

BRENO ASSIS LOUREIRO

**QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA E DE CARBONO EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS DE EUCALIPTO NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de graduação em Engenharia Florestal.

Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine

Coorientador: Daniel Brianezi

Coorientador: Sílvio Nolasco de Oliveira Neto

Viçosa

Minas Gerais – Brasil

Janeiro – 2014

BRENO ASSIS LOUREIRO

**QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA E DE CARBONO EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS DE EUCALIPTO NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de graduação em Engenharia Florestal.

APROVADA: 31 de janeiro de 2014

Daniel Brianezi
(Coorientador)
(UFV)

Prof. Sílvio Nolasco de Oliveira Neto
(Coorientador)
(UFV)

Carlos Moreira M. Eleto Torres
(UFV)

Vanessa Basso
(UFV)

Prof. Laércio Antônio Gonçalves Jacovine
(Orientador)
(UFV)

Viçosa

Minas Gerais – Brasil

Janeiro – 2014

“Otimismo é a fé que leva a realização.
Nada pode ser feito sem esperança e confiança.”

HELEN KELLER

AGRADECIMENTOS

Ao professor Laércio Antônio Gonçalves Jacovine, pela orientação durante a realização do trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Florestal e a Universidade Federal de Viçosa, pela disponibilização dos laboratórios e equipamentos.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade e tempo de aprendizado.

Ao Grupo de Estudo de Economia Ambiental (GEEA), pelos ensinamentos.

Ao professor Sílvio Nolasco de Oliveira Neto e ao Rogério da EMATER, pela disponibilização da área de estudo.

Ao Daniel Brianezi, pela colaboração do trabalho.

À equipe de trabalho, Gabriel Barros, Ricardo Pena, Rafaela Nardy, Daniel Brianezi e Machado, pela execução do trabalho.

À minha família e aos amigos, pelo apoio em todos os momentos.

À todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

BRENO ASSIS LOUREIRO, filho de Tovar Costa Loureiro e Miquelina de Assis Loureiro, nasceu no dia 11 de março de 1988, no município de Lavras, Minas Gerais.

Em dezembro de 2005, concluiu o ensino médio no colégio Instituto Presbiteriano Gammon.

Em março de 2007, ingressou no curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa e, em 2011, mudou para o curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa.

CONTEÚDO

| | |
|---|----|
| 1. Introdução | 10 |
| 2. Objetivos | 13 |
| 3. Revisão na Literatura | 14 |
| 3.1. Alterações Climáticas Globais | 14 |
| 3.2. Protocolo de Quioto | 15 |
| 3.3. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo | 16 |
| 3.4. Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono)..... | 17 |
| 3.5. Acúmulo de biomassa e carbono pelas florestas..... | 18 |
| 3.6. Biomassa na parte área..... | 19 |
| 3.7. Potencial das plantações de eucalipto na fixação de carbono..... | 20 |
| 3.8. Espaçamentos de plantio do eucalipto | 20 |
| 4. Materiais e Métodos | 23 |
| 4.1. Local de estudo e caracterização da área | 23 |
| 4.2. Inventário da área, geração das equações, determinação de volume e biomassa | 25 |
| 4.3. Determinação da biomassa da serapilheira..... | 28 |
| 5. Resultados e Discussão | 29 |
| 6. Conclusões..... | 38 |
| 7. Referências Bibliográficas | 39 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Área dos blocos, número de mudas e área da parcela, em cada um dos espaçamentos..... | 23 |
| Tabela 2. Adubação de plantio e cobertura realizada na área do estudo. | 25 |
| Tabela 3. Altura e DAP médios das árvores em cada espaçamento. | 29 |
| Tabela 4. Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão para as equações geradas..... | 30 |
| Tabela 5. Biomassa e carbono total médio por árvore em cada espaçamento. | 34 |
| Tabela 6. Biomassa para cada compartimento no seu respectivo espaçamento, em t/ha..... | 34 |
| Tabela 7. Estoque de carbono por compartimento em cada um dos espaçamentos estudados, t/ha. | 34 |
| Tabela 8. Biomassa e carbono de serapilheira num plantio com híbrido de <i>Eucaliptus urophylla</i> x <i>Eucaliptus grandis</i> em cada espaçamento, t/ha..... | 36 |

ÍNDICE DE FIGURA

| | |
|--|----|
| Figura 1. Croqui representativo da área de estudo..... | 24 |
| Figura 2. Gráfico de dispersão para volume com casca. | 31 |
| Figura 3. Gráfico de dispersão para carbono das folhas. | 32 |
| Figura 4. Gráfico de dispersão para carbono dos galhos. | 32 |
| Figura 5. Gráfico de dispersão para carbono do fuste..... | 33 |
| Figura 6. Gráfico de dispersão para carbono total. | 33 |
| Figura 7. Gráfico de total de biomassa e carbono para cada espaçamento, em t/ha..... | 36 |

EXTRATO

LOUREIRO, Breno Assis. Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2013. **Quantificação de biomassa e de carbono em diferentes espaçamentos de eucalipto na Zona da Mata de Minas Gerais.** Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine. Co-orientadores: Daniel Brianezi; Sílvio Nolasco de Oliveira Neto.

A avaliação dos arranjos em termos de espaçamento a ser adotado nos plantios florestais tem sido focada na produção volumétrica em detrimento da estocagem de carbono. Entretanto, com a busca de atividades que possam contribuir com a minimização da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, torna-se necessário indicar quais espaçamentos têm maior potencial de estocagem de carbono ao longo do crescimento da floresta. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho estimar o estoque de carbono em um plantio de eucalipto destinado à produção de carvão em diferentes espaçamentos. O estudo foi conduzido em um plantio com o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, dividido em quatro espaçamentos (2 x 1 m, 2 x 2 m, 3 x 2 m e 3 x 3 m) com 18 meses de idade e implantados na zona rural da cidade de Lamim, MG. Para a geração das equações foram abatidas árvores-amostra, sendo quatro nos espaçamentos menores e três nos espaçamentos maior (3 x 3 m). Ajustaram-se equações de acordo com o modelo de Schumacher e Hall (1933) para obter o volume, carbono total e por compartimento (folhas, galhose fuste). Em relação aos compartimentos, o fuste com casca foi o compartimento com maiores níveis de biomassa e carbono. Comparando-se os espaçamentos, o 2 x 1 m foi o que apresentou uma maior produção de biomassa e estocagem de carbono, isto porque este espaçamento tem um maior volume no início de biomassa e carbono. Entretanto, espera-se que ao longo do tempo, o seu desenvolvimento diminua, devido à maior competição entre os indivíduos, podendo ocasionar o aparecimento de árvores dominadas e até mortas. Com isso, espera-se que os outros espaçamentos possam ter uma maior quantidade de biomassa e carbono por árvore, em idades mais avançadas. Faz-se necessário, portanto, o monitoramento da área até a idade de corte para avaliar o desenvolvimento de cada espaçamento e o nível de incremento de carbono.

1. Introdução

No decorrer da história, o clima sofreu algumas mudanças a partir da intensificação das atividades antrópicas, como: na agricultura, a preparação da terra para plantio e uso de fertilizantes; no tratamento de dejetos animais e pela fermentação entérica do gado na pecuária; uso de combustíveis fósseis; disposição final de resíduos; desmatamento e degradação das florestas; e nas indústrias, pelos seus vários processos como ferro e aço, por exemplo. Atividades como estas contribuíram para o aumento da concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera, principalmente do dióxido de carbono (CO₂), cooperando com a elevação da temperatura terrestre global e, conseqüentemente, com as mudanças climáticas (MMA, 2013).

A partir das observações de tais mudanças no clima, a comunidade científica iniciou a análise e o fornecimento de projeções sobre o clima e suas mudanças em diferentes cenários, mostrando os desafios tanto locais quanto globais. Um marco importante, após as observações científicas, foi a inserção das mudanças climáticas na agenda política internacional, na década de 1980. Com destaque à criação, em 1988, do IPCC (*Intergovernmental Panel on*

Climate Change). Já a partir de 1995 iniciaram as Conferências das Partes (*Conferences of the Parties - COP*), com o intuito de se realizar reuniões internacionais periódicas com o objetivo de gerar políticas públicas que ajudem diminuir os efeitos dos GEE (CASTRO NETO, 2013).

