéria seca sintetizada com a idade é chamada de ritmo de crescimento, e depende dos fatores genéticos, edáficos e climáticos (TRUGILHO et al. 1996).

A densidade básica da madeira é um dos fatores fundamentais na estimativa de biomassa, utilizada na conversão de dados volumétricos em biomassa com base no volume verde (WOODCOCK, 2000; BARBOSA & FEARNISIDE, 2004 apud SANTANA 2009)

Nos estudos de melhoramento e genética florestal, a densidade por ser um caráter herdável, vem sendo empregada como índice de seleção de árvores matrizes. As variações populacionais, entre e dentro de indivíduos, e suas causas servem de base para o estabelecimento do manejo adequado a uma determinada utilização. Os planos de corte, por outro lado devem levá-la em consideração, pois o rendimento gravimétrico relaciona-se diretamente com esta.

3.3.2 Variações da Densidade

As variações na densidade são provocadas por diferenças nas dimensões celulares, das interações entre esses fatores e pela quantidade de componentes extratáveis presentes por unidade de volume (PANSIN & DeZEEUW, 1980 apud TRUGILHO et al. 1996). No gênero *Eucalyptus*, a densidade pode variar com a idade, com o vigor, com o local onde crescem, com a taxa de crescimento, e na mesma árvore varia no sentido base-topo e na distância medula-casca (FERREIRA, 1972; SOUZA et al., 1979 apud TRUGILHO et al. 1996).

O aumento da densidade básica de madeira de eucalipto com a idade da árvore é evidenciado pela literatura. Os trabalhos mostram também que os incrementos em densidade variam entre espécies e que há uma tendência de estabilização da densidade básica após uma certa idade da planta (RIBEIRO & FILHO, 1993).

Este mesmo autor concluiu em seu trabalho que entre as idades de 63 e 100 meses houve um aumento de 9,8% e 8,0% na densidade básica de **E. grandis** e **E. dunnii**. Concordantes com os dados observados por BARRICHELO & BRITO (1979) e FERREIRA & KAGEYAMA (1978).

STURION (1988), mostrou em seu trabalho que a densidade básica da madeira de *E. viminalis* foi influenciada pelo aumento da idade de corte de quatro para sete anos. Em média, a densidade aumentou 8 %. Como madeira mais densa proporciona maior poder calorífico por

unidade de volume, a madeira de sete anos forneceu maior quantidade de calor, por unidade de volume, que aquela de quatro anos.

MAESTRI (2004) estudou o acréscimo da densidade básica com a idade para *Eucaliptus grandis*, com vista a quantificação do sequestro de carbono da atmosfera. Segundo o autor, a densidade básica da madeira de eucalipto cresce até a idade de oito anos. (Tabela 1)

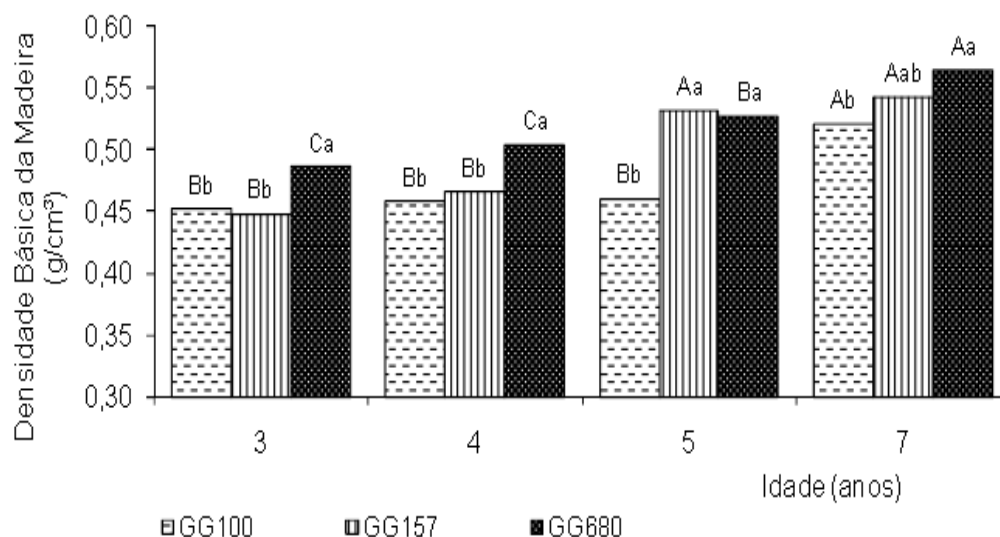
Tabela 1 – Projeções das características dos povoamentos clonais de *E. grandis*, considerando precipitação pluviométrica de 1300mm.

Idade (ano)	DAP (cm)	Altura Média (m)	Altura Dominante (m)	Densidade Básica (kg/m ³)	Aumento da densidade (%)
2	8,9	10,7	11,7	457	
3	11,0	13,9	15,0	457	0,00
4	12,5	16,5	17,8	464	1,53
5	13,7	18,7	20,1	490	5,60
6	14,7	20,6	22,2	519	5,92
7	15,5	22,3	24,0	548	5,59
8	16,2	23,8	25,6	579	5,66
9	16,8	25,1	27,1	580	0,17
10	17,3	26,3	28,4	580	0,00

Fonte: Adaptado de Maestri (2004)

Castro (2011), estudando o efeito da idade e do material genético de *Eucaliptus* sp. (GG100 e GG157 *E. urophylla* e GG680 *E. urophylla* x *E. grandis*) na madeira e carvão vegetal, observou aumento significativo da densidade básica da madeira com o aumento da idade. (Figura 1)

Figura 1 – Densidade básica da madeira em função da idade e clone.



Médias seguidas da mesma letra maiúscula entre as idades e minúsculas entre clones, não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste Tukey.

Fonte: CASTRO (2011)

O autor verificou que houve diferença significativa para densidade básica da madeira, entre os clones em todas as idades. Os valores de densidade variaram de 0,45 g/cm³ a 0,52 g/cm³ para o GG100; 0,45 g/cm³ a 0,54 g/cm³ para o GG157; 0,49 g/cm³ a 0,56 g/cm³ para o GG680. As variações correspondem a 15,56%, 20,00% e 14,29% respectivamente aos clones, entre as idades de 3 e 7 anos.

Também foi observado por Mello et al. (1976) o efeito da idade de corte sobre a densidade básica da madeira de quatro espécies. (Tabela 3)

Tabela 3 – Densidade básica da madeira em g/cm³.

Espécie	Densidade básica aos 7 anos	Densidade básica aos 9 anos	Aumento Densidade (%)
E. urophylla	0,558	0,563	0,90
E. saligna	0,563	0,576	2,31
E. grandis	0,515	0,560	8,74
E. propinqua	0,628	0,639	1,75

Fonte: Adaptado de Mello et al. (1976)

Estudando clones da espécie E. urophylla aos quatro, cinco, seis, sete, oito e nove anos MENESSES (2013) verificou um aumento dos valores médios de densidade básica com o

incremento da idade. O autor disse ainda que variações morfológicas e químicas em virtude da transição entre a madeira juvenil e adulta são responsáveis pelo incremento na densidade básica com o aumento da idade. E que há uma tendência de maior taxa de incremento da densidade básica nas árvores mais jovens. As variações médias da densidade encontrada pelo autor supracitado foi de 3 e 4 % ao ano.

A idade de uma floresta é um fator muito importante para uma empresa uma vez que existem mudanças nas propriedades da madeira com o aumento da idade (CASTRO, 2011).

3.3.3 Poder Calorífico

Em se tratando de materiais combustíveis, como é o caso da madeira como recurso dendroenergético, este deve basear-se, entre outros, no conhecimento do seu potencial para produção de biomassa e do seu poder calorífico superior (PCS), sendo essa uma das características mais importantes (ELOY et al., 2014). Segundo Cintra (2009), o poder calorífico representa a quantidade de energia na forma de calor liberado durante a queima total de uma determinada quantidade de combustível, expresso em caloria por grama ou quilocaloria por quilograma, para combustíveis sólidos.

A madeira possui poder calorífico variável, dependendo da espécie. Madeiras de coníferas possuem poder calorífico superior médio de 5.200 cal/g, enquanto que as madeiras de folhosas possuem poder calorífico superior médio de 4.500 cal/g. A composição química é a responsável por essa variação, estando relacionada diretamente aos teores de lignina, cinzas e extrativos (TRUGILHO, 2001).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados dados originários de povoamentos de clones de Eucalipto (híbrido de *Eucalyptus urophylla*) nas idades de 3 a 9 anos, provenientes de plantios comerciais pertencentes a uma empresa florestal localizada na região do Jequitinhonha do estado de Minas Gerais.

4.1 Área de estudo

As plantações ficam localizadas na região do Vale do Jequitinhonha a oeste e norte da Serra do Espinhaço, com altitude variando entre 600 e 1000 m. O clima é classificado como subtropical úmido subúmido. A temperatura média anual varia de 19° a 20°C, com precipitação média variando de 1150 a 1450 mm com um período de 4 a 6 meses de seca apresentando déficit hídrico de 60 a 120 mm anuais. A evapotranspiração potencial varia entre 900 e 1100 mm. Os solos predominantes na região são luvisolos férricos e arenosolos e a tipologia florestal predominante é o cerrado com seus diferentes tipos, desde os cerradões a campos, com pequenas ocorrências de matas semicaducifolias e caducifólias, especialmente nos afloramentos com calcário (GOLFARI, 1975).

A principal característica favorável da região ao reflorestamento é a topografia suavemente ondulada a ondulada, que possibilita a mecanização. Entretanto, a fertilização mineral é um fator imprescindível, uma vez que os solos são bastante pobres.

4.2 Fonte de dados

Os dados utilizados neste estudo são baseados em um conjunto de parcelas permanentes, alocadas para estudos de crescimento e produção. O espaçamento adotado é de 6m x 1,5m e as classes de idade variam de 3 a 9 anos. Todos os dados de crescimento utilizados neste trabalho são provenientes do banco de dados da empresa, não sendo objetivo deste trabalho o ajuste de equações de crescimento e produção¹.

Na tabela abaixo são apresentados os valores médios de densidade, produtividade e volume observados por clone aos 7 (sete) anos.

¹ As tabelas de produção volumétrica de cada clone encontram-se em anexo.

Tabela 4 – Dados por clone aos 7 (sete) anos.

Clone	Material Genético	Densidade Básica (Kg/m ³)	IMA (m ³ /ha/ano)	Volume (m ³ /ha)
A	E. urophylla	468	40,0	279,55
B	E. urophylla	520	39,0	273,06
C	E. urophylla	578	30,3	212,05

4.3 Determinação da Massa de madeira

Os dados sobre a densidade básica da madeira são obtidos apenas na idade de 7 (sete) anos, quando a empresa pratica o corte. Portanto a variação real da densidade destes clones ao longo das idades não pôde ser observada.

Porém, a título de simulação para análise técnica e econômica, fez-se uma revisão bibliográfica para entender de que forma se dá o incremento da densidade básica da madeira de Eucalipto ao longo dos anos, visto anteriormente no tópico revisão de literatura.

Como a densidade básica da madeira é uma propriedade variável, simulou-se o aumento na densidade em 4 (quatro) incrementos de 2%, 3%, 4% e 5% ao ano. Tais incrementos foram baseados nas médias dos valores encontrados por CASTRO (2011) e MENESES (2013) para os clones da espécie E. urophylla.

Para estimar a massa de madeira produzida, foi multiplicado o volume pela densidade básica da madeira, conforme a equação:

$$Mi(kg) = Vi \left(\frac{m^3}{ha} \right) \times Dbi \left(\frac{kg}{ha} \right) \quad (1)$$

em que, Mi = massa na idade i; Vi= Volume na idade i e Dbi = densidade básica da madeira na idade i.

4.4 Determinação da idade técnica de corte

Foi calculado o IMA (incremento médio anual) e o ICA (incremento corrente anual), tendo por base o volume. A ITC (idade técnica de corte) foi obtida pela igualdade do IMA com o ICA, onde houve a maior produtividade volumétrica. De acordo com as equações abaixo:

$$IMA \text{ volume} = V/I \quad (2)$$

$$ICA \text{ volume} = Vi - V(i - 1) \quad (3)$$

$$ITC = (IMA = ICA) \quad (4)$$

em que V = volume (m³/ha), I = idade (anos), IMA= incremento médio anual e ICA= incremento corrente anual.

Com os valores de massa produzida foi calculado o IMA (incremento médio anual) e o ICA (incremento corrente anual), tendo como base a massa, da mesma forma que foi feito com o volume, para os três clones e para cada incremento na densidade. A partir deles encontrou-se a ITC (idade técnica de corte), onde houve a maior produtividade gravimétrica.

4.5 Custos e Receitas

Para determinar a rotação econômica dos povoamentos de eucalipto, foram disponibilizados pela empresa os custos aproximados relacionados às atividades de implantação (preparo do solo, plantio, mudas, adubação, etc.) e manutenção (combate à formiga, capina, suporte técnico etc.) (Tabela 5). A descrição das atividades e seus respectivos custos estão descritos na tabela 2 do Anexo.

Tabela 5 – Custos aproximados relacionados à plantação e manutenção de povoamentos de eucalipto.

Ano	Atividade	Unidade	Custo
0	Implantação	R\$/ha	3525,00
1	Manutenção	R\$/ha	481,00
2	Manutenção	R\$/ha	328,00
3	Manutenção	R\$/ha	328,00
4	Manutenção	R\$/ha	328,00
5	Manutenção	R\$/ha	328,00
6	Manutenção	R\$/ha	328,00
7	Manutenção	R\$/ha	328,00
8	Manutenção	R\$/ha	328,00
9	Manutenção	R\$/ha	328,00

As receitas brutas foram obtidas por simulação da venda da madeira em pé, sem contemplar, portanto, os custos de colheita. Para a venda em volume adotou-se o preço de

R\$50,00/m³ e para massa, R\$100,00/tonelada. Relação direta considerado a densidade média de 500Kg/m³.

4.6 Análise econômica

Após a obtenção da produtividade em volume e em massa, considerando as variações na densidade ao longo dos anos, procedeu-se a apuração do Fluxo de Caixa e Análise Financeira simulando taxas de juros de 6%, 8%, 10%, 12% e 14%.

Os critérios utilizados foram o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Anual Equivalente (VAE). De acordo com (REZENDE & OLIVEIRA, 1993), são estes os indicadores mais utilizados no setor florestal e que consideram o valor do capital no tempo, atribuindo assim diferentes ponderações às receitas líquidas ao longo de suas ocorrências temporais.

O critério VPL julga o potencial de geração de valor de um determinado investimento. Quando o mesmo é maior do que zero indica-se que o projeto de investimento fornece um valor adicional ao investidor considerando-se a devolução do capital empregado corrigido à taxa de atratividade considerada. Segundo FERREIRA (2013), um dos problemas mais difíceis associado ao uso do critério do VPL é a seleção de um valor apropriado para a taxa de desconto. O VPL é muito sensível a mudanças na taxa de desconto, especialmente no caso de projetos de longo prazo. Pequenas mudanças na taxa de desconto podem alterar, significativamente, a classificação dos projetos e as conclusões referentes as suas lucratividades. Há uma dificuldade na determinação da taxa de desconto a ser utilizada no cálculo do VPL, mas sua utilização é vantajosa por se tratar de um critério rigoroso e isento de falhas.

Entretanto, por lidar com análise de projetos de diferentes durações, que traz modificações no fluxo de caixa, e conseqüentemente no VPL, REZENDE & OLIVEIRA (2000) afirmam que uma alternativa para equilibrar os horizontes de projetos de investimento com durações diferentes é utilizar o valor presente líquido calculado considerando a replicação dos projetos para um horizonte infinito (VPL_∞) de acordo com a fórmula:

$$VPL_{\infty} = \frac{VPL(1+i)^t}{(1+i)^t - 1} \quad (5)$$

Em que:

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j} \quad (6)$$

R_j = receitas no final do ano ou do período de tempo j considerado;
 C_j = custo no final do ano ou do período de tempo j considerado;
 j = período de ocorrência da receita ou do custo (0,...,n)
 n = duração do projeto em anos ou em números de períodos de tempo;
 i = taxa anual de juros, expressa na forma unitária.

Onde VPL_{∞} é o valor presente líquido calculado, considerando a replicação do projeto para um horizonte infinito; k é a duração do projeto em anos, ou em números de período de tempo, e VPL é o valor presente líquido do projeto, calculado pela equação (2) acima.

À semelhança do VPL, o projeto que apresenta o VPL_{∞} maior que zero (positivo) é economicamente viável, sendo considerado o melhor aquele que apresentar maior VPL_{∞} . Para o uso desse método, também é necessária a definição de uma taxa de desconto (i) (SILVA & FONTES, 2005).

