

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal

Demerson Luiz de Almeida Barbosa

**QUANTIFICAÇÃO DE DANOS E CRESCIMENTO DE EUCALIPTO
EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA**

Diamantina

2017

Demerson Luiz de Almeida Barbosa

**QUANTIFICAÇÃO DE DANOS E CRESCIMENTO DE EUCALIPTO
EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ângelo Márcio Pinto Leite
Coorientador: Prof. Dr. Marcio Leles Romarco de Oliveira

Diamantina

2017

Ficha Catalográfica - Sistema de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária: Jullyele Hubner Costa CRB-6/2972

B238q Barbosa, Demerson Luiz de Almeida.
Quantificação de danos e crescimento de eucalipto em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta / Demerson Luiz de Almeida Barbosa – Diamantina, 2017.
70 p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Ângelo Márcio Pinto Leite
Coorientador: Prof. Dr. Marcio Leles Romarco de Oliveira

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) –Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

1. Sistema agrossilvipastoril. 2. Biomassa florestal. 3. Fixação de carbono. I. Leite, Ângelo Márcio Pinto. II. Oliveira, Marcio Leles Romarco de. III. Título.

CDD 631.58

Elaborada com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Demerson Luiz de Almeida Barbosa

**QUANTIFICAÇÃO DE DANOS E CRESCIMENTO DE EUCALIPTO
EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ângelo Márcio Pinto Leite

Coorientador: Prof. Dr. Marcio Leles R. de Oliveira

Data de aprovação 17/03/2017

Prof. Dr. Edy Eime Pereira Baraúna
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

Prof. Dr. Marcio Leles Romarco de Oliveira
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

Prof. Dr. Ângelo Márcio Pinto Leite
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

Diamantina 2017

*Dedico ao meu querido irmão mais novo Armandinho,
que me ensinou que a partir do choro verdadeiro
percebemos o real significado do amor.*

In memoriam

Ao meu tio Zilico, Cândido Cesário dos Reis

Que me ensinou a beleza da vida

Contemplar animais e plantas

A importância das histórias

O respeito às crianças

A força da leveza

O carinho e

o Amor...

AGRADECIMENTOS

A Mãe Luziete, pela vida;

Aos Irmãos, pela alegria;

A Leidivan, pelo amor;

A Família, por permanecer;

Aos Amigos, pela amizade;

A Equipe iLPF, por realizar;

Ao Álvaro, por acreditar;

Aos Orientadores, pela confiança;

Ao Sítio do Cadin, pela convivência;

A UFVJM, pela perspectiva;

Ao PPGCF, pela oportunidade;

A FAPEMIG, pelos recursos;

A Engenharia Florestal, pelo trabalho;

A Pedagogia, pelos conceitos;

Por fim, a todos... por existirem.

Sejamos simples e calmos
Como os regatos e as árvores,
E Deus amar-nos-á fazendo de nós
Belos como as árvores e os regatos,
E dar-nos-á verdor na sua primavera,
E um rio aonde ir ter quando acabemos!

(Alberto Caeiro)

Saber que devo respeito à autonomia e à identidade do educando
exige de mim uma prática em tudo coerente com esse saber.

(Paulo Freire em “A Pedagogia da Autonomia”).

“Aí de nós se por nossa culpa ou responsabilidade
a semente morrer semente” *(Provérbio).*

RESUMO

Os sistemas integrados de produção são uma possibilidade para otimização do cultivo sustentável no semiárido mineiro, principalmente em relação às áreas de pastagens degradadas. Objetivou-se com esse trabalho analisar quantitativamente e qualitativamente o crescimento, a produção e o estoque de carbono (C) de dois genótipos de eucalipto em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) implantado no norte de Minas Gerais. Essa pesquisa foi realizada na Fazenda da Barra, município de Francisco Sá, entre dezembro de 2012 e novembro de 2016. Foi conduzida em área experimental de 3,2 ha subdividida em dois tratamentos com *Eucalyptus cloeziana* e o híbrido *urograndis*. O sistema foi consorciado com sorgo e capim-marandu, com espaçamentos em renques duplos (2 x 3m) x 14 metros. Em cada tratamento foram estabelecidas 12 parcelas de 336 m² distribuídas aleatoriamente, com inclusão de 24 árvores/parcela. Foram avaliadas taxas de sobrevivência, diâmetro na altura do solo, diâmetro na altura do peito e altura total das árvores, além de danos e debilidades. Também foram analisados volume, biomassa, fixação de C e sequestro de dióxido de C (CO₂). Os dados foram submetidos à análise de variância e de matriz de correlação. Os resultados indicaram que a abelha arapuã e o cupim foram os principais fatores bióticos causadores dos danos e debilidades nos eucaliptos *cloeziana* e *urograndis*, respectivamente. O crescimento e volume dos genótipos foram estatisticamente diferentes para os 450, 630, 1.020 e 1.320 dias após o transplântio. O *urograndis*, embora tenha apresentado menor taxa de sobrevivência (66,7%), obteve maior volume (23,4920 m³ ha⁻¹) e resistência ao período de seca. No entanto, o *E. cloeziana* apresentou maior taxa de sobrevivência (80,6%) e menor volume (9,2974 m³ ha⁻¹). Os incrementos correntes anuais para biomassa foram maiores no *urograndis* (5.673,36 kg ha⁻¹) em relação ao *cloeziana* (3.166,04 kg ha⁻¹). Dessa maneira, o eucalipto *urograndis* foi o genótipo que apresentou maior fixação de C (5,53 t ha⁻¹) e sequestro de CO₂ (20,30 t ha⁻¹) no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta avaliado.

Palavras-chave: Sistema agrossilvipastoril, biomassa florestal e fixação de carbono.

ABSTRACT

Integrated production systems are cited as a possibility for optimization of sustainable cultivation in the semi-arid region of Minas Gerais, especially in relation to degraded pasture areas. The objective of this work was to analyze quantitatively and qualitatively the growth, production and carbon stocks of two eucalyptus genotypes cultivated in an integrated crop-livestock-forest (ICLF) system in the north of Minas Gerais State, Brazil. This research was carried out at Fazenda da Barra, municipality of Francisco Sá, between December 2012 and November 2016. It was conducted in a 3.2 ha experimental area subdivided into two treatments with *Eucalyptus cloeziana* and the *urograndis* hybrid. The system was intercropped with sorghum and marandu grass, with spacing in double rows (2 x 3m) x 14 m. In each treatment, 12 plots of 336 m² were randomly distributed, including 24 trees/plot. Survival rates, diameter at soil height, diameter at breast height and total height of trees, as well as damage and weakness, were evaluated. Volumetric and biomass production, carbon (C) fixation and C dioxide sequestration (CO₂) were also analyzed. Data were submitted to analysis of variance and correlation matrix. The results indicate that the “arapuã” (*Trigona spinipes*) bee and the termite were the main biotic factors to the damages and weaknesses in eucalyptus *cloeziana* and *urograndis*, respectively. The growth and volumetric production of the genotypes were statistically different for the 450, 630, 1020 and 1,320 days after transplanting. *Urograndis*, although reaching the higher mortality rate (66.7%), had the higher volumetry production (23.4920 m³ ha⁻¹) and resistance to the dry seasons. However, *E. cloeziana* had a higher survival rate (80.6%) and lower volumetric production (9.2974 m³ ha⁻¹). The mean annual increment for biomass were higher in *urograndis* (5,673.36 kg ha⁻¹) than in *cloeziana* (3,166.04 kg ha⁻¹). Thus, eucalyptus *urograndis* was the genotype that presented higher C fixation (5.53 t ha⁻¹) and CO₂ sequestration (20.30 t ha⁻¹) in the ICLF system evaluated.

Keywords: Agrosilvopastoral system, forest biomass and carbon fixation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 MUDANÇA CLIMÁTICA GLOBAL E O SETOR FLORESTAL	11
2.2 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO	13
2.3 POTENCIAL DOS SISTEMAS DE ILPF NO BIOMA CERRADO	16
2.4 COMPONENTE ARBÓREO NO SISTEMA DE ILPF.....	17
2.5 EUCALIPTO EM ILPF	19
2.6 CRESCIMENTO INICIAL DO EUCALIPTO EM ILPF.....	21
2.7 SOBREVIVÊNCIA, DANOS E INJÚRIAS EM EUCALIPTO EM ILPF	21
2.8 FIXAÇÃO DE CARBONO PELO EUCALIPTO EM SISTEMA DE ILPF.....	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	26
3.2 ESCOLHA DOS COMPONENTES E ARRANJO PARA IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS DE ILPF.....	28
3.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO SISTEMA DE ILPF	29
3.4 COLETA DE DADOS	31
3.4.1 Avaliação do crescimento inicial do eucalipto	31
3.4.2 Cubagem rigorosa.....	33
3.4.3 Inventário florestal.....	33
3.4.4 Densidade básica	34
3.4.5 Biomassa, estoque de carbono e sequestro de CO ₂	35
3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 CRESCIMENTO INICIAL	36
4.1.1 Análise de Dados Qualitativos.....	36
4.1.2 Análise de Dados Quantitativos.....	45
4.2. CRESCIMENTO E PRODUÇÃO	48
4.2.1. Determinação do volume e biomassa florestal	48
4.2.2 Fixação de carbono pelo eucalipto em sistema agrossilvipastoril	55
5. CONCLUSÃO	58
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
APÊNDICE	70

1. INTRODUÇÃO

Vive-se em uma crise energética mundial, principalmente a partir de meados do Século XX. Os meios e as relações de produção são insustentáveis, ou seja, gasta-se mais energia na geração do que se verifica no produto. Existe nesse início do Século XXI aumento de produção, porém com balanço energético negativo contribuindo, sobremaneira, com o aquecimento global. Nesse contexto, são necessárias mudanças tanto teóricas quanto práticas que possibilitem maior sustentabilidade ecológica e econômica na agrossilvicultura. Tal necessidade é recorrente, porém cada vez mais atual, especialmente em função das mudanças climáticas, do aumento da população mundial, da demanda por alimentos e por produtos florestais diversificados.

Dentro dessa avaliação mais ampla verifica-se a necessidade da otimização das áreas, dos meios e das relações de produção. Assim, sistemas integrados de produção constituem uma possibilidade que busca melhor equilíbrio no balanço energético, com viabilidade econômica (BALBINO *et al.*, 2011b). No contexto do norte de Minas Gerais, tais sistemas se apresentam estrategicamente, dado as delicadas condições edafoclimáticas, como a distribuição pluviométrica, os problemas com erosão do solo e as inúmeras áreas de pastagens degradadas.

A demanda mundial de madeira é crescente para diversos fins, principalmente para celulose, carvão, móveis e construção civil (IBA, 2015). Assim, serão necessários aumentos significativos na produção de madeira de florestas plantadas, com equilíbrio energético e viabilidade econômica. Essa demanda poderá ser atendida em parte, com a introdução de árvores em sistemas de produção integrados, como os consorciados com lavoura-pecuária-floresta - iLPF (MACEDO; DO VALE; VENTURIN, 2010).

A variação genética e fenotípica das espécies florestais é elevada e o gênero *Eucalyptus* possui centenas de espécies com diferença intraespecífica decorrente dos centros de origem e, também, em virtude do melhoramento genético. Essa variação é pouco explorada nos cultivos com fins madeireiros no Brasil e, nesse sentido, são necessárias pesquisas e o desenvolvimento de tecnologias para obtenção de respostas sobre seus usos, tanto em monocultivos quanto em sistemas integrados de produção, com potencial de comercialização de créditos de carbono.

Para essas avaliações alguns parâmetros como a dinâmica de crescimento, a fixação de carbono (C) e o sequestro de dióxido de carbono (CO₂) pelo componente arbóreo em sistemas

integrados de produção são essenciais. No entanto, as informações sobre o crescimento, produção e estoque de C do eucalipto em sistema de iLPF para certas condições edafoclimáticas ainda são escassas, principalmente, em áreas de transição para o semiárido, como no norte de Minas Gerais.

Dessa maneira, o acompanhamento da dinâmica de crescimento e fixação de C se apresenta como metodologia pertinente, em função de sua praticidade, confiabilidade e custo relativamente reduzido para empreendimentos florestais.

Diante do exposto, o objetivo geral dessa pesquisa foi analisar quantitativamente e qualitativamente o crescimento, a produção e o estoque de carbono de dois genótipos de eucalipto em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, implantado em Francisco Sá, no norte de Minas Gerais.

Já os objetivos específicos foram verificar o crescimento e a produtividade da espécie *E. cloeziana* e do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*; analisar as taxas de sobrevivência; quantificar danos e debilidades; correlacionar as variáveis quantitativas e qualitativas com informações edafoclimáticas; analisar a densidade básica da madeira, o volume, a biomassa, o carbono estocado na madeira e o sequestro de CO₂, além de comparar as curvas do incremento corrente e médio anual.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mudança climática global e o setor florestal

Em meados do Século XX e, principalmente, no decorrer do XXI têm-se evidências de que o clima do planeta Terra está ficando não apenas mais quente, como cada vez mais instável. Atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e a destruição e incêndios de ecossistemas estão resultando no aumento de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera, levando ao aquecimento global do planeta (IPCC, 2014).

A primeira tentativa de lidar com as questões climáticas internacionalmente ocorreu em 1988, quando foi estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU) o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPPC). Já em 1990 o IPPC lançou o primeiro relatório, concluindo que as mudanças climáticas são prementes e afirmando a necessidade de criação de uma Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (CNUMC) para subsidiar a cooperação internacional frente ao aquecimento global, surgindo assim as chamadas Conferências das Partes (COP's) (SANTILLI, *et al.*, 2002).

Segundo os pesquisadores do IPCC, os efeitos esperados são: a desregulação climática, o descongelamento das geleiras, a perda e a migração da biodiversidade, o encurtamento dos ciclos das culturas, a antecipação dos períodos de semeadura e colheita, a maior incidência de doenças tropicais, casos elevados de pragas e plantas daninhas e o aumento do risco de salinização dos solos (TSUKAMOTO FILHO, 2004).

Entre as conferências já realizadas, destaca-se a COP 3, ocorrida no Japão em 1997, com a elaboração conjunta do Protocolo de Kyoto. Dos mecanismos para se obter créditos a partir da redução dos GEE, para os Países em desenvolvimento, como o Brasil, destaca-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) como forma de promover tecnologias limpas e o desenvolvimento sustentável através de créditos que reduzam ou evitem emissões em tais países (CEBDS, 2002; YU, 2002).

No contexto do MDL, tem se levado cada vez mais em consideração o potencial e a importância das Florestas como medida compensatória no controle da emissão e redução dos GEE (HOUGHTON, 1994).

No Brasil, a agropecuária contribui com cerca de 22% das emissões antrópicas de GEE, entretanto, se forem somadas as emissões provenientes do setor “mudança no uso da terra e florestas”, esse percentual sobe para cerca de 80% (Brasil, 2009) e o país passa a ser o quinto maior emissor de GEEs do mundo, sendo um desafio para o desenvolvimento de mecanismos de mitigação.

O setor florestal no Brasil é o que mais gera negócios dentro do MDL, principalmente com projetos e atividades de reflorestamento e florestamento que devem atender alguns princípios básicos para serem aceitas no âmbito do Protocolo de Kyoto. A categoria que trata das potenciais fontes, reservatórios e sumidouros nas atividades florestais e agropecuárias é chamada de: uso da terra, mudança no uso da terra e florestas (UTMUTF) (JACOVINE *et al.*, 2008).

O aumento dos teores dos GEE no Brasil e, conseqüentemente, sua contribuição para o aquecimento global é provocado, principalmente, pelo UTMUTF, com 75% das emissões. A conversão de ecossistemas florestais em agrícolas são os principais responsáveis por essa emissão, especialmente, as queimadas. Dessa maneira, torna-se fundamental a elaboração e implementação de projetos e atividades nos setores florestais e agropecuários que contribuam com o efetivo balanço positivo nos estoques de carbono, assim como, modelos agrícolas e florestais de produção sustentáveis e de baixos teores de carbono (ALVES, LAURA, ALMEIDA; 2015).

2.2 Sistemas integrados de produção

Os sistemas integrados de produção podem ser subdivididos em quatro modalidades que são: iLP (integração lavoura-pecuária) ou agropastoril – componentes agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão em uma mesma área em ano agrícola ou anos múltiplos; iPF (integração pecuária-floresta) ou silvipastoril – componentes pecuário e florestal consorciados; iLF (integração lavoura-floresta) ou silviagrícola – componentes florestal e agrícola por consórcio entre espécies arbóreas e cultivos agrícolas; e iLPF (integração lavoura-pecuária-floresta) ou agrossilvipastoril – componentes agrícola, pecuário e florestal em rotação, consórcio ou sucessão em uma mesma área (BALBINO *et al.*, 2011a).

O iLPF pode ser entendido como um modelo de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais realizadas na mesma área, buscando os efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, considerando a adaptação ambiental, a valorização do ser humano e a viabilidade econômica (CORDEIRO *et al.*, 2015).

O consórcio de tais culturas representa uma biodiversidade, principalmente, na interação de espécies animais e vegetais que interagem dentro dos sistemas, aprimorando os ciclos ecológicos (SCHROTH; FONSECA; HARVEY, 2004), bem como de insumos e seus respectivos resíduos (BEHLING *et al.*, 2013).

Tal sistema pode trazer grandes benefícios em termos da recuperação de pastagens degradadas, manutenção e reconstituição da cobertura florestal, promoção e geração de emprego e renda, adoção de boas práticas agropecuárias, melhoria das condições sociais, adequação da propriedade rural à legislação ambiental e a valoração de serviços ambientais (ABRAF 2012), tanto dentro como fora da propriedade, com o sequestro de carbono e da mitigação das emissões de gases do efeito estufa (GEE) (NAIR *et al.*, 2010).

Porém Scolforo (1998) ressalta algumas desvantagens do iLPF, como a grande intensidade de intervenções na área acarretando uma maior compactação do solo e o difícil controle e condução das inúmeras ações de maneira compatibilizada.

Castro *et al.* (1999) afirmaram que o sucesso dos silvipastoris depende de forrageiras tolerantes ao sombreamento, de práticas de manejo que possibilitem a produtividade, de persistência no sub-bosque, de conhecimento técnico, mão de obra especializada e de disponibilidade de terra. Schroeder (1994) salienta que se trata de uma tecnologia bastante versátil que se adapta às diferentes condições edafoclimáticas.

Na busca pela sustentabilidade, o modelo de iLPF deve ser implantado visando ser tecnicamente eficiente, economicamente viável, socialmente aceitável e ambientalmente correto (BALBINO *et al.*, 2013).

Os serviços prestados pelos sistemas integrados podem ser classificados em duas categorias, sendo que na primeira estão os serviços que beneficiam diretamente o produtor, tais como produção de alimento, de matéria-prima e geração de renda; na segunda, encontram-se os serviços que podem não ser de interesse direto do produtor, mas são as funções essenciais para manutenção dos ecossistemas, como a fixação de C e o sequestro de CO₂ (IZAC; SANCHES, 2001).

Dessa maneira e reafirmando os benefícios diretos ao produtor, Santos (2004) ressalta que os modelos agrossilvipastoris permitem realizar o manejo sustentável da propriedade rural, além de fornecerem renda adicional no início do crescimento florestal, com o aumento da oferta de alimentos como a cultura do sorgo, milho, feijão, mandioca etc., e aumentar o estoque de forragens para os animais ao longo do ano por meio da conservação de forragens tolerantes à seca, que servirão como banco de proteínas para os animais.