Em dezembro de 2009, realizou-se a COP 15 em Copenhague, Dinamarca, na qual o Brasil tomou ações importantes de mitigações voluntárias para as emissões de GEE e estabeleceu uma redução entre 36,1% a 38,9% até 2020. Essas metas foram adicionadas à Política Nacional de Mudanças Climáticas (BRASIL, 2011).

Para cumprimento de suas metas foram estabelecidas algumas ações, entre elas, a criação de programa chamado Agricultura de Baixo Carbono (ABC). Este programa tem como objetivo unir a produção de alimentos, madeira e bioenergia, com a diminuição das emissões de GEE (CNA, 2012).

O setor florestal desponta como uma boa alternativa para a mitigação dos GEE, via fixação de carbono pelas árvores. Com isso, destacam-se os reflorestamentos com espécies de rápido crescimento em regiões tropicais como uma das formas de redução, em virtude da alta produtividade dessas florestas (GATTO, 2005). Esta se encaixa como uma das atividades previstas no Programa ABC que é o plantio de florestas, na mitigação de emissões de GEE provenientes do uso da terra. Entre as espécies utilizadas no reflorestamento destaca-se o eucalipto. O eucalipto se tornou uma grande opção para os produtores devido a sua viabilidade econômica, comparando com outras culturas florestais. E pode também ser usado como estratégia para preservação das florestas nativas, atuando no atendimento à demanda de madeira. Seu cultivo possui vantagens devido ao seu rápido crescimento e boa capacidade de adaptação em várias condições edafoclimáticas.

A demanda por madeira de eucalipto vem aumentando ao longo dos últimos anos. Desta forma, há uma maior preocupação em buscar plantios homogêneos, resistentes às doenças e com maior produtividade (MARCOLINO, 2010). Para a obtenção de plantios mais homogêneos o espaçamento é de extrema importância, pois eles afetam a sua formação, os

tratos culturais, a qualidade da madeira, a colheita e, também, a economia do processo produtivo florestal (SIMÕES et al., 1976).

Além do eucalipto ser importante no fornecimento de madeira, também se destaca no sequestro de carbono atmosférico, devido ao seu rápido crescimento e produtividade (ALVES, 2007). Tanto a produção de madeira como o sequestro de carbono vão ser influenciados pelo espaçamento. Entretanto, as avaliações que vêm sendo realizadas focam apenas na produção de madeira e, com isso, já se encontram bem definidos os espaçamentos para este fim. Apesar de, em princípio, poder-se inferir que a produção volumétrica tem relação direta com a estocagem de carbono, sabe-se que outros fatores, como densidade da madeira, alocação de biomassa em outros compartimentos das árvores, como folhas galhos e raízes, podem alterar os resultados. Assim, torna-se necessário avaliar os espaçamentos de plantio que apresentam maior potencial de estocagem de carbono.

2. Objetivos

Objetivou-se estimar o incremento de carbono em diferentes espaçamentos em povoamento de eucalipto localizado em Lamim, na Zona da Mata de Minas Gerais, MG.

Especificamente procurou-se:

- Obter o volume, a biomassa e o carbono total nos diferentes espaçamentos;
- Obter a biomassa e carbono por compartimento das árvores em diferentes espaçamentos de plantio;
- Gerar equações para estimativas de volume e de carbono para diversos compartimentos das árvores;
- Indicar o melhor espaçamento para estocagem de carbono.

3. Revisão na Literatura

3.1. Alterações Climáticas Globais

A mudança do clima é um problema ambiental enfrentado atualmente, sendo considerada uma ameaça à sustentabilidade do meio ambiente, à saúde, ao bem-estar humano e à economia global (CEBDS, 2002; LOPES, 2002).

Os GEE são importantes para o planeta por causa da sua capacidade de reter parte do calor que chega a Terra, mantendo a temperatura em limites adequados. Mas, suas concentrações estão ultrapassando os níveis desejáveis, e com isso desencadeando várias discussões sobre as consequências para o clima do planeta (HASSAN, 2009).

Entre os gases responsáveis pelo efeito estufa se destacam o dióxido de carbono (CO₂), oriundo da queima de combustíveis fósseis, o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), sobretudo proveniente das atividades agropecuárias (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2008).

O “Primeiro Relatório de Avaliação” feito pelo IPCC em 1990, afirmou que as mudanças climáticas representaria uma ameaça à humanidade (IPCC, 2001), pois tinha indícios contundentes que o aquecimento do planeta era atribuído às atividades antrópicas. As consequências das mudanças climáticas são várias, tais como derretimento das calotas polares, secas, inundações extinção de espécies, desertificação de ambientes, com potência de gerar inúmeros problemas de ordem social (RIBEIRO, 2007).

Dentre as atividades que contribuem para o efeito estufa pode-se destacar: a queima de combustíveis fósseis no transporte e na geração de energia elétrica, desmatamento e queimadas florestais, cultivo de arroz inundado, produção de cimento, pecuária, processos industriais, uso de fertilizantes nitrogenados e decomposição de matéria orgânica (HASSAN, 2009).

3.2. Protocolo de Quioto

Diante dos indícios de que o clima da terra tem mudado ao longo do tempo e mais rapidamente nas últimas décadas, em função do aumento das concentrações dos GEE, em junho de 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como “Cúpula da Terra”, realizada no Rio de Janeiro, foi negociada e assinada por 175 países, mais a União Européia, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (CQNUMC), desde então denominada Convenção (BNDS, 1999).

Após aprovação da CQNUMC, as negociações intergovernamentais continuaram por meio das Conferências das Partes (COP's). A COP é o órgão supremo da Convenção, ou seja, a autoridade máxima para tomada de decisões. É formada por todos os países que ratificaram a Convenção e os encontros ocorrem anualmente, a não ser que algum país decida o contrário. De 1995 a 2006 ocorreram doze COP's: COP 1, em Berlim (1995); COP 2, em Genebra (1996); COP 3, em Quioto (1997); COP 4, em Buenos Aires (1998); COP 5, em Bonn (1999); COP 6, em Haia (2000); COP 6, em Bonn (2001); COP 7, em Marraqueche (2001); COP 8, em Nova Deli (2002); COP 9, em Milão (2003); COP 10, em Buenos Aires (2004); COP 11, em Montreal (2005) e COP 12, em Nairobi (2006) (JACOVINE et al., 2013).

Na terceira Conferência das Partes (COP 3), em 1997, na Convenção do Clima ocorrida em Quioto, foi determinado o estabelecimento de compromissos por parte dos países desenvolvidos (Anexo I) de atingir uma redução média de 5,2% das emissões dos GEE, em relação ao ano de 1990, durante o período de 2008-2012 (PAIXÃO, 2004).

Para entrar em vigor, o Protocolo de Quioto foi ratificado, em 16 de fevereiro de 2005, por pelo menos 55 partes da CQNUMC, que contribuem com pelo menos 55% do total de emissões de CO₂ e outros GEE. Até 13 de maio de 2008, o Protocolo de Quioto possuía 84 países ratificados, totalizando 63,7% das emissões de GEE (MCT, 2010). De acordo com Protocolo (1997), foram estabelecidos três mecanismos de flexibilização para o cumprimento dos compromissos da Convenção: Implementação Conjunta ou JI (*Joint Implement*), Comércio de Emissões (*Emissions Trade - ET*) e Mecanismos de Desenvolvimento Limpo - MDL (CDM – *Clear Development Mechanism*). O Protocolo considera ainda mais uma flexibilização, denominada “Bolha”, em que diversos países podem cumprir suas metas conjuntamente, como se houvesse uma grande bolha os envolvendo (PAIXÃO, 2004).

Em 2012, na COP 18, os países criaram uma emenda ao Protocolo de Quioto que estabeleceu seu segundo período de compromisso, tais compromissos abrangeram: i) a extensão do protocolo de Quioto por mais 8 anos até 2020, ii) definir objetivos de um novo protocolo até a COP de 2015. Tais objetivos, mais rigorosos do que os atuais, seriam implementados a partir de 2020 (MELLO-THÉRY et al, 2013).

Trinta e sete países assumiram novas metas de redução, tais metas no total significam uma redução de 18% das emissões dos países desenvolvidos em relação ao ano base de 1990. Rússia, Nova Zelândia, Canadá e Japão decidiram não participar da segunda fase do Protocolo, o que acabou por enfraquecê-lo. Os Estados Unidos também mantiveram sua posição e não integram o acordo (GAMBA, 2013).