A TIR corresponde à taxa anual de retorno do capital investido e é também a taxa de desconto que iguala o valor atual das receitas ao valor atual dos custos (REZENDE E OLIVEIRA, 2001). É, portanto a taxa que anula o VPL (SILVA et al., 2005). Além disso, a TIR pode, também, ser entendida como a taxa percentual do retorno do capital investido. Sua fórmula é dada por:

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

O critério da TIR está normalmente associado a estudos de viabilidade econômica, em que se busca verificar se a rentabilidade de determinado investimento é superior, inferior ou igual ao custo do capital que será utilizado para financiar o projeto (REZENDE E OLIVEIRA, 2013).

Segundo os mesmos autores um projeto será considerado viável economicamente se sua TIR for maior que uma taxa de desconto correspondente à taxa de remuneração alternativa do capital, usualmente denominada de taxa mínima de atratividade (TMA).

O Valor Anual Equivalente (VAE) é a parcela periódica e constante necessária ao pagamento de uma quantia igual ao VPL da opção de investimento em análise, ao longo de sua vida útil. A relevância da aplicação do método do VAE encontra-se na seleção de projetos que apresentam durações ou vidas úteis diferentes, visto que os valores equivalentes obtidos por período corrigem, implicitamente, as diferenças de horizonte (FERREIRA, 2001). Silva et al (2005) salientam que esse critério transforma o valor atual do projeto ou seu VPL em fluxo

de receitas ou custos periódicos e contínuos, equivalente ao valor atual durante a vida útil do projeto. É apresentado pela seguinte fórmula:

$$VAE = \frac{VPL[(1+i)^t - 1]}{1 - (1+i)^{-nt}} \quad (8)$$

em que:

t = número de períodos de capitalização; os demais termos são conforme definidos.

Como o próprio nome indica, Valor “Anual” Equivalente pressupõe-se t = 1; logo a fórmula do VAE fica:

$$VAE = \frac{VPL * i}{[1 - (1+i)^{-n}]} \quad (9)$$

O projeto será considerado economicamente viável se apresentar VAE positivo, indicando que os benefícios periódicos são maiores que os custos periódicos. Quanto à seleção de opções, deve ser escolhida a que apresentar maior VAE, para determinada taxa de desconto (REZENDE e OLIVEIRA, 2001).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Comparativo da escolha do material genético considerando as unidades volumétrica e gravimétrica

Para melhor compreender a decisão pela escolha do material genético considerando, de um lado, a unidade volumétrica, e de outro, a gravimétrica, segue a Figura 2. Foram selecionados 3 (três) clones de *Eucalyptus Urophylla*, sendo o clone A com alta produtividade volumétrica (IMA), mas de baixa densidade. O clone C com baixo IMA, mas com alta densidade e o clone B intermediário. Tais valores de densidade básica da madeira, IMA volumétrico e massa estimada para 7 (sete) anos são mostrados abaixo.

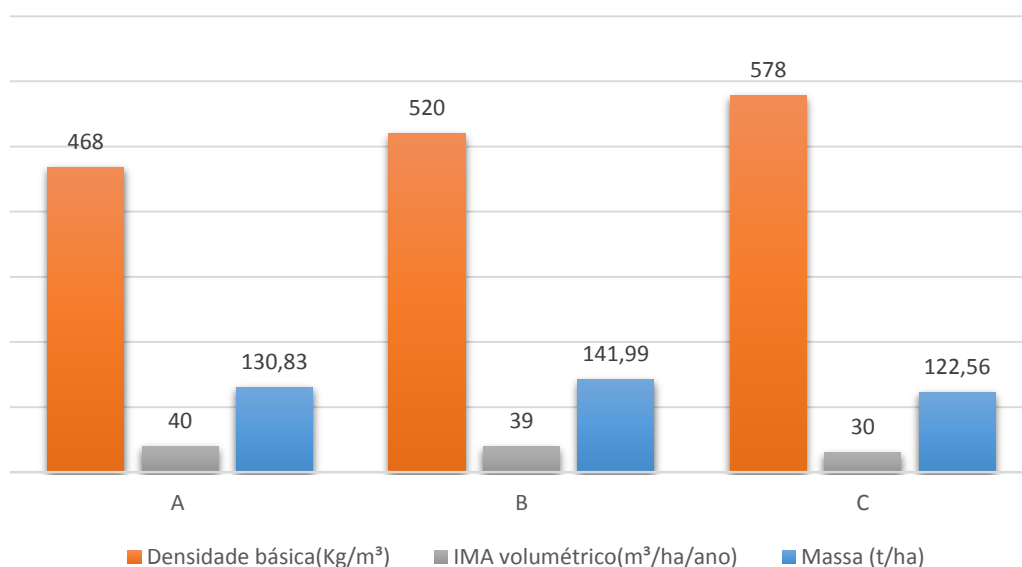


Figura 2 – Densidade básica, IMA volumétrico e massa estimada dos clones A, B e C no ano 7.

Os dados mostram a importância da análise da densidade na escolha do material genético a ser plantado. Observa-se que se a escolha for puramente volumétrica, seria decidida pelo clone A, pois é o que tem a mais alta produtividade (IMA), resultando em maior volume de madeira por hectare. Então, se a unidade empregada na comercialização florestal for a volumétrica (R\$/m³), ele é o que dará maior retorno financeiro para o produtor. Do contrário, caso fosse comercializado em peso, a escolha seria pelo clone B devido a produção em massa ser maior, mesmo com a densidade sendo intermediária entre os outros dois clones.

Entretanto, com a busca crescente por matéria prima de alta densidade energética, pelas indústrias do segmento siderúrgico a carvão vegetal e pelas indústrias que utilizam

biomassa florestal como fonte de energia térmica, quanto maior a densidade da madeira, ceteris paribus, melhor, pois elas potencializam seus processos quando recebem combustível com alto poder calorífico associado intrinsecamente à densidade básica da madeira.

Portanto, mesmo que o clone B represente maior produtividade em massa que o clone C, este por sua vez, é o que produzirá biomassa com maior poder calorífico. Contudo, para que este clone venha ser preferido pelos produtores, as empresas consumidoras teriam que adotar uma política diferenciada pela compra do mesmo, além é claro de adotar a unidade gravimétrica.

5.2 Determinação da idade técnica de corte

5.2.1 Volumétrica

Florestas conduzidas através de rotações que maximizam o IMA resultam na produção de maior quantidade de madeira por unidade de tempo e por unidade de área. Neste caso, a idade é definida independentemente de questões econômicas.

A idade técnica de corte baseada no volume foi de 6 anos para o clone A, 5 para o B e 7 anos para o clone C. Idades nas quais apresentaram máxima produtividade em volume. Como observado nas figuras 3^a, 3B e 3C a seguir:

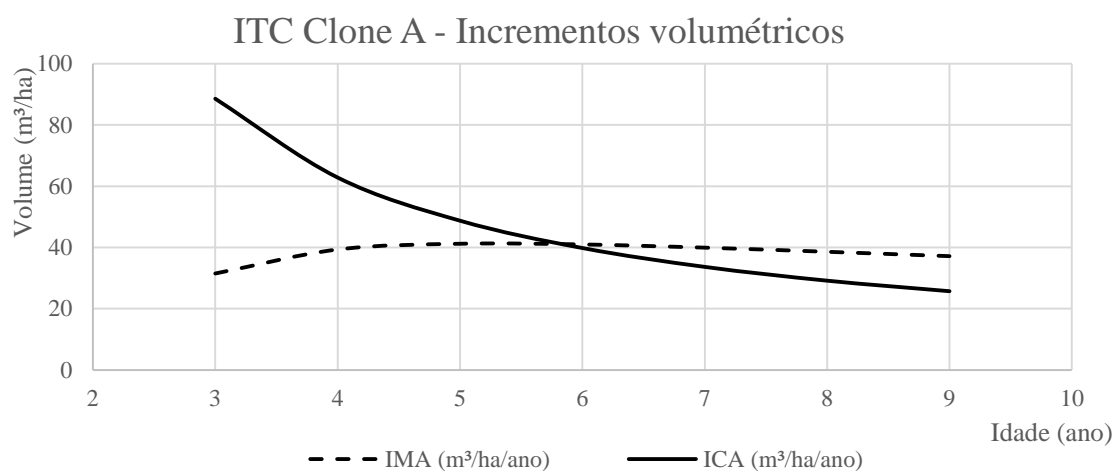


Figura 3A – Incrementos volumétricos médio e corrente anual para o clone A..

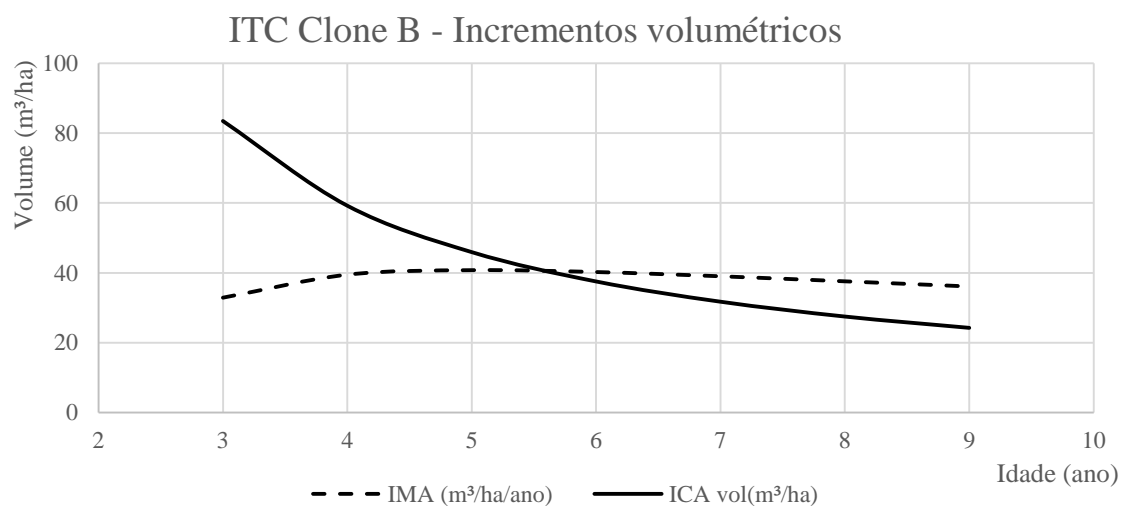


Figura 3B – Incrementos volumétricos médio e corrente anual para o clone B.

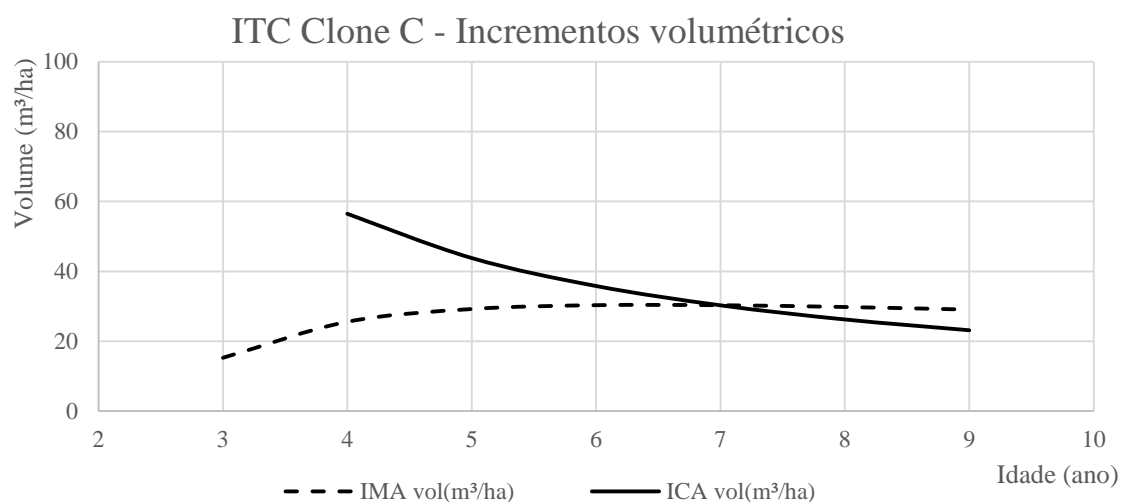


Figura 3C – Incrementos volumétricos médio e corrente anual para o clone C.

5.2.2 Gravimétrica

Considerando a gravimetria observou-se uma nítida diferença na idade técnica de corte em relação a volumetria devido à variação do incremento na densidade. A título de comparação, foram simulados quatro aumentos percentuais na densidade básica, 2, 3, 4 e 5% ao ano. Baseado nas médias encontradas nos estudos feitos por CASTRO (2011) e MENESES (2013) para os clones da espécie *E. urophylla*.

Foi observado que quanto maior o incremento na densidade, mais a ITC é adiada.

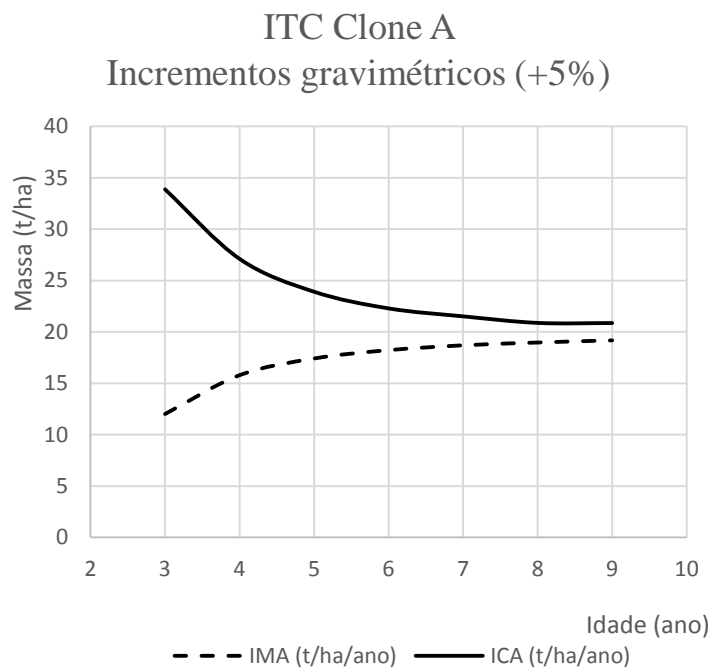
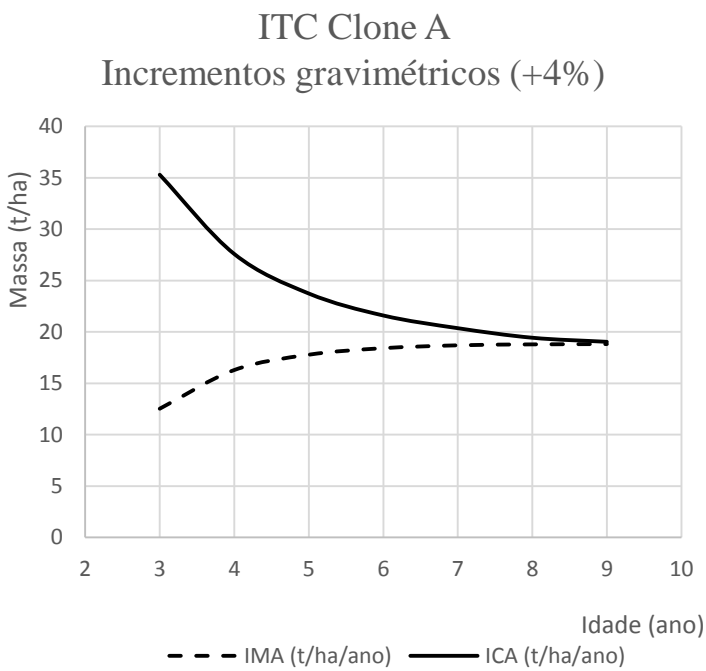
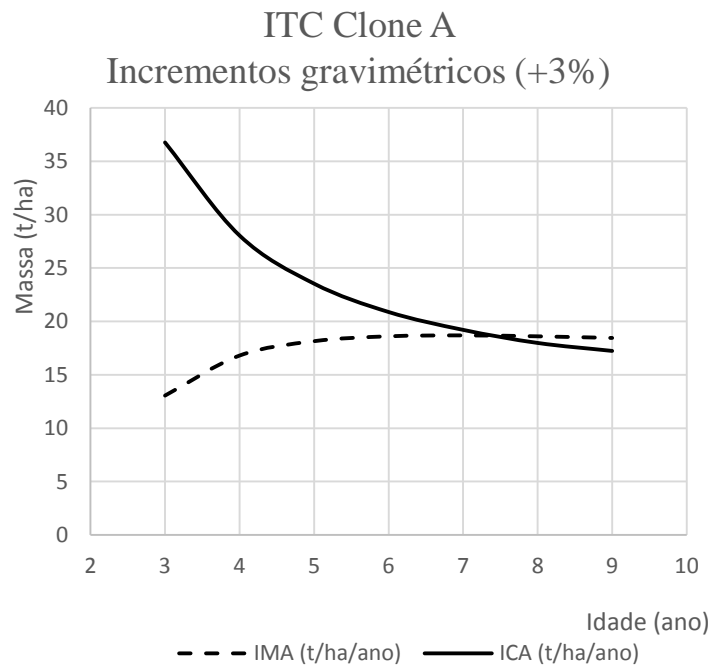
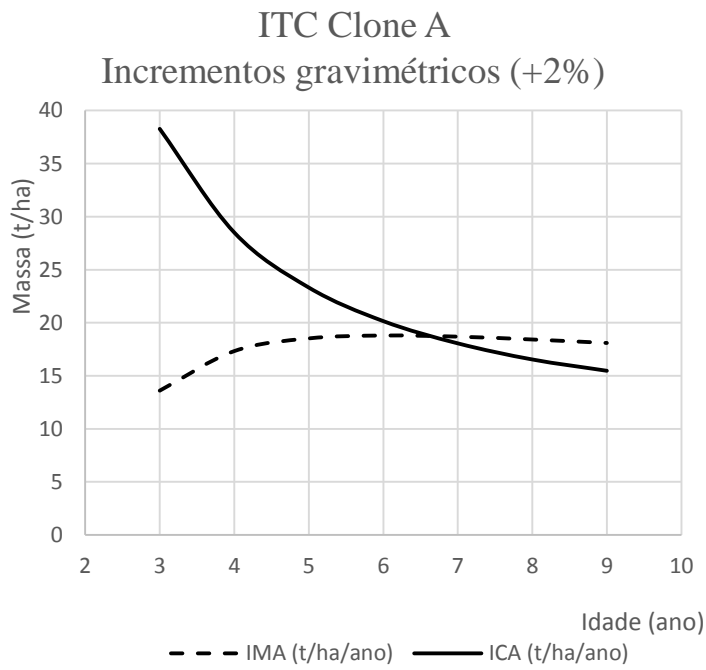


Figura 4 – Incrementos gravimétricos médio e corrente anual para o clone A em 2%, 3%, 4% e 5% na densidade básica ao ano.