Duboc *et al.* (2007) apresentaram que a iLPF pode minimizar os impactos das produções agropecuárias em ecossistemas antropizados, como o Cerrado no Brasil, com eficaz recuperação de solos degradados e diminuição da exploração agrícola de novas áreas nativas. Nessa mesma linha de raciocínio Assis *et al.* (2015), apresenta que o sistema de plantio em iLPF é um modelo bastante inovador, com possibilidade de auxiliar na redução do desmatamento de novas áreas para práticas agropecuárias a partir da recuperação de áreas degradadas.

Baggio (1998) apresenta ainda uma utilização em relação à pecuária, especificamente, quando afirma que a utilização de espécies florestais e herbáceas adequadas contribui com o aumento da produção e da qualidade das forrageiras melhorando o desempenho dos animais em ganho de peso, lactação, sanidade e reprodução. Isso se deve à melhoria do microclima oferecido aos animais domésticos e silvestres, e para as plantas, além da maior ciclagem de nutrientes pelas árvores, incrementando a produtividade da pecuária extensiva de maneira ambiental e econômica.

Entretanto, Dantas (1994) considera que os componentes (arbóreo, agrícola, forrageiro e animal) devem ser considerados integrantes do ecossistema desde o planejamento do empreendimento, requerendo mudanças de postura e novas ações, alterando costumes e tradições.

Sobre os benefícios indiretos ao produtor, Nair *et al.* (2010) afirmam que os sistemas integrados de produção também ganharam importância como estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, em função do enorme potencial que apresentam para o armazenamento de carbono. Izac e Sanchez (2001), Barcelos *et al.* (2008) e Oliveira *et al.*, (2013) também apontam esses benefícios indiretos por meio da mitigação de gases de efeito estufa (GEE), onde os sistemas apresentam capacidade de fixação/sequestro de carbono no solo e nas árvores e de redução das emissões de gás metano pelos animais.

Não obstante, o sistema de iLPF é um dos modelos tecnológicos apontados pelo Brasil na Conferência das Partes (COP-15) como forma de diminuir as emissões de GEE projetadas para 2020. No Bioma Cerrado, este modelo possui grande potencial para ser adotado, porém ainda é pouco difundido (BALBINO; CORDEIRO; MARTINEZ, 2011).

Porém, Schroeder (1994) ressalta que o objetivo desses sistemas é a produção sustentável de alimento e que o armazenamento de carbono é apenas uma consequência positiva do aumento da fotossíntese pelas árvores introduzidas e pela redução da pressão por novos desmatamentos. Assim, a adoção pode tornar áreas degradadas produtivas, melhorar sua função social e ecológica, e ainda apresentam-se como uma forma alternativa de manejo do solo (BALBINO *et al.*; 2011a).

Estes sistemas têm se mostrado promissores para o aumento da produtividade em diversas regiões do planeta, ao promoverem a incorporação de nutrientes, evitarem perdas e melhorarem as condições químico-físicas do solo (ISSAC *et al.*, 2005). Esta maneira de incrementar a fertilidade do solo é altamente desejável, pois as reservas de minerais utilizados na fertilização são limitadas. De acordo com Fearnside (1998), se o consumo de fósforo (P) persistir nos mesmos níveis após a segunda guerra mundial estimam-se que as reservas deste elemento se esgotarão até meados do século XXI.

Já em relação às propriedades físicas do solo, Carvalho *et al.* (2004), destacaram que o solo em sistemas integrados apresentou menor densidade aparente, maior porosidade, menor resistência à penetração e maior estabilidade de agregados, sendo de qualidade superior ao comparar com mesmo solo em plantio convencional. De acordo com Oliveira *et al.* (2013), o modelo de iLPF promove melhorias em todas as características químicas e físicas do solo, podendo ser maximizado pela adição de gramíneas (gênero *Brachiaria*) no sistema.

Diante do exposto, pode-se destacar que dentre as principais vantagens do iLPF está o aumento na geração de renda com redução de gastos, o restabelecimento dos serviços ambientais, a proposição de modelos de produção associados às práticas conservacionistas e

o incremento da produção agropecuária (ALVARENGA *et al.*, 2010; MORAES; AMÂNCIO; RESENDE, 2011), além da mitigação dos GEE (BALBINO *et al.*, 2013).

2.3 Potencial dos sistemas de iLPF no bioma Cerrado

O Cerrado, característico no contexto norte mineiro é o segundo maior bioma brasileiro, sendo considerado uma das últimas fronteiras agrícolas do planeta (BORLAUG, 2002). Com uma área de mais de 200 milhões de hectares ocupa aproximadamente 22% do território nacional, localizando-se na área central do Brasil, no qual cerca de 57% do território de Minas Gerais se insere nesse bioma (IBGE, 2004; KLINK; MACHADO, 2005). Andrade (2002) ressalta que a vegetação típica deste bioma é classificada mundialmente como savana, destacando-se pela grande heterogeneidade vegetal.

O desmatamento indiscriminado, como demonstrado por Mantovani e Pereira (1998), tem causado sérios problemas como a perda de solos por erosão, poluição hídrica e atmosférica e perda de biodiversidade. Em 1999, as estimativas indicaram que a área queimada neste bioma foi de 19,76 milhões de hectares, quase 10% da área total. Machado *et al.* (2009) por sua vez, descreveram em estudo utilizando imagens do satélite MODIS do ano de 2002, que cerca de 55% do Cerrado já havia sido desmatado ou sofrido alguma transformação antrópica.

Em 2001 haviam, aproximadamente, 49,6 milhões de hectares de pastagens cultivadas em áreas de Cerrado, formadas principalmente por gramíneas do gênero *Brachiaria* (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2002). Entretanto, cerca de 80% destas pastagens encontra-se em algum estágio de degradação, como apresenta Peron e Evangelista (2004), refletindo em baixa produtividade.

Apesar da baixa produtividade, as áreas de pastagens do Cerrado comportavam em 2001 em torno de 41% do rebanho bovino nacional, responsável pela produção de mais da metade da carne bovina do país correspondente a aproximadamente 10,5% da receita bruta agropecuária nacional (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2002).

Nesse bioma, afirmam Delitti, Pausas e Burger (2003) que a biomassa presente nos solos pode igualar ou até superar a biomassa aérea, o que é uma estratégia adaptativa diante das secas e incêndios, comuns no inverno. Diante do grande potencial de armazenar carbono no solo e da extensão da área este bioma, lembram os autores, ganha importância dentro do contexto das mudanças climáticas, pois é o ecossistema brasileiro mais afetado pela expansão

da agropecuária, perdendo anualmente, aproximadamente, 3,4 milhões de hectares.

O aumento da produtividade, tanto na agricultura quanto na pecuária, pode reduzir a emissão de GEE originados do desmatamento e da degradação das pastagens (STEINFELD *et al.*, 2006). Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta apresentam grande relevância para o Cerrado, área em que há necessidade de conciliação entre produção e preservação dos recursos naturais, por causa da capacidade apresentada pelas árvores em crescimento para sequestro de carbono e consequente mitigação da emissão dos GEE, oferecendo alternativas às questões ecológicas, econômicas e sociais (BALBINO *et al.*, 2002; BALBINO *et al.*, 2011b).

O norte de Minas Gerais se destaca por sua forte vocação para a pecuária predominantemente a pasto, porém apresenta terras exploradas abaixo do seu potencial produtivo. A taxa de lotação média estimada por hectare na região é de 0,8 unidade animal/hectare/ano (UA/ha/ano) (MACHADO *et al.*, 2009). A região tem rebanho bovino já estabelecido, mercado consumidor consolidado, indústria frigorífica moderna, disponibilidade de mão de obra, boa infraestrutura de transportes, energia e comunicação. Constituída por área de 128.454 km² e 89 municípios, abrigava o segundo maior rebanho bovino do Estado, estimado em 2.950 mil de cabeças (SEAPA, 2009).

Contudo, Balbino *et al.* (2011b) salientam que novas pesquisas são necessárias para permitir a avaliação dos impactos ambientais gerados pela atividade agropecuária e de possíveis alternativas para reduzi-los, visando tornar a produção animal sustentável e reafirmam a necessidade de estudos para avaliações socioeconômicas e ambientais em iLPF.

Mantendo essa mesma perspectiva de necessidades de estudos em iLPF, Balbino *et al.* (2011a) apresentam que os componentes arbóreos atribui sustentabilidade, pois estes têm a capacidade de capturar nutrientes de camadas mais profundas do solo, reciclando com uma maior eficiência e uma cobertura maior da terra. Destacam que as árvores em iLPF tem um papel fundamental no sequestro de carbono e, dessa forma, em mitigar a emissão de GEE, sendo considerados importantes para a região do Cerrado.

2.4 Componente arbóreo no sistema de iLPF

A espécie arbórea ideal para a iLPF, segundo Dias-Filho (2006), deve apresentar crescimento inicial rápido, para facilitar o estabelecimento; copa reduzida ou pouco densa, e fuste longo, o que diminui o sombreamento na cultura consorciada; viabilidade econômica,

oferecendo produtos com alto potencial de comercialização e baixo ou nenhum potencial invasivo, para evitar a propagação excessiva.

Nesse sentido, a árvore utilizada em sistemas integrados deve possuir adaptação ao solo e ao clima da região (SILVA *et al.*, 2010); não deve causar alelopatia ou depositar excessiva quantidade de serrapilheira (BUNGENSTAB; LAURA; MELOTTO, 2011) e; não deve apresentar toxicidade aos animais (PORFÍRIO-DA-SILVA; MORAES, 2010).

Já as principais contribuições das árvores em iLPF se fazem pelo aporte de matéria orgânica, em razão da queda de folhas e galhos (COSTA, 2004); ciclagem de nutrientes (VITAL *et al.*, 2004); fixação de nitrogênio (COELHO *et al.*, 2007); proteção do solo do impacto das chuvas e das mudanças bruscas de temperatura (YOUNG, 1989); controle de plantas daninhas e enriquecimento da interface entre solo e serrapilheira (BERNARDINO; GARCIA, 2009); conservação de umidade do solo, formação de microclima mais favorável pela redução da intensidade de luz, aumento da atividade microbiana, estruturação do solo, ação das raízes e melhores índices de infiltração de água e trocas gasosas, indispensáveis aos processos químicos e microbiológicos de decomposição e respiração (PALM; SANCHEZ; SZOTT, 1991; NDAYIZIGIYE; ROOSE, 1997).

Porém, segundo Bernardino e Garcia (2009), tal sistema, por exigir metodologia mais complexa, também demanda planejamentos específicos e bastante rigorosos. As principais espécies arbóreas que compõe o modelo de iLPF são: o eucalipto com 80% das áreas; a teca, o cedro australiano e o mogno com 15% e; outras espécies com 5% (BALBINO *et al.*, 2013).

Além dos efeitos acima apresentados, o solo sob influência de árvores, devido aos maiores conteúdos de matéria orgânica, possui maior capacidade de armazenar água (DOUGLAS *et al.*, 2006). Segundo os autores, mesmo na época de chuvas, há maiores teores de água nas camadas superficiais de solo na área sob influência de árvores em relação àquelas fora dessa interferência.

Com a utilização de espécies florestais e herbáceas adequadas, conforme Baggio (1998), a arborização das pastagens pode aumentar a produção e a qualidade das forrageiras e melhorar o desempenho dos animais em ganho de peso, lactação, sanidade e reprodução. Isso se deve, segundo o autor, entre outros, pela melhoria do microclima oferecido aos animais domésticos e nativos e para as plantas, além da maior ciclagem de nutrientes pelas árvores, incrementando a produtividade da pecuária extensiva de forma ambiental e econômica.

No entanto, ressalta Abel *et al.* (1997), o componente florestal é um investimento de médio a longo prazo, e pode ser utilizado no manejo do risco econômico, no planejamento da aposentadoria e como forma de transferir riqueza entre as gerações.

A proposta de criação da Política Nacional de Florestas Plantadas pelo Governo Federal, também se apresenta como outro incentivo para o plantio de árvores, e que tem por objetivo permitir aos produtores de florestas plantadas e trabalhadores rurais alcançarem posição de liderança no mercado interno e externo de madeira e derivados (ABRAF, 2012).

Estima-se que até 2030 a demanda por madeira em toras para a indústria no mundo crescerá até 45%, passando dos 1,68 bilhão de metros cúbicos consumidos em 2005 para o consumo de 2,44 bilhões de metros cúbicos (FAO, 2009).

No entanto, Anjos *et al.* (2015) destacam que poucos produtores têm investido nesse modelo silvipastoril em função, principalmente, do alto grau de investimento inicial, da própria complexidade dos tratos culturais e do baixo fluxo de informação e de divulgação das vantagens e desafios desse sistema. Nesse sentido, os autores ressaltam a importância de acompanhamentos para gerarem informações técnicas de produção da atividade florestal, através de diversas avaliações, prioritariamente, em relação ao produto de destaque econômico, a saber: a madeira.

Nesse sentido, vale ressaltar que existem poucos trabalhos sobre o crescimento e a adaptação de espécies arbóreas inseridas no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (PULROLNIK *et al.*, 2010). Esse dado reafirma a importância de estudos dos componentes agrossilviculturais, suas características, possibilidades e desafios.

2.5 Eucalipto em iLPF

Macedo (2008) trata a escolha da espécie arbórea que irá compor a iLPF como requisito fundamental, já que ela é baseada na sinergia que há entre as culturas implantadas. A escolha de um modelo ou das espécies que mais se adaptem a região, ou com o próprio sistema, pode minimizar os custos de implantação e condução, aumentar a produção e a lucratividade (SANTOS & SANTOS, 2012).

Originário da Austrália e da Indonésia, o *Eucalyptus* tem sido amplamente utilizado em sistemas integrados de produção por apresentar adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, rápido crescimento, potencial para produção de madeira para usos múltiplos,

disponibilidade de mudas, copas estreitas, conhecimento silvicultural e existência de material genético melhorado (OLIVEIRA NETO; PAIVA, 2010).

O uso de eucalipto nos Sistemas Integrados, segundo Galzerano e Morgado (2008), promove melhor aproveitamento da área, maior geração da renda com a madeira, melhorias nas condições de crescimento das pastagens com aumento na fertilidade dos solos e, conseqüentemente, aumento da produtividade, maior retenção da umidade e ainda, permite sombra e conforto térmico aos animais em pastejo proporcionando maior ganho de peso. Entretanto, os autores ressaltam a necessidade de cuidados em relação ao espaçamento adequado do eucalipto para não ocorrer sombreamento excessivo das forrageiras depreciando a produção e a qualidade.

De acordo com Monte *et al.* (2009) no iLPF realiza-se a técnica de desrama manual e/ou artificial para eliminar os nós e, com isso, agregar valor ao produto florestal (diversificação e agregação de renda na propriedade) além de proporcionar aumento de luz para o pasto. Polli *et al.* (2006) enfatizam que defeitos na madeira influenciam na aparência das peças e em suas propriedades mecânicas e, embora a desrama seja considerada uma técnica de elevado custo, faz-se necessário adotá-la, pois suscita melhoria na qualidade do lenho de eucalipto produzindo madeira livre de nós e com valor agregado.

Dentre os genótipos indicados para as condições edafoclimáticas no norte de Minas Gerais estão o eucalipto *urograndis*, híbrido do *E. urophylla* x *E. grandis*, e o *E. cloeziana* (Carvalho 2003, 2006). Ambos apresentam potencial de produção de madeira de qualidade para diversos fins (QUAD. 1).

Quadro 1 - Características constituintes dos componentes arbóreos eucalipto *urograndis*, e do *E. cloeziana*.

Nome popular	Nome científico	Família	Grupo Sucessional	Procedência	Densidade (g/cm ³)	Principais usos
Eucalipto cloeziana	<i>E. cloeziana</i>	Myrtaceae	Pioneira exótica	Austrália	0,67	Serraria, construção civil, energia, postes e mourões.
Eucalipto urograndis	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Myrtaceae	Pioneira exótica	Austrália	0,52	Serraria, construção civil e energia.

Fonte: Carvalho (2003; 2006).

2.6 Crescimento inicial do eucalipto em iLPF

De acordo com Gomes (2001), em razão da facilidade de medição tanto da altura quanto do diâmetro e por ser um método não destrutivo, a relação entre esses parâmetros pode ser considerada e aplicada a muitas das espécies florestais, constituindo-se num dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo.

Segundo Botelho (1998), o ritmo de crescimento de uma espécie, normalmente associado ao seu grupo ecológico, influenciará no tempo necessário para o início da competição, podendo levá-la a mortalidade dependendo de suas características adaptativas. A autora argumenta que espécies mais tolerantes apresentam menores taxas de mortalidade e características dominantes, visto que apresentam maior capacidade para suportar a menor intensidade de luz e a alta competição radicular por água e nutrientes.

Esses autores afirmam ainda que se um inventário contínuo é implementado já nos anos iniciais de vida do povoamento é possível gerar modelos de produção que possibilitam gerar prognose, obtendo dessa maneira, os incrementos correntes (ICA) e médios anuais (IMA) gerando, dessa maneira, curvas de produção.

Assim, é possível constatar que povoamentos em regiões pouco produtivas, como no norte de Minas Gerais, apresentam estagnação da produção mais cedo, já aos quatro anos e, perda de árvore por morte em função da competição (BOTELHO, 1998).

2.7 Sobrevivência, danos e injurias em eucalipto em iLPF

Conhecer a probabilidade de sobrevivência de cada árvore ou espécie, a partir de análises de mortalidade, é essencial para representar a progressão da floresta, e do ponto de vista experimental, fundamental na análise do desempenho de diferentes materiais genéticos (BUCHMAN *et al.*, 1983).

Poucos são os dados relativos ao processo de mortalidade em povoamentos florestais, uma das maneiras de se obter tal informação é a partir do acompanhamento de parcelas permanentes e em pesquisas de longos períodos (CAREY *et al.*, 1994).

A mortalidade é então tratada, em inúmeros casos, de forma supositiva ou subjetiva, na ausência de dados confiáveis e contínuos para análises adequadas (HAMILTON JR., 1986). Por tais fatores, segundo o autor, a mortalidade permanece então como um dos

componentes das estimativas de crescimento e produção florestal menos compreendido nas análises.

De acordo com Carvalho (1997), a ocorrência dos complexos processos fisiológicos abarcados na mortalidade de árvores é conferida, principalmente, pelos seguintes fatores: parasitas e herbívoros; ataque de patógenos; condições edafoclimáticas adversas; solos muito ácidos ou pedregosos e idade.

Em relação ao crescimento inicial, associam-se aos fatores anteriormente apresentados o fator competição, que nesta fase do crescimento deve ser incluído como potencial a causar mortes. A necessidade por luz, nutrientes e espaço físico é contínua e qualquer redução abaixo das necessidades mínimas irá eventualmente levar a morte da árvore (VANCLAY, 1983, 1994a).

O fator abiótico de destaque é o déficit hídrico, podendo levar a seca das folhas nas extremidades para o centro e da ponta para o pecíolo, até a secagem completa das folhas causando amarelecimento das plantas, alterações no lenho e, ainda, escaldadura no caule (ALFENAS *et al.*, 2009).

Ainda segundo esses autores, até os três anos de idade, as plantas podem apresentar sintomas de déficit hídrico através de lesões foliares em forma de "V" invertido, encarquilhamento foliar e seca de ponteiros em parte dos galhos e da haste principal no terço superior, ou em toda sua extensão. Ressaltam também que plantas com déficit hídrico moderado, porém contínuo, podem apresentar crescimento reduzido, com arroxamento e queima foliar em face da deficiência de nutrientes, principalmente, macronutrientes.

Outro fator característico na região do Cerrado que pode causar danos e injúrias em eucaliptos são os cupins, podendo levar até a 80% de mortalidade das mudas plantadas em campo (WARDELL, 1987; NAIR e VARMA, 1985). E apesar de na maioria dos casos o cupim atacar plantas com até dois anos de idade, pode também causar danos a plantas mais velhas (WILCKEN e RAETANO, 1995). Eles destroem o sistema radicular e, ou, anelam o caule na região do coleto, gerando uma injúria característica que pode levar a morte das plantas (BERTI FILHO, 1993).