3.3. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

O MDL permite que países desenvolvidos invistam nos países em desenvolvimento por meio de projetos de redução de emissões e assim recebam créditos pela redução das emissões. Os países desenvolvidos poderão usar esses créditos nas metas fixadas para 2008-2012. Como os países em desenvolvimento possuem oportunidades de redução de emissões

mais baratas, isso faz com que os países desenvolvidos aumentem sua eficiência econômica para chegarem as metas iniciais (PAIXÃO, 2004).

Durante a Sétima Conferência das Partes (COP 7), em Marraqueche, no ano de 2001, a decisão tomada foi a de que projetos de florestamento e de reflorestamento fossem elegíveis no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL durante o primeiro período de compromisso (2008-2012) (MMA, 2002).

Na COP 9 (Nona Conferência das Partes), definiu-se que os projetos de florestamento e reflorestamento devem ser guiados pelos princípios referidos na seção de *Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Florestas* (LULUCF) e que as modalidades devem ser desenvolvidas pelo Órgão Subsidiário de Assessoramento Técnico e Científico (MCT, 2004).

3.4. Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono)

O Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC) foi criado em 2010, é uma política do governo federal de fomento as atividades agropecuárias de alto impacto positivo na sustentabilidade. O programa é um dos planos setoriais elaborados de acordo com o artigo 3º do Decente nº 7.390/2010 (NOGUEIRA, 2013).

É composto por sete programas, seis deles referentes às tecnologias de mitigação e um com ações de adaptação às mudanças climáticas: 1). Recuperação de pastagens degradadas; 2). Integração lavoura-pecuária (iLPF) e sistemas agroflorestais (SAF's); 3). Sistema plantio direto (SPD); 4). Fixação biológica de nitrogênio (FBN); 5). Florestas plantadas; 6). Tratamento de dejetos de animais e 7). Adaptação às mudanças climáticas (NOGUEIRA, 2013).

Esses programas podem ser uma oportunidade do Brasil elevar sua produtividade, reduzindo as emissões de GEE associados. Cada produtor tem um limite de crédito de R\$1,00 milhão, com taxa de juros de 5,5% ao ano e prazo de pagamento de até 15 anos (IPAM, 2012).

O objetivo geral deste programa é garantir o aperfeiçoamento contínuo e sustentado das práticas de manejo que reduzam a emissão dos GEE.

Adicionalmente, que aumentem a fixação atmosférica de CO₂ na vegetação e no solo dos setores da agricultura brasileira. Destacam-se também:

- Contribuir para a consecução das metas assumidas voluntariamente pelo governo brasileiro no âmbito dos acordos internacionais;
- Promover esforços para se obter o desmatamento ilegal zero de florestas nos Biomas Amazônia e Cerrado, nos próximos anos;
- Incentivar arranjos produtivos favoráveis que assegurem a redução de emissões de GEE, enquanto elevem simultaneamente a renda dos produtores, sobretudo com a expansão das seguintes práticas: recuperação de pastagens degradadas; iLPF; SPD; substituição de fertilizantes nitrogenados pela fixação biológica do nitrogênio (FBN); plantio de florestas econômicas, entre outros;
- Incentivar os estudos de adaptação de plantas no Brasil aos novos cenários de aquecimento;
- Incentivar o uso de tecnologias para geração de energia e compostagem a partir do tratamento dos dejetos da suinocultura e bovinocultura, principalmente de leite, pelo seu caráter de semi-confinamento;
- O plantio de espécies florestais de rápido crescimento (eucalipto, pinus e acácia-negra, entre outras) proporciona renda, abastece um amplo mercado consumidor e reduz o carbono do ar por causa da fotossíntese (CORDEIRO, 2011).

3.5. Acúmulo de biomassa e carbono pelas florestas

De acordo com Odum (1986), a biomassa pode ser definida como a massa orgânica produzida por unidade de área, podendo ser expressa em termos de peso seco, peso úmido e peso em carbono. Sua medição pode ser útil na avaliação de ecossistemas, por causa da aplicação na análise da produtividade, conversão de energia, ciclagem de nutrientes, absorção e armazenagem de energia solar, entre outros (CAMPOS, 1991; CARBONERA PEREIRA et al., 1997).

As florestas acumulam biomassa por meio da fotossíntese, na elaboração de fotoassimilados. A variação decorrente de fatores ambientais e

de fatores inerentes à própria planta, fazem com que o acúmulo seja diferente em cada local onde ela é medida. O acúmulo de biomassa é influenciado por todos aqueles fatores que afetam a fotossíntese e a respiração, como, por exemplo, luz, temperatura, concentração de CO₂ do ar, umidade e fertilidade do solo, fungicidas, inseticidas e doenças, além de fatores internos, que incluem a idade das folhas, a sua estrutura e disposição, a distribuição e o comportamento dos estômatos, o teor de clorofila e a acumulação de hidratos de carbono (CARBONERA PEREIRA et al. 1997).

Durante a fase inicial do desenvolvimento de uma floresta, uma grande parte de carboidratos é canalizada para a produção de biomassa da copa. Posteriormente, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa de tronco aumenta e a de folhas e ramos diminui, gradativamente (CALDEIRA et al., 2000).

Uma floresta jovem, que esteja crescendo de forma acelerada, sequestra maiores volumes de carbono quando comparada à floresta madura. Já a floresta madura atua como um reservatório, estocando carbono, mesmo que não esteja passando por um crescimento líquido. Assim, uma floresta jovem estoca menos carbono quando comparada a uma floresta madura, mas sequestra mais carbono da atmosfera ao longo do tempo. Já uma floresta madura, apesar de não capturar “novo carbono”, continua a estocar grandes volumes de carbono em sua biomassa ao longo do tempo (JACOVINE et al., 2013).

3.6. Biomassa na parte aérea

A biomassa aérea é constituída pelo fuste, galhos e folhas, geralmente, sendo o fuste o compartimento que possui mais da metade da biomassa total. Em relação à produção de biomassa de plantios de eucalipto, o fechamento do dossel tende a diminuir a produção de biomassa. Conforme Leite et al. (1997) a produção de biomassa é afetada pela densidade e idade do povoamento. Segundo Brandstock (1981), a taxa de crescimento e produção de biomassa também são influenciadas pela capacidade produtiva do sítio, além dos tratos

silviculturais usados, que pode vir a interferir no crescimento e alocação de carbono (C) nos compartimentos das árvores.

No relatório do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT (2001), o total de C nos componentes de uma árvore de eucalipto, em média, tem distribuição: tronco = 65%, copa = 13% e raízes 22%. O tronco apresenta mais da metade da biomassa de uma floresta de eucalipto. Com isso, se for desprezado as raízes e a copa para fazer o cálculo de C em plantios de eucalipto, subestimar-se o real valor de C estocado. Mas, por causa da dificuldade de obter e aferir o estoque de carbono nas raízes e na copa, muitas vezes estes são excluídos na predição do estoque total de C. Em decorrência das dificuldades para se medir e do fator tempo, além dos recursos destinados para a obtenção da biomassa de galhos e folhas, estes compartimentos podem ser estimados como uma proporção da biomassa do tronco (GATTO, 2005).

3.7. Potencial das plantações de eucalipto na fixação de carbono

As florestas nativas em estágio clímax são tidas como reservatório de C, já que fixam e emitem C por meio da decomposição da manta orgânica, raízes mortas e também por sua respiração. As fases de drenos ou sumidouros são consideradas as fases de crescimento onde há uma maior fixação de C do que emissão (SCARPINELLA, 2002). Isso mostra o porquê das plantações florestais de rápido crescimento serem mais eficientes do que as florestas nativas em relação à fixação de C atmosférico, já que, por causa das condições do clima, possuem uma produção contínua de matéria seca.

Os plantios florestais de espécies de rápido crescimento, melhoradas geneticamente, como por exemplo, o eucalipto, quando bem estabelecidas, tem uma grande capacidade de fixação de C, que pode variar entre 100 a 400 t/ha de CO₂ durante a fase de crescimento (ECOAR, 2003).

3.8. Espaçamentos de plantio do eucalipto

A escolha do espaçamento a ser utilizado na implantação de plantios florestais tem uma grande importância no planejamento, isso porque o

espaçamento vai influenciar a taxa de crescimento das árvores, a qualidade da madeira, a idade de corte, as práticas de implementação, de manejo e de exploração e, conseqüentemente, os custos de todo o processo (MORAIS, 2006).