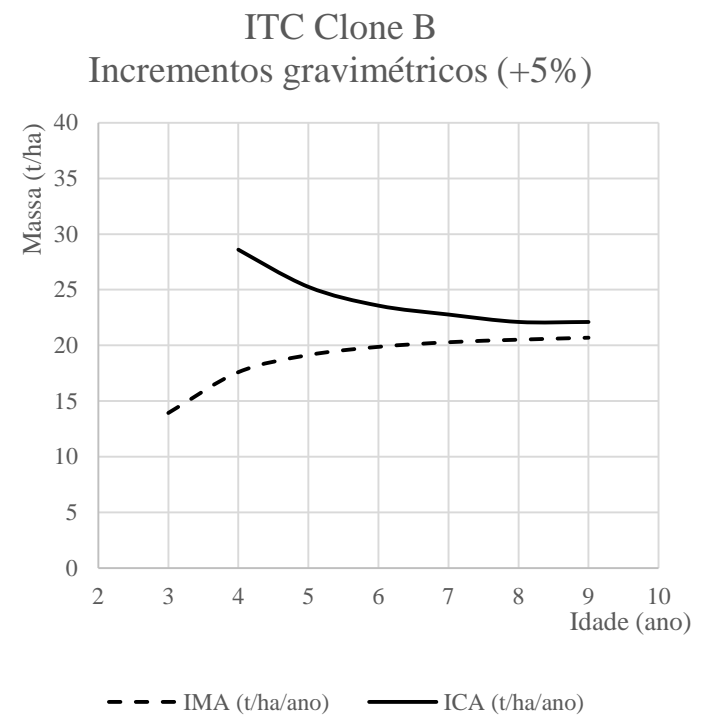
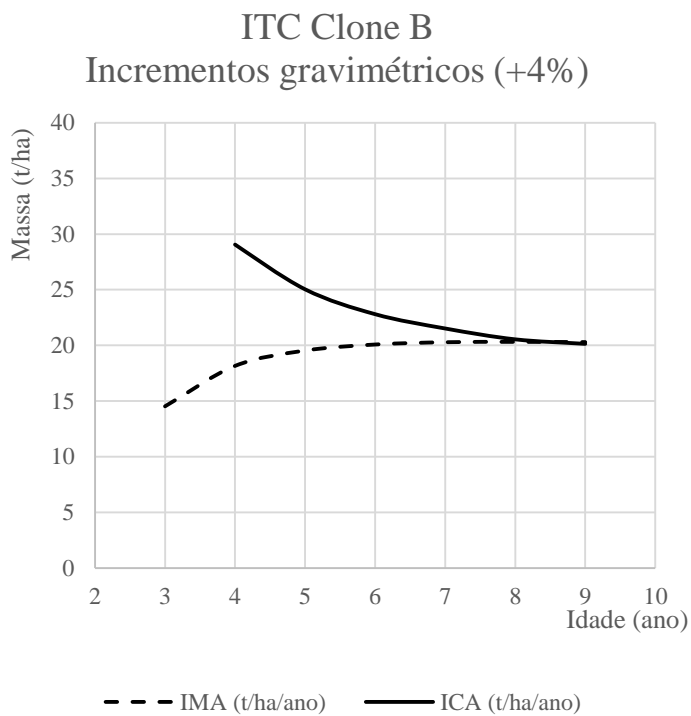
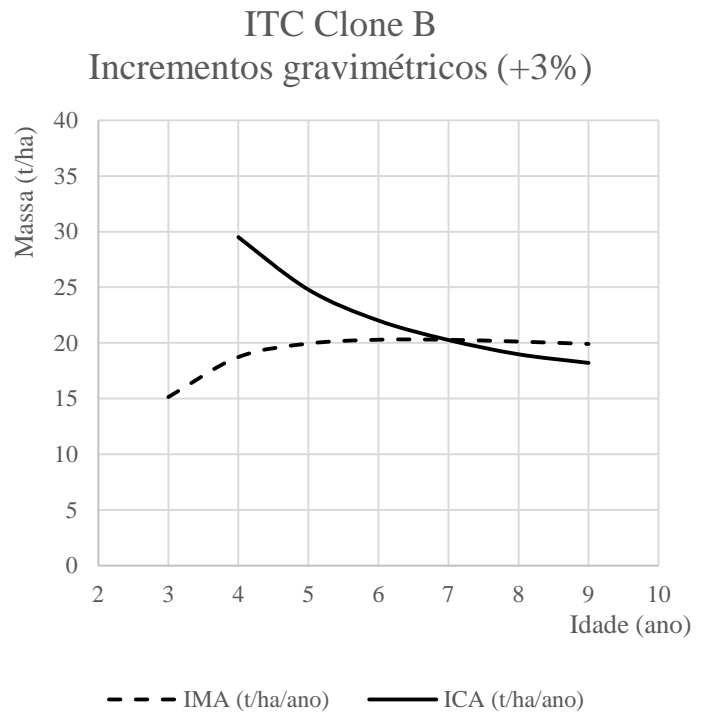
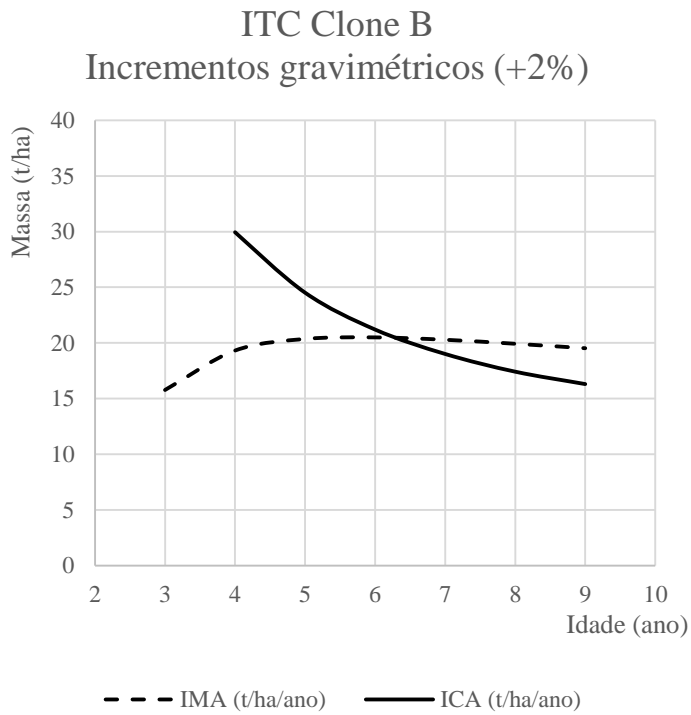
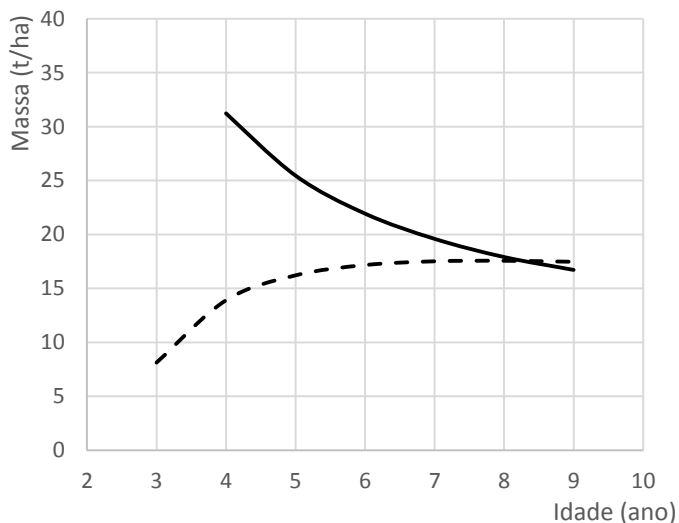


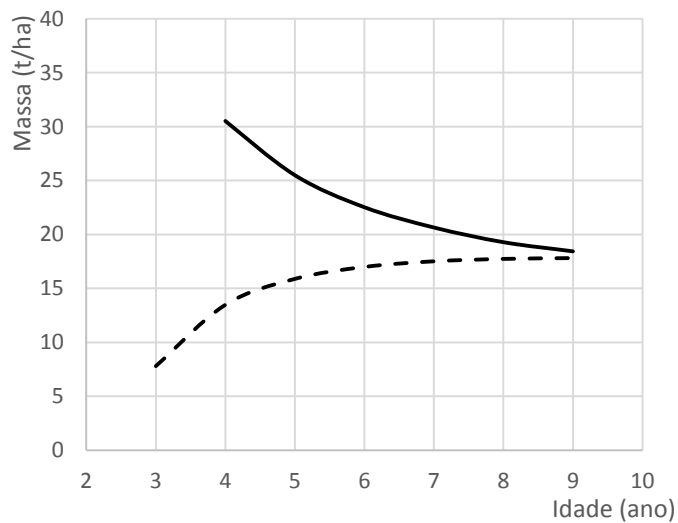
Figura 5 – Incrementos gravimétricos médio e corrente anual para o clone B em 2%, 3%, 4% e 5% na densidade básica ao ano.

ITC Clone C
Incrementos gravimétricos (+2%)



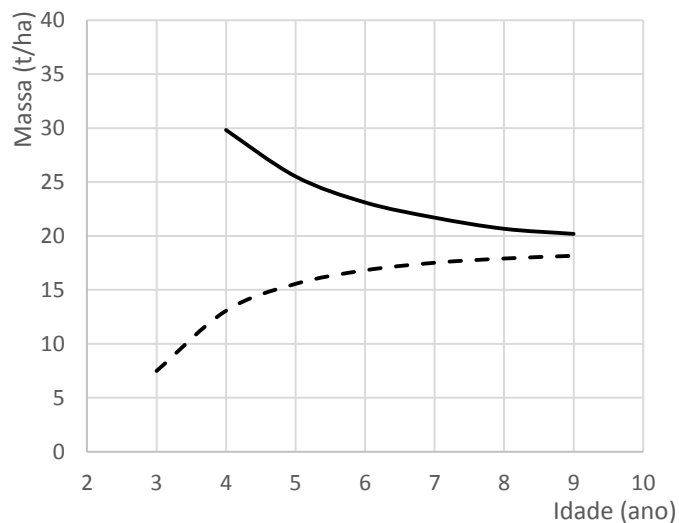
- - - IMA (t/ha/ano) — ICA (t/ha/ano)

ITC Clone C
Incrementos gravimétricos (+3%)



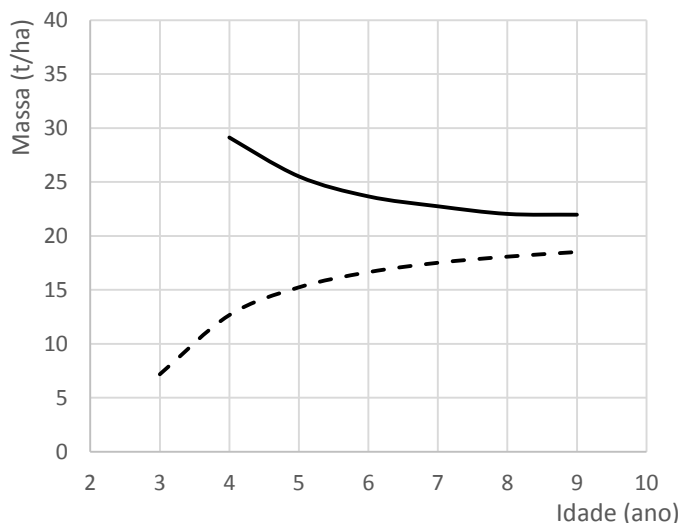
- - - IMA (t/ha/ano) — ICA (t/ha/ano)

ITC Clone C
Incrementos gravimétricos (+4%)



- - - IMA (t/ha/ano) — ICA (t/ha/ano)

ITC Clone C
Incrementos gravimétricos (+5%)



- - - IMA (t/ha/ano) — ICA (t/ha/ano)

Figura 6 – Incrementos gravimétricos médio e corrente anual para o clone C em 2%, 3%, 4% e 5% na densidade básica ao ano.

Todos os clones apresentaram comportamentos diferentes. Para o clone A, à medida que aumenta a densidade, aumenta a ITC, conforme: 2% ao ano, a ITC ocorre aos 6 anos, 3%, 7 anos, 4%, 9 anos e 5% após os 9 anos; para o clone B, 2 e 3 % a ITC ocorre aos 6 anos, 4%, 8 anos e 5%, 9 anos; para o clone C, incrementos de 2%, 8 anos, 3%, 9 e 4 e 5%, após os 9 anos. Conforme tabela abaixo:

Tabela 6 – Resumo dos resultados da idade técnica de corte (ITC) em volume e em massa por clone.

Clone	ITC volume	ITC massa			
		Incremento em massa de 2%	Incremento em massa de 3%	Incremento em massa de 4%	Incremento em massa de 5%
A	5 anos	6 anos	7 anos	9 anos	> 9 anos
B	6 anos	6 anos	6 anos	8 anos	9 anos
C	7 anos	8 anos	9 anos	> 9 anos	> 9 anos

Pode-se observar nos gráficos e na tabela acima que quanto maior o incremento na densidade, independente do IMA, tem-se a idade de corte mais tarde.

Deve-se levar em consideração também que o incremento na densidade não ocorre linearmente, nem ao longo de toda vida da árvore, por isso é necessário uma análise crítica dos dados para não se ter uma interpretação errada e concluir que quanto mais velho for o plantio, maior o lucro, caso a venda da madeira for em peso.

Outras variáveis como por exemplo o diâmetro das toras, influenciam negativamente na carbonização (COUTINHO e FERRAZ, 1988).

As figuras abaixo mostram as curvas de IMA volumétrico e gravimétricos, para melhor visualização da ITC, considerando o volume e os incrementos da densidade.