Outro fator biótico de destaque são as formigas cortadeiras, dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, principalmente na implantação e reformas das áreas de cultivo de eucalipto, sendo considerada a principal praga do reflorestamento no Brasil (OLIVEIRA *et al.*, 1993).

Também é comum na região norte de Minas Gerais a presença e ataque da abelha-arapuã, também conhecida por irapuã, irapuá ou arapuá (*Trigona spinipes*) pertencente à

ordem Hymenoptera, família *Apidae* (FALESI, 2011). Sua distribuição no Brasil ocorre desde o Ceará até o Rio Grande do Sul, sendo um inseto conhecido em culturas arbóreas como o mogno africano (*Khaya* sp.), pinus (*Pinus* sp.) e a bracatinga (*Mimosa scrabrella*) porém, para o gênero *Eucalyptus* ainda não há registros do seu ataque no Brasil (Camargo & Pedro, 2003).

A abelha retira das árvores filamentos fibrosos e exsudados resinosos, os quais constituem matérias-primas para a construção do seu ninho e sua alimentação. Esse ataque causado em plantas com 2 e 3 anos de idade pode levar a atrofia e brotação, podendo provocar de duas a três ramificações depreciando o tronco, principalmente se ocorrer abaixo dos 4 m de altura (PINHEIRO *et al.*, 2011). A forma de controle, segundo tais autores, se daria a partir da eliminação das colméias localizadas próximo ao plantio silvicultural. Segundo Piza Júnior (1993), esta abelha ataca preferencialmente espécies com alta concentração de substâncias resinosas, e seu ataque se concentra na gema apical, caule e ramos, sendo a resina extraída e utilizada para confecção dos ninhos.

O matocompetição causado pela presença de plantas invasoras em povoamentos florestais é um grande problema na implantação e manutenção de florestas de eucalipto, podendo levar prejuízos ao crescimento e produtividade, devido à competição por luz, nutrientes, água e espaço (PITELLI, 1987; PITELLI e MARCHI, 1991). Na silvicultura com eucalipto, o grau de interferência pode ser ligado a fatores tais como: espécie, densidade de plantio e espaçamento; à comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição); à época e extensão do período de convivência; condições edafoclimáticas e tratos culturais (PITELLI e KARAN, 1988).

As lianas, também chamadas de trepadeiras ou plantas parasitas, também causam danos ao crescimento inicial arbóreo, pois afetam a arquitetura da planta hospedeira, além de impedir a atividade cambial das árvores ao se lignificarem no caule, causar o estrangulamento e diminuição do valor comercial da madeira (WALTER, 1971).

Além dos fatores destacados anteriormente, em sistemas integrados de produção, o crescimento do eucalipto pode ser influenciado pelos componentes agrícolas e forrageiros. Estudando o efeito da densidade de *Panicum maximum* e *Brachiaria decumbens* sobre o crescimento inicial de *Eucalyptus grandis*, Dinardo *et al.*, (2003) e Toledo *et al.*, (2001) verificaram que estas espécies, interferem negativamente no crescimento do eucalipto a partir da densidade de 4 plantas/m².

2.8 Fixação de carbono pelo eucalipto em sistema de iLPF

Existem duas premissas em que se baseiam o sequestro de carbono através das atividades florestais. A primeira: o gás carbônico é um gás atmosférico que circula no mundo inteiro, assim as tentativas para diminuição dos GEE pelos ecossistemas florestais terão igual feito, sejam aplicados próximos a fonte emissora ou do outro lado do planeta. A segunda: através da fotossíntese a vegetação retira o gás carbônico da atmosfera, utilizado nos processos de metabolismo e crescimento vegetal. Dessa maneira, as plantas lenhosas fixam carbono na madeira e outros tecidos até sua morte e decomposição, quando o C poderá ser liberado na forma de gases ou ser incorporado como material orgânico no solo (COSTA *et al.*, 1997).

A partir dessas premissas abre-se a possibilidade do setor florestal se destacar no mercado de créditos de carbono, com agregação de valor em seus recursos e produtos (JACOVINE, *et al.*, 2008). Dessa maneira, o Brasil poderá se beneficiar em relação aos projetos de sequestro de carbono, pois já possui tecnologias e potencialidades que o difere dos demais (ROCHA, 2002).

Em culturas tradicionalmente implantadas no Brasil como o eucalipto, a fixação de carbono durante os ciclos de crescimento e produção florestal são representados pelo aumento da biomassa (LUGO; BROW, 1984). As florestas acumulam carbono através da remoção de CO₂ da atmosfera dinamicamente e, diferentemente de plantas de ciclos curtos que morrem e decompõem-se rapidamente, as árvores possuem ciclo de vida longo, acumulando carbono em sua biomassa (SEDJO *et al.*, 1998)

Segundo Odum (1986), a biomassa pode ser definida com a massa orgânica produzida por unidade de área. Sua medição é importante na avaliação de ecossistemas, em função de análises como de absorção e armazenamento de energia solar, produtividade, ciclagem de nutrientes, conversão de energia, dentre outros (CAMPOS, 1991; CARBONERA PEREIRA, *et al.*, 1997).

Florestas plantadas apresentam crescimento rápido, com enorme potencialidade de remover CO₂ da atmosfera, em função disso tem aumentado o interesse para a fixação de carbono nesses sistemas. O gênero *Eucalyptus*, de maneira geral, possui rápido crescimento e elevada taxa fotossintética, sendo bastante eficiente na dinâmica de C (TSUKAMOTO FILHO, 2004).

As dinâmicas nos estoques líquidos de carbono determinam se um ecossistema florestal, por exemplo, será um sumidouro ou fonte do carbono atmosférico (SEDJO, 2001).

O mesmo autor salienta, no entanto, que uma floresta jovem, que está crescendo aceleradamente, sequestra mais carbono do que uma floresta madura, porém esta atua como um reservatório, estocando carbono, mesmo que não esteja passando por um crescimento líquido.

O sistema agrossilvipastoril com eucalipto, no bioma Cerrado, em Minas Gerais, é uma alternativa de uso racional da terra, promovendo o incremento no estoque de carbono do sistema, em detrimento das pastagens extensivas, sendo mais eficientes que os tradicionais monocultivos florestais e agrícolas, pelo fato de ser formado por diferentes componentes e se beneficiar das interações entre eles (TSUKAMOTO FILHO *et al.*, 2004).

Segundo Paixão (2004), em Minas Gerais, em diversos trabalhos desenvolvidos foram encontrados teores médios de carbono no tronco de, aproximadamente, 46,8% em árvores de *Eucaliptus*, em monocultivo. O mesmo autor verificou, estudando a quantificação de estoque de carbono em um povoamento de eucalipto, com 6 anos de idade, que a maior parte estocada de C, em toneladas por hectare, está na parte aérea (67%) e que o fuste é o que mais contribui, em média, com o carbono da parte aérea (82%).

Tsukamoto Filho (2004), também apresentou em estudo com Eucalipto, com 11 anos de idade, em sistema agrossilvipastoril, que a maior quantidade de C estocado encontra-se na parte aérea das árvores (73%) e que o fuste é o que mais contribui com o C da parte aérea (81%), excluindo o litter. Para o mesmo estudo, porém com eucalipto com 4 anos de idade, foi verificado a fixação de C de 22 t/ha na madeira, o que significou o sequestro de 81 t/ha de CO₂ (1 t. de C = 3,66 t. CO₂).

A determinação técnica e científica da dinâmica de crescimento, da biomassa florestal, além do sequestro e da fixação de carbono são metodologias centrais para estimativas precisas que nortearão os projetos e acordos no mercado de créditos de carbono. Porém, como destaca Jacovine *et al.* (2008) evidenciar essa adicionalidade não é tarefa fácil, em função dos desafios em relação ao monitoramento do carbono. Soma-se a isso o problema em relação à baixa participação de pequenos produtores no mercado de carbono, em razão da burocracia e dos altos custos de transação. Porém, salientam os mesmos autores, o mercado ainda é incipiente e com o tempo espera-se que tais processos burocráticos e custos sejam minimizados efetivando, dessa maneira, o potencial do Brasil nesse mercado em função de suas terras, tecnologia e clima favorável ao plantio de eucalipto e, conseqüentemente, a venda de créditos de carbono.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização das áreas de estudo

O experimento foi implantado na Fazenda da Barra ($16^{\circ}38'44,02''$ S e $43^{\circ}42'43,77''$ O), localizada no município de Francisco Sá, norte de Minas Gerais, em área de transição entre os Biomas Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual (FIG. 1). A altitude média da área é de 590 metros e de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o índice pluviométrico anual assemelha-se ao da cidade de Montes Claros (situada a 15 km da área experimental) que varia entre 1.000 e 1.200 mm (GRAF. 1 e 2). O clima, segundo classificação de Köppen, é Aw, ou seja, clima tropical com estação seca de inverno, também chamado de clima tropical semiúmido ou de savana, com temperatura média anual entre 20 e 28°C.

Figura 1 - Localização da Fazenda da Barra, município de Francisco Sá, MG.

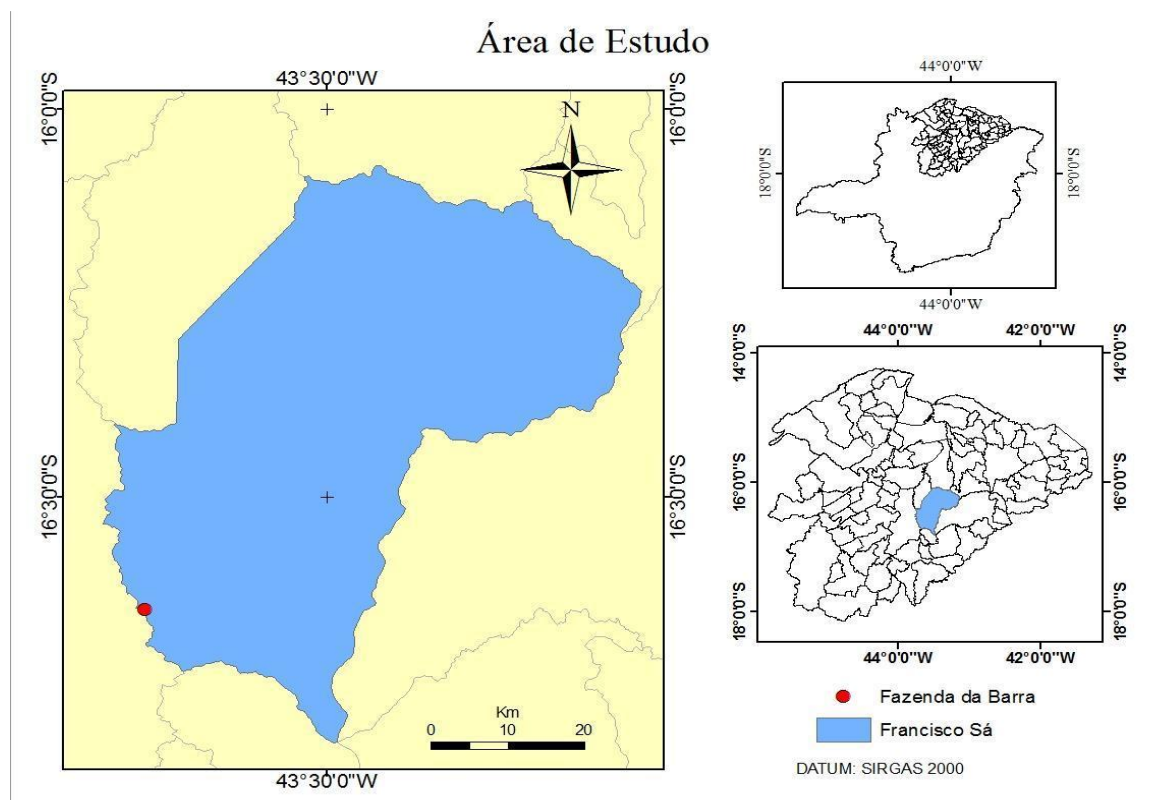
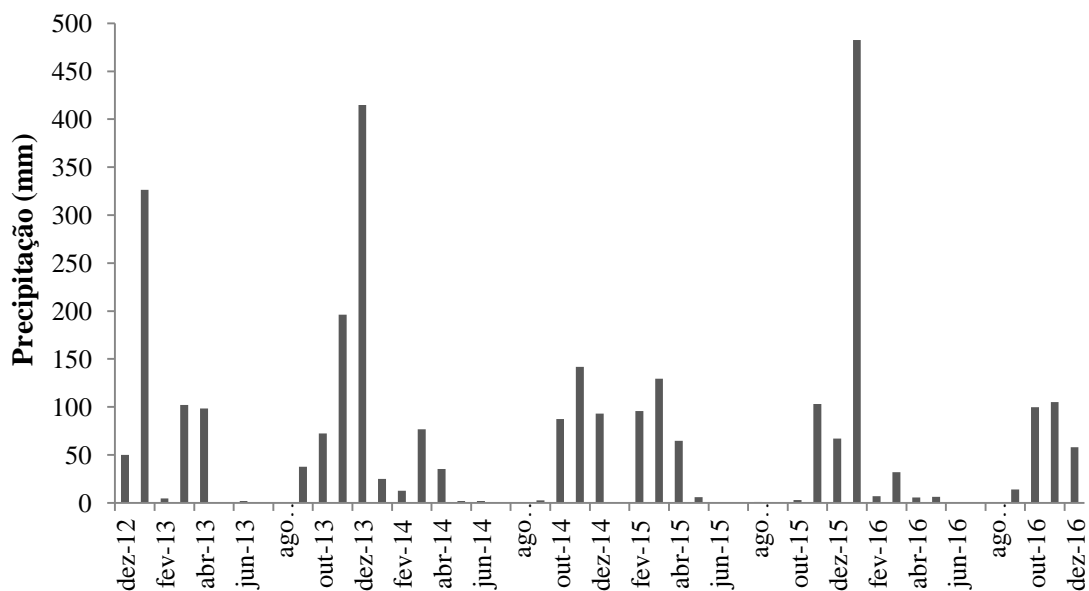
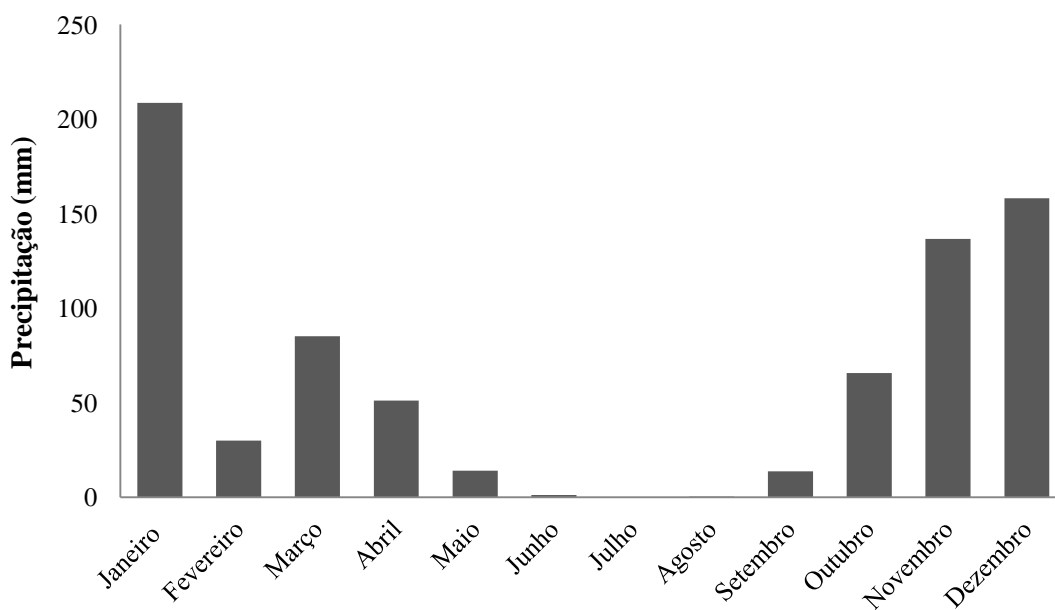


Gráfico 1 - Precipitação pluvial mensal entre os meses de dezembro de 2012 a dezembro de 2016, no município de Montes Claros, MG.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Gráfico 2 - Precipitação média mensal entre 2013 e 2016 no município de Montes Claros, MG.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), o solo da área em estudo é classificado como Cambissolo Háplico eutrófico, predominante argiloso, o que confere características de maior retenção de umidade, pouco espaço poroso e facilidade de compactação. As características químicas do solo na época do plantio são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas do solo nas camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade na área experimental de iLPF na Fazenda da Barra - MG.

Camada (cm)	pH (H ₂ O)	P mg/dm ³	K mg/dm ³	Al -----cmol/dm ³ -----	Ca	Mg	H+Al	T	V %	M.O. dag/kg
0 - 20	6,1	0,80	200	0	4,3	1,6	2,32	8,22	72	4,98
20 - 40	6,2	0,31	200	0	3,4	1,4	1,99	6,79	71	3,23

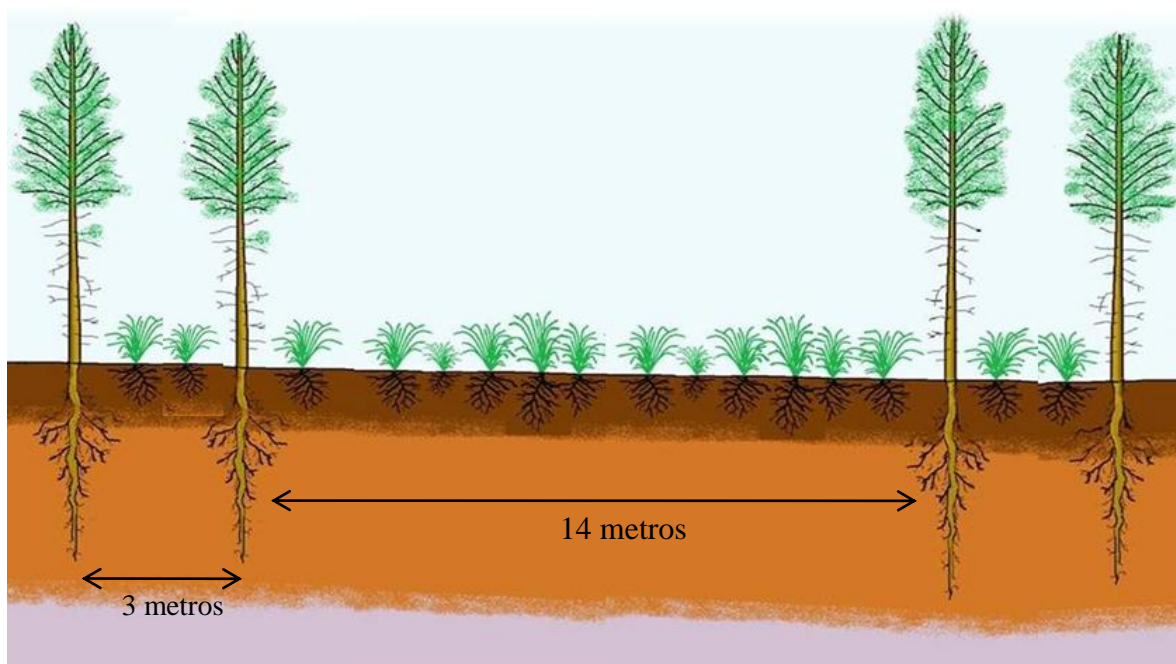
3.2 Escolha dos componentes e arranjo para implantação dos sistemas de iLPF

Os genótipos escolhidos para representarem o componente arbóreo foram: eucalipto *urograndis*, híbrido do *E. urophylla* x *E. grandis* (clone 3335) e, a espécie *E. cloeziana*, de forma que tal escolha foi realizada em função do rápido crescimento, da adaptação a períodos secos e do potencial de produção de madeira de qualidade para diversos fins. As mudas seminais do eucalipto *urograndis* e as mudas clonais do *E. cloeziana* foram adquiridas por viveiros particulares.