O número de árvores a serem plantadas vai depender de muitos fatores, dentre eles o produto final desejado, a possibilidade e a intensidade de tratamentos silviculturais e a expectativa inicial de sobrevivência e distribuição espacial das mudas. Deve ser considerado os efeitos do espaçamento inicial em relação às variáveis biológicas (por exemplo, altura, diâmetro, qualidade da madeira, área basal e volume) e operacionais (por exemplo, preparo do solo, tratos silviculturais, desbastes e colheita (SMITH & STRUB, 1991).

O uso final da madeira deve ser considerado quando for fazer uma recomendação de qual espaçamento a ser usado, além disso, a qualidade do sítio, as características da espécie, os objetivos de plantio e as condições de mercado, junto com os tratos silviculturais e os equipamentos disponíveis, os métodos de colheita e outros produtos (BOTELHO, 1998).

Segundo Botelho (1998) experimentos evidenciaram uma tendência de aumento de crescimento em altura à medida que se reduz o espaçamento, ou seja, em espaçamentos mais densos. Patiño-Valera (1986) comenta que isso ocorre devido a competição entre as plantas em busca de luz é muito mais intensa em espaçamentos menores, estimulando assim o crescimento em altura.

O espaçamento inicial tem um impacto muito maior no diâmetro do que na altura. Plantios com espaçamentos menos densos produzem árvores com DAP maior, mas com altura similar à das árvores com espaçamentos reduzidos (SMITH & STRUB, 1991).

Ter um estoque alto no início faz com que se produza o máximo de madeira em um período curto, resultando em madeiras de pequenas dimensões. Já as madeiras de maiores dimensões são obtidas em espaçamentos mais amplos ou por meio de desbastes no povoamento (BOTELHO, 1998).

Assim, o produto final desejado é o fator que determina a escolha do espaçamento do plantio (SMITH & STRUB, 1991).

4. Material e Métodos

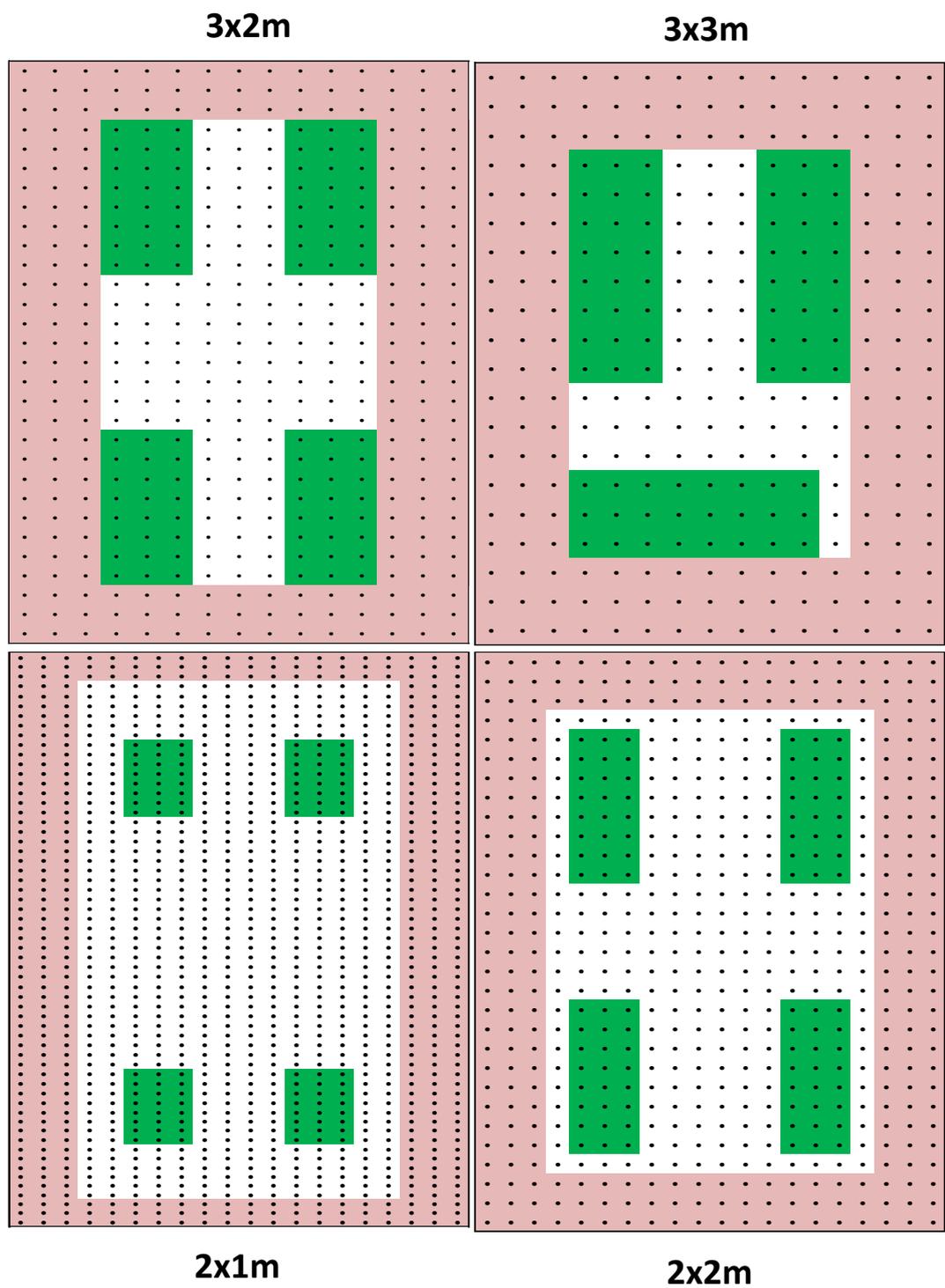
4.1. Local de estudo e caracterização da área

O estudo foi conduzido em um plantio com o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, numa área total de 1 hectare, implantados em dezembro de 2011, no município de Lamim, na Zona da Mata de Minas Gerais (20° 47' S, 43° 28' W).

A área foi dividida em 4 blocos de 2.520 m² e, em cada um deles, o plantio foi realizado utilizando-se os espaçamentos 2 x 1 m, 2 x 2 m, 3 x 2 m e 3 x 3 m. Nos blocos foram lançadas quatro parcelas nos espaçamentos mais adensados e três no espaçamento mais amplo (3 x 3 m), em função da restrição da área do bloco e da necessidade de deixar uma borda entre as mesmas (Tabela 1 e Figura 1). A área das parcelas variaram em função do espaçamento e do número fixo de árvores, que foi de 24.

Tabela 1. Área dos blocos, número de mudas e área da parcela, em cada um dos espaçamentos

| Espaçamento (m) | Área do bloco (m ²) | Número de Plantas | Área da Parcela (m ²) |
|-----------------|---------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 2x1 | 2.520 | 1200 | 48 |
| 2x2 | 2.520 | 600 | 96 |
| 3x2 | 2.520 | 450 | 144 |
| 3x3 | 2.520 | 300 | 216 |



BORDA
 PARCELA
 ● INDIVÍDUO

Figura 1. Croqui representativo da área de estudo.

A proposta do plantio foi implantar uma unidade demonstrativa para capacitação de produtores em relação ao manejo da eucaliptocultura para produção de carvão e à influência do espaçamento de plantio na produção de madeira. A produção de carvão vegetal é uma atividade em expansão na região. Esta atividade tem importância destacada em relação ao tema das mudanças climáticas, dado o seu potencial de estocagem de carbono e de substituição ao carvão mineral. Assim, aproveitou-se a área para avaliar, também, a estocagem de carbono nos diferentes espaçamentos.

A adubação de plantio e de cobertura foi realizada conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Adubação de plantio e cobertura realizada na área do estudo

| Tipo de adubação | g/cova | Forma de Aplicação |
|--------------------------------|---------------|---|
| Fosfato natural reativo | 200 | No fundo da cova |
| Superfosfato simples | 150 | Covetas laterais 10 dias após o plantio |
| NPK (20-00-20), 0,5% de B e Zn | 150 | 40 a 60 dias após o plantio |
| Cloreto de potássio + 1% B | 150 | Duas estações chuvosas após o plantio |

4.2. Inventário da área, geração das equações, determinação de volume e biomassa

Para realizar o inventário da área foi utilizada uma fita métrica para medir os CAP's de todas as árvores e uma vara altimétrica para mensurar as alturas das dez primeiras árvores de cada parcela.

Após o inventário florestal foram abatidas árvores-amostra para gerar equações de volume com casca, além do carbono total e por compartimento (folhas, galhos e fuste). Não foram abatidas árvores da borda de cada tratamento e de dentro das parcelas. As árvores abatidas estavam na região branca da Figura 1. Isto foi feito porque as árvores do interior da parcela servirão para monitoramento do crescimento até a idade de corte e, a retirada de algumas delas, alteraria o espaçamento.