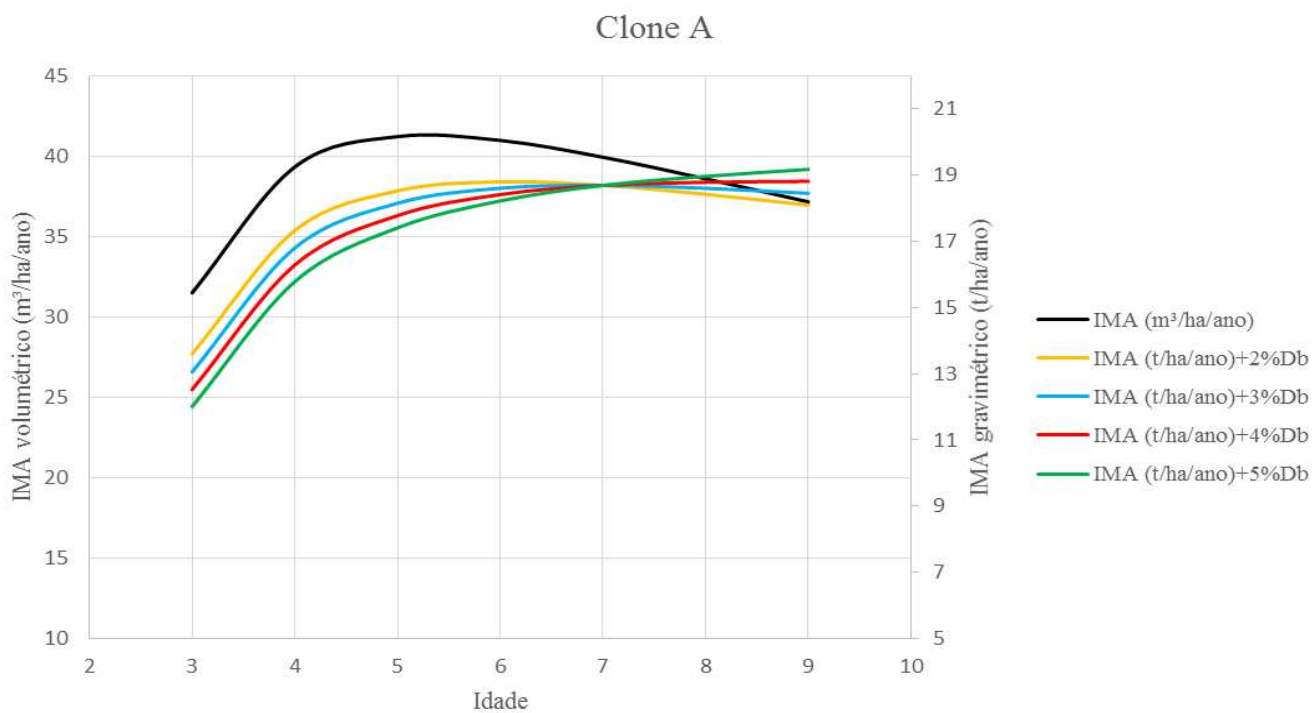


Figura 7- Incrementos médio anuais em volume e em massa do clone A.

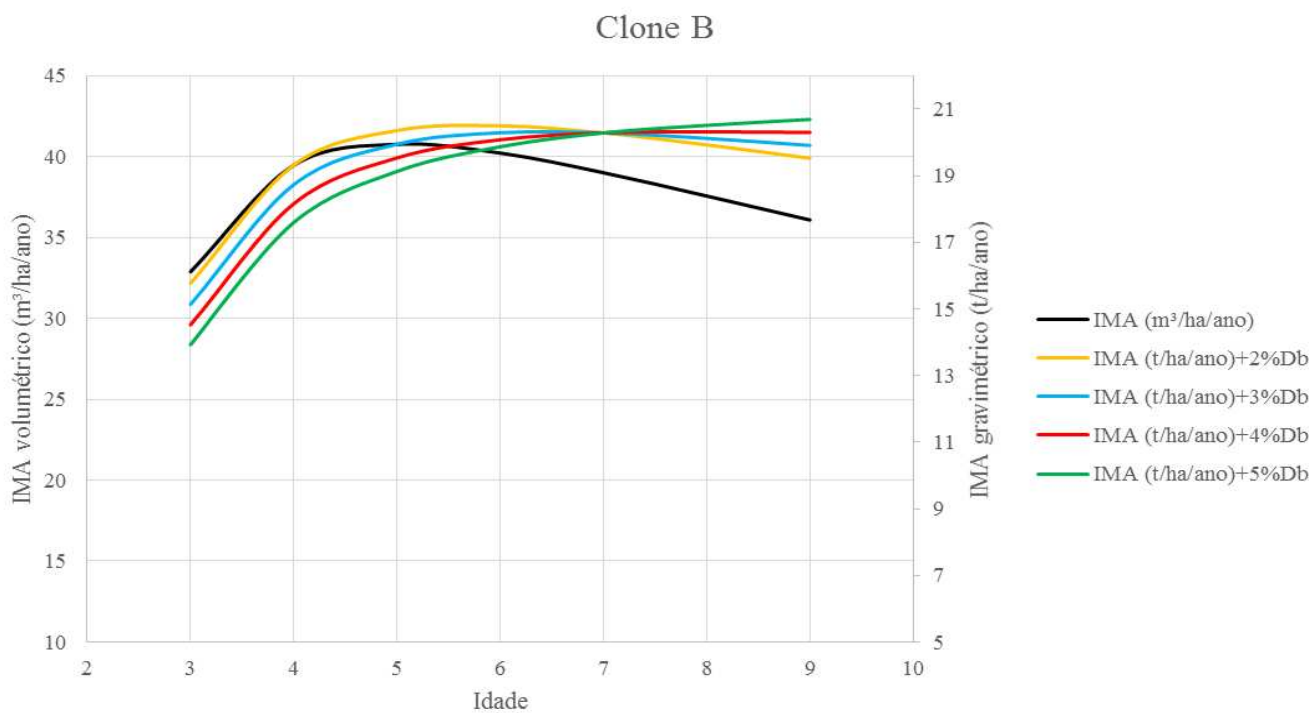


Figura 8- Incrementos médio anuais em volume e em massa do clone B.

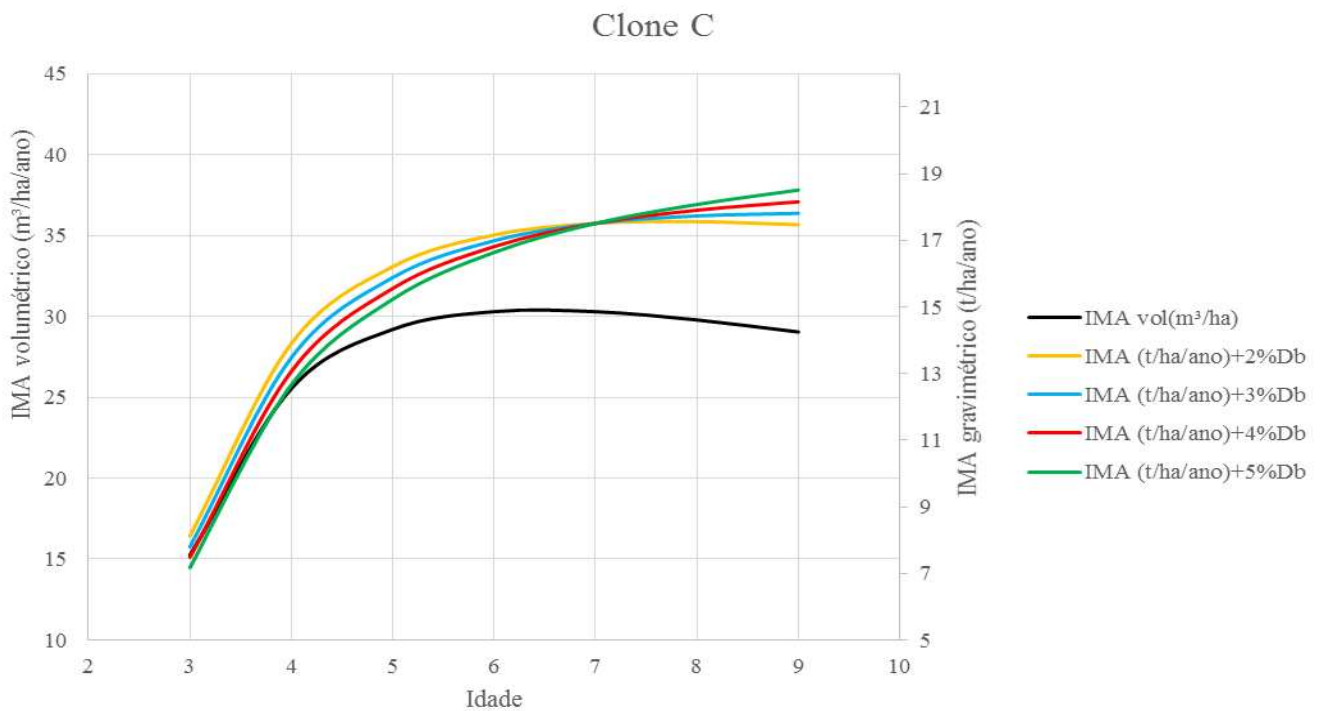


Figura 9- Incrementos médio anuais em volume e em massa do clone C.

Vê-se que a tendência de estabilização do crescimento em massa é ligeiramente mais lenta do que a do volume, mesmo quando a densidade apresenta baixa taxa de crescimento. Coerentemente os pontos de máximo incremento em massa e em volume ocorreram em pontos distintos. O clone A apresentou máximo crescimento volumétrico (IMA máximo), no ano 5, e o máximo crescimento gravimétrico ocorreu em 6,7,9 e após os 9 anos para incremento na densidade de 2%, 3%, 4% e 5%, respectivamente. O clone B apresentou IMA volumétrico máximo aos 5 anos, enquanto em massa, aos 6 anos para incrementos de 2% e 3%, aos 8, 4%, e após os 9 anos, 5%. O clone C, devido a sua alta densidade, apresentou resultados que mais adiaram a idade ótima de corte, o máximo incremento em volume ocorreu aos 6 anos, sendo que para massa, aos 8 anos em 2%. Aumentos de 3% na densidade, adiou para 9 anos e 4 e 5%, após os 9 anos.

Desta forma pode-se concluir que a adoção da unidade de medida gravimétrica no setor florestal tende a provocar mudanças significativas na gestão dos projetos, no manejo das florestas, nas escolhas do material genético e na própria comercialização dos produtos florestais.

5.3 Análise econômica

5.3.1 Idade econômica de corte volumétrica

Procedeu-se as análises econômicas, com vista a complementar a ideia de que postergar a idade de corte, não somente traz melhoria em termos de qualidade da madeira como também em termos econômicos.

A análise econômica para venda da madeira em volume para o clone A, apresentou os mesmos resultados para todas as taxas de juros. A idade de corte que proporcionou maior viabilidade econômica foi aos 6 anos. Portanto, para o produtor florestal que comercializa a madeira em volume, dentro da faixa de juros de 6 a 14% a.a. a opção que dará maior retorno econômico é cortar a floresta nesta idade. O mesmo foi observado para o VAE, que de acordo com os resultados do VPL apresentou maior lucro quando a floresta for colhida com 6 anos. Os mesmos resultados foram observados para o clone B.

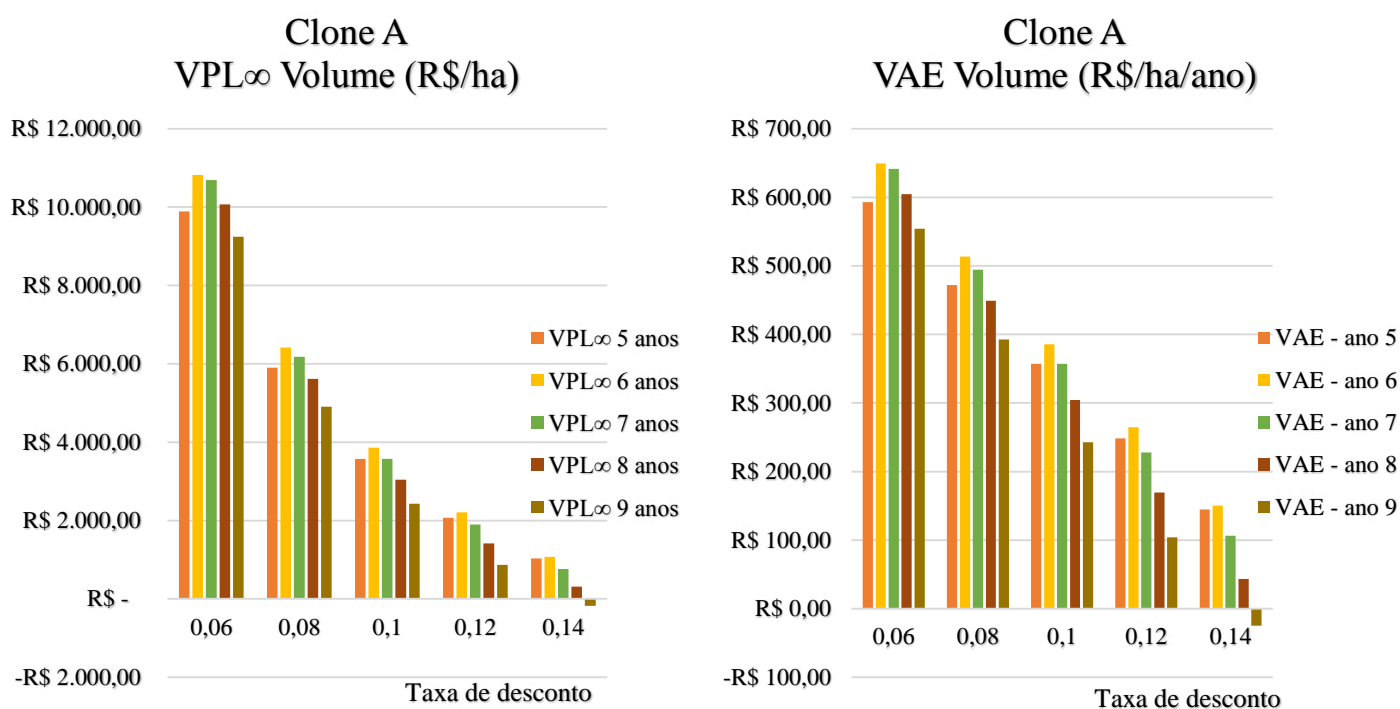


Figura 10- VPL e VAE volumétricos para o clone A.

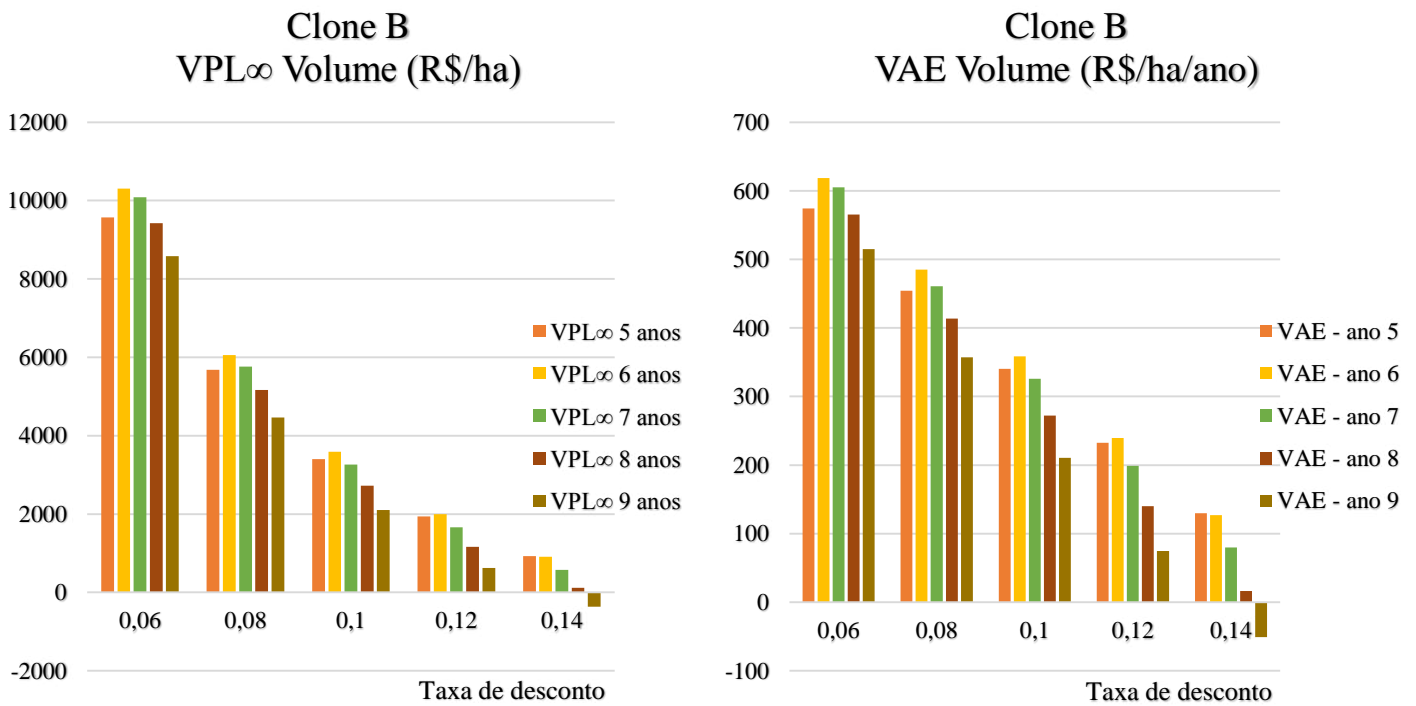


Figura 11- VPL e VAE volumétricos para o clone B.