As culturas anuais utilizadas foram o sorgo (*Sorghum bicolor*) e a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, ambas escolhidas em função do potencial produtivo e da capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas da área de estudo.

O arranjo dos dois sistemas de iLPF foram definidos por meio de renques duplos de eucalipto com espaçamentos de 2 x 3m entre linhas e 14 metros nas aléias, com plantio realizado na orientação Leste-Oeste (FIG. 2).

Figura 2 - Arranjo espacial das áreas de aléias e dos renques duplos de eucalipto, em área de integração lavoura- pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.



3.3 Implantação e condução do Sistema de iLPF

O manejo da área experimental teve início em novembro de 2012 quando foi realizada a dessecação da pastagem de braquiária com 17 anos de idade com glifosato. Após a análise de solo houve aplicação de 190 g/cova de fosfato natural reativo. A adubação de arranque consistiu de aplicação de 120 g/planta de NPK (formulado 6-30-6) com micronutrientes (boro, zinco e cobre). As adubações de cobertura no primeiro e segundo ano foram também realizadas com NPK + micronutrientes nas mesmas dosagens citadas anteriormente.

O controle de formigas na área foi realizado antes da implantação do experimento com isca granulada e rondas periódicas após o plantio. O controle de cupim foi realizado com imersão das mudas de eucaliptos e das sementes de sorgo em solução do princípio Fipronil® e, quando necessário, por meio de irrigações direcionadas nas mudas transplantadas de eucalipto.

O plantio das mudas de eucalipto ocorreu em dezembro de 2012 em covas com 60 cm de diâmetro e 80 cm de profundidade. No total foram plantadas 833 mudas de *E. cloeziana* e 995 mudas de eucalipto *urograndis*. Neste mesmo mês houve o plantio direto do sorgo para ensilagem nas aléias dos eucaliptos, com adubação de NPK e ureia. No segundo ano, em

novembro de 2013, juntamente com o sorgo foi semeada a *Braquiaria brizanta* cv. Marandu e, após a segunda colheita do sorgo o sistema foi conduzido como silvipastoril (QUAD. 2).

Quadro 2 - Composição dos sistemas de iLPF implantados na Fazenda da Barra - MG.

Tratamentos	Total de mudas	Composição dos sistemas		
		ano 1	ano 2	anos 3 e 4
<i>E. cloeziana</i>	833	Ls + E.c	Ls + P + E.c	P + E.c
Eucalipto <i>urograndis</i>	995	Ls + E.u	Ls + P + E.u	P + E.u

Ls = lavoura de sorgo; E.c = *Eucalyptus cloeziana*; E.u = eucalipto *urograndis* e P = pastagem.

Em função das baixas precipitações no norte de Minas Gerais foram realizadas três irrigações nos tratamentos em fevereiro e início de março de 2013 aplicando, aproximadamente, 4 L de água/planta. O controle de plantas daninhas foi realizado com roçadeira frontal entre as plantas e, nas entrelinhas em abril de 2013, novembro de 2013, agosto de 2014, setembro de 2015 e outubro de 2016.

Após a primeira colheita mecanizada do sorgo, em maio de 2013, ocorreu um ataque severo de cupins nos renques do eucalipto *urograndis*, resultando no roletamento do caule a altura do coleto, na diminuição da área radicular e na mortalidade de plantas. O combate ao cupim foi efetivado nos tratamentos utilizando o princípio ativo Fipronil[®] diluído em água de acordo com a recomendação do fabricante, nas covas próximas às raízes das plantas no campo.

Ataques de abelha arapuã (*Trigona spinipes*) foram severos no *E. cloeziana*, causando danos como escarificação do caule e quebra na gema apical, culminando em bifurcações, ramificações e, em casos graves, na morte da planta. O controle mais efetivo foi realizado em outubro de 2014 com a queima dos ninhos encontrados.

A atividade de desrama nos dois tratamentos da área experimental foi realizada no mês de novembro de 2014, quando as plantas de eucalipto estavam com 23 meses de idade. Após verificação de intenso crescimento de galhos e ramificações foi realizado o trabalho de desrama com diâmetro mínimo de entrada, sendo de 5 cm de diâmetro na altura do peito (DAP) para o eucalipto *urograndis* e 3 cm (DAP) para o *E. cloeziana*. A altura máxima de poda foi de até 1/3 da altura total da planta, sendo as ferramentas usadas podões e serrotes.

3.4 Coleta de dados

Conforme descrito anteriormente, a área foi implantada em dezembro de 2012, compondo 3,2 ha de área total de iLPF. A área específica do componente florestal foi de 0,58 ha, onde foram transplantados os genótipos de *urograndis* e *E. cloeziana*. Foram estabelecidas para os dois tratamentos 24 parcelas retangulares de 336 m² distribuídas casualmente para medições periódicas, com inclusão de 24 árvores/parcela, totalizando 288 indivíduos/tratamento.

Os dados foram coletados aos 90 dias após o transplântio (DAT) (abril de 2013); aos 450 DAT (abril de 2014); aos 630 DAT (outubro de 2014), aos 1.020 DAT (novembro de 2015), aos 1.320 DAT (setembro de 2016) e aos 1.380 DAT (novembro de 2016). As variáveis foram avaliadas até os 46 meses de idade (QUAD. 3).

Quadro 3 - Cronograma das idas ao campo para coleta de dados na Fazenda da Barra - MG.

Discriminação	Dias após o transplântio	Data	Observações feitas
1ª Medição	90 DAT	Abril de 2013	DAS; Ht; DSD
2ª Medição	450 DAT	Abril de 2014	DAS; DAP; Ht; DSD
3ª Medição	630 DAT	Outubro de 2014	DAP; Ht; DSD
4ª Medição	1.020 DAT	Novembro de 2015	DAP; Ht; DSD
5ª Medição	1.320 DAT	Setembro de 2016	DAP; Ht; DSD
6ª Medição	1.380 DAT	Novembro de 2016	Cubagem Rigorosa

DAS = Diâmetro na altura do solo (cm); DAP = diâmetro na altura do peito (cm); Ht = altura total (m); DSD = danos, sintomas e debilidades.

3.4.1 Avaliação do crescimento inicial do eucalipto

As variáveis para as análises de crescimento inicial obtidas em campo consistiram em dados quantitativos, tais como: i) taxa de sobrevivência (S); ii) altura total (Ht), iii) diâmetro na altura do solo (DAS); iv) diâmetro na altura do peito (DAP) e; dados qualitativos, como

sintomas de ocorrência ou ataque de: a) formiga cortadeira; b) cupim; c) outros insetos; d) abelha; e) danos no fuste; f) doenças; g) déficit nutricional; h) estresse hídrico; i) matocompetição; j) planta bifurcada; l) planta ramificada; m) planta quebrada; n) trepadeira; o) seca de ponteiros; p) mudas mortas; e outras observações quando necessárias, seguindo a metodologia (EMBRAPA, 2014).

Apresenta-se a seguir uma breve caracterização das variáveis qualitativas analisadas:

- i. Formiga cortadeira (gêneros *Atta e Acromyrmex*): foram anotados quando observados a presença de indivíduos desse inseto em plantas de eucalipto ou na área da parcela;
- ii. Cupim: foram constatados e anotados ataques de cupins quando as plantas apresentaram: roetamento do caule a altura do coleto; e/ou observação da presença de cupins através de retirada e visualização das raízes de plantas mortas atacadas;
- iii. Abelha Arapuã (*Trigona spinipes*): foram anotados quando observados a presença de indivíduos ou grupos desse inseto em plantas de eucalipto;
- iv. Danos no fuste: esta observação foi anotada em plantas com presença do ataque da abelha arapuã, ou seja, plantas em que haviam ocorrido a cicatrização ou a presença da ferida característica causada pelo ataque;
- v. Doença: foram consideradas plantas doentes aquelas que apresentavam em época de coleta sintomas comuns a qualquer doença relatada na revisão de literatura;
- vi. Déficit nutricional: foram consideradas plantas com esse sintoma as que apresentaram especificidades foliares típicas e encontradas na literatura que configuram tais características fisiológicas;
Estresse hídrico: esta característica foi atribuída às plantas com as folhas de forma geral em tom amarelado e/ou avermelhado característico e/ou murchas, e em alguns casos com algumas folhas já secas e/ou pela presença de escaldadura no caule;
- viii. Matocompetição: foram consideradas pela presença de outras plantas nativas ou a própria forrageira, em um raio inicial de 50 centímetros no entorno do coleto ou base das plantas de eucalipto;
- ix. Bifurcação: foram consideradas aquelas que apresentavam a partir de algum ponto, a divisão do fuste, de forma que ambos se encontravam com altura semelhante e grau de importância para toda a planta;

- x. Ramificação: foram consideradas ramificadas as plantas que apresentavam pelo menos um galho destoante, fora do padrão dos demais galhos;
- xi. Planta quebrada: foram consideradas plantas quebradas aquelas em que o fuste principal se rompeu, quebrou ou tombou, não sendo consideradas plantas que apresentavam apenas galhos quebrados;
- xii. Trepadeira: foram consideradas nesta variável, plantas nativas que na época da coleta de dados estavam vivas e enroladas nos fustes dos eucaliptos, podendo causar defeitos nos mesmos, sendo também catalogadas como matocompetição;
- xiii. Seca de ponteiro: plantas com folhas no ápice da copa de forma geral em tom amarelado e/ou avermelhado característico, e/ou murchas, e em alguns casos com algumas folhas já secas.

A altura considerada foi a total (base da árvore até o topo da copa). Esta informação foi mensurada por meio de réguas dendrométricas e/ou hipsômetros. As variáveis DAS e DAP foram tomadas a 5 cm do solo e a 1,30 m, respectivamente, sendo obtidos por meio de paquímetro digital ou fita métrica. Foram consideradas como mortas falhas observadas (sem plantas) e as plantas totalmente secas e inviáveis.

3.4.2 Cubagem rigorosa

Para a realização da cubagem rigorosa pelo método destrutivo de Smalian (HUCH, 1993) foram selecionadas árvores amostras por classes de diâmetro previamente definidas no último inventário (4ª ocasião). Foram ainda coletados discos para posterior análises de densidade básica e espessura de casca. As cinco classes de diâmetro selecionadas para cada tratamento compreendiam todos os diâmetros, numa amplitude de 2,6 cm.

Após a identificação das árvores no campo selecionou-se 13 árvores por tratamento, de forma que as mesmas foram abatidas com o uso de motosserra a 10 cm do solo. Os diâmetros alvos foram: 10 cm, 30 cm, 50 cm, 70 cm, 1 m, 1,30 m, 2 m e, em seguida a cada metro, além das medidas de altura total e altura comercial no diâmetro até 4 cm.

3.4.3 Inventário florestal

Com os dados dos inventários florestais através de amostragem casual simples (ACS) para cada uma das quatro medições, com 15, 21, 34 e 46 meses de idade das plantas, foram

determinados os intervalos de confiança, principalmente, para volume (m³/ha), biomassa (t/ha), estoque de carbono (t/ha) e sequestro de CO₂ (t/ha) (EMBRAPA, 2014). A partir desses dados foram criadas as curvas de produção, de incremento corrente anual volumétrico (ICA) e incremento médio anual volumétrico (IMA) (SCOLFORO; MELLO, 2006).

Os volumes reais com casca foram obtidos por meio de cubagem rigorosa pelo método destrutivo e, posteriormente, foi realizado o ajuste de equação volumétrica pelo método de Shumacher e Hall (1933), para os dois tratamentos, sendo então definido o modelo logaritimizado:

$$\text{Ln } V = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln DAP} + \beta_2 \text{Ln Ht} + \varepsilon$$

Em que:

Ln = logaritmo neperiano;

V = volume, em m³;

β_0 ; β_1 e β_2 = parâmetros do modelo;

DAP = diâmetro a altura do peito, em cm; e

Ht = altura total, em m;

ε = erro aleatório.

3.4.4 Densidade básica

Para obtenção da densidade básica, seguiu-se a metodologia da NBR ISO 11941, proposta pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2003). Com os valores de massa úmida e seca, realizou-se o cálculo de densidade para as peças segundo a fórmula descrita abaixo:

$$D_b = \frac{M_3}{(M_2 - M_1)}$$

Em que:

D_b = densidade básica, em g/cm³;

M_3 = massa da amostra seca em estufa, em gramas;

M_2 = massa do recipiente com água e amostra imersa, em gramas;

M_1 = massa do recipiente com água, em gramas.

3.4.5 - Biomassa, estoque de carbono e sequestro de CO₂

Para obtenção da biomassa e do estoque de carbono nas árvores, primeiramente calculou-se a densidade e o volume total da árvore, representando a quantidade de biomassa por unidade de volume (EMBRAPA, 2014). A fórmula para cálculo da biomassa (kg) foi:

$$B_{seca} = V * D_b$$

Em que:

B seca = Biomassa seca, em kg;

V = Volume da árvore, em m³;

D_b = Densidade básica, em kg/m³.

A partir do valor de biomassa pode-se converter em carbono presente, onde se multiplicou o valor obtido por 0,5, que significa 50% da biomassa seca de lenho naquele indivíduo (IPCC, 1996).

Já em relação ao sequestro do dióxido de carbono (CO₂), este foi obtido através da multiplicação do valor de estoque de carbono presente por 3,66, pois, sabe-se que um átomo de C tem peso atômico de 12 e o oxigênio de 16, assim 1 tonelada de C corresponde a 3,66 t de CO₂ (NUTTO *et al.*, 2002).

3.5 Análises Estatísticas

As variáveis qualitativas, como as referentes aos sintomas, ocorrências e, ou ataques de pragas que causam danos e debilidades foram analisadas por intermédio da Matriz de Correlação de Pearson. Já as variáveis quantitativas como a altura e o diâmetro foram submetidas a análise de variância (ANOVA) sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste F (p<0,05). Em ambas as análises, qualitativas ou quantitativas, foram realizadas com o auxílio do R Development Core Team (2009).

Para comparação entre os genótipos e melhor compreensão dos fenômenos de crescimento e produção foram correlacionadas as análises dos dados quantitativos, qualitativos e de precipitação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento Inicial

4.1.1 Análise de Dados Qualitativos

Os fatores bióticos e abióticos que interferiram na sobrevivência, crescimento e produção estão apresentados na Tabela 2. Considerando todos os indivíduos avaliados (288 plantas/tratamento) as observações de outros insetos, doenças e plantas quebradas foram inferiores a 3% em cada época de avaliação, nos dois genótipos avaliados e estão apresentadas na tabela 14 (Apêndice).

No *E. cloeziana* verificou-se aos 450 dias após o transplante (DAT) (abril de 2014) a ocorrência de abelha arapuã em 31,9% das árvores, seguido de dano no fuste (20,5%), bifurcação (21,9%) e ramificação (10,1%). A abelha arapuã pode causar dano no fuste, ramificação e bifurcação em função do seu comportamento e do estresse provocado na planta. Neste genótipo também foi verificada a ocorrência de matocompetição (42,4%) e de plantas trepadeiras (39,6%) (TAB. 2).

Já no eucalipto *urograndis* houve ataque de cupim em 9% das plantas, além de ocorrência de matocompetição (24,7%) e de plantas trepadeiras (20,1%) (TAB. 2). O cupim é praga florestal e seu controle é fundamental, pois causa danos no sistema radicular e no coleto do caule, podendo levar a *déficits* nutricionais e hídricos, ou mesmo a morte. Este período de observação (abril de 2014) compreendeu o final do período chuvoso, com baixos índices pluviométricos e distribuição irregular de chuvas, com veranico nos meses de janeiro e fevereiro 2014 (GRAF. 1 e 2). Tais fatos justificam os danos e injúrias provocadas, principalmente, pela presença de insetos, como a abelha e o cupim, além da matocompetição e do elevado índice de plantas trepadeiras observado nos dois tratamentos.

Tabela 2 - Ocorrência de danos e injúrias (%), em diferentes épocas de avaliação, nos genótipos de *E. cloeziana* e *urograndis* cultivados em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, na Fazenda da Barra - MG.

Época	Tratamento	FO *2	CP	AB	DF	DN	EH	MC	BI	RA	TR	SP
450 DAT *1 (abril 2014)	<i>E. cloeziana</i>	0,0%	0,0%	31,9%	20,5%	0,0%	0,7%	42,4%	21,9%	10,1%	39,6%	0,0%
	<i>urograndis</i>	0,0%	9,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	24,7%	1,4%	5,2%	20,1%	0,0%
630 DAT (out. 2014)	<i>E. cloeziana</i>	0,0%	0,0%	39,2%	39,2%	0,0%	17,0%	42,4%	21,9%	30,6%	42,4%	0,0%
	<i>urograndis</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,3%	5,6%	2,1%	7,6%	5,2%	0,0%
1.020 DAT (nov. 2015)	<i>E. cloeziana</i>	0,0%	0,0%	0,0%	39,2%	0,0%	13,2%	3,8%	19,4%	25,7%	2,4%	9,0%
	<i>urograndis</i>	3,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	13,9%	5,2%	3,8%	0,3%	3,5%
1.320 DAT (set. 2016)	<i>E. cloeziana</i>	2,4%	3,5%	0,0%	55,9%	0,0%	24,0%	42,4%	31,9%	64,6%	15,3%	0,0%
	<i>urograndis</i>	1,0%	5,6%	0,0%	0,0%	25,3%	0,7%	39,9%	27,4%	32,6%	2,8%	0,0%

*1 DAT = dias após o transplantio. *2 FO = formiga; CP = cupim; AB = abelha arapuã; DF = dano no fuste; DN = déficit nutricional; EH = estresse hídrico; MC = matocompetição; BI = bifurcação; RA = ramificação; TR = trepadeiras; SP = seca de ponteiro.

Nesse mesmo período de observação (450 DAT) verificou-se, através da matriz de correlação, a relação entre o ataque de abelha arapuã, a ramificação e o dano no fuste no *E. cloeziana*. Da mesma forma, existiu correlação entre matocompetição e as trepadeiras nos dois genótipos avaliados (TAB. 3).

Tabela 3 - Matriz de correlação de dados (danos e injurias) coletados aos 450 DAT nos genótipos de *E. cloeziana* e *urograndis* cultivados em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

Observações	Tratamento	Ramificação	Dano no Fuste	Trepadeira
Abelha Arapuã	<i>E. cloeziana</i>	0,68 *	0,87 *	0,36 ns
	<i>Urograndis</i>	-	-	-
Matocompetição	<i>E. cloeziana</i>	0,23 ns	0,53 ns	0,92 *
	<i>Urograndis</i>	- 0,51 ns	-	0,84 *

* = Significativo pelo teste *t* ($p < 0,05$); ns = não significativo pelo teste *t* ($p < 0,05$).

Camargo & Pedro (2003) relataram a presença de abelha arapuã em cultivos arbóreos como o mogno africano, pinus e a bracatinga. Porém, assim como relatado nesse estudo para a espécie *E. cloeziana*, Pinheiro *et al.* (2011) observam ataques desta abelha na espécie *Khaya ivorensis*. De acordo com esses autores, a abelha retira filamentos fibrosos e exsudados resinosos das árvores para a construção do seu ninho e sua alimentação (FIG. 3 e 4). Esse ataque, quando causado em plantas com 2 e 3 anos de idade, pode levar a atrofia e brotação, provocando entre duas e três ramificações, depreciando o tronco, principalmente, se ocorrer abaixo dos 4 m de altura.