Quatro árvores foram amostradas nos espaçamentos menos adensados e três no espaçamento mais adensado (3 x 3 m), em função da restrição do número de árvores disponíveis na borda do bloco. Para determinação do

volume do tronco com casca, para cada árvore, foi realizado o abate e mensurada a altura total e a altura comercial, em metros. Para isto, utilizou-se a distância entre a base e o topo da árvore para obter a altura total e medida a distância da base até 9,4 cm de CAP do fuste.

Os diâmetros com casca e as espessuras das cascas foram medidos nas alturas 0,30 m, 0,70 m, 1,30 m e partir desta altura, a cada 2 m, até a altura comercial. Após esses procedimentos determinou-se o volume pela aplicação sucessiva da fórmula de Smalian:

$$V = \left(\frac{AS_1 + AS_2}{2} \right) * L \quad \text{[Equação 1]}$$

Em que:

AS_1 e AS_2 = áreas seccionais com casca, obtidas nas extremidades de cada seção, em m²;

L = comprimento da seção, em m;

V = volume com casca da seção, em m³.

A área das seções (AS_1 e AS_2) foram calculadas de acordo com a equação 2:

$$\text{Área da seção: } AS = \frac{(\pi * D^2)}{40000} \quad \text{[Equação 2]}$$

Em que:

AS = área da seção, em m²;

D = diâmetro da seção, em cm;

π = PI (3,141592).

A partir dos dados da cubagem rigorosa, ajustaram-se equações de acordo com o modelo de Schumacher e Hall (1933) para obtenção do volume com casca. A escolha deste modelo ocorreu por ser um dos mais usados para gerar equações para estimativas destes componentes, conforme a seguir.

$$\ln V = \beta_0 + \beta_1 * \ln DAP + \beta_2 * \ln Ht + \varepsilon \quad \text{[Equação 3]}$$

Em que:

V = volume com casca, em m³;

DAP = diâmetro à altura de 1,30 metros, em cm;

Ht = altura total, em metros;

β_0 , β_1 e β_2 = parâmetros do modelo;

ε = erro aleatório.

Foi utilizado o método direto ou destrutivo para a determinação da biomassa:

$$Ms(c) = \frac{Mu(c)*Ms(a)}{Mu(a)} \quad \text{[Equação 4]}$$

Em que:

Ms(c) = massa de matéria seca total, em kg;

Ms(a) = massa de matéria seca das amostras, em kg;

Ms(a) = massa de matéria úmida das amostras, em kg;

Mu(c) = massa de matéria úmida total, em kg.

Todos os compartimentos das árvores (fuste, galhos e folhas) foram pesados e retiradas amostras. Para os galhos e folhas retirou-se uma amostra de cada, para cada árvore; já no fuste, seis amostras foram retiradas, correspondendo a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial da árvore, além do CAP (1,30 metros do solo). Foram retirados todos os galhos destas árvores e, posteriormente, desfolhados. Pesou-se todos os galhos e folhas de cada árvore abatida e retirou-se amostras. Essas amostras foram pesadas no campo e levadas para secagem em estufa com circulação forçada, até estabilização da massa. Para as amostras de galhos e folhas a estufa foi utilizada a uma temperatura de 65° C. Para as amostras em disco obtidas do fuste foi utilizada a temperatura de 103° C.

Para o carbono total e para o carbono dos compartimentos (fuste, galhos e folhas) também se ajustou equações utilizando o modelo de Schumacher-Hall (1933).

Para estimar o carbono presente na biomassa foi multiplicado os valores de biomassa pelo fator 0,47, que é a recomendação do IPCC (2006), para espécies arbóreas.

Posteriormente com os dados do inventário e a partir das equações geradas para volume e carbono foi calculado o volume com casca, além do carbono total e de cada compartimento das árvores (folhas, galhos e fuste) para cada espaçamento.

4.3. Determinação da biomassa da serapilheira

A biomassa da serapilheira foi obtida por meio do método direto ou destrutivo, igual descrito acima para a biomassa total e dos compartimentos da árvore.

Foram lançadas parcelas de 0,25 m² próximo das árvores abatidas, posicionadas sempre no mesmo sentido das linhas de plantio. O número de parcela foi proporcional ao número de árvores derrubadas em cada espaçamento. As parcelas foram delimitadas com ajuda de um gabarito e todo o sub-bosque (arbustos que foram cortados com a tesoura de poda) mais a serapilheira (material morto) foram coletados. O material foi acondicionado em sacos de papel e pesados no campo, com o auxílio de uma balança de precisão. Posteriormente, retirou-se e pesou-se amostras de cada parcela, que foram acondicionadas em sacolas de papel e conduzidas para secagem em estufa à 65⁰ C, e o carbono presente na biomassa foi multiplicado os valores de biomassa pelo fator 0,47.

5. Resultados e Discussão

A altura total e a média dos DAP das árvores de todos os espaçamentos foram de 5,95 m e 4,48 cm (Tabela 3). Em relação aos espaçamentos é esperado que naqueles mais adensados as árvores tivessem alturas maiores e diâmetros menores, em função de uma maior competição por luz. E este comportamento não ficou tão bem evidenciado quando se compara todos os espaçamentos. A explicação para isto pode estar relacionada à idade jovem do povoamento, onde ainda não há fechamento de dossel e competição ainda não está a nível de afetar o crescimento das plantas. Entretanto, de qualquer forma no espaçamento 2 x 1 m as árvores apresentaram alturas superiores aos demais.

Tabela 3. Altura e média dos DAP das árvores em cada espaçamento

| Espaçamento (m) | Altura Média (m) | Média dos DAP (cm) |
|------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 2x1 | 7,13 | 4,45 |
| 2x2 | 5,38 | 4,09 |
| 3x2 | 6,08 | 4,85 |
| 3x3 | 5,22 | 4,51 |
| Média | 5,95 | 4,48 |

Bernardo (1995) aborda sobre esta questão afirmando que, apesar da maior altura nos espaçamentos menores, acontece uma diminuição da altura média com ao longo do tempo, por causa do aumento do maior número de árvores dominadas. Ele ainda diz que em relação às árvores jovens existe uma controvérsia quanto aos reflexos das alturas das árvores com os

espaçamentos, ocorrendo casos em que acontece um comportamento inverso. Pode-se induzir ainda que, em espaçamentos menos densos a maior altura se deve ao menor efeito da competição por água, luz e nutrientes.

De acordo com a Tabela 3, pode-se observar que os espaçamentos maiores possuem árvores com diâmetro maiores, com exceção do 2 X 2 m. Bernardo (1995) diz que, de modo geral, o crescimento em diâmetro é uma característica que está relacionada ao espaçamento. Reiner et al. (2011) mencionam que em plantios mais amplos a disponibilidade de recursos de crescimento tendem ser mais elevados, e, conseqüentemente, refletindo em maior crescimento.

A partir dos dados coletados foram geradas equações seguindo o modelo Schumacher & Hall (1933). Este modelo foi o escolhido por ser um dos mais utilizados. Na Tabela 4 são apresentados os valores das estimativas dos parâmetros e medidas de precisão para as equações geradas.

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão para as equações geradas

| Equações de: | β_0 | β_1 | β_2 | R² (ajustado) | Erro-padrão |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Vcc | -0,0188 | 0,0012 | 0,0036 | 96,02% | 0,10% |
| Carb. Folhas | -2,5776 | 2,2265 | -0,6562 ^{ns} | 62,48% | 24,39% |
| Carb. Galhos | 2,7192 | 1,7627 | -0,2076 | 79,73% | 14,87% |
| Carb. Fuste | -4,7166 | 2,9230 | 0,0458 | 90,78% | 17,72% |
| Carbono Total | -2,4063 | 2,3440 | -0,2001 | 91,52% | 12,42% |

^{ns} – Não significativo a 95% de probabilidade

Pode-se constatar que o modelo proposto para estimar a quantidade de carbono nos galhos e nas folhas expressou um baixo grau de ajuste. Para os outros componentes os ajustes já foram melhores. A variável DAP foi significativa a 95% de probabilidade em todas as equações ajustadas, entretanto, a variável Ht (altura total) não foi significativa a 95% de probabilidade para a equação ajustada para as folhas.