O clone C já apresentou comportamento diferente. Por sua produtividade volumétrica ser mais baixa o VPL e o VAE começaram a ser negativos quando a taxa de desconto ultrapassa 10%. Nas taxas de 6 e 8% a maior viabilidade econômica para este clone é o corte aos 8 e 7 anos, respectivamente.

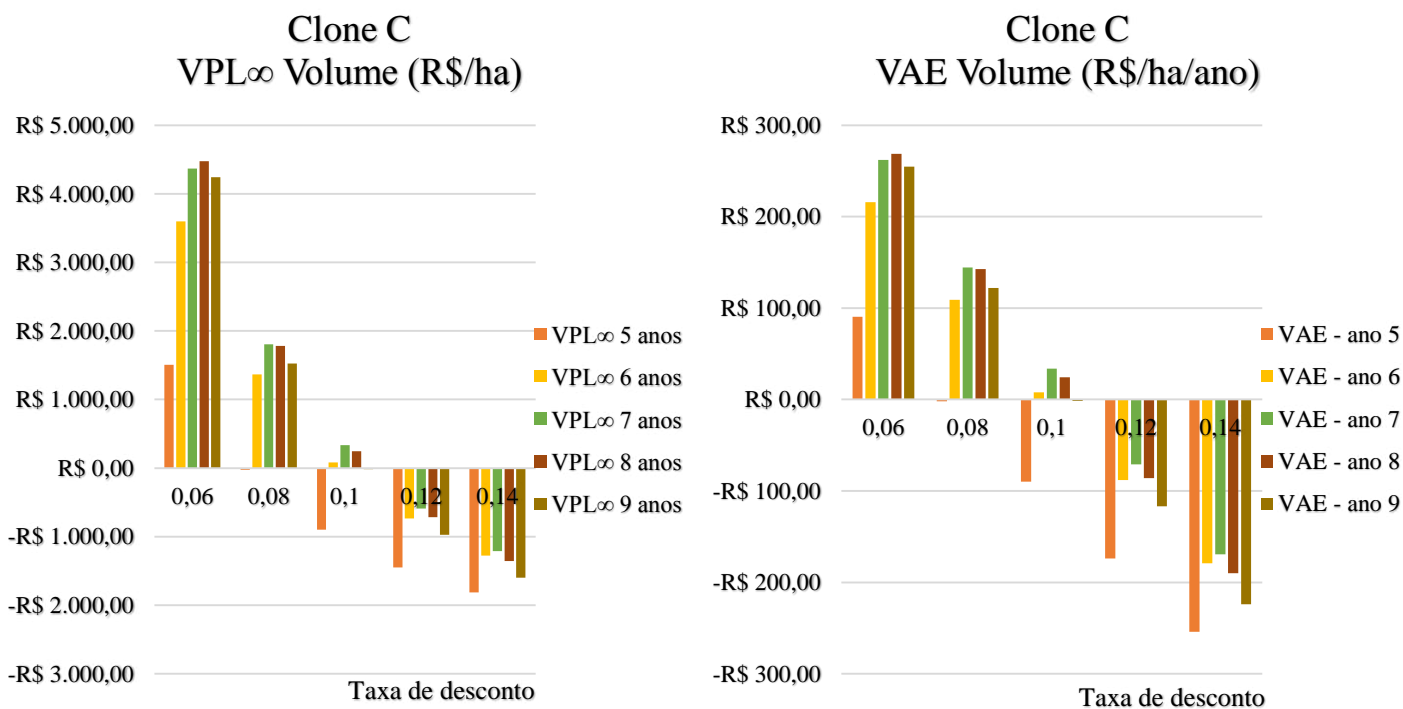


Figura 12- VPL e VAE volumétricos para o clone C.

5.3.2 Idade econômica de corte gravimétrica

A análise econômica para venda da madeira em peso, mostra que a idade econômica de corte é adiada em, pelo menos, um ano quando comparada à análise econômica por volume.

Considerando a taxa de incremento da densidade de 2%, o clone A apresentou máximo VPL∞ aos 7 anos até a taxa de 10% de desconto e aos 6 anos nas taxas de 12% e 14%. O clone B apresentou VPL∞ máximo aos 7 anos para taxas até 8%, e 6 anos, para 10% a 14%. Já o clone C para o mesmo incremento da densidade teve máximo VPL∞ aos 8 anos nas taxas até 10%, 7 anos, 12%, e se mostrou inviável para a taxa de 14%.

Quando o incremento da densidade foi de 3%, o VPL∞ máximo foi aos 8 anos na taxa de 6%, 7 para 8% a 12% e 6 para 14% para o clone A. Para o clone B, 8 anos na taxa de 6%, 7, 8% e 10% e 6 anos para 12% e 14%. O clone C apresentou máximo VPL∞ anos 9 anos quando a taxa de desconto é de 6% e 8% e 8 anos para 10% e 12%, e se mostrou inviável na taxa de 14% apresentando o VPL∞ negativo.

Foi observado que nos maiores incrementos da densidade a idade de corte tende a postergar ainda mais. Para 4% de incremento na densidade, a idade econômica de corte pode chegar aos 9 anos para o clone A quando a taxa de desconto é 6%, 8 e 7 anos para taxas de 8% e 10% e 12% e 14%, respectivamente. O clone B apresentou para mesmo incremento da

densidade, idade econômica de corte de 8 anos em taxas de 6% e 8%, 7 anos para 10% e 12% e 6 anos para 14%. E o clone C tem idade econômica de corte aos 9 anos para taxas de 6% a 10%, 8 anos para 12% e é inviável quando na taxa de 14%.

Quando considerado o incremento de 5% na densidade ao ano, prevaleceu para todos os clones a idade econômica de corte aos 8 e 9 anos, em todas as taxas de desconto, sendo que o clone C apresentou VPL_{∞} negativo na taxa de 14%. Conclui-se, portanto, que o VPL_{∞} tem relação direta com o incremento da densidade, pois quanto maior o incremento, maior é o VPL_{∞} . Estes resultados podem ser observados nas figuras 13, 14 e 15.

Desta forma, além do VPL_{∞} gravimétrico ser superior ao VPL_{∞} volumétrico em termos absolutos para clones mais densos (B e C), a idade de corte sempre será postergada quando a análise for feita com a unidade gravimétrica. Especialmente quando em baixas taxas de juros. Como visto na figura 7, 8 e 9, que mostra que os incrementos médios em massa apresentam máxima produtividade um ano mais tarde que os incrementos médios em volume, e até 3 anos quando em altas taxas de incremento na densidade.

Portanto em situação de crise de mercado, onde os preços estão abaixo do praticado, ou quando não há compradores potenciais, não é aconselhado seguir a regra de corte na idade econômica, visto que, mesmo que não haja ganhos volumétricos consideráveis, os ganhos em massa compensam a espera de mais um ano em todas as taxas de juros simuladas neste trabalho.

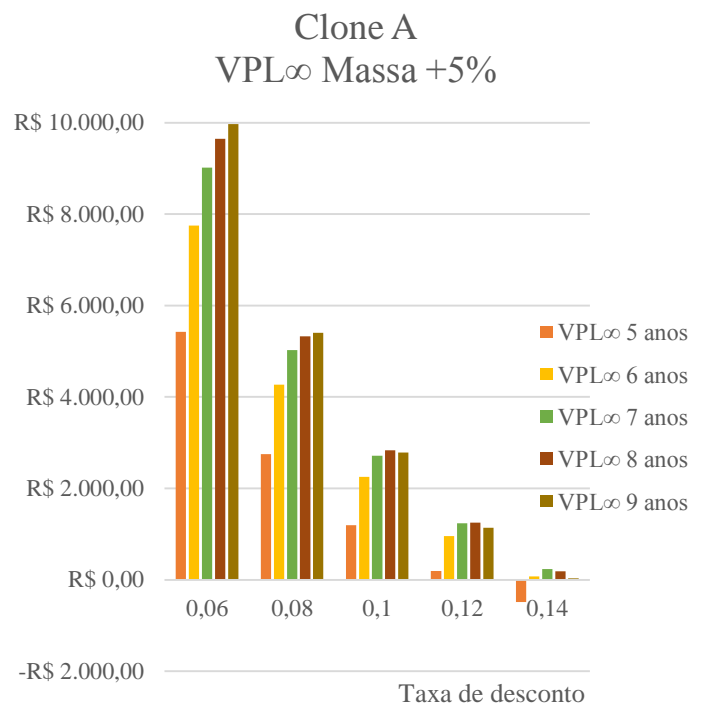
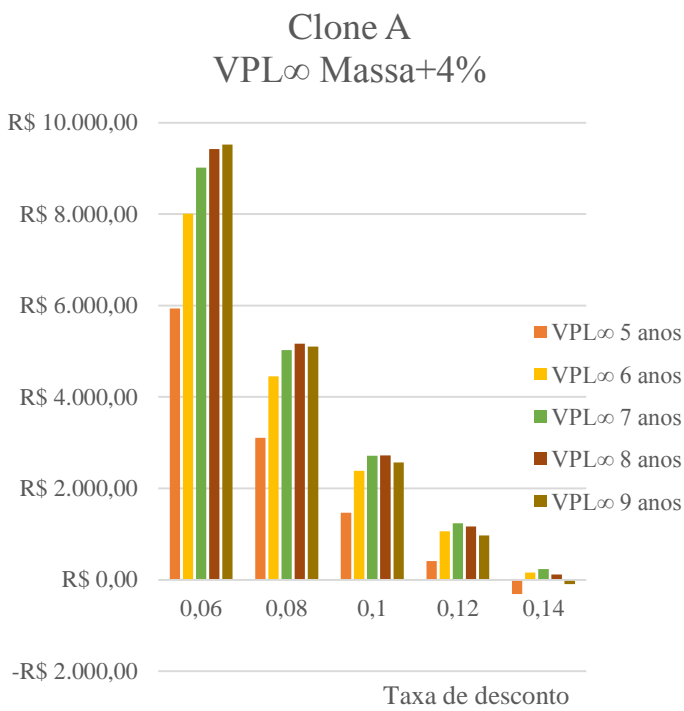
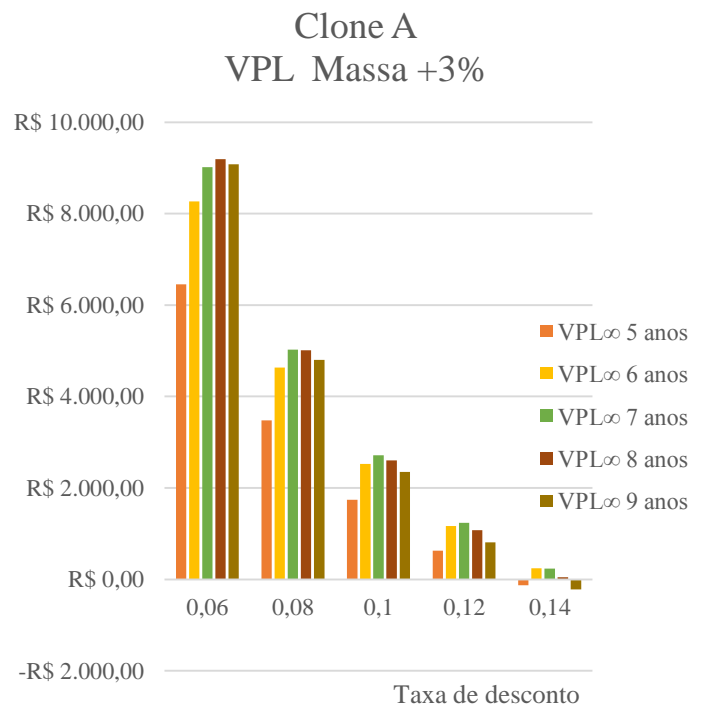
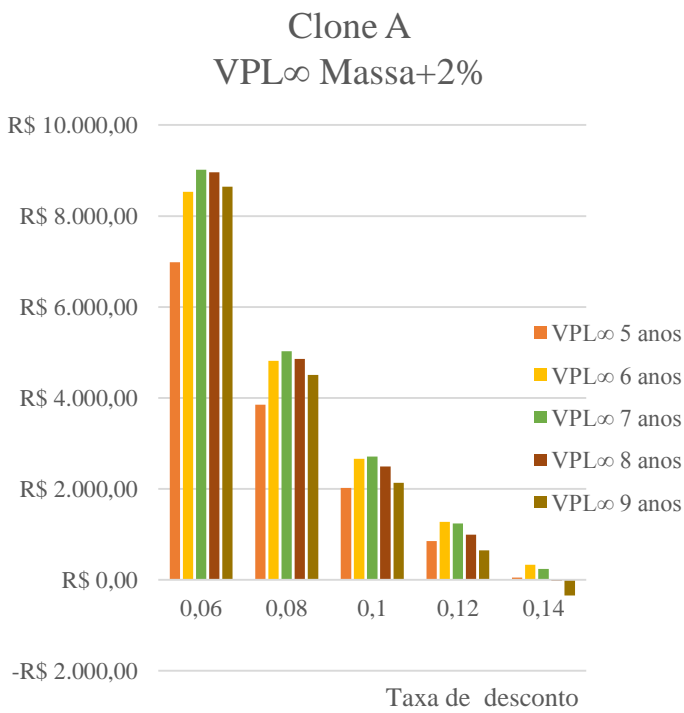


Figura 13 - VPL ∞ massa para o corte de Clone A nas idades de 5 a 9 e taxa de desconto de 6, 8, 10, 12 e 14% a.a.