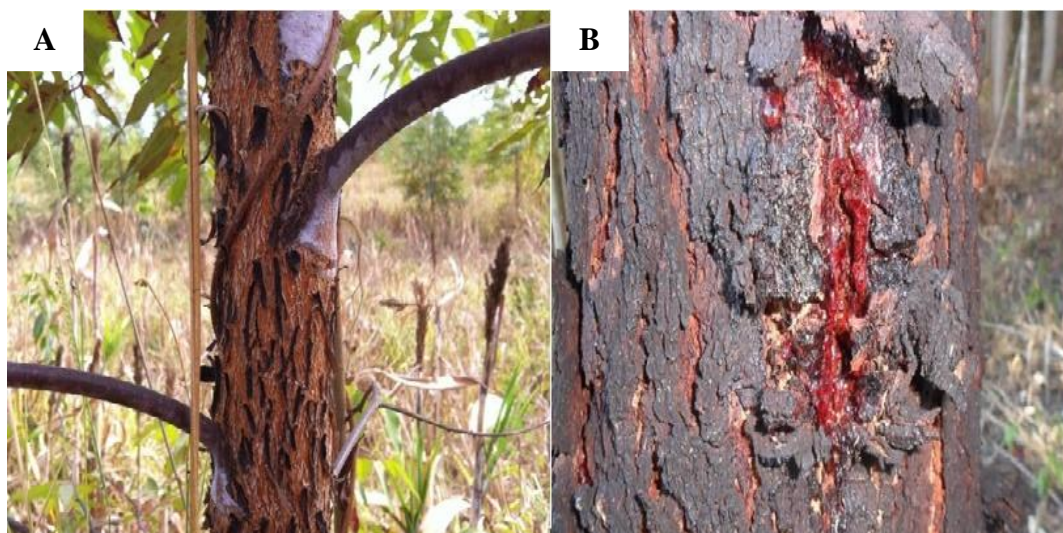
Figura 3- Ataque de *Trigona spinipes* em plantas de *E. cloeziana*, cultivado em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.



Fonte: Do autor.

Piza Júnior (1993) ressalta que a abelha arapuã ataca preferencialmente espécies com alta concentração de substâncias resinosas, e seu ataque se concentra na gema apical, caule e ramos, sendo a resina extraída e utilizada para confecção dos ninhos. Este fato pode ser explicado pela concentração elevada de substância resinosa no caule das plantas de *E.cloeziana* (FIG. 4), o que não é observado no híbrido urograndis.

Figura 4 - Cicatriz e liberação de exsudados resinosos provocados por ataque de abelha arapuã em caule de *E. cloeziana*, cultivado em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.



Fonte: Do autor.

Tais fatos contribuíram para a ramificação das plantas de *E. cloeziana*, conforme pode ser observado na Figura 5.

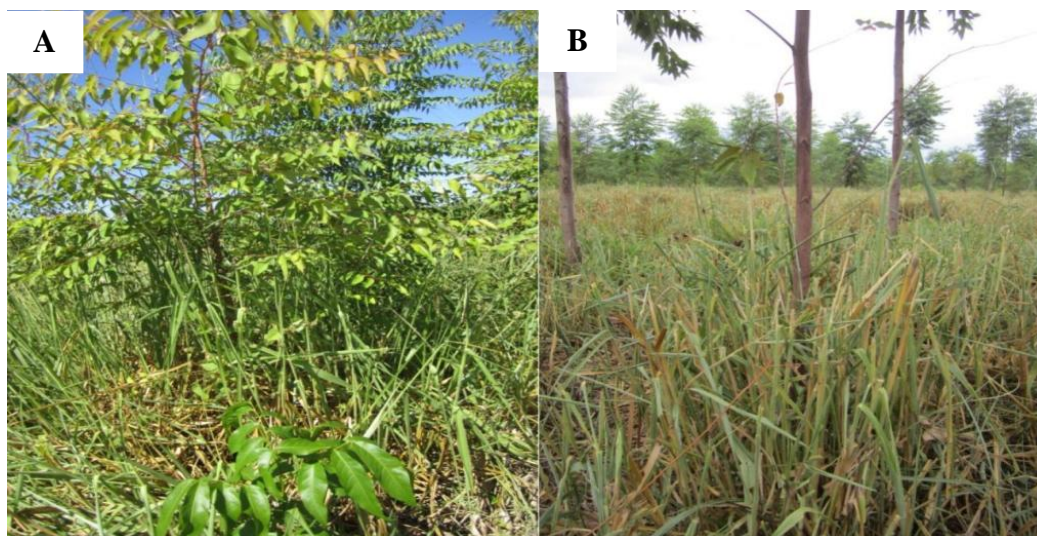
Figura 5 - Plantas ramificadas de *E. cloeziana* em área de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.



Fonte: Do autor.

O matocompetição (FIG. 6), causado pela presença de plantas invasoras em povoamentos florestais, é um grande problema na implantação e manutenção de florestas de eucalipto, podendo levar prejuízos ao crescimento e produtividade, devido à competição por luz, nutrientes, água e espaço (PITELLI, 1987; PITELLI e MARCHI, 1991). Estudando o efeito da densidade de *Brachiaria decumbens* sobre o crescimento inicial de *Eucalyptus grandis*, Dinardo *et al.*, (2003) e Toledo *et al.*, (2001) verificaram que estas espécies, interferem negativamente no crescimento do eucalipto a partir da densidade de quatro plantas/m².

Figura 6 - Plantas de eucalipto em competição com forrageiras e plantas nativas em área de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.



Fonte: Do autor.

As trepadeiras, também chamadas de lianas ou plantas parasitas, causam danos ao crescimento inicial arbóreo, pois afetam a arquitetura da planta hospedeira, além de impedir a atividade cambial das árvores ao se lignificarem no caule, causar o estrangulamento e diminuição do valor comercial da madeira (WALTER, 1971). Tais fatos foram observados nos dois genótipos de eucalipto avaliados (FIG. 7).

Figura 7 - Caule com cicatriz (A) e trepadeira envolvendo o dossel de plantas de eucalipto (B) em área de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.



Fonte: Do autor.

A segunda avaliação foi realizada em outubro de 2014 (630 DAT), final do período seco, época caracterizada por baixos índices pluviométricos na região de estudo (GRAF. 1). No genótipo *E. cloeziana* verificou-se a ocorrência da abelha arapuã em 39,2% das árvores, além de danos no fuste (39,2%), bifurcação (21,9%) e ramificação (30,6%). Também foi observada a ocorrência de estresse hídrico (17%), matocompetição (42,4%) e trepadeiras (42,4%). Já para o eucalipto *urograndis* observou-se sintomas de estresse hídrico em 7,3% das plantas, além de matocompetição (5,6%) e ramificação (7,6%) (TAB. 2).

Nesse mesmo período de observação (630 DAT) verificou-se através da matriz de correlação, a relação entre o estresse hídrico e a bifurcação no *urograndis*. Da mesma forma, existiu correlação entre matocompetição e as trepadeiras nos dois genótipos (TAB. 4).

Tabela 4 - Matriz de correlação de dados (danos e injúrias) coletados aos 630 DAT nos genótipos de *E. cloeziana* e *urograndis* cultivados em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

Observações	Tratamento	Trepadeira	Bifurcação
Matocompetição	<i>E. cloeziana</i>	1,0 *	0,54 ns
	<i>urograndis</i>	0,98 *	- 0,33 ns
Estresse hídrico	<i>E. cloeziana</i>	- 0,65 *	- 0,38 ns
	<i>urograndis</i>	- 0,06 ns	0,60 *

* = Significativo pelo teste *t* ($p < 0,05$); ns = não significativo pelo teste *t* ($p < 0,05$).

Aos 1.020 DAT (novembro de 2015) verificou-se a ocorrência de dano no fuste em 39,2% das árvores de *E. cloeziana*, além de bifurcação (19,4%), ramificação (25,7%) e seca de ponteiro (9%). Já no *urograndis* foi observada a ocorrência de matocompetição em 13,9% das árvores avaliadas (TAB. 2). Vale ressaltar que os cinco meses que antecederam a análise (entre junho e novembro 2015) houve baixos índices de precipitações, abaixo de 2 mm (GRAF. 1), fato que justifica o matocompetição e, principalmente, a ocorrência de seca de ponteiro.

A matriz de correlação de dados gerada aos 1.020 DAT mostra relação entre a ocorrência de estresse hídrico e a seca de ponteiro nos dois tratamentos avaliados (TAB. 5). Para o *urograndis* houve correlação entre a ocorrência de trepadeiras e estresse hídrico e ramificação, enquanto para o *E. cloeziana* houve correlação entre a ocorrência de trepadeiras e matocompetição.

Tabela 5 - Matriz de correlação de dados (danos e injúrias) coletados aos 1.020 DAT nos genótipos de *E. cloeziana* e *urograndis* cultivados em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

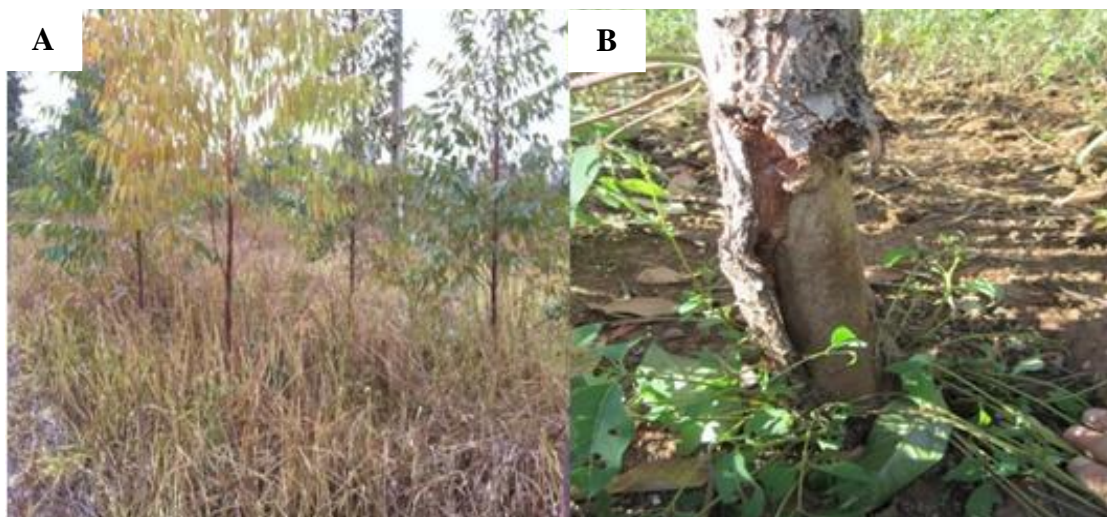
Observações	Tratamento	Trepadeira	Ramificação	Seca Ponteiro	Mato Competição
Estresse hídrico	<i>E. cloeziana</i>	- 0,10 ns	- 0,24 ns	0,84 *	- 0,42 ns
	<i>urograndis</i>	0,81 *	0,47 ns	0,63 *	0,14 ns
Trepadeira	<i>E. cloeziana</i>	-	0,29 ns	- 0,05 ns	0,79 *
	<i>urograndis</i>	-	0,66 *	0,36 ns	- 0,10 ns

* = Significativo pelo teste *t* ($p < 0,05$); ns = não significativo pelo teste *t* ($p < 0,05$).

Nas regiões de Cerrado, o fator abiótico de destaque é o déficit hídrico, podendo levar a seca das folhas nas extremidades para o centro e da ponta para o pecíolo, até a secagem completa das folhas, causando amarelecimento das plantas, alterações no lenho, seca de ponteiro e, ainda, escaldadura no caule (ALFENAS *et al.*, 2007).

Nesse estudo, aos 1.020 DAT verificou-se a correlação entre o estresse hídrico, em ambos os genótipos analisados e a seca de ponteiro. Tal correlação é comum no gênero eucalipto em função do déficit nutricional ocorrer, principalmente, em período de seca, ou de baixa precipitação, mesmo com disponibilidade de macro e micronutrientes no solo (FIG. 8).

Figura 8 - Planta de *E. cloeziana* com sintoma de estresse hídrico (A) e escaldadura do caule (B), em área de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.



Fonte: Do autor.

Até os três anos de idade, as plantas podem apresentar sintomas de déficit hídrico através de lesões foliares em forma de "V" invertido, encarquilhamento foliar e seca de ponteiros em parte dos galhos e da haste principal no terço superior, ou em toda sua extensão (ALFENAS *et al.*, 2009). Os mesmos autores ressaltam que plantas com déficit hídrico moderado, porém contínuo, podem apresentar crescimento reduzido, com arroxamento e queima foliar em face da deficiência de nutrientes, principalmente, macronutrientes.

Aos 1.320 DAT (setembro de 2016) verificou-se aumento na ocorrência de dano no fuste no *E. cloeziana*, atingindo 55,9% das plantas avaliadas. Além disso, houve aumento do número de plantas bifurcadas (31,9%) e ramificadas (64,6%). Foram também observados matocompetição (42,4%), trepadeira (15,3%) e estresse hídrico (24%). Já para o *urograndis* foram verificados a ocorrência de cupim (5,6%), déficit nutricional (25,3%), matocompetição (39,9%), bifurcação (27,4%) e ramificação (32,6%). Os sete meses que antecederam a avaliação de campo, entre fevereiro e setembro de 2016, todos os registros de precipitações foram abaixo de 7 mm (TAB. 2). Tais fatos justificam as observações nos genótipos avaliados, sobretudo a ocorrência de estresse hídrico, matocompetição e déficit nutricional.

A matriz de correlação gerada aos 1.320 DAT mostra relação entre matocompetição e dano no fuste e, entre trepadeira e bifurcação no *E. cloeziana* (TAB. 6). Da mesma forma, houve correlação entre matocompetição e ramificação, e entre déficit nutricional e ramificação no eucalipto *urograndis*.

Tabela 6 - Matriz de correlação de dados (danos e injurias) coletados aos 1.320 DAT nos genótipos de *E. cloeziana* e *urograndis* cultivados em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

Observações	Tratamento	Dano no Fuste	Ramificação	Bifurcação
Matocompetição	<i>E. cloeziana</i>	0,73 *	0,24 ns	0,05 ns
	<i>urograndis</i>	-	0,70 *	0,38 ns
Trepadeira	<i>E. cloeziana</i>	- 0,24 ns	0,48 ns	0,62 *
	<i>urograndis</i>	-	0,51 ns	- 0,20 ns
Déficit Nutricional	<i>E. cloeziana</i>	-	-	-
	<i>urograndis</i>	-	0,63 *	0,30 ns

* = Significativo pelo teste t ($p < 0,05$); ns = não significativo pelo teste t ($p < 0,05$).

Ao realizar análise de correlação dos dados qualitativos de todas as observações realizadas (450, 630, 1.020 e 1.320 DAT) verificou-se interação significativa entre os danos no fuste e a ramificação no *E. cloeziana* (TAB. 7). Da mesma forma, existiu interação entre a ramificação e a bifurcação no *urograndis*.

Tabela 7 - Matriz de correlação de dados (danos e injurias) coletados aos 450, 630, 1.020 e 1.320 DAT nos genótipos de *E. cloeziana* e *urograndis* cultivados em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

Observações	Tratamento	Ramificação	Bifurcação
Dano no Fuste	<i>E. cloeziana</i>	0,96 *	0,71 ns
	<i>urograndis</i>	-	-
Ramificação	<i>E. cloeziana</i>	-	0,88 ns
	<i>urograndis</i>	-	0,97 *

* = Significativo pelo teste t ($p < 0,05$); ns = não significativo pelo teste t ($p < 0,05$).

Conforme apresentado anteriormente a abelha arapuã causou ramificação e danos no fuste do *E. cloeziana* já aos 450 DAT, ou seja, as plantas estavam em crescimento inicial o que ocasionou danos e debilidades futuras. Assim, pode-se inferir que a abelha ao causar dano no fuste para a retirada de resina e exsudados causou também, estresse à planta levando-a a emissão

de ramos laterais. Além disso, outros fatores como estresse hídrico, matocompetição e trepadeira comprometeram o desenvolvimento desse genótipo na área avaliada (FIG. 8, 6 e 7).

4.1.2 Análise de Dados Quantitativos

O *Eucalyptus cloeziana* e o *urograndis* não apresentaram diferenças significativas quanto ao diâmetro na altura do solo (DAS) e altura total (Ht) das plantas aos 90 dias após o transplântio (DAT), segundo a ANOVA (TAB. 9). Resultados semelhantes aos encontrados nessa pesquisa foram apresentados por Pulrolnik *et al.* (2010) em estudo realizado com *E. cloeziana* e *urograndis* em sistema iLPF, no bioma Cerrado, para as mesmas variáveis avaliadas aos 50 DAT. Porém, nos dois tratamentos avaliados foram verificadas diferenças em todos os parâmetros observados (S, DAS, DAP e Ht) aos 450, 630, 1.020 e 1.320 DAT (TAB. 8 e 9).

Tabela 8 - Porcentagem de sobrevivência (S) dos genótipos de *E. cloeziana* e *urograndis* cultivados em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

Tratamentos	Sobrevivência (%)				
	90 DAT	450 DAT	630 DAT	1.020 DAT	1.320 DAT
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	94,1 %	86,8 %	84,7 %	80,6 %	80,6 %
Eucalipto <i>urograndis</i>	90,1 %	67,4 %	67,4 %	66,7 %	66,7 %

DAT: dias após o transplântio.

O *E. cloeziana* apresentou taxas de sobrevivências de 94,1% aos 90 DAT e, estas porcentagens decresceram, acentuadamente, aos 450 DAT, chegando aos 86,8 % (TAB. 8). No período entre abril e outubro de 2014, ocorreu um severo ataque de abelha arapuã associado à elevada competição com plantas daninhas (TAB. 2) e, também, ao longo desse período foi verificado veranico em janeiro e fevereiro de 2014 (GRAF. 1). Assim, as principais causas possíveis da mortalidade dessa espécie foram: época tardia de plantio (final de dezembro de 2012), matocompetição, ataque severo de abelhas arapuã e ocorrência de veranico.

Nas avaliações entre os 450 e os 1.320 DAT o *E. cloeziana* manteve declínio em sua taxa de sobrevivência, com decréscimo de 6,2% (TAB. 6). Esse intervalo de tempo compreendeu três períodos de estação seca na região de estudo (GRAF. 1), sinalizando uma continuidade da

mortalidade em período de elevado estresse hídrico. Dessa maneira, as principais causas possíveis dessa mortalidade foram: o contínuo ataque da abelha arapuã causando ramificações e bifurcações com potencial estresse da planta, a ocorrência de matocompetição, a presença de trepadeiras e o estresse hídrico.

Espaçamentos de plantio mais amplos e espécies florestais com copas menores favorecem a radiação solar no sub-bosque, aumentando a competitividade, o crescimento e a infestação de plantas daninhas (SANTOS *et al.*, 2012). De acordo com Santos *et al.* (2010), o controle da interferência das plantas daninhas deve ser realizado continuamente, com aplicação dirigida de herbicida ou, principalmente, capina manual. Já em relação a época de plantio, o mesmo deve ser realizado no início do período chuvoso para aumentarem as chances de sucesso da implantação do sistema integrado de produção (GOMES *et al.*, 2010).