Em relação ao carbono das folhas, o fato da variável altura ter dado não significativa a 95 % de probabilidade representa que ela não expressa de forma precisa o comportamento da variável carbono, o que pode-se entender que

outras variáveis como diâmetro de copa podem ter maior influência no resultado.

A altura muitas vezes não expressa a biomassa das folhas, sendo que outras variáveis como a cobertura de copa expressam melhor esta variável. Deve-se a baixa precisão do modelo ao fato do espaçamento influenciar diretamente a formação de copa, como observado nos próprios resultados.

Como a floresta ainda é jovem é preciso continuar monitorando o seu crescimento, de forma a verificar o comportamento da estocagem de carbono ao longo do tempo, até a idade de corte.

Também foram gerados gráficos de dispersão referentes às equações da Tabela 4 (Figuras de 2 a 6).

Volume com casca

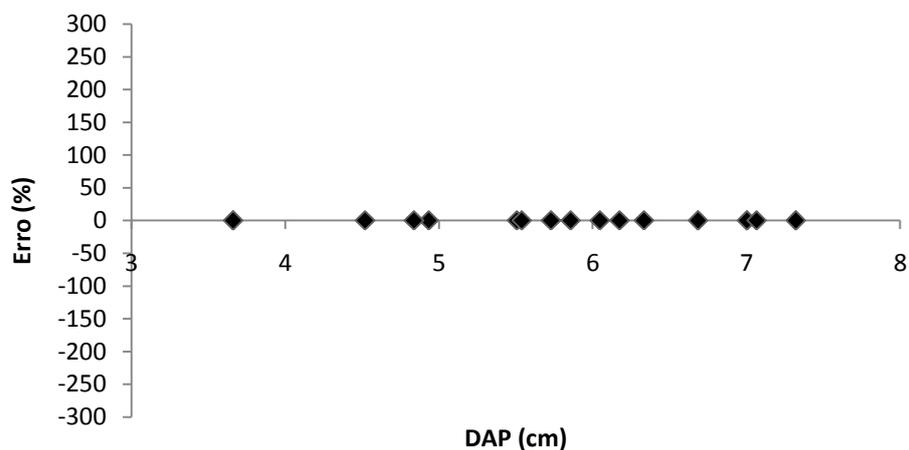


Figura 2. Gráfico de dispersão para volume com casca.

Carbono Folhas

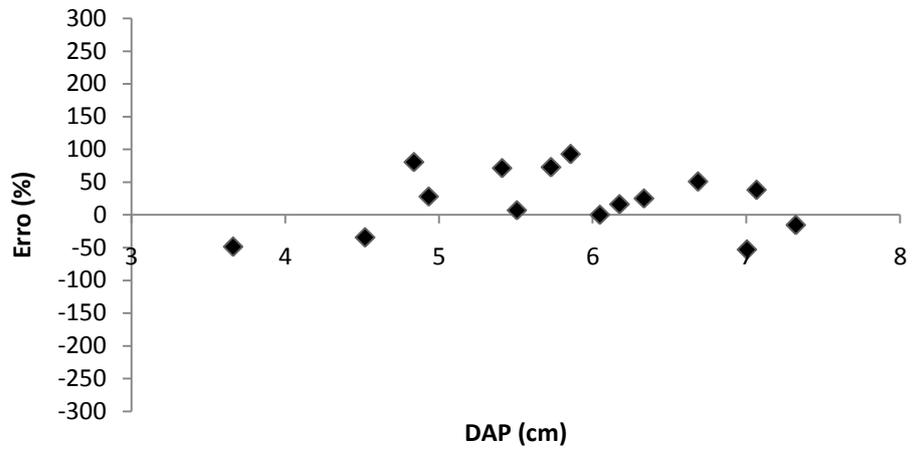


Figura 3. Gráfico de dispersão para carbono das folhas.

Carbono Galhos

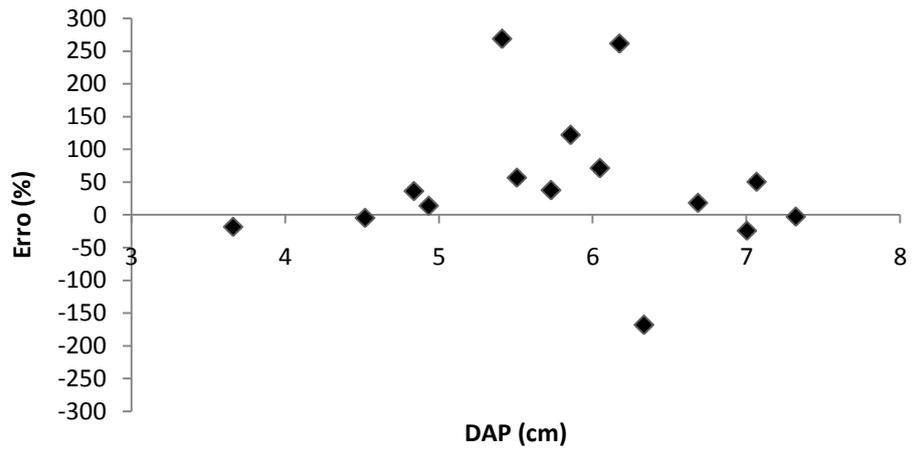


Figura 4. Gráfico de dispersão para carbono dos galhos.

Carbono Fuste

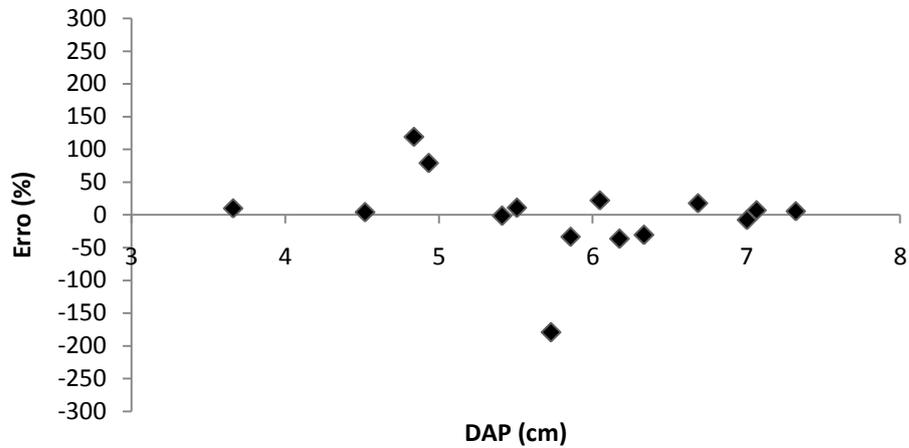


Figura 5. Gráfico de dispersão para carbono do fuste.

Carbono Total

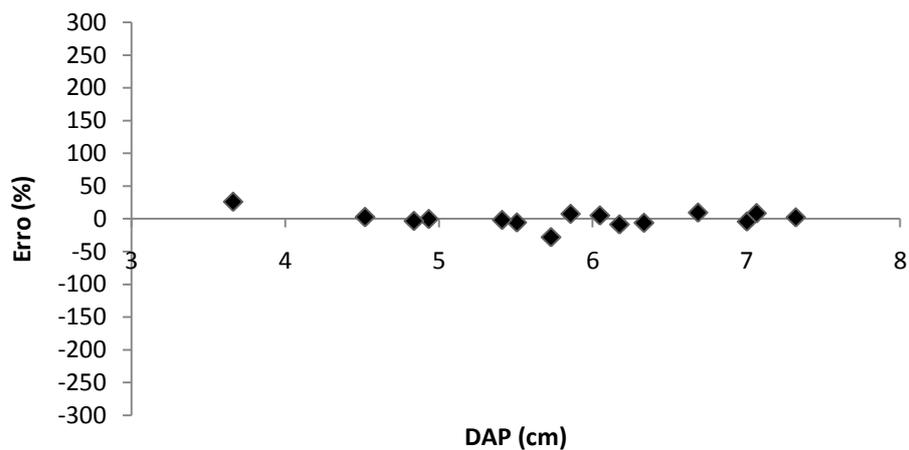


Figura 6. Gráfico de dispersão para carbono total.

Analisando os gráficos de resíduos apresentados acima, observa-se que ocorre uma distribuição dos resíduos mais próximos de zero para o volume com casca e para o carbono total, definindo um comportamento preciso e homogêneo. Para os outros componentes (fuste, folhas e galhos) ocorre uma tendência de menor precisão, haja vista a amplitude dos resíduos.