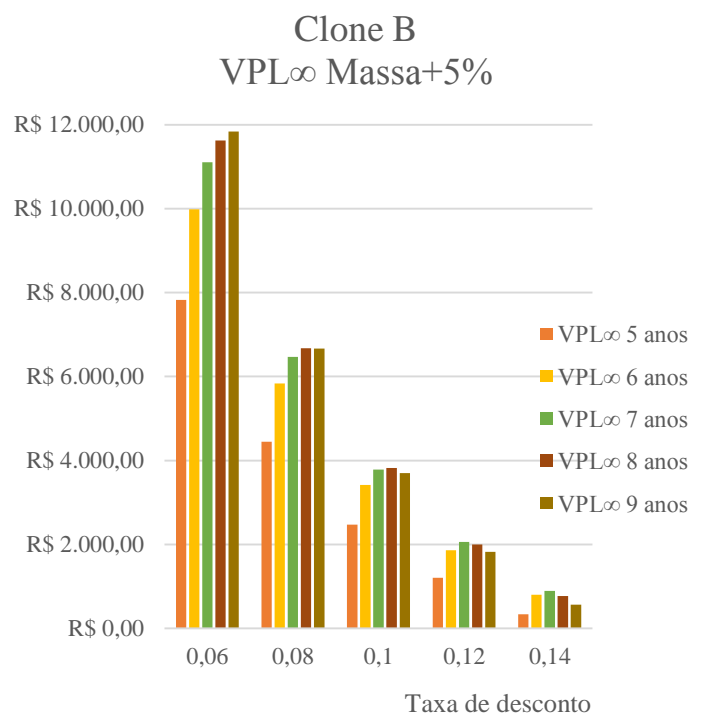
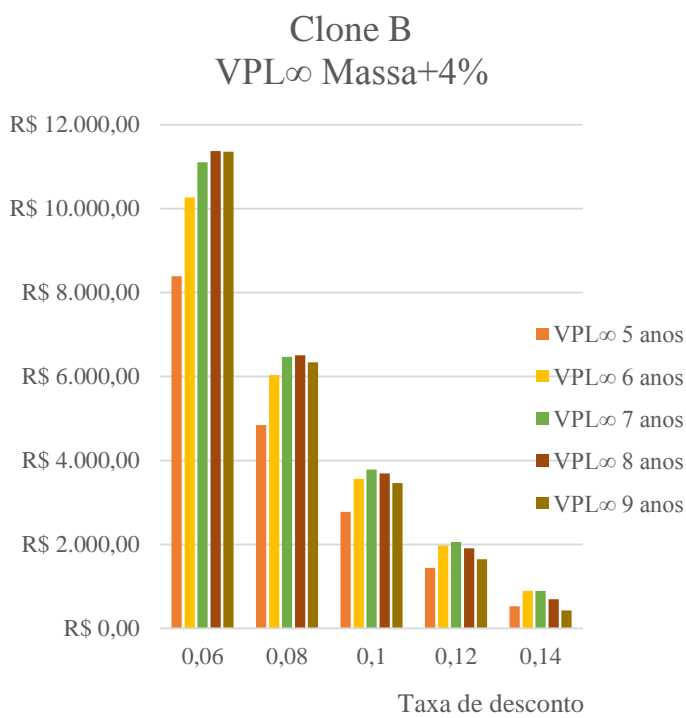
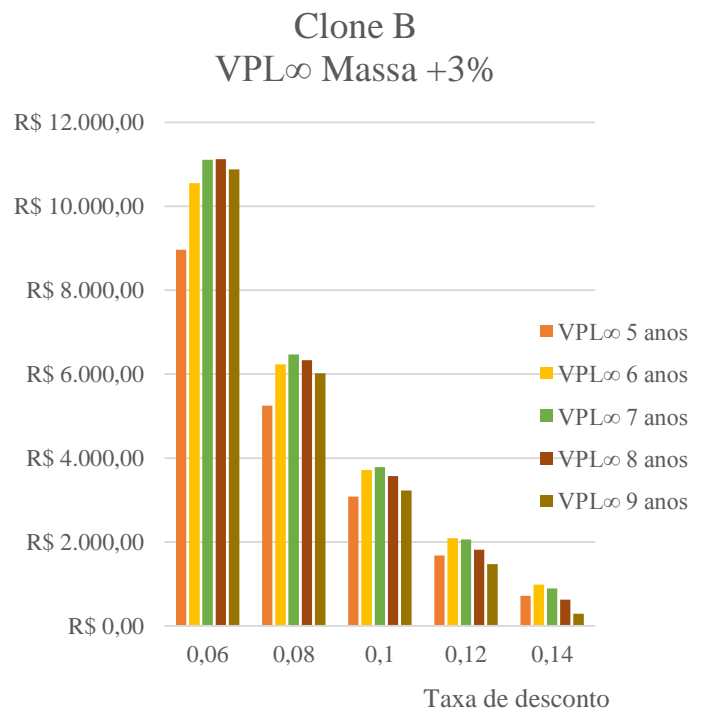
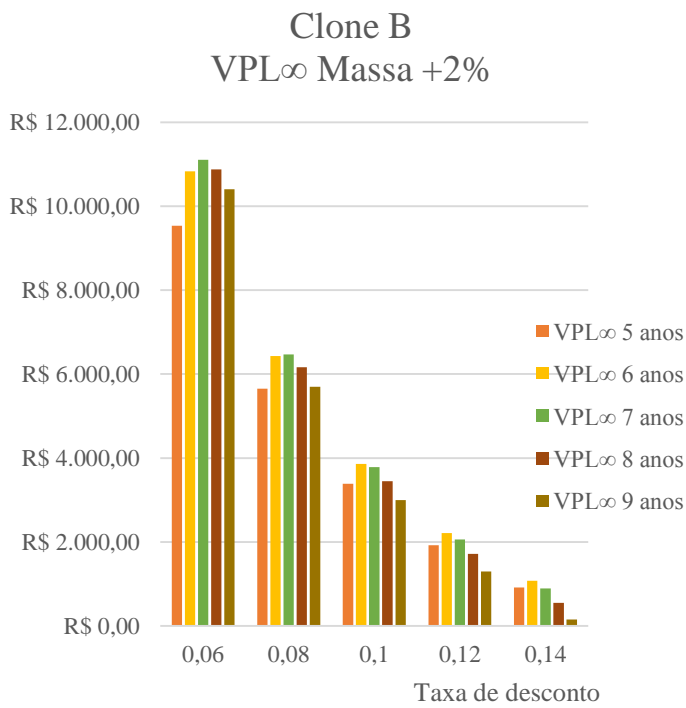


Figura 14 - VPL ∞ massa para o corte de Clone B nas idades de 5 a 9 e taxa de desconto de 6, 8, 10, 12 e 14% a.a.

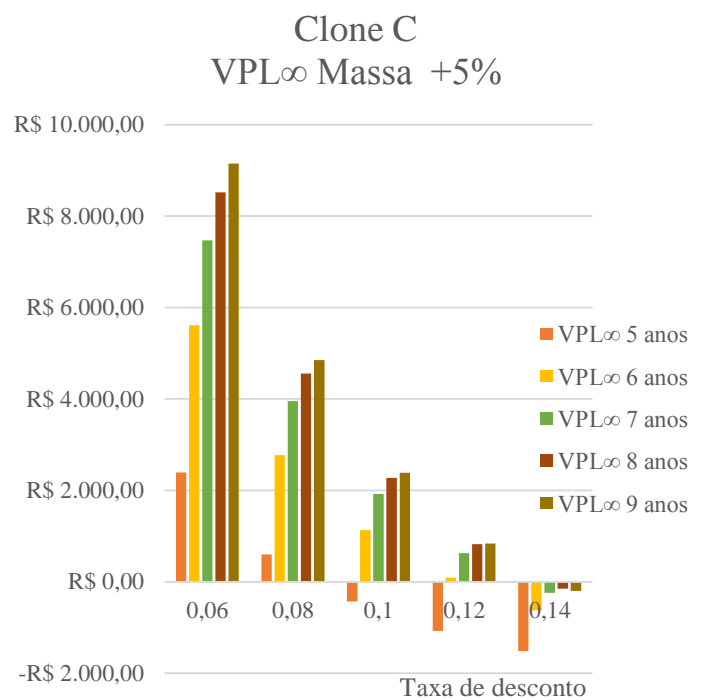
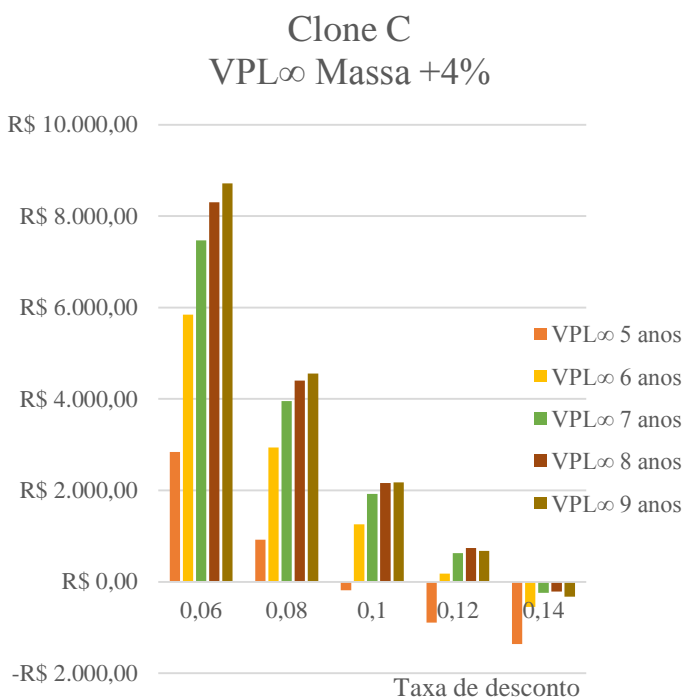
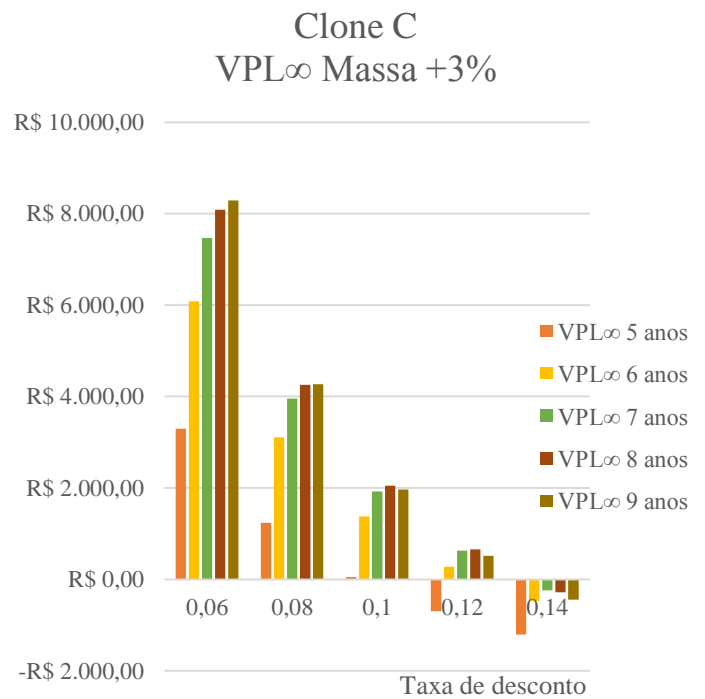
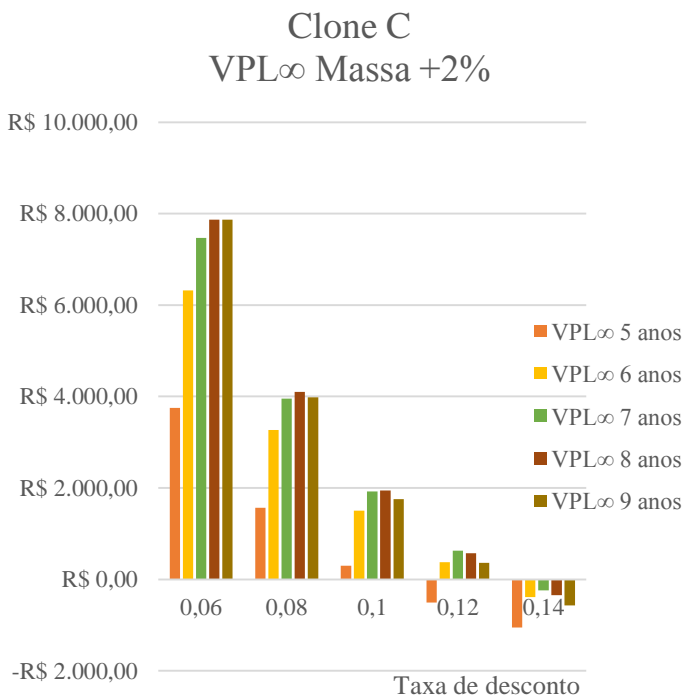
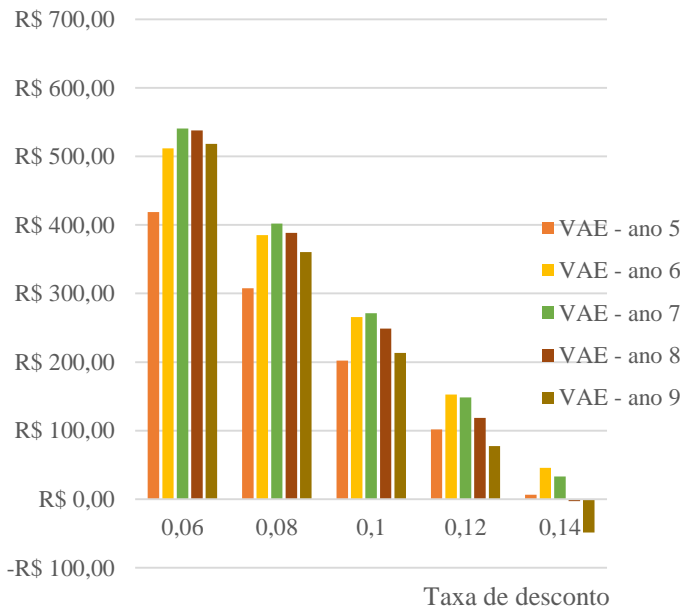


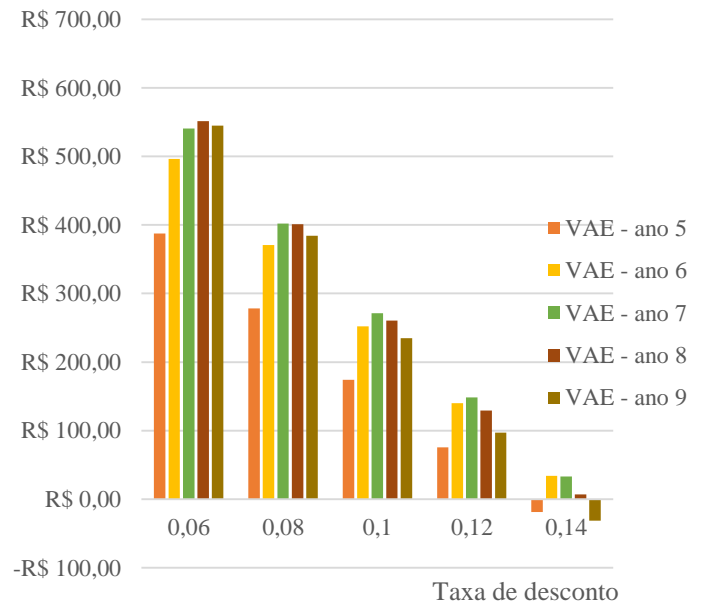
Figura 15 - VPL ∞ massa para o corte de Clone C nas idades de 5 a 9 e taxa de desconto de 6, 8, 10, 12 e 14% a.a.

Os mesmos resultados encontrados para VPL ∞ foram encontrados para o VAE de acordo com os estudos feitos por SILVA & FONTES (2005), onde dizem que tanto o VAE quanto o VPL ∞ , conduzem ao mesmo resultado (figuras 16, 17 e 18).

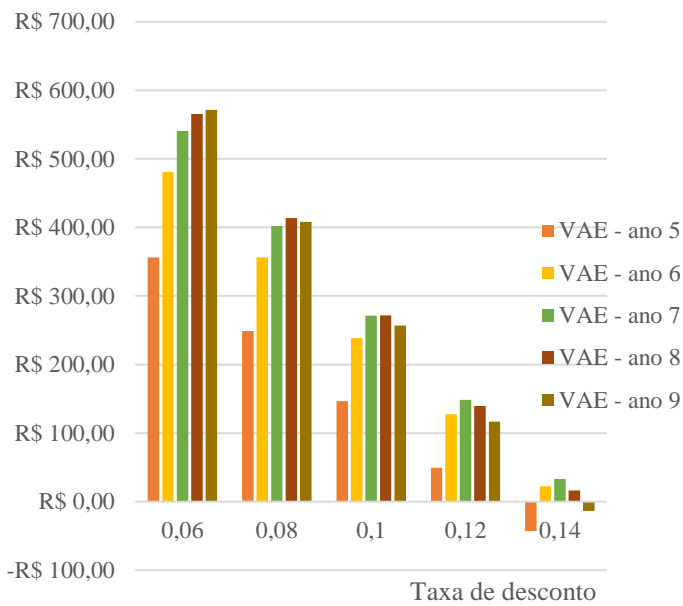
Clone A
VAE Massa+2%



Clone A
VAE Massa +3%



Clone A
VAE Massa+4%



Clone A
VAE Massa+5%

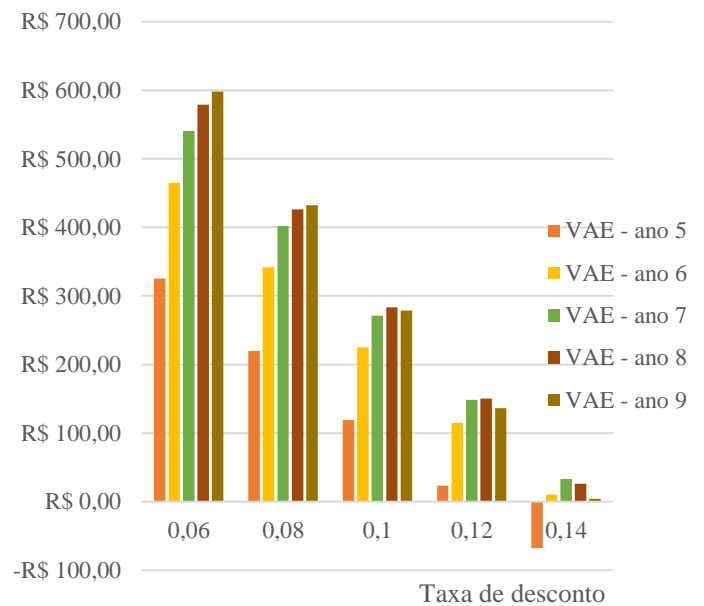


Figura 16 – VAE massa para corte do clone A nas idades de 5 a 9 anos e taxa de desconto de 6, 8, 10, 12 e 14% a.a.