O eucalipto *urograndis* apresentou taxa de sobrevivência de 90,10% aos 90 DAT (março de 2013) decrescendo, abruptamente, aos 450 dias (abril de 2014), chegando aos 67,4% de plantas vivas (TAB. 8). Nesse período, principalmente após a colheita do sorgo em março de 2013, ocorreu um severo ataque de cupins nesse híbrido, associado à elevada interferência de plantas daninhas. Realizou-se, antes do plantio e após verificação do ataque, o combate ao cupim nos dois tratamentos, utilizando o inseticida com princípio ativo Fipronil. No entanto, os danos, debilidades e as mortalidades já haviam ocorridos ou estavam em curso quando o controle foi realizado.

As avaliações de campo entre os 450 e 1.320 DAT mostraram que o eucalipto *urograndis* manteve sua taxa de sobrevivência praticamente inalterada, com decréscimo de apenas 0,7% (TAB. 8). Como relatado anteriormente, esse período foi marcado por baixos índices pluviométricos na região de estudo (GRAF. 1), sinalizando que esse híbrido obteve uma baixa mortalidade em período de elevado estresse hídrico. Dessa maneira, as principais causas de mortalidade no eucalipto *urograndis* foram: baixa qualidade das mudas, a época tardia de plantio, o ataque severo de cupim e o matocompetição.

Segundo Gomes *et al.* (2010), o sucesso na adoção de sistemas consorciados está também relacionado ao correto manejo de plantas daninhas e pragas. Para promover o bom crescimento do eucalipto, é necessário manter uma faixa de controle de forrageira durante o primeiro ano de cultivo como o coroamento, por exemplo, fornecendo condições favoráveis ao crescimento inicial das árvores de eucalipto (SANTOS, *et al.* 2012).

Comparativamente, aos 1.320 DAT (setembro de 2016), a taxa de sobrevivência do *E. cloeziana* foi 13,9% maior do que do eucalipto *urograndis* (TAB. 8). Este resultado pode ser atribuído, principalmente, a resistência da espécie ao ataque de cupim, pois não existiu visualização desse inseto e nem danos característicos observados até os 1.020 DAT.

Em relação aos parâmetros de crescimento, aos 450 DAT o eucalipto *urograndis* apresentou maior diâmetro na altura do solo (DAS) do que o *E. cloeziana*. Já em relação ao diâmetro na altura do peito (DAP) tal crescimento foi maior aos 450, 630, 1.020, 1.320 DAT (TAB. 9). Este resultado pode ser atribuído, principalmente, aos danos e debilidades ocorridos no *E. cloeziana* em função do contínuo ataque da abelha arapuã, como ramificações e bifurcações, ao matocompetição e ao potencial ganho genético do híbrido e do clone *urograndis* em relação a adaptação edafoclimática.

Tabela 9 - Valor do diâmetro a altura do solo (DAS), a altura do peito (DAP) e altura total (Ht) dos genótipos de *E. cloeziana* e *urograndis* cultivados em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

Parâmetros	DAT *	<i>E. cloeziana</i>	<i>E. urograndis</i>
DAS	90	1,12 a	1,19 a
	450	4,10 b	5,19 a
DAP	450	2,48 b	3,47 a
	630	2,78 b	4,25 a
	1.020	5,29 b	7,96 a
	1.320	7,07 b	10,09 a
Ht	90	1,11 a	1,04 a
	450	3,21 b	4,38 a
	630	3,40 b	4,83 a
	1.020	5,45 b	9,37 a
	1.320	7,64 b	12,06 a

* DAT: dias após o transplântio. Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste F (p-valor < 5%).

Entre os 450 e 630 DAT, período de estação seca entre os meses de abril a outubro de 2014 (GRAF. 1), verificou-se um incremento médio de apenas 0,30 cm no DAP no *E. cloeziana*. Já o eucalipto *urograndis* obteve um incremento de 0,78 cm no DAP nesse mesmo período (TAB. 9).

O eucalipto *urograndis* apresentou maior crescimento em altura aos 450, 630, 1.020 e 1.320 dias após o transplântio. Aos 450 DAT esse crescimento chegou a ser, em média, 1,17 m a mais do que o *E. cloeziana*. Já aos 630 e 1.020 DAT, tais crescimentos superiores foram de 1,43

e 3,93 m, respectivamente, ou seja, também foi observado um maior incremento em altura do eucalipto *urograndis* nos períodos de seca.

Em relação ao eucalipto é desejável que se utilizem clones bem adaptados às condições edafoclimáticas locais, produtivos e de qualidade de madeira superior para fins de usos múltiplos (MACEDO; DO VALE; VENTURIN, 2010).

Estudando o crescimento de *E. cloeziana* e *urograndis* em região de Cerrado, Pulronik *et al.* (2010) encontraram maiores valores de DAP e Ht do que no presente estudo. Aos 540 DAT, para as mesmas variáveis avaliadas, os autores encontraram DAP de 1,14 cm e 2,42 cm superiores para *urograndis* e *E. cloeziana*, respectivamente. Já para Ht, os dados apresentados foram 1,42 m e 3,06 m superiores, respectivamente para *urograndis* e *E. cloeziana*. Porém, vale ressaltar que os índices pluviométricos na região de estudo de Pulronik *et al.* (2010) foram mais elevados e melhores distribuídos do que na região do presente estudo, o que influencia diretamente nas taxas de crescimento dos genótipos avaliados. Comparativamente, o *E. cloeziana* foi bem mais afetado pela frequência e distribuição das chuvas do que o híbrido *urograndis*.

Tais valores em DAP e Ht verificados tanto no eucalipto *urograndis* quanto no *E. cloeziana* podem ser explicados, conforme anteriormente mencionado, em função, principalmente, da baixa qualidade de mudas, do plantio tardio, dos baixos índices pluviométricos e sua distribuição no período (GRAF. 1 e 2), além dos problemas já relatados como matocompetição, ataques de abelha arapuã (*cloeziana*), e cupim (*urograndis*).

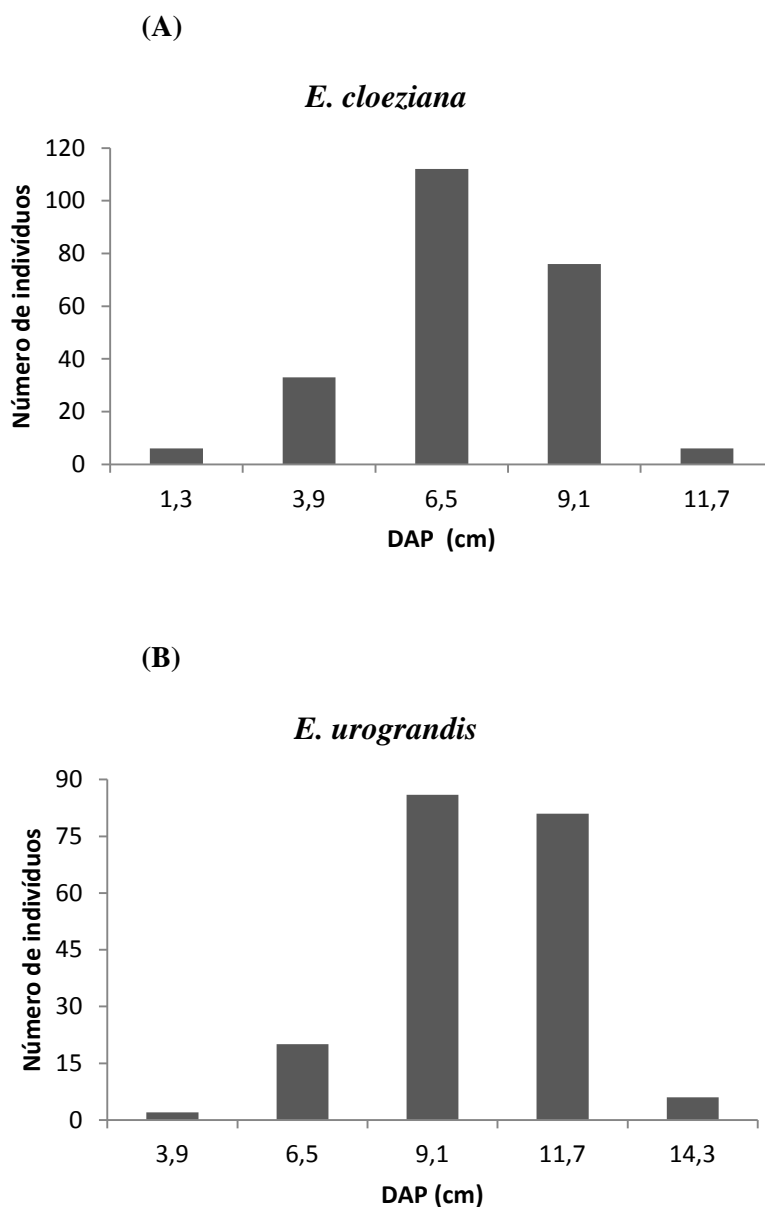
Ressalta-se que estudos complementares são necessários para avaliar o ataque da abelha arapuã e do cupim em relação aos danos, debilidades e mortalidades no *E. cloeziana* e no eucalipto *urograndis*, respectivamente.

4.2. Crescimento e Produção

4.2.1. Determinação do volume e biomassa florestal

A cubagem rigorosa de 13 árvores amostra por tratamento, com cinco classes de diâmetros (GRAF. 3), apresentou volume médio real com casca de 0,0204 m³/ha e 0,0477 m³/ha, com fatores de forma de 0,48 e 0,46 para o *E. cloeziana* e o eucalipto *urograndis*, respectivamente.

Gráfico 3 - Classes de diâmetro do *E. cloeziana* (A) e *urograndis* (B) para definição e seleção das árvores a serem cubadas na Fazenda da Barra - MG.



As equações volumétricas, segundo modelo de Shumacher e Hall, foram ajustadas para os dois tratamentos, como se seguem:

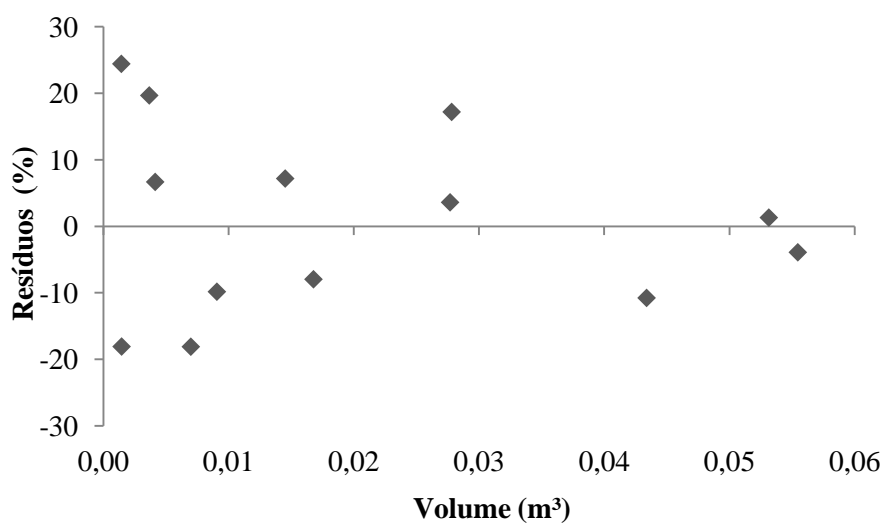
- Fuste (com casca) do *E. cloeziana* (GRAF. 4):

$$\ln V = -10,156634 + 2,079029 \ln \text{DAP} + 0,894255 \ln \text{Ht}$$

$$\text{Syx} (\%) = 3,3\%$$

$$R^2 = 98,6\%$$

Gráfico 4 - Dispersão dos resíduos percentuais para a equação volumétrica do *E. cloeziana* em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.



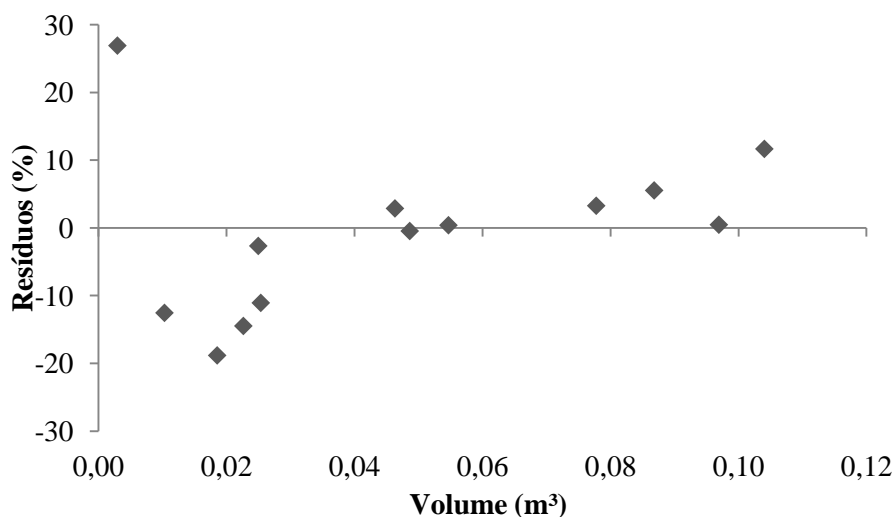
- Fuste (com casca) do eucalipto *urograndis* (GRAF. 5):

$$\ln V = -10,657447 + 2,104257 \ln \text{DAP} + 1,083741 \ln \text{Ht}$$

$$\text{Syx (\%)} = 4,1 \%$$

$$R^2 = 98,1\%$$

Gráfico 5 - Dispersão dos resíduos percentuais para a equação volumétrica do *urograndis* em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.



A biomassa (t/ha) foi determinada multiplicando-se os valores dos volumes pela densidade básica média da madeira, que foi de 594 kg/m³ para o *E. cloeziana* e de, 471 kg/m³ para o eucalipto *urograndis* (TAB. 10 e 11).

Tabela 10 - Densidade média básica (mm), em relação às classes de diâmetros, do *E. cloeziana* em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

Árvore média	Classe de diâmetro	DAP (cm)	Média/árvore (mm)
T1 A1	2	4,50	0,571
T1 A2	3	6,40	0,550
T1 A3	4	9,70	0,631
T1 A4	5	11,90	0,624

Tabela 11 - Densidade média básica (mm), em relação as Classes de Diâmetros, do *urograndis* em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

Árvore média	Classe de diâmetro	DAP (cm)	Média/árvore (mm)
T2 A1	2	6,84	0,427
T2 A2	3	8,91	0,461
T2 A3	4	11,46	0,493
T2 A4	5	14,07	0,503

Apresenta-se a seguir dados de produções em volume, biomassa, carbono estocado e sequestro de CO₂ ao longo do tempo, dos fustes dos eucaliptos *cloeziana* e *urograndis* em sistema agrossilvipastoril, no norte de Minas Gerais.

A Tabela 12 e o Gráfico 6 apresentam o volume do fuste, com casca, dos eucaliptos em sistemas agrossilvipastoris. Na idade de 46 meses, isto é, com 3,83 anos, o incremento volumétrico foi de 9,29 m³/ha no *E. cloeziana* e 23,49 m³/ha no *urograndis*. O incremento corrente anual (ICA) foi de 5,33 m³/ha e 12,04 m³/ha e, o incremento médio anual (IMA) foi de 2,42 m³/ha e 6,12 m³/ha para o *cloeziana* e *urograndis*, respectivamente (TAB. 12). Tais incrementos continuam em crescimento ascendente (GRAF. 7 e 8), não sendo possível gerar uma equação para estimativa futura do volume e da biomassa. Assim, será necessário a continuidade dos inventários florestais, para posterior modelagem da curva de produção, gerando estimativas futuras de dinâmica de crescimento e produção dos genótipos em sistema de iLPF.

Tabela 12 - Produção em volume (m³/ha) ao longo do tempo, dos eucaliptos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

Idade (anos)	Volume (m ³ /ha)		ICA(m ³ /ha)		IMA(m ³ /ha)	
	<i>E. cloeziana</i>	<i>urograndis</i>	<i>E. cloeziana</i>	<i>urograndis</i>	<i>E. cloeziana</i>	<i>urograndis</i>
1,25	0,5925	1,0366	-	-	0,4740	0,8293
1,75	0,7836	1,7979	0,1910	0,7613	0,4478	1,0274
2,83	3,9674	11,4467	3,1838	9,6488	1,4002	4,0400
3,83	9,2974	23,4920	5,3300	12,0454	2,4254	6,1284

Gráfico 6 - Volume dos eucaliptos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

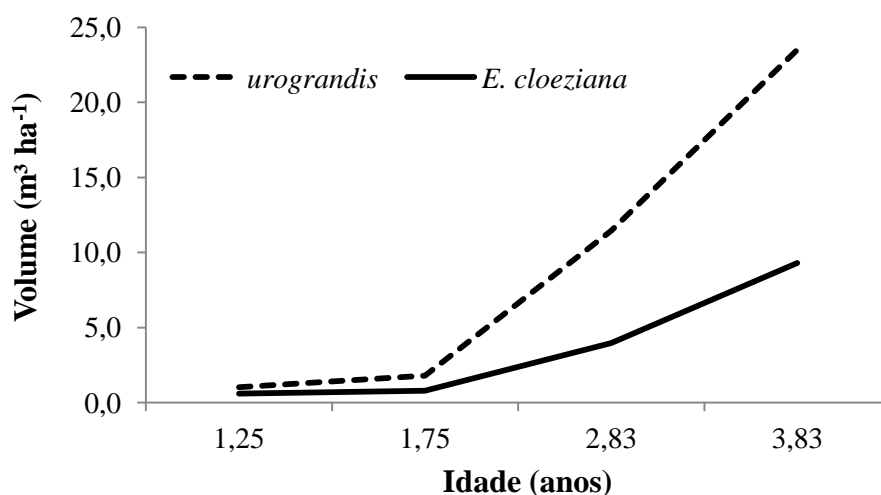


Gráfico 7 - Incremento corrente anual (ICA) do volume dos eucaliptos em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

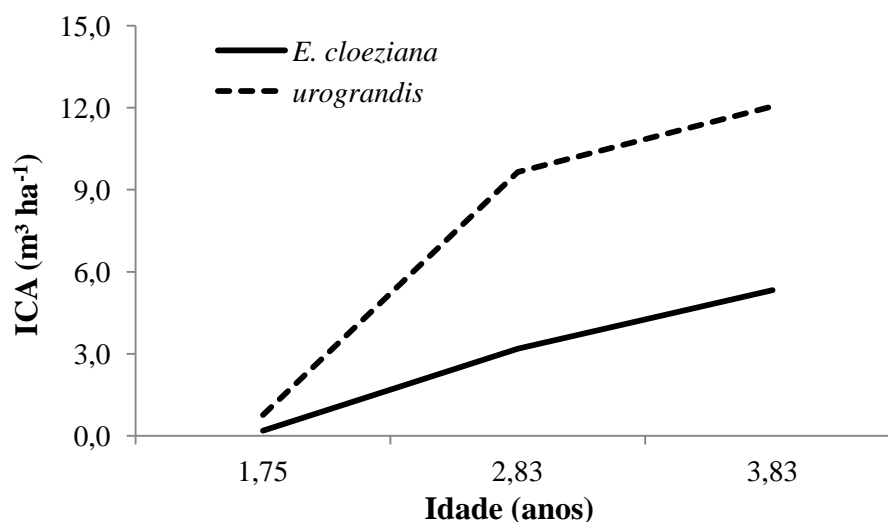
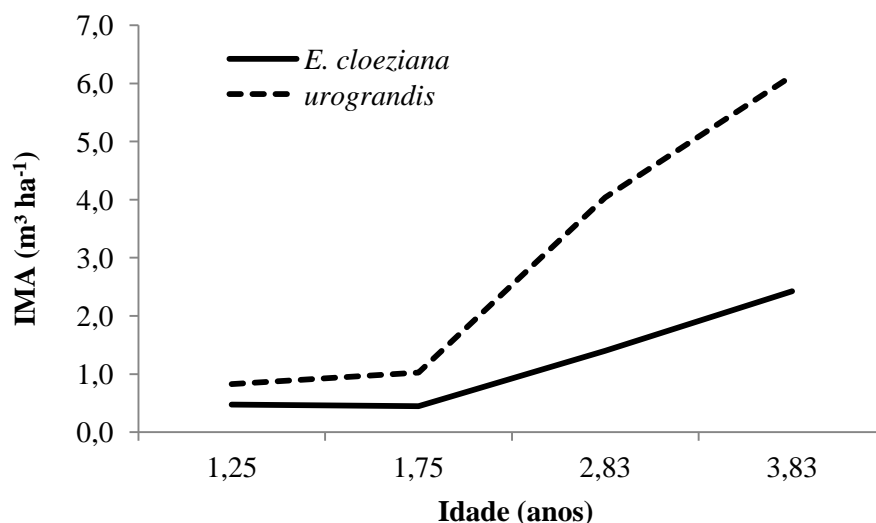