Na Tabela 5 são apresentados os valores de biomassa e carbono médio por árvore. Verifica-se que os valores são maiores no espaçamento 3 x 2 m e menores no espaçamento 2 x 2 m, mostrando que, por árvore, os

espaçamentos maiores possuem uma maior biomassa. No entanto, como no espaçamento mais adensado tem-se maior número de árvores, isso faz com que este tenha maior quantidade de biomassa e carbono em idades mais jovens, que é o caso do povoamento estudado. Isto é evidenciado, posteriormente, na Tabela 6.

Tabela 5. Biomassa e carbono total médio por árvore em cada espaçamento

| Espaçamento (m) | Biomassa Média (kg/árvore) | Carbono Médio (kg/árvore) |
|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 2x1 | 4,473 | 2,102 |
| 2x2 | 3,864 | 1,816 |
| 3x2 | 5,596 | 2,630 |
| 3x3 | 4,856 | 2,208 |

Nas Tabelas 6 e 7 são apresentados os valores de estoque de biomassa e carbono por compartimento e total para cada um dos espaçamentos.

Tabela 6. Biomassa para cada compartimento no seu respectivo espaçamento, em t/ha

| Espaçamento (m) | Folha (t/ha) | Galho (t/ha) | Fuste (t/ha) | Total (t/ha) |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 2x1 | 6,392 | 6,604 | 8,887 | 22,366 |
| 2x2 | 3,111 | 2,985 | 3,479 | 9,660 |
| 3x2 | 2,843 | 2,638 | 3,719 | 9,327 |
| 3x3 | 1,779 | 1,595 | 1,989 | 5,395 |

Tabela 7. Estoque de carbono por compartimento em cada um dos espaçamentos estudados, t/ha

| Compartimento | Espaçamento | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| | 2x1 | | 2x2 | | 3x2 | | 3x3 | |
| | t/ha | % | t/ha | % | t/ha | % | t/ha | % |
| Folha | 3,004 | 29,2 | 1,462 | 32,5 | 1,336 | 30,9 | 0,836 | 33,2 |
| Galho | 3,104 | 30,2 | 1,403 | 31,2 | 1,240 | 28,7 | 0,750 | 29,7 |
| Fuste | 4,177 | 40,6 | 1,635 | 36,3 | 1,748 | 40,4 | 0,935 | 37,1 |
| Total | 10,285 | 100,0 | 4,500 | 100,0 | 4,324 | 100,0 | 2,521 | 100,0 |

Verifica-se que a produção de biomassa e, conseqüentemente, de carbono é maior em plantios mais densos. Conforme discutido anteriormente, isto se deve ao maior número de árvores nesses espaçamentos.

Apesar do maior estoque de carbono ter sido verificado no espaçamento 2 x 1 m, espera-se que ao longo do tempo o mesmo venha a ter um menor

desenvolvimento, devido a maior competição entre os indivíduos. Com isso, os outros espaçamentos podem apresentar maior quantidade de biomassa e carbono por hectare.

Em relação à biomassa por compartimento verificou-se que no espaçamento 2 x 1 m, com idade de 18 meses, tem-se o resultado de 6,392 t/ha de folhas, 6,604 t/ha de galhos e 8,887 t/ha no fuste, o que representa 29,2%, 30,2% e 40,6%, respectivamente. Estes dados não são próximos ao que foi encontrado por Schumacher (2011) em Vera Cruz, RS, com *Eucalyptus spp.*. Este autor usou o espaçamento 1,5 x 1,5 m com uma idade de 24 meses e chegou ao resultado de 2,70 t/ha de biomassa de folhas, 5,97 t/ha de biomassa de galhos e 14,66 t/ha de biomassa do fuste com casca, representando 11,57% de folhas, 25,59% de galhos e 62,84% de fuste em relação ao total. Com isso, pode-se observar que mesmo as áreas das árvores sendo parecidas (espaçamento 1,5 x 1,5 m igual a 2,25 m² e 2 x 1 m igual a 2,00 m²), houve diferentes valores em todos os compartimentos das árvores. Em relação ao total nos dois estudos foram encontrados valores parecidos, 22,366 t/ha e Schumacher (2011) encontrou 23,33 t/ha de biomassa.

Analisando a Tabela 7 verifica-se que o fuste representa, em média, 38,6% do carbono das árvores. No estudo realizado no Vale do Paraíba, SP, utilizando *Eucalyptus spp.*, com o espaçamento 3 x 2 m, por Gatto (2005), observou que o fuste, componente de maior interesse comercial, tem sua proporção aumentando de acordo com a idade, quanto maior a idade maior a proporção do componente fuste. Os resultados que Gatto (2005) chegou com 24 meses foi de 76,76% de fuste, 14,24% de galhos e 9,00% de folhas, com 36 meses os valores de foram 86,81% fuste, 9,04% galhos e 4,15% de folhas.

Verifica-se que o percentual de carbono nos fuste apresenta taxas maiores em povoamentos mais velhos. O contrário acontece com as folhas e os galhos, que apresentam percentuais menores em idades mais avançadas. Assim podemos inferir que durante a fase inicial do desenvolvimento de uma floresta, uma grande parte de carboidratos é canalizada para a produção de biomassa na copa. Posteriormente, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa de tronco aumenta e a de folhas e ramos diminui,

gradativamente (CALDEIRA et al. 2000). E que plantas mais jovens precisam de mais folhas para realizar a fotossíntese e assim ajudar no seu crescimento.

No relatório do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT (2001), o total de C nos componentes de uma árvore de eucalipto, em média, são assim considerados: tronco - 65%, copa - 13% e raízes 22%.

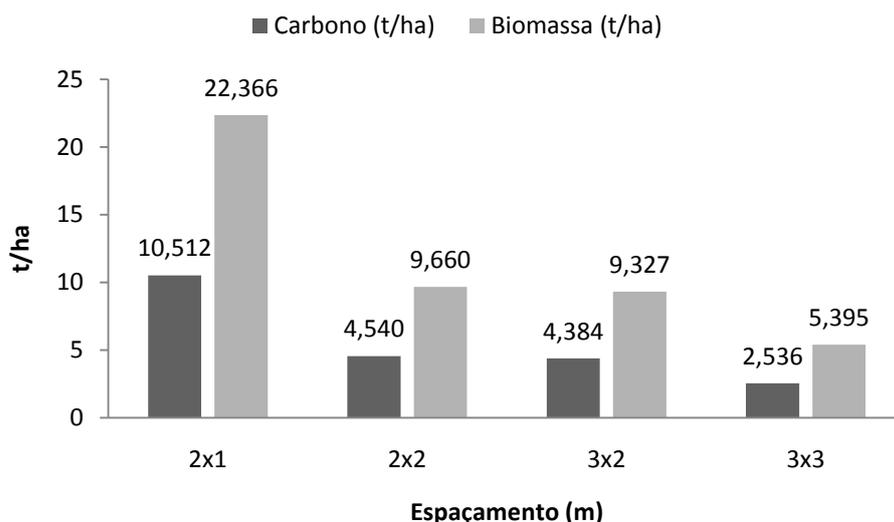


Figura 7. Gráfico de total de biomassa e carbono para cada espaçamento, em t/ha

Em relação à serapilheira na Tabela 8 são apresentados os resultados obtidos.

Tabela 8. Biomassa e carbono de serapilheira num plantio com híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em cada espaçamento, t/ha

| Espaçamento (m) | Biomassa (t/ha) | Carbono (t/ha) |
|-----------------|-----------------|----------------|
| 2x1 | 1,45 | 0,68 |
| 2x2 | 4,25 | 2,00 |
| 3x2 | 2,10 | 0,99 |
| 3x3 | 0,80 | 0,38 |

Comparando com os estudos Schumacher (2011) que foi feito em um espaçamento 1,5 x 1,5 m usando *Eucalyptus spp.*, obteve um resultado de 4,05 t/ha de biomassa, pode-se perceber que os plantios 2 x 1, 3 x 2 e 3 x 3 m tiveram valores abaixo e o 2 x 2 m um valor acima.

É necessário monitoramento e acompanhamento da taxa de deposição serapilheira, pois esta taxa sofre interferência das estações do ano e do clima.

A maior deposição de serapilheira se dá nos meses de primavera/verão, pois está associada às altas precipitações (Schumacher, 2004).

Balbinot et al. (2003) dizem que, no início do estabelecimento de florestas nativas e plantios florestais, a produção de serapilheira é baixa, posteriormente vai aumentando com a idade e assim pode ocorrer redução no seu estado clímax.