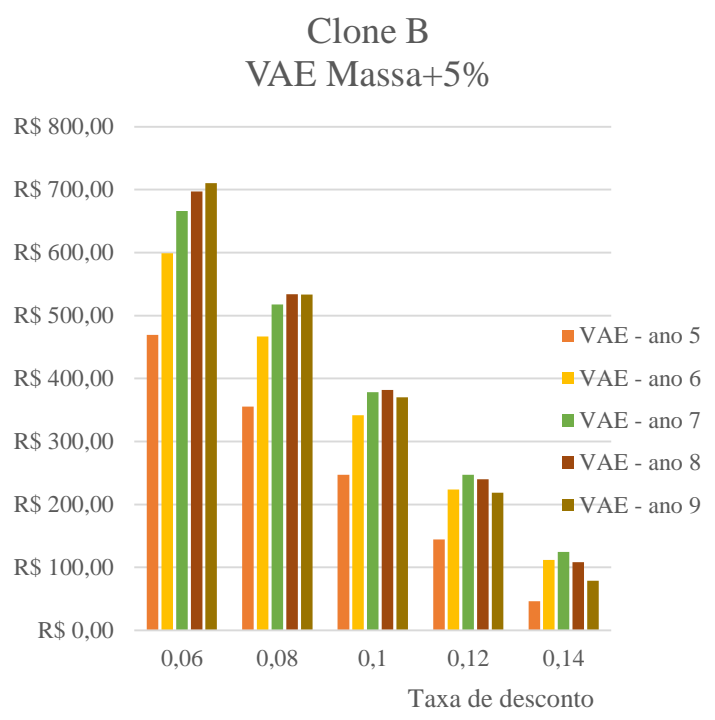
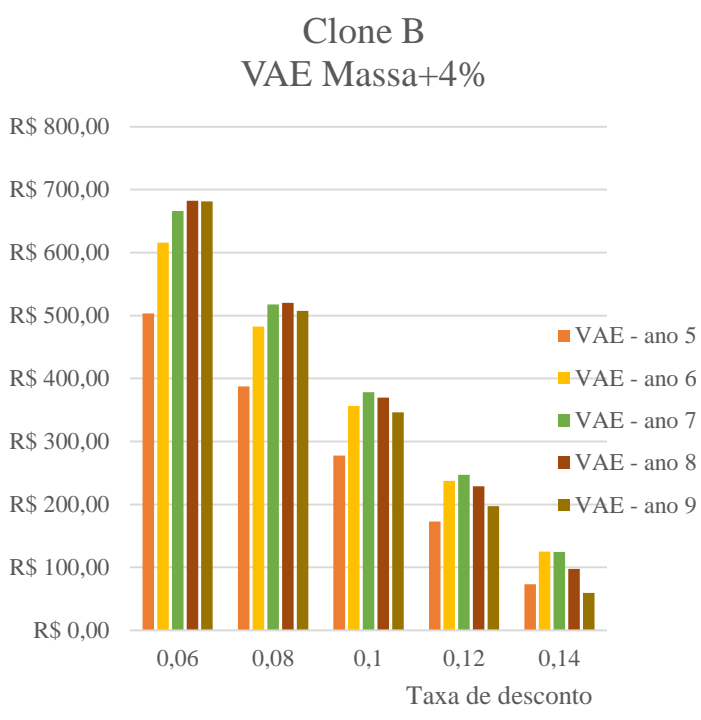
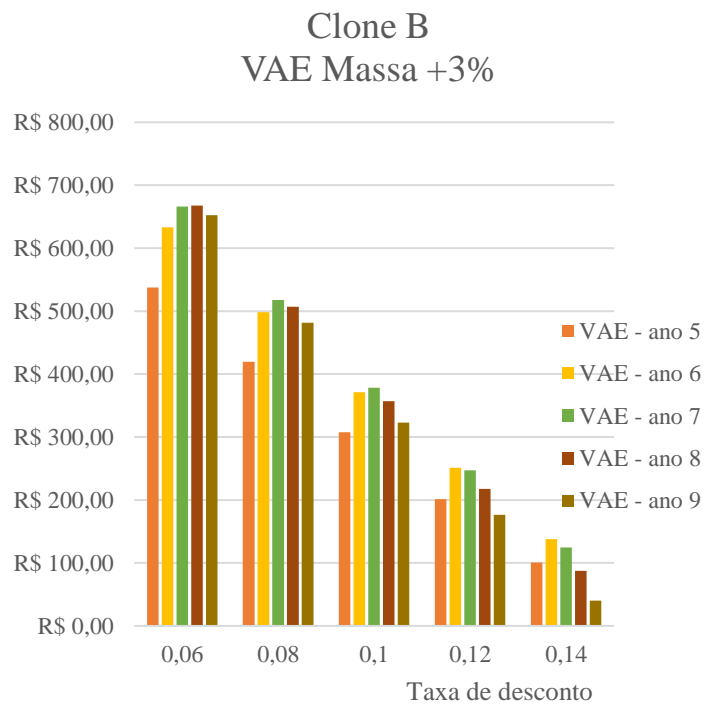
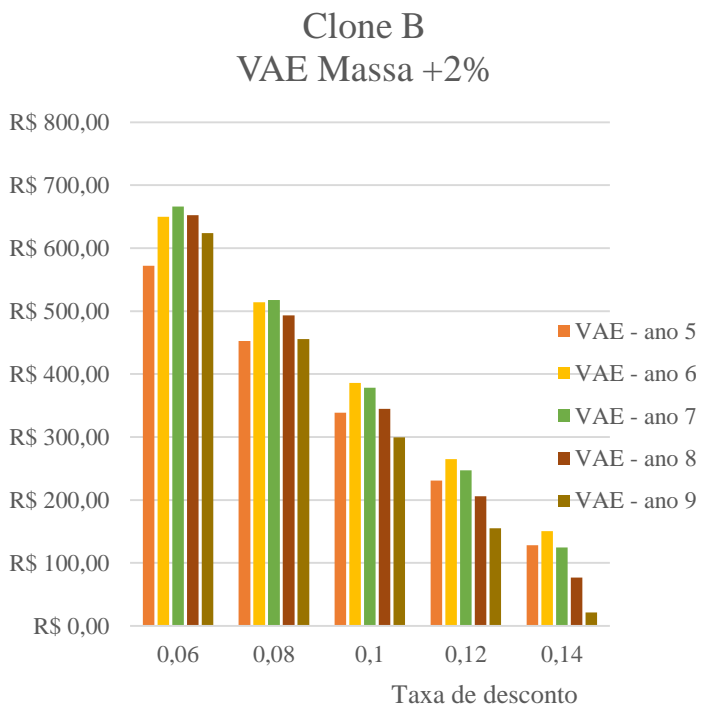


Figura 17 – VAE massa para corte do clone B nas idades de 5 a 9 anos e taxa de desconto de 6, 8, 10, 12 e 14% a.a.



Figura 18– VAE massa para corte do clone A nas idades de 5 a 9 anos e taxa de desconto de 6, 8, 10, 12 e 14% a.a.

A título de comparação, é importante observar que para um mesmo incremento da densidade e mesma taxa de juros, o clone B apresentou maior VPL_{∞} em todas as idades de corte. Isso pode ser explicado por ser o clone com maior massa, podendo alcançar 20

toneladas/ha.ano aos 7 anos. Diferente dos outros 2 clones que atingem 18 e 17 toneladas/ha.ano.

Tabela 7 –Idade econômica de corte volumétrica e gravimétrica, por taxa de juros, por clone.

Clone	Taxa de juros				
	6%	8%	10%	12%	14%
Volume					
A	6 anos	6 anos	6 anos	6 anos	6 anos
B	6 anos	6 anos	6 anos	6 anos	5 anos
C	8 anos	7 anos	7 anos	-	-
Massa - incremento de 2%					
A	7 anos	7 anos	7 anos	6 anos	6 anos
B	7 anos	7 anos	6 anos	6 anos	6 anos
C	8 anos	8 anos	8 anos	7 anos	-
Massa - incremento de 3%					
A	8 anos	7 anos	7 anos	7 anos	6 anos
B	8 anos	7 anos	7 anos	6 anos	6 anos
C	9 anos	9 anos	8 anos	8 anos	-
Massa - incremento de 4%					
A	9 anos	8 anos	7 anos	7 anos	7 anos
B	8 anos	8 anos	7 anos	7 anos	6 anos
C	9 anos	9 anos	9 anos	8 anos	-
Massa - incremento de 5%					
A	9 anos	9 anos	8 anos	8 anos	7 anos
B	9 anos	8 anos	8 anos	7 anos	7 anos
C	9 anos	9 anos	9 anos	9 anos	-

(-) projeto inviável – VPL negativo

Para concluir a importância da unidade gravimétrica nas análises econômicas, os três clones foram analisados sob um mesmo cenário de taxa de juros. É nítido que para clones com alto crescimento volumétrico e baixa densidade, como o clone A, não interessa a mudança na unidade de medida. Logicamente para este tipo de clone as análises pela unidade volumétrica sempre serão mais vantajosas. Neste trabalho o clone A apresentou o VPL_{∞} volumétrico 23% superior ao gravimétrico aos 7 anos. No que tange a idade de corte, considerando a taxa de 8% ele seria cortado no ponto de maior VPL_{∞} , aos 5 anos. Portanto ele não interessa em projetos de biomassa energética por não apresentar propriedades exigidas para tais fins

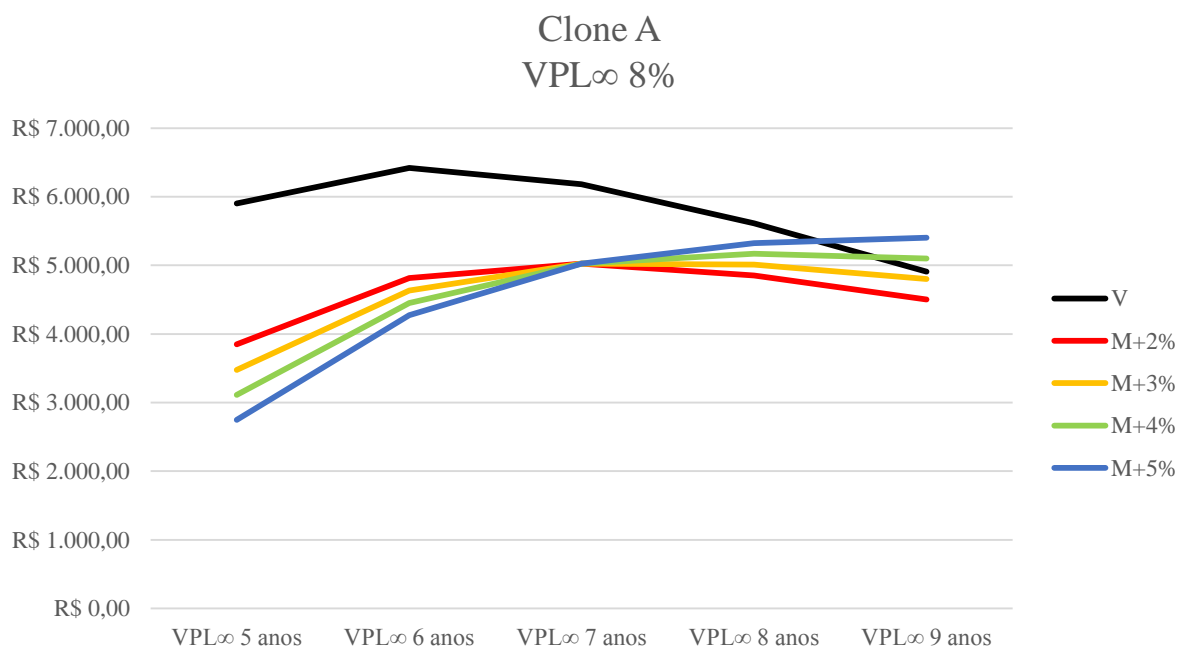


Figura 19 - VPL ∞ considerando a taxa de desconto de 8% para o clone A.

Já para os clones B e C, que apresentam maior densidade, as análises gravimétricas sempre darão o devido “peso” a esta característica. A biomassa energética só será melhor remunerada, se a unidade de análise técnica e econômica, passar a medir o que realmente ela fornece. Para os clones B e C, a diferença na análise volumétrica para gravimétrica é de 12% para o primeiro e chega a 152% de diferença para o segundo.

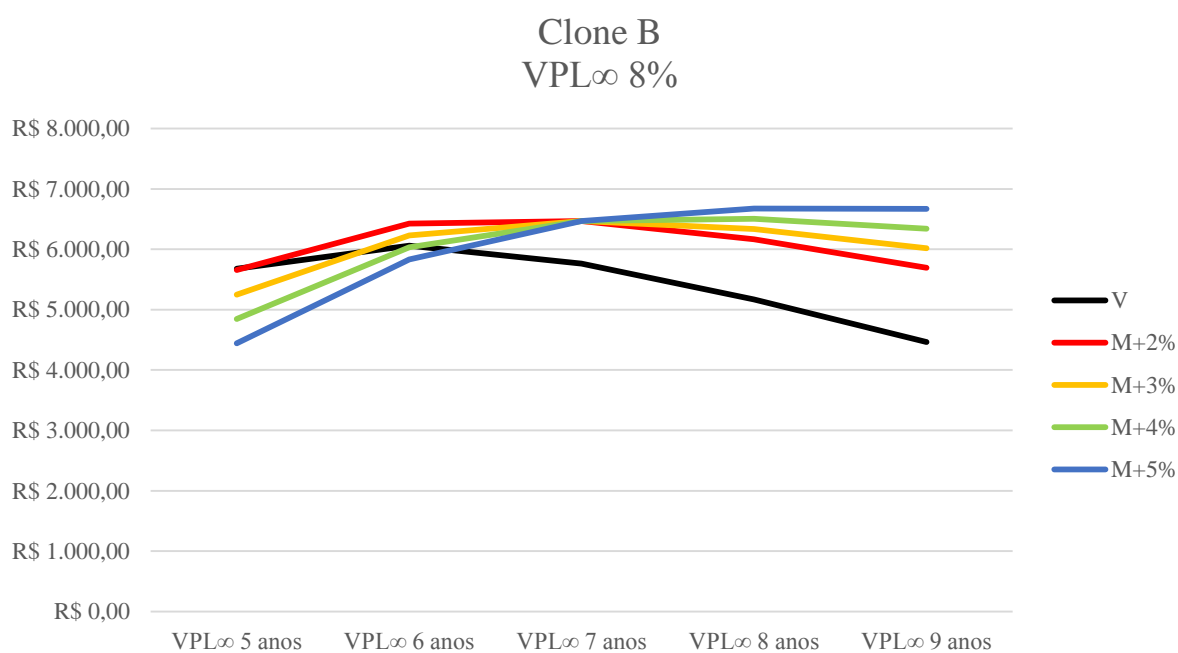


Figura 20 - VPL ∞ considerando a taxa de desconto de 8% para o clone B.

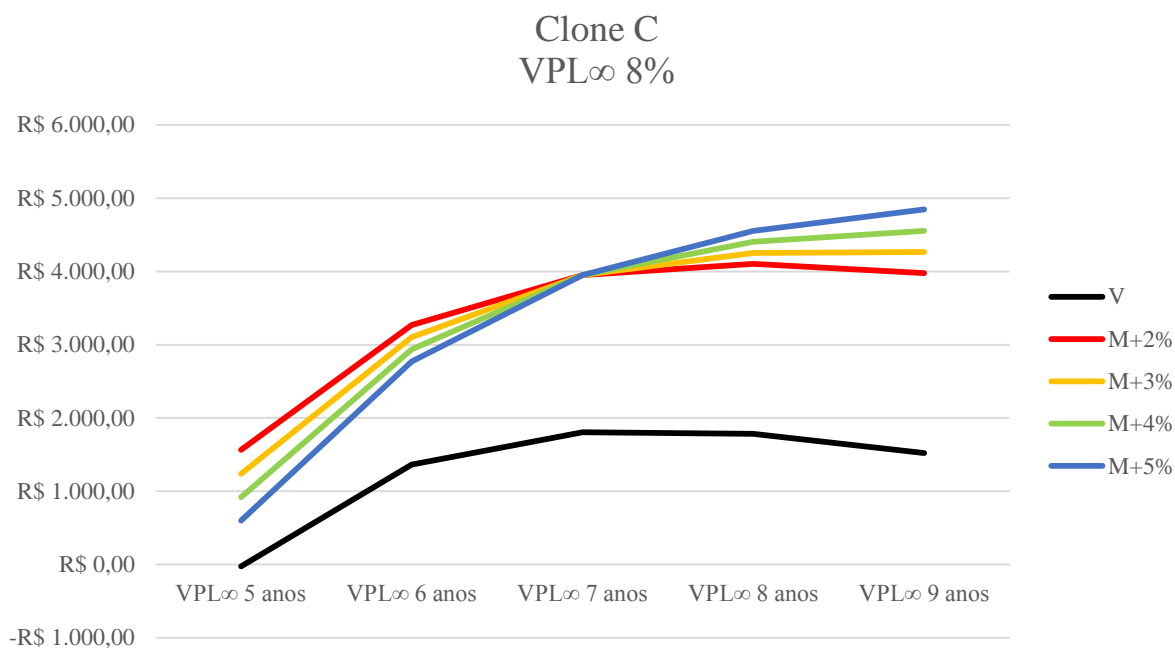


Figura 21 - VPL_∞ considerando a taxa de desconto de 8% para o clone C.