Gráfico 8 - Incremento médio anual (IMA) do volume dos eucaliptos em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

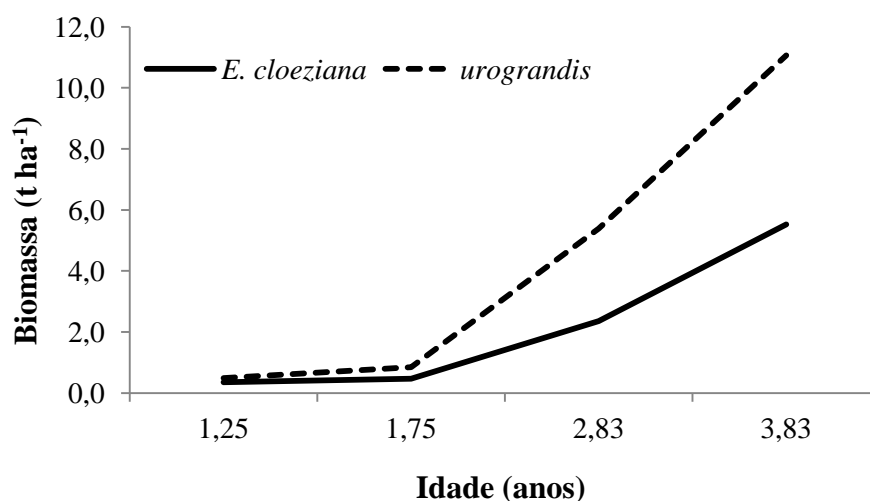


A Tabela 13 e o Gráfico 9 apresentam a biomassa dos eucaliptos, com casca, em sistemas de iLPF. Na idade de 3,83 anos, verifica-se o incremento em biomassa de 5.522,65 kg/ha no *E. cloeziana* e 11.064,74 kg/ha no *urograndis*. O ICA foi de 3.166,04 kg/ha e 5.673,36, e o IMA foi de 1.440,69 kg/ha e 2.886,45 kg/ha para o *cloeziana* e *urograndis*, respectivamente.

Tabela 13 - Produção em biomassa (kg/ha), ao longo do tempo, dos eucaliptos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

Idade (anos)	Biomassa (kg/ha)		ICA(kg/ha)		IMA(kg/ha)	
	<i>E. cloeziana</i>	<i>urograndis</i>	<i>E. cloeziana</i>	<i>urograndis</i>	<i>E. cloeziana</i>	<i>urograndis</i>
1,25	351,97	488,24	-	-	281,58	390,59
1,75	465,44	846,81	113,47	358,57	265,97	483,89
2,83	2.356,61	5.391,38	1.891,17	4.544,57	831,75	1.902,84
3,83	5.522,65	11.064,74	3.166,04	5.673,36	1.440,69	2.886,45

Gráfico 9 - Biomassa dos eucaliptos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.



Ladeira *et al* (2001) avaliaram a produção em biomassa no fuste, na espécie *E. urophylla* com 3,4 anos de idade, na região de Três Marias - MG, com espaçamento de 3 x 4 m. Os autores encontraram incremento de 21,6 t/ha, valor superior aqueles encontrados no presente estudo. Tsukamoto Filho (2004) também encontrou incremento em biomassa no fuste de aproximadamente 40 t/ha em clones de híbridos de eucalipto (*Eucalyptus* spp.), com 10 x 4 m de espaçamento, em sistema agrossilvipastoril, com 4 anos de idades, na região de Paracatu, MG.

Esperava-se maior produtividade em volume e, conseqüentemente, em biomassa considerando as idades dos genótipos, o espaçamento do sistema agrossilvipastoril e em relação ao efeito residual das adubações realizadas na cultura agrícola do sorgo e na pastagem de braquiária que, indiretamente, beneficiou os eucaliptos. Porém, em regiões de cerrado, a tendência das árvores é alocar mais biomassa no sistema radicular nos anos iniciais, posteriormente, com o passar dos anos, a proporção de biomassa na madeira aumenta (PEREIRA *et al.*, 1984). Da mesma maneira, Tsukamoto Filho (2004), apresentou que a proporção entre biomassa da raiz e da madeira decrescem com o aumento da idade. Moraes (1988), Molica (1992) e Soares (1995) mostraram que em povoamentos de eucalipto a madeira contribui com o maior percentual de biomassa para parte aéreas das árvores.

Tais valores em relação ao volume e biomassa verificados tanto no eucalipto *urograndis* quanto no *E. cloeziana* podem ser explicados, conforme anteriormente mencionado, em função, principalmente, da baixa qualidade de mudas, do plantio tardio, dos baixos índices pluviométricos e a distribuição no período (GRAF. 1 e 2), matocompetição, ataques de abelha arapuã (*E. cloeziana*) e cupim (eucalipto *urograndis*).

No *urograndis* foi observada uma produção de biomassa duas vezes maior em relação ao *cloeziana*, aos 3,83 anos de idade (TAB. 12). Tal diferença pode ser explicada em função das variáveis qualitativas como, por exemplo, aos danos e debilidades ocorridos no *E. cloeziana* em função do contínuo ataque da abelha arapuã, provocando ramificações e bifurcações, ao matocompetição e ao potencial ganho genético do híbrido e clone *urograndis* em relação a adaptação edafoclimática.

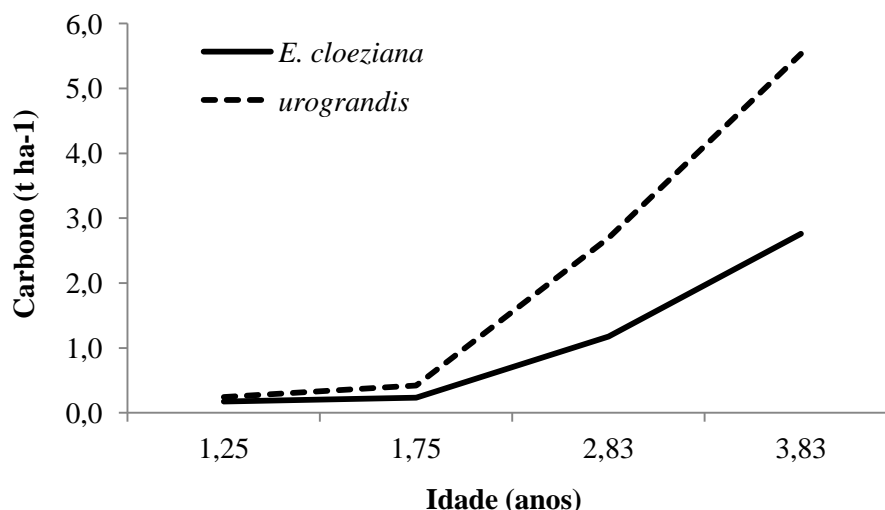
4.2.2 Fixação de carbono pelo eucalipto em sistema agrossilvipastoril

A Tabela 14 e o Gráfico 10 trazem o C fixado no fuste dos eucaliptos em sistemas agrossilvipastoris. Na idade de 46 meses, isto é, com 3,83 anos, verifica-se o incremento de C de 2,76 t/ha no *E. cloeziana* e 5,53 t/ha no *urograndis*. O ICA foi de 1,58 t/ha e 2,84 t/ha, e o IMA foi de 0,72 t/ha e 1,44 t/ha para o *E. cloeziana* e *urograndis*, respectivamente.

Tabela 14 - Fixação de carbono em (t/ha), ao longo do tempo, dos eucaliptos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

Idade (anos)	Carbono (t/ha)		ICA(t/ha)		IMA(t/ha)	
	<i>E. cloeziana</i>	<i>urograndis</i>	<i>E. cloeziana</i>	<i>urograndis</i>	<i>E. cloeziana</i>	<i>urograndis</i>
1,25	0,18	0,24	-	-	0,14	0,20
1,75	0,23	0,42	0,06	0,18	0,13	0,24
2,83	1,18	2,70	0,95	2,27	0,42	0,95
3,83	2,76	5,53	1,58	2,84	0,72	1,44

Gráfico 10 - Estoque de C dos eucaliptos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.



Silva (2007) modelou o carbono estocado no fuste em *E. grandis* cultivado em monocultivo com espaçamento 3 x 2 m, em classe de índice local de (S=20) no Rio Doce – MG. O autor encontrou estoque de C de 18,00 t/ha aos 48 meses de idade. Esses valores foram de três e seis vezes superiores ao verificado no *urograndis* e *cloeziana*, respectivamente. Tsukamoto Filho (2004) apresentou dados de carbono estocado no fuste de eucalipto em sistema agrossilvipastoril de 22,11 t/ha aos quatro anos de idade, o que significou o sequestro de 81 t/ha de CO₂ (1 t. de C = 3,66 t. CO₂). Verifica-se que os valores de C estocado no fuste encontrados nessa pesquisa foram inferiores aos encontrados tanto por Silva (2007) em monocultivo, quanto por Tsukamoto Filho (2004) em agrossilvicultura. Tais resultados podem ser explicados em função dos fatores bióticos e abióticos descritos anteriormente, em relação às variáveis qualitativas e quantitativas de crescimento inicial, para ambos os genótipos.

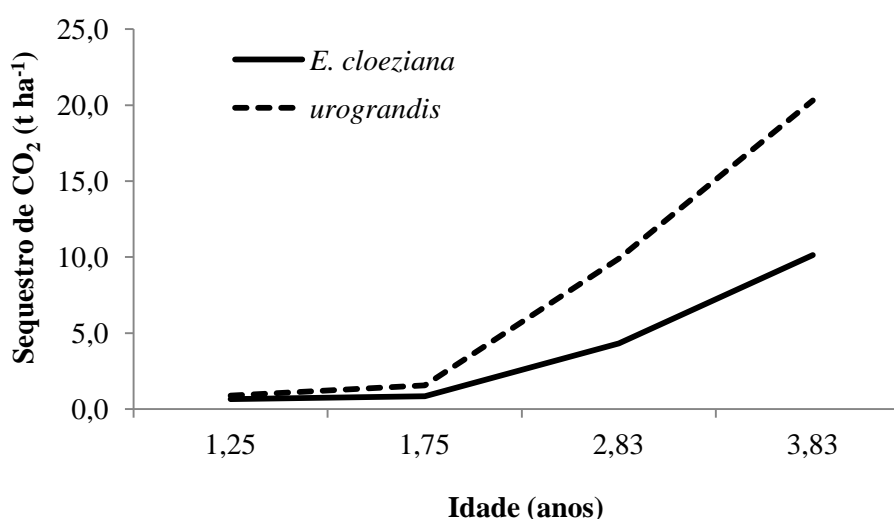
Vale ressaltar que os genótipos ainda estão em fase de crescimento com ICA e IMA ascendentes (GRAF. 7 e 8). Segundo Sedjo (2001) as dinâmicas nos estoques líquidos de carbono determinam se um ecossistema florestal, por exemplo, será um sumidouro ou fonte do carbono atmosférico. Este mesmo autor salienta, no entanto, que uma floresta jovem, que está crescendo aceleradamente, sequestra mais carbono do que uma floresta madura, porém esta atua como um reservatório, estocando carbono, mesmo que não esteja passando por um crescimento líquido.

A Tabela 15 e o Gráfico 11 trazem o sequestro de CO₂ atmosférico no fuste dos eucaliptos em sistemas agrossilvipastoril. Com 3,83 anos, verifica-se o sequestro de 10,13 t CO₂/ha no *E. cloeziana* e 20,30 t CO₂/ha no *urograndis*. O ICA foi de 5,81 t/ha e 10,41 t/ha, e o IMA foi de 2,64 t/ha e 5,30 t/ha para o *cloeziana* e *urograndis*, respectivamente.

Tabela 15 Sequestro de carbono em (t/ha), ao longo do tempo, dos eucaliptos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.

Idade (anos)	Sequestro de CO ₂ (t/ha)		ICA(t/ha)		IMA(t/ha)	
	<i>E. cloeziana</i>	<i>urograndis</i>	<i>E. cloeziana</i>	<i>urograndis</i>	<i>E. cloeziana</i>	<i>urograndis</i>
1,25	0,64	0,90	-	-	0,52	0,71
1,75	0,85	1,55	0,21	0,66	0,49	0,89
2,83	4,31	9,89	3,46	8,32	1,52	3,48
3,83	10,11	20,30	5,79	10,38	2,64	5,28

Gráfico 11 - Sequestro de CO₂ dos eucaliptos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda da Barra - MG.



O sistema agrossilvipastoril com eucalipto no bioma Cerrado, em Minas Gerais, é uma alternativa de uso racional da terra, promovendo o incremento no estoque de carbono do sistema, em detrimento das pastagens extensivas, sendo mais eficientes que os tradicionais monocultivos florestais e agrícolas, pelo fato de ser formado por diferentes componentes e se beneficiar das interações entre eles (TSUKAMOTO FILHO *et al.*, 2004).

5. CONCLUSÃO

- O *Eucalyptus cloeziana* apresentou a maior taxa de sobrevivência, porém menores taxas de crescimento em diâmetro e altura de plantas em relação ao eucalipto *urograndis*;
- Após o estabelecimento dos genótipos em campo, o eucalipto *urograndis* apresentou maior resistência ao período de seca, devido ao menor índice de mortalidade e contínuo crescimento em diâmetro e altura quando comparado ao *E. cloeziana*;
- O ataque de abelha arapuã e de cupim foram as duas principais causas da redução de crescimento e taxa de mortalidade no *E. cloeziana* e no eucalipto *urograndis*, respectivamente;
- Os incrementos correntes anuais (ICA) e médios anuais (IMA) para volume e biomassa foram maiores no *urograndis* em relação ao *cloeziana*. O eucalipto *urograndis* apresentou maior fixação de carbono e sequestro de CO₂ nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta avaliados no norte de Minas Gerais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se a necessidade de novas pesquisas em relação à viabilidade econômica e sua correlação com a quantificação de danos, dinâmica de crescimento e produção florestal. Da mesma maneira, estudos complementares serão necessários para avaliar o impacto de insetos, como a abelha arapuã e o cupim em relação aos danos, debilidades e mortalidades nos genótipos de eucalipto avaliados. Outro problema científico de relevância será compreender quais genótipos de eucalipto crescem e apresentam maior produtividade em sistemas de iLPF, sobretudo com fins madeireiros, nas condições edafoclimáticas no norte de Minas Gerais.

Sabe-se ser negativo o balanço de carbono em pastagens degradadas ou em estágio de degradação, comuns na região norte de Minas Gerais. Já em sistemas agrossilvipastoris o balanço pode ser positivo, apresentando-se como alternativa viável aos atuais modelos de plantio empregados na produção.

A conversão de monocultivos de pastagens ou culturas agrícolas para sistemas integrados de produção, como o modelo de iLPF, promoverá o sequestro de carbono, com o balanço positivo, mesmo com todos os problemas edafoclimáticos inerentes ao contexto norte mineiro.

Em relação aos problemas com os tratamentos culturais e manejo encontrados, sejam por falta de organização, de pessoal qualificado, de recursos materiais e, ou financeiros disponíveis, estes

devem ser equacionados com planejamento e coordenação das atividades, visto que os sistemas integrados são mais complexos e demandam maior orientação técnica e investimentos.

Todavia, mesmo com esses desafios, os modelos integrados de produção se apresentam como necessários, tendo em vista os desafios da agrossilvicultura no Século XXI, frente às mudanças climáticas e as demandas crescentes por alimentos e recursos florestais diversificados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL, N.; BAXTER, J.; CAMPBELL, A.; CLEUGH, H.; FARGHER, J.; LAMBECK, R.; PRINSLEY, R.; PROSSER, M.; REID, R.; REVELL, G.; SCHMIDT, C.; STIRZAKER, R.; THORBURN, P. **Design Principles for Farm Forestry: A guide to assist farmers to decide where to place trees and farm plantations on farms**. Joint Venture Agroforestry Program, 1997.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR ISO 11941: Madeira - Determinação da Densidade Básica - Diretrizes**. Rio de Janeiro, 2003.

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012, ano base 2011**: Brasília, DF: ABRAF, 2012.

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. "**Clonagem e Doenças do Eucalipto**". Viçosa, MG, Ed. UFV, 2009.

ALVARENGA, R. C.; SILVA, V. P. DA; GONTIJO NETO, M. M.; VIANC, M. C. M.; VILELA, L. **Sistema Integração lavoura-Pecuária-Floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.31, n.257, p.59-67, jul./ago. 2010.

ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G.; "Sistemas Agroflorestais: a agropecuária sustentável". Brasília, DF: Ed: EMBRAPA, 2015.

ANDRADE, L. A. Z.; FELFILI, J. M.; VIOLATTI, L. **Fitossociologia de uma área de Cerrado denso na RECOR-IBGE**, Brasília – DF, Acta Botânica Brasílica, v.16, 225-240, 2002.

ANJOS, A. F. T. dos; SARTORI, W. W.; TONINI, H.; MORALES, M. M.; SILVA, V. P. **Desempenho e qualidade da madeira de um clone de eucalipto em monocultivo e sistema silvipastoril**. In: I CONGRESSO FLORESTAL DE MATO GROSSO. 2015, **Anais eletrônicos**. Sinop-MT. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1031680/1/2015MarinaCFMTDesempenho.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2016.

ASSIS, P. C., STONE, L. F., MEDEIROS, J. C., MADARI, B. E., OLIVEIRA, J. D. M., & WRUCK, F. J. **Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, p.309-316. 2015.

BAGGIO, A. J. **Seleção de espécies para formação de bosquetes de proteção em pastagens para a região do arenito Caiuá**, no Paraná. Pesquisa em Andamento, n.61, p.1-5, 1998.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: EMBRAPA, 2011a. 130p.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; MARTÍNEZ, G. B. **Contribuições dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono**. Revista Brasileira de Geografia Física 06, p. 1163-1175, 2011b.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. DOS; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. **Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p. I-XII, 2011c.

BALBINO, L. C.; VILELA, L.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P. DE; PULROLNIK, K.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. L. S. DA. **Módulo: Integração Lavoura-pecuária-floresta (iLPF) Região Sul**. Curso de Capacitação do Programa ABC, 83p. 2013.

BALBINO, L.C.; BROSSARD, M.; LEPRUN, J.C.; BRUAND, A. **Mise en valeur des Ferralsols de la région du Cerrado (Brésil) et évolution de leurs propriétés physiques: une étude bibliographique**. Étude et Gestion des Sols, v.9, p.83-104, 2002.

BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B., VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B. **Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 37, p. 51.67, 2008.