Em relação aos resultados encontrados, como houve variação entre eles, e a coleta de dados foi realizada em apenas uma estação do ano, é necessário continuar realizando coletas ao longo dos anos, para verificar a sua influência no estoque de biomassa.

6. Conclusões

Os resultados do trabalho realizado em plantações de eucalipto em diferentes espaçamentos com idade de 18 meses permitem concluir o seguinte:

- Não há diferença dos valores de altura e DAP entre os espaçamentos.
- O estoque de carbono é maior no espaçamento mais reduzido (2 x 1 m), correspondendo a 10,512 t/ha.
- Nos espaçamentos mais amplos (3 x 2 m e 3 x 3 m) há maior biomassa e carbono por árvore que nos espaçamentos mais densos, entretanto, em função do número de árvores, há um menor estoque por área.
- O carbono presente no fuste é maior que os outros compartimentos (38,6%), entretanto o seu percentual é menor quando comparado a outros estudos com idades mais avançadas.
- Em relação à serapilheira, obteve-se um estoque médio de carbono de 1,01 t/ha, mas não houve diferença entre os espaçamentos.
- As equações alométricas apresentaram um ajuste adequado, apesar da baixa unidade amostral. Como a floresta ainda é jovem é preciso continuar monitorando o seu crescimento, de forma a verificar o comportamento da estocagem de carbono ao longo do tempo, até a idade de corte.

7. Referências Bibliográficas

ALVES, A. M. C. **Quantificação de produção de biomassa e do teor de carbono fixado por clones de eucalipto, no Pólo Gesseiro do Araripe – PE.** Recife, 63p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

BALBINOT R., SCHUMACHER M.V., WATZLAWICK L.F. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Exatas e Naturais**, 2003; 5:59-68.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. **Efeito estufa e a conservação sobre mudança do clima.** Área de Planejamento Assessoria Especial de Meio Ambiente. Ministério da Ciência e Tecnologia. 1999.

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

BERNARDO, A. L. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus spp.* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais.** Viçosa, 192p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
BOTELHO, S. A. Espaçamento. In: Scolforo, J. R. S. **Manejo Florestal.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. P.381-405.

BRADSROCK, R. Biomass in age series of *Eucalyptus grandis* plantations. **Aust. Forest Res.**, v.11, p.111-127, 1981.

BRASIL. **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – Versão Preliminar.** 75p., 2011.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N.; CARBONERA PEREIRA, J.; SANTOS, E. D. Produção de biomassa em uma procedência australiana de *Acácia mearnsii* De Wild. plantada no sul do Brasil. **Revista Árvore**, v.24, n.2, p.201-206, 2000.

CAMPOS, M. A. A. **Balanco de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*, avaliação na safra e na safrinha.** Curitiba, 106p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, 1991.

CARBONERA PEREIRA, J.; SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, M.; CALDEIRA, M. V. W.; SANTOS, E. M. Produção de biomassa em um povoamento de *Acácia mearnsii* De Wild. no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v.21, n.4, p.521-526, 1997.

CASTRO NETO, F. **Balanco de carbono em uma propriedade com diferentes sistemas agroflorestais localizada na zona da mata de Minas Gerais.** Viçosa, 55p. Trabalho Final de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Viçosa, 2013.

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Roteiro básico para a elaboração de um projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL.** Rio de Janeiro, 2002. 52 p.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Manual de Capacitação sobre Mudança do Clima e Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)** - Brasília, DF: 2008.

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Guia de financiamento para agricultura de baixo carbono / Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil.** – Brasília, DF: CNA, 2012. 44p.

CORDEIRO, L. A. M., GALERANI, P. R., DOSSA, D., AMARAL, D. D. Plano Nacional para consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono. **Revista Plantio Direto.** Passo Fundo, RS. edição 121. 2011.

ECOAR – Instituto Ecoar para cidadania. **Efeito Estufa.** São Paulo, 2003. 5p.

GATTO, A. **Estoques de carbono no solo e na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas Gerais.** Viçosa, 73p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.

GAMBA, C., RIBEIRO, W. C.. A encruzilhada brasileira na ordem ambiental internacional das mudanças climáticas. **Estud. Av.**, São Paulo, SP, v. 27, n. 78, 2013.

HASSAN, A. **Reservas Legais e Projetos de Neutralização de Emissões de Carbono: Uma Estratégia para auxiliar a Implementação de Áreas Protegidas na Mata Atlântica.** Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. **O Programa “Agricultura de Baixo Carbono” do Brasil: barreiras para sua implementação.** 2012.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2001: the scientific basis.** Disponível em: <www.ipcc.ch/pub/un/ipccwg1s.pdf>. Acesso em: 03/09/2013.

JACOVINE, L. A. G.; SOARES C. P. B; RIBEIRO, S. C.; TORRES, C. M. M. E.; TOLEDO, D. P. **Estocagem e geração de créditos de carbono.** in: Eucaliptocultura no Brasil - Silvicultura, Manejo e Ambiente. Editores: VALE, A. B.; MACHADO, C. C.; PIRES, J. M. M.; COSTA, C. B. VILAR, M. B.; NACIF, A.P. Editora Suprema, Viçosa. 2013. 700p. ISBN - 978.85.8179.042-8.

LEITE, F. P. BARROS, N. F., NOVAIS, R. F., SANS, L. M. A. & FABRES, A. S.; Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG. v.3, p.313-322. 1997.

LOPES, I. V. (Coord.) **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL:** guia de orientação. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002. 90 p.

MARCOLINO, L. **Crescimento de clones de eucalipto em quatro espaçamentos de plantio no interior de São Paulo.** Seropédica, 26p. Trabalho Final de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Decisão 19/COP 9 – Modalidades e procedimentos para atividades de projetos de florestamento e reflorestamento no âmbito do MDL.** Disponível em: <www.mct.gov.br/clima/negoc/pdf>. Acesso em: 25/08/2013.

MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Estimativa da quantidade de carbono fixado pelas florestas plantadas.** 2001. Disponível em: <www.mct.gov.br/clima>. Acesso em: 25/08/2013.

MELLO-THÉRY, N. A., CAVICCHIOLI, A., DUBREVIL, V. Controvérsias ambientais frente à complexidade das mudanças climáticas. **Mercator**, Fortaleza, v.12, n.28, p.155-170, 2013.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Mitigação da Mudança do Clima.** Disponível em: <www.mma.gov.br/clima/ciencia-da-mudanca-do-clima/mitigacao-da-mudanca-do-clima>. Acesso em: 03/09/2013.

MORAIS, V.M. **Dinâmica de crescimento de eucalipto clonal sob diferentes espaçamentos na região noroeste do estado de Minas Gerais.** Lavras, 63p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, 2006.

NOGUEIRA, A. C. L. **Análise de conjuntura – O Plano Agricultura de Baixo Carbono**. FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, n. 38, p. 3-5, 2013. Disponível em: http://www.fipe.org.br/publicacoes/downloads/bif/2013/1_bif388.pdf. Acesso em: 10/02/2014.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986. 434 p.
PAIXÃO, F. A. **Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de alternativas de uso de um povoamento de eucalipto**. Viçosa, 50p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.

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

REINER, D.A., SILVEIRA, E.R., SZABO, M.S. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na região sudoeste do Paraná. **Synergismus scyentifica** UTFPR, Pato Branco, v.6, n.1. 2011.

RIBEIRO, S. C. **Quantificação do estoque de biomassa e análise econômica da implementação de projetos visando a geração de créditos de carbono em pastagem, capoeira e floresta primária**. Viçosa, 139p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.

SCARPINELLA, G. D. **Reflorestamento no Brasil e Protocolo de Kyoto**. São Paulo, 82p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2002.

SCHUMACHER, M.V., BRUN, E.J., HERNANDES, J.I., KÖNIG, F.G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntzeno município de Pinhal Grande – RS. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.1, p.29-37, 2004.

SCHUMACHER, M.V., WITSCHORECK, R., CALIL, F.N. Biomassa em povoamento de *Eucalyptus spp.* de pequenas propriedade rurais em Vera Cruz - RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.1, p17-22, 2011.

SIMÕES, J. W.; BRANDI, R. M.; MALINOVSKY, J. R. **Formação de florestas com espécies de rápido crescimento**. Brasília: IBDF/PNUD/FAO, 1976. 74p.

SMITH, W. D.; STRUB, M. R. Initial spacing: how many trees to plant. In: DUREYA, M.L.; DOUGHERTY, P.M. (Ed.). **Forest regeneration manual**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1991. P.281-289.