O critério da TIR confirma todas as análises pelos outros critérios. O clone A é inviável para projetos de destinação energética, sendo sua TIR em volume maior que a TIR em massa em todas as idades. O clone B e C apresentam a TIR em massa superior quando comparada a TIR em volume, com exceção do ano 5 para o B que mostra vantagem do volume sobre a massa. Considerando a maior TIR, a idade de corte em massa ocorre sempre após a idade por volume.

Tabela 8 – Taxa interna de retorno para os clone A, B e C.

Ano	Clone A		Clone B		Clone C	
	TIRvolume	TIRmassa	TIRvolume	TIRmassa	TIRvolume	TIRmassa
5	16,97%	13,60%	16,67%	16,09%	7,96%	10,12%
6	16,81%	14,66%	16,40%	16,59%	10,16%	12,66%
7	15,86%	14,60%	15,41%	16,16%	10,63%	13,36%
8	14,72%	14,11%	14,28%	15,43%	10,43%	13,32%
9	13,60%	13,50%	13,17%	14,63%	9,97%	12,98%

Estes resultados remetem a discussão da qualidade. Se comparar o clone A com o B, obviamente a escolha será pelo B, dado a produtividade em massa. Ainda levando em conta a

produtividade em massa e a rentabilidade financeira, o clone B também seria escolhido se comparado com o C, mesmo sendo a densidade do clone C 11,15% superior ao do clone B.

No tocante a produção de carvão vegetal, é desejável que a madeira apresente elevada densidade básica, pois quanto maior a densidade, maior a massa de carvão vegetal produzido para um determinado volume e maior a densidade aparente do carvão (NEVES, 2011). Além disso, madeiras mais densas tendem a apresentar maior rendimento gravimétrico por possuir mais massa (BRITO & BARRICHELO, 1980).

Simulando um cenário de produção de carvão para os clones B e C, considerando o rendimento gravimétrico (RG) do clone mais denso superior ao outro, por exemplo 30% e 34% respectivamente. O clone B precisaria de 3,33 toneladas de madeira para produção de uma tonelada de carvão, e o clone C precisaria de 2,90 toneladas de madeira para produzir a mesma quantidade de carvão em questão. Isso significa a exigência de 15% a mais na demanda de madeira para produção da mesma quantidade de carvão vegetal.

Rendimentos gravimétrico encontrados na literatura variam de 28% até 37% de rendimento em carvão (TRUGILHO et al. (2001); CASTRO (2011); BOTREL et al. (2007)). Segundo OLIVEIRA (1988), RG possui correlações positivas com a densidade da madeira e com o teor de lignina total.

Considerando que os clones são vendidos pelo mesmo preço, R\$100,00/tonelada, o custo da madeira do B por tonelada de carvão (tcv) produzido é 15% maior que o custo da madeira do clone C por tcv. Portanto essa taxa poderia ser o aumento na remuneração, como forma de premiação, para aquele que produzir uma madeira acima de uma determinada densidade básica. Dessa forma a receita obtida com o clone C seria a mesma que a obtida com o clone B, mesmo que o primeiro apresente produção em massa inferior ao segundo. Porém com maior densidade e poder calorífico.

Mas essa situação só seria efetiva caso a mudança ocorra verticalmente da indústria para os produtores, assim estes se sentiriam incentivados e mudariam a estrutura de suas florestas. Eles substituíram plantações florestais frondosas, com expressivas dimensões, porém leves, para florestas com menores diâmetros, mas com massa tão expressiva quanto as dimensões das antigas florestas.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos com este trabalho concluiu-se que:

- A densidade básica da madeira influenciou na determinação da idade ideal de corte;
- A idade de corte quando analisada em unidade gravimétrica sempre ocorrerá, pelo menos, um ano após a idade de corte considerando a unidade volumétrica;
- Clones de baixa densidade são inviáveis, técnica e economicamente, para projetos de destinação energética, considerando análises em unidade gravimétrica;
- Clones mais densos terão idade econômica de corte mais avançadas; e
- Considerando a mudança no mercado de madeira de unidade volumétrica para unidade gravimétrica não há perdas econômicas em adiar a idade de corte por 1 ou 2 anos, até a taxa de juros de 10%. Principalmente em plantios com altas taxas de incremento na densidade

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012**: ano base 2011. Brasília, DF: ABRAF, 2012. 150 p
- ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico ABRAF 2013**: ano base 2012. Brasília: ABRAF, 2013. p. 74.
- ANEEL – AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. 2014. Disponível em: <www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.asp>. Acesso em: 14/11/2014.
- ARANTES, M.D.C. **Variação nas características da madeira e do carvão de um clone de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden x Eucalyptus urophylla ST Blake**. 2009. 137 f. Diss. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- BALLONI, E.A. MIGLIORINI, A.T. BRITO, J.O. Produção de energia através de florestas de rápido crescimento. Piracicaba: **IPEF**. 1980 (Circular Técnica IPEF, 103)
- BARRICHELO, L. E. G. **Estudo das características físicas, anatômicas e químicas da madeira de Pinus caribaea Mor. Var hondurensis Barr. e Gof. para a produção de celulose kraft**. Piracicaba, 1979. 167 f. Tese (Livre-Docência em Ciências Florestais) - Departamento de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- BARRICHELO, L. E. G. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de Eucalyptus spp. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1992, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: UFMG, 1992. p. 726-731.
- BENJAMIN, C.A. **Comparação entre três critérios de amostragem para a avaliação da densidade básica da madeira de florestas implantadas de eucaliptos**. 2002. 131 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.
- BRAND, M. A., STAHELIN, T. S. F., FERREIRA, J. C., & NEVES, M. D. Produção de biomassa para geração de energia em povoamentos de Pinus taeda L. com diferentes idades. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 353-360. 2014.
- BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I., densidade da madeira x densidade do carvão. **IPEF**, Piracicaba, n. 20, p. 101-113, 1980
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. Anatomia da madeira. São Paulo: Nobel. p. 154. 1991
- CARNEIRO, R.S. **Influência de defeitos de crescimento e das dimensões de traqueídeos nas propriedades de densidade e flexão estática da madeira de Pinus caribea**. 2006. 171 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília.

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

CINTRA, T. C. **Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranapanema, SP**. 85 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

COUTINHO, A. R.; FERRAZ, E. S. B. Determinação da friabilidade do carvão vegetal em função do diâmetro das árvores e temperatura de carbonização. **IPEF**, n.38, p.33-37, 1988.

COUTO, L.; FONSECA, E.M.B.; MÜLLER, M.D. **O estado da arte das plantações de florestas de rápido crescimento para produção de biomassa para energia em Minas Gerais: aspectos técnicos, econômicos sociais e ambientais**. Belo Horizonte: CEMIG, 2000. 44p.

ELOY, E.; CARON, B. O.; SILVA, D. A.; SCHMIDT, D.; TREVISAN, R.; BEHLING, A.; ELLI, E. F. Influência do espaçamento nas características energéticas de espécies arbóreas em plantios de curta rotação. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.3, p.551-559, 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2011 – 2020)**. Rio de Janeiro, RJ, MME, 2011. 105 p. Série Estudos de Energia. Nota técnica DEA 03/11

FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORATE STATISTICAL DATABASE. 2014. Disponível em: <[http:// faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/F/FO/E](http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/F/FO/E)>. Acesso em: 14/11/2014.

FERREIRA, T.C. **Análise econômica de plantios de eucalipto para a produção de celulose**. Lavras, UFLA, 2001 109 p. Dissertação (Mestrado) UFLA

FRANCO, E.J.; SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M.; LIMA, J.T. Eficiência na estimativa do peso seco para árvores individuais e definição do ponto ótimo de amostragem para determinação da densidade básica de Eucalyptus camaldulensis. **Ciência Florestal**, santa Maria, v.8, n.1, p.77-92, 1998.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para Reflorestamento**. Belo Horizonte: PNUD/FAO/IBDF-BRA/71/545, 1975. 65p. (Série Técnica 3).

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

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2012**. 2013. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=45>. Acesso em: 10/12/2014.

KARTH, S. W. Factors affecting wood quality and quantity and consequently pulp manufacture. *Southern Africa Forest Journal*, Pretoria, v. 63, p. 17-24, 1967.

- LORA, E. E. S.; ANDRADE, R. V. Geração de energia e gaseificação de biomassa. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 1, n. 3, p. 311-320, 2004.
- MAESTRI, R.; SANQUETTA, C.R.; MACHADO, S.A.; SCOLFORO, J.R.S.; CORTE, A.P.D.; Viabilidade de um projeto florestal de *Eucalyptus grandis* considerando p sequestro de carbono. **Floresta**, 34(3):347-360, 2004.
- MELLO, H.A.; SIMÕES, J.W.; FERREIRA, C.A.; BRASIL, U.M. Influência do espaçamento e da idade de corte na produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado. **IPEF**, n. 13, p. 143-162, 1976.
- MENESES, V.A. **Efeito da idade e sítio na densidade básica e produção de massa seca de madeira em clone do *Eucalyptus urophylla***. Lavras, UFLA, 2013 110p. Dissertação (Mestrado) UFLA.
- NEVES, T. A. et al. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319–330, 2011. DOI: 10.4336/2011.pfb.31.68.319
- OLIVEIRA, P. R. S. **Diagnóstico e indicadores de sustentabilidade em fomento florestal no Estado do Espírito Santo**. 2003. 127p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- OLIVEIRA, P. R. S.; VALVERDE, S. R.; COELHO, F. M. G.. Aspectos de relevância econômica no fomento florestal a partir da percepção dos produtores rurais envolvidos. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 593-602, 2006.
- RAGLAND, K.W.; AERTS, D.J.; BAKER, A.J. Properties of Wood for Combustion Analysis. **Bioresource Technology**. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin. 1991. p. 161-168
- REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Avaliação de projetos florestais**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1993. 47 p.
- REZENDE, J.L.; OLIVEIRA, A.D. problemas com o horizonte de planejamento na avaliação de projetos florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24. n.2, abril/junho: 2000.
- REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise Econômica e Social de Projetos Florestais**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 389 p.
- REZENDE, J. L. P. de, et al. Análise econômica de fomento florestal com eucalipto no Estado de Minas Gerais. **Revista Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 221-231.2006
- REZENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2013. 180p.
- RIBEIRO, F. de A.; FILHO, J.Z. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus* spp. **Revista IPEF**, n. 46, p. 76-85, 1993.
- RODIGHERI, H. R. **Rentabilidade econômica comparativa entre plantios florestais e sistemas agroflorestais com erva-mate, eucalipto, pinus e as culturas do feijão, milho, soja e trigo**. Colombo: Embrapa-CNPQ, 1997. 36p. (Circular Técnica, 26).

RODRIGUEZ, L. C. E.; BUENO, A. R. S.; RODRIGUES, F. Rotações de eucalipto mais longas: análise volumétrica e econômica. **Scientia Forestalis**, n. 51, p. 15-28, jan. 1997.

SANTANA, W. M. S. **Crescimento, Produção e Propriedades da Madeira de um Clone de Eucalyptus grandis e E. urophylla com Enfoque Energético**. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Área da Concentração em Processamento e Utilização da Madeira, Lavras, Minas Gerais, 2009.

SFB – SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Florestas do Brasil em resumo: 2013**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2013. 188p. Disponível em: <<http://goo.gl/u5xbJr>>. Acesso em: 29/11/2014.

SHIMOYAMA, V. R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em Eucalyptus sp.** 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

SHIMOYAMA, V.R. de S. **Estimativas de propriedades da madeira de Pinus taeda através do método não destrutivo emissão de ondas de tensão, visando à geração de produtos de alto valor agregado**. 2005. 151f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SILVA, E. **Avaliação qualitativa de impactos ambientais do reflorestamento no Brasil**. 1994. 309f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

SILVA, J. C. **Caracterização da Madeira de Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden, de Diferentes Idades, Visando sua Utilização na Indústria Moveleira**. 2002. 160 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias /UFPR, Curitiba, 2002.

SILVA, M.L.; JACOVINE, L.A.G.;VALVERDE,S.R. **Economia Florestal** 2.ed.-Viçosa: UFV,2005.

SILVA, M. L. da & FONTES, A. A. “Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET)”. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, dez. 2005.

SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. C. O.; GONÇALVES, E. O.; LELLES, J. G. Uso da biomassa florestal na geração de energia. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, ano 4, n. 8, ago. 2006. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/florestal1_000gapwcajw02wx5ok04xjloyx_d3fpu2.pdf. Acesso em: 20/04/2015

STURION, J.A., PEREIRA, J.C.D., CHEMIN, M.S. Qualidade da madeira de Eucalyptus viminalis para fins energéticos em função do espaçamento e idade de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 16, p. 55-59, 1988.

TOMASELLI, I.; HIRAKURI, S. A influência da crise econômica e financeira global no setor florestal do Brasil, **STCP Informativo**, Curitiba, n. 15, 2012. Disponível em: http://www.stcp.com.br/upload/fck/artigo_tomaselli_e_hirakuri.pdf. Acesso em: 29/08/2015.

TRUGILHO, P.; SILVA, D. da. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal de jatobá (*Himenea courbaril* L.). **Scientia Agraria**, vol. 2, n. 1-2, 2001. Universidade Federal do Paraná,Paraná, Brasil

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, MG, v.2, n.1, p.94-111, 1996.

VALE, A.T. do; BRASIL, M.A.M.; LEÃO, A.L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.1, p.71-80, jun. 2002.

VALVERDE S.R., SOARES N.S., SILVA M.L., JACOVINE L.A.G., NEIVA S.A. O comportamento do mercado de madeira de eucalipto no Brasil. **Revista Biomassa & Energia**.v.1, n.4, p.393-403. 2004

VALVERDE, S.R.; MAFRA, J.W.A.; MIRANDA, M. A., SOUZA, C.S.; VASCONCELOS, D. C. **Silvicultura brasileira- oportunidades e desafios da economia verde**, 2012. Disponível em: <http://www.fbds.org.br/IMG/pdf/doc-29.pdf>. Acesso em: 21/mai/2015

VITAL, B.R.; PEREIRA, A.R.; DELLALUCIA, R.M.; ANDRADE, D.C. de. Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* cultivado da região do cerrado de Minas Gerais. Brasília: IBDF, 1984.p.41-52.

VITAL, B.R.; MACIEL, A.S.; LUCIA, R.M.D. Qualidade de juntas coladas com lâminas de madeira oriundas de três regiões do tronco de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. *Revista Árvore*, vol.30, n.4, Viçosa, Julho-Agosto, 2006.

ZOBEL, B. J.; VAN BUIJTENEN, J. P. Wood variation. Its causes and control. Springer Series in Wood Science, Springer-Velag Berlin Heidelberg, 1989. 363 p

8. ANEXOS

Tabela 01 – Valores médios de produtividade por clone por idade.

Clone	Idade (anos)	Volume (m ³ /ha/ano)
A	3	94,51
	4	157,34
	5	206,07
	6	245,88
	7	279,55
	8	308,71
	9	334,43
B	3	98,66
	4	157,87
	5	203,80
	6	241,33
	7	273,06
	8	300,54
	9	324,78
C	3	45,72
	4	102,20
	5	146,00
	6	181,79
	7	212,05
	8	238,26
	9	261,38

Tabela 02 – Tabela de custos e descrição das atividades.

Ano	Atividade	ValorUnitário(R\$)
0	Suporte Técnico/Admnistração Campo	100
0	Combate a formiga- Inicial	73
0	Conservações de estradas	345
0	Combate a formiga -1º repasse	42
0	Corretivos	176
0	Subsolar/Fosfatar	1000
0	Combate a formiga -2º repasse	50
0	Controle Mato Competição herbicida	129
0	Plantio Mecanizado	670
0	Irrigação 4x	525
0	Combate a formiga -3º repasse	20
0	1ª Adubação Cobertura	395
SubTotal		3525
1	Suporte Técnico/Admnistração Campo	100
1	Capina química	129
1	Conservação de aceiros	29
1	Combate a formiga	20
1	2ª Adubação Cobertura	203
SubTotal		481
2	Suporte Técnico/Admnistração Campo	100
2	Capina química	129
2	Conservação de aceiros	29
2	Combate a formiga	20
2	Inventário - Avaliação do crescimento	50
SubTotal		328
Ano	3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 - idem ano 2	