BEHLING, M.; WRUCK, F. J.; ANTONIO, D. B. A.; MENEGUCI, J. L. P.; PEDREIRA, B. C. E; CARNEVALLI, R. A.; CORDEIRO, L. A. M.; GIL, J.; FARIAS NETO, A. L. DE; DOMIT, L. A.; SILVA, J. F. V. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)**. Boletim de Pesquisa de Soja 2013/2014. Fundação MT, 2013. 21p.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. **Sistemas Silvopastoris**. Pesquisa Florestal Brasileira. Colombo, Edição especial, n. 60, p. 77-87, dez. 2009.

BORLAUG, N. E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. **In Vitro Cellular Developmental Biology – Plant**, v.38, p.221–228, 2002.

BOTELHO, S. A. Espaçamento. In: SCOLFORO, J. R. S.; **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 438 p.

BROWN, S.; LUGO, A.E. **Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumes**. Science, v.223, p.1290-1293, 1984.

BUCHMAN, R. G.; PEDERSON, S. P.; WALTERS, N. R. **A tree survival model with application to species of the Great Lakes region**. Canadian Journal of Forest Research, Ottawa, v. 13, n. 4, p. 601-608, 1983.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. 2003. **Meliponini neotropicais: o gênero *Partamona* Schwarz, 1939 (Hymenoptera, Apidae) – bionomia e biogeografia**. Revista Brasileira de Entomologia. 47: 311-372.

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

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

CAREY, E. V.; BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. **Tree mortality in mature lowland tropical moist and tropical lower montane moist forests of Venezuela.** *Biotropica*, Lawrence, v. 26, n. 3, p. 255-265, 1994.

CARVALHO, R.; GOEDERT W. J.; ARMANDO, M. S. **Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.1153-1155, 2004.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; COUTO, L. **Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida.** *Revista brasileira de zootecnia*, v.28, p.919-927, 1999.

COELHO, S. R. de F.; GONÇALVES, J.L. de M.; MELLO, S.L.de M.; MOREIRA, R.M.; SILVA, E. V.; LACLAU, J.P. **Crescimento, nutrição e fixação biológica de nitrogênio em plantios mistos de eucalipto e leguminosas arbóreas.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p. 759-768, 2007.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - EBDS. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.** Rio de Janeiro: 2002. 35p.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: O produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília, DF: Ed. EMBRAPA, 2015.

COSTA, G. S. **Aporte de nutrientes pela serapilheira em área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 919-927, 2004.

DANTAS, M. **Aspectos ambientais dos sistemas agroflorestais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. Colombo-PR: EMBRAPA-CNPF, 1994. v. 1. p. 433-453.

DELITTI, W.B.C.; PAUSAS, J.G.; BURGER, D.M. **Belowground biomass variation in two Neotropical savannahs (Brazilian Cerrados) with different fire histories.** *Annual Forest Science*, v.58, p.713-721, 2003.

DIAS-FILHO, M. B. **Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas.** IN Gonzaga Neto, S.; Costa, R. G.; Pimenta Filho, E. C.; Castro, J. M. C. Simpósio a reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. João Pessoa. Anais... João Pessoa: SBZ: UFPB, 2006. Suplemento especial da Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, 2006, p. 535-553.

DINARDO, W, *et al.* **Efeito da densidade de plantas de *Panicum maximum* Jacq. sobre o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** *Sciencia Florestalis*, Piracicaba, n.64, p. 59-68, 2003.

DIXON, R.K. **Agroforestry: sources or sinks of greenhouse gases?** Agroforestry Systems, v.31, p.99-16, 1995.

DOUGLAS, G. B.; WALCROFT, A. S.; HURST, S. E.; POTTER, J. F.; FOOTE, A. G.; FUNG, L. E.; EDWARDS, W. R. N.; VAN DEN DIJSE, C. **Interactions between widely spaced young poplars (*Populus spp.*) and the understorey environment.** Agroforestry Systems, v.67, p.177-186, 2006.

DUBOC, E.; COSTA, C.J.; VELOSO, R.F.; OLIVEIRA, L.S.; PALUDO, A., 2007. **Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no Cerrado.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 37 p. (Embrapa Cerrados Documentos 197).

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, Embrapa SPI, 2013.

FALESI, I. C. "**Palestra do I Workshop do Mogno Africano**". Goiânia: Mudas Nobres, 2011. 26p. (19 e 20 de Agosto de 2011).

FEARNSIDE, P. M. Phosphorus and Human Carrying Capacity in Brazilian Amazonia. pp. 94-108 In: LYNCH, J. P.; DEIKMAN, J. (Eds.). **Phosphorus in plant biology: regulatory roles in molecular, cellular, organismic, and ecosystem processes.** Rockville: American Society of Plant Physiologists. 1998, p.401. Disponível em <http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/PHOS-K5-port.pdf> Acesso em 03 de outubro de 2012.

FEBLES, G; RUIZ, T.E.; ALONSO, J.; CHONGO. B. Metodologia de avaliação de germoplasma nativo e exótico para seu emprego em sistemas silvipastoris em Cuba. IN: **Sistemas Agroflorestais Pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais.** Ed.CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C., 2001, p. 363-377.

FERNANDES, E. N.; PACIULLO, D. S.; CASTRO, C. R. T.; MULLER, M. D.; ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J.C. (Ed.). **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades.** Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2007. P.13-50.

FERREIRA, M. **Escolha de espécies de eucalipto.** Circular Técnica IPEF, v.47, p.1-30, 1979.

GALZERANO, L.; MORGADO, E. **Eucalipto em Sistemas Agrossilvipastoris.** Revista eletrônica de Veterinária 1695-7504, v. IX, n. 3, março, 2008. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030308.html>. Acesso em: 26 de julho de 2012.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K. 126f.** Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

GOMES, J. R. A integração lavoura-pecuária-floresta em pequenas propriedades: a experiência na Zona da Mata Mineira. In: SANTOS, L. D. T.; SALES, N. L. P.; DUARTE, E. R.; OLIVEIRA, F. L. R.; MENDES, L. R. **Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativas para produção sustentável nos trópicos.** Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias de UFMG, 2010. P. 27-37.

HAMILTON Jr., D. A. **A logistic model of mortality in thinned and unthinned mixed conifer stands of Northern Idaho.** Forest Science, Bethesda, v. 32, n. 4, p. 989-1000, 1986.

HOUGHTON, R. A. **As florestas e o ciclo de carbono global:** Armazenamento e emissões atuais. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO₂: uma oportunidade de negócios para o Brasil, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p.40-75.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Mapa de biomas do Brasil.** Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/biomas.pdf>. Acesso em 29 de setembro de 2012.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2014 - Five Report - Impacts, Adaptations, and Vulnerability.** Disponível em: < <http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em 15/01/2017.

IPCC. **Land Use Change and Forestry. 1996.** In: Revised 1996 guidelines for national greenhouse gas inventories: The reference manual, v.3, p.74. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em 27/10/2016.

IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais). **Identificação de espécies florestais:** Informações sobre algumas espécies de *Eucalyptus*. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/>>. Acesso em 05 de novembro de 2014.

ISSAC, M.E.; GORDON, A.M.; THEVATHASAN, N.; OPPONG, S.K.; QUASHIE-SAM, J. **Temporal changes in soil carbon and nitrogen in west African multistrata agroforestry systems: a consequence of pools and fluxes.** Agroforestry Systems, v.65, p.23-31, 2005.

IZAC, A. M. N.; SANCHEZ, P. A. **Towards a natural resource management paradigm for international agriculture: the example of agroforestry research.** Agricultural Systems, v.69, p.5-25, 2001.

JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; RIBEIRO, S. C.; SILVA, R. F.; PAIXÃO, F. A. **Seqüestro de Carbono em Povoamentos Florestais de Eucalipto e a Geração de Créditos de Carbono.** Informe Agropecuário, BH, V. 29, n. 242, Jan/Fev, 2008.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **A conservação do Cerrado brasileiro.** Megadiversidade, v.1, p.147-155, 2005.

KÖPPEN, W, Climatologia: **Con studio de los climas de la tierra.** Fondo de cultura econômica. México, 479p. (1948).

LADEIRA, B.C.; REIS, G.G. dos; REIS, M. das G.F.; BARROS, N.F. de. **Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos, em uma seqüência de idade.** Revista Árvore, Viçosa, MG, v.25, n.1, p.69-78, jan./mar. 2001.

LORENZI, H. **Árvores exóticas no Brasil.** 1 ed. Nova Odessa – SP, Instituto Plantarum, 2003.

MACEDO, R. L. G.; DO VALE, A. B.; VENTURIN, N. **Eucalipto em Sistemas Silvopastoris e Agrossilvipastoris**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, V29, n.242, p.71-85, 2008.

MACEDO, R.L.G; DO VALE, A.B; VENTURIN, N. **Eucalipto em Sistemas Agroflorestais**. Editora UFLA: Lavras, 2010.

MACEDO, R.L.G; DO VALE, A.B; VENTURIN, N. **Eucalipto em Sistemas Silvopastoris e Agrossilvipastoris**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, V29, n.242, p.71-85, 2008.

MACHADO, V. D.; SANTOS M. V.; TUFFI SANTOS L. D. T.; MOTA V. A.; SANTOS JÚNIOR A. **Sistemas Agroflorestais**. Caderno de Ciências Agrárias, Montes Claros, v. 1, n. 22, p. 11-15, 2009.

MANTOVANI, J.E.; PEREIRA, A. **Estimativa da cobertura vegetal de Cerrado através de dados Tm/Lansat**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, 1998, Santos, Brasil. Anais..., Santos: INPE, 1998, p.1455-1466.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L. **Pastagens no Cerrado: baixa produtividade pelo uso de fertilizantes**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 32p.

MELOTTO, A. M.; LAURA, V. A.; BUNGENSTAB, D. J., 2011. **O componente florestal em sistemas de produção em integração**. In: Bungenstab, D. J. (Ed.). Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte. p. 37-51.

MOLICA, S. G. **Produção de biomassa e eficiência nutricional de híbridos interespecíficos de eucalipto, em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais**. 1992. 84 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia_ - UFV, Viçosa, 1992.

MONTE, M. A.; REIS, M. das G. F.; REIS, G. G. dos; LEITE, H. G., CACAU, F. V.; ALVES, F. de F. **Crescimento de um clone de eucalipto submetido a desrama e desbaste**. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.33, n.5, p.777-787, 2009.

MORAES, L. F. D. DE.; AMÂNCIO, C. O. DA G.; RESENDE, A. S. de. **Sistemas agroflorestais para o uso sustentável do solo: considerações agroecológicas e socioeconômicas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, p.28, 2011.

MORAIS, E.J. **Crescimento e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais**. 1988. 56f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - UFV, Viçosa, 1988.

NAIR, P. K. R., NAIR, V.D., MOHAN KUMAR, B., SHOWALTER, J.M., **Carbon sequestration in agroforestry systems**. In: SPARKS, D. (Ed.). *Advances in Agronomy*, v.108, Burlington: Academic Press, 2010, pp. 237-307.

NUTTO, L.; WATZLAWICK, L. F.; GRMMEL, R.; FENNER, P. T. O Mercado internacional de CO₂: o impacto das florestas naturais e das plantações. In: SAQUENTTA, C. R. ;

WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R. et al. **As florestas e o carbono**. Curitiba: 2002.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986. 434p.

OLIVEIRA NETO, S. N; PAIVA, H.N. **Implantação e manejo do componente arbóreo em sistema agrossilvipastorial**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2010.

OLIVEIRA, A. C. *et al.* **Um estudo de caso: o sistema de monitoramento e controle de formigas cortadeiras na Mannesmann Fi-El Florestal Ltda**. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.s). *As formigas cortadeiras*. Viçosa: 1993. p. 242-255.

OLIVEIRA, F. L. R. **Integração lavoura-pecuária-floresta: conceitos, componentes e possibilidades**. In: SANTOS, L. D. T.; SALES, N. L. P.; DUARTE, E. R.; OLIVEIRA, F. L. R.; MENDES, L. R. **Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativas para produção sustentável nos trópicos**. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias de UFMG, 2010.

OLIVEIRA, P. DE.; FREITAS, R. J.; KLUTHCOUSKI, J.; RIBEIRO, A. A.; CORDEIRO, L. A. M.; TEIXEIRA, L. P.; MELO, R. A. DE C. E; VILELA, L.; BALBINO, L. C. **Evolução de sistemas de Integração Lavoura-pecuária-floresta (iLPF): estudo de caso da Fazenda Santa Brígida, Ipameri, GO**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013.

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

PEREIRA, A. R.; BARROS, N. F.; ANDRADE, D. C.; CAMPOS, P. T. A. **Concentração e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* em função da idade, cultivado na região do Cerrado**. *Brasil Floresta*, n.59, p. 27-37, 1984

PERON, A.J.; EVANGELISTA, A.R. **Degradação de pastagens em região de Cerrado**. *Ciência Agrotécnica*, v. 28, n.3, p. 655-661, 2004.

PINHEIRO, A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; COUTO BRUNETTA, J. M. F. **"Ecologia, Silvicultura e Tecnologia de Utilização de Mogno-Africanos (*Khaya* spp)"**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura, 2011.

PITELLI, R. A. **Competição de controle de plantas daninhas em áreas agrícolas**. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTOS. Piracicaba, 1986. Série Técnica IPEF, v.4, n.12, p.25-35, 1987.

PITELLI, R. A.; KARAN, D. **Ecologia de plantas daninhas e sua interferência em culturas florestais**. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTOS, 1988. Rio de Janeiro. Anais. p. 44-64.

PITELLI, R. A.; MARCHI, S. R. **Interferência das plantas invasoras em áreas de reflorestamento**. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTOS, 1991. Belo Horizonte. Anais. p. 1-11.

- PIZA JÚNIOR, C.T. 1993. **A cultura do maracujá**. CATI, Campinas, Brasil, 71p.
- POLLI, H. Q.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; VITAL, B. R.; PEZZOPANE, J. E. M.; FONTAN, I. C. I. **Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetido a desrama artificial**. *Revista árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.557-566, 2006.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. MORAES, A. **Sistemas silvipastoris: fundamentos para a implantação**. In: PIRES, A. V. (Ed.). *Bovinocultura de corte*, Piracicaba: FEALQ, v. 2, 2010, p. 1421-1461.
- PULROLNIK, K.; VILELA, L.; NETO, S. P. M.; MARCHÃO, R. L.; JÚNIOR, R. G. **crescimento Inicial de Espécies Arbóreas no Sistema de Integração lavoura-Pecuária-Floresta**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, abril 2010. 8p.
- R Development Core Team (2009). **R: A Language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- ROCHA, M.T. **Mudanças climáticas e mercado de carbono**. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE FIXAÇÃO DE CARBONO, 2., 2004, Curitiba. [Anais]... Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas. Curitiba: UFPR; Instituto Ecoplan, 2004. part 2, p.39-54.
- _____. O aquecimento global e os instrumentos de mercado para a solução do problema. In: SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M.A.B.; GOMES, F. dos S. (Ed.). *As florestas e o carbono*. Curitiba, 2002. p.1-34.
- ROOSE, E., NDAYIZIGIYE, F. **Agroforestry, water and soil fertility management to fight erosion in tropical mountains of Rwanda**. *Soil Technology*, v.11, p.109-119, 1997.
- SALATI, E. **Sumário executivo**. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO₂: UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p.13-37.
- SANTILLI, M.; CARVALHO, G.; NEPSTAD, D. O Brasil e as mudanças climáticas globais. In: CAMARGO, A.; CAPOBIANCO, J. P. R.; OLIVEIRA, J. A. P. (Orgs). **Meio ambiente Brasil - avanços e obstáculos pós-Rio- 92**. São Paulo: Estação Liberdade, Instituto Socioambiental. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002. p.57-68.
- SANTOS, F. R.; SANTOS, M. J. C. **Avaliação do crescimento inicial de espécies florestais de uso múltiplo no semi árido Sergipano**. *Scientia Plena*, v08, n.4, 2012.
- SANTOS, L. D. T. **Integração lavoura-pecuária-floresta: potencialidades e técnicas de produção**. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias de UFMG, 2012.
- SANTOS, L. D. T.; SALES, N. L. P.; DUARTE, E. R.; OLIVEIRA, F. L. R.; MENDES, L. R. **Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativas para produção sustentável nos trópicos**. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias de UFMG, 2010.

SANTOS, M. J. **Avaliação econômica de em sistemas agroflorestais nos ecossistemas de terra firme e várzea no Estado do Amazonas: Um estudo de caso.** 2004. 142 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2004.

SCHROEDER, P. **Carbon storage benefits of agroforestry systems.** *Agroforestry Systems*, v.27, p.89-97, 1994.

SCHROTH, G.; FONSECA, G. A. B.; HARVEY, C. A. **Introduction: The Role of Agroforestry in Biodiversity Conservation in Tropical Lands capes.** In: SCHROTH, G.; FONSECA, G. DA; HARVEY, C. et al. (Eds.). *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes.* Washington: Island Press, 2004. p. 1-12.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v.47, p.719-734, 1933.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.

SEAPA, Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. **Perfil do Agronegócio 2003 – 2009.** Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/files/publicações/perfil_2003_2009.pdf>

SEDJO, R.A. **Forest carbon sequestration: some issues for forest investments.** Washington: Resources for the Future, 2001. 26p. Discussion Paper 01-34.

_____; SOHNGEN, B.; JAGGER, P. Carbon sinks in the Post-Kyoto World: part I. Washington: Resources for the Future, 1998. 12p. RFF Climate Issue Brief # 12.

SILVA, H.D. **Projeção do estoque de carbono e análise da geração de créditos em povoamentos de eucalipto.** 2007. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SILVA, V. P.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo.** Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2010 p. 17.

SOARES, C. P. B. **Modelos para estimar a biomassa de parte aérea em um povoamento de *Eucalyptus grandis*, na região de Viçosa, Minas Gerais.** 1995. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - UFV, Viçosa, 1995.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V., HAAN, C. **Livestock's long shadow: environmental issues and options** [Roma, Itália], 2006. Disponível em <<http://www.virtualcentre.org>> Acesso em 17/12/2006.

SZOTT, L. T.; PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. **Agroforestry in acid soils of humid tropics.** *Advances in Agronomy*, v.45, p.275-301, 1991.

TOLEDO, R. E. B. *et al.* **Efeito da densidade de plantas de *Brachiaria decumbens* Stapf sobre o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** Scientia Florestalis. Piracicaba. n.60, p.109-177, 2001.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. **"Fixação de Carbono em um Sistema Agrossilvipastoril com Eucalipto na Região do Cerrado de Minas Gerais"**. Agrossilvicultura, Viçosa, MG: v.1, n.1, p.23-35, 2004.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Fixação de carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do Cerrado de Minas Gerais.** 2003. 98p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield.** Wallingford: CAB International, 1994a. 312 p.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. G.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. **Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária.** Revista Árvore, v. 28, p. 793-800, 2004.

WALTER, H. **Ecology of tropical and subtropical vegetation.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1971.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation.** International Centre for Research in Agroforestry, ICRAF. Nairobi: [s.n.], 1989.

YU, C.M. **Caracterização e tipologia dos projetos de seqüestro de carbono no Brasil.** In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M.A.B.; GOMES, F. dos S. (Editor). *As Florestas e o Carbono*, Curitiba 2012.

APÊNDICE

Tabela 15 - Ocorrência de danos e injúrias (%), em diferentes épocas de avaliação, nos genótipos de *E. cloeziana* e *urograndis* cultivados em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, na Fazenda da Barra - MG.

DAT	Tratamento	Outros insetos	Doenças	Quebrada
450 DAT * (abril 2014)	<i>E. cloeziana</i>	0,0%	0,0%	0,0%
	<i>urograndis</i>	0,0%	0,0%	0,0%
630 DAT (out. 2014)	<i>E. cloeziana</i>	0,0%	3,1%	1,4%
	<i>urograndis</i>	0,0%	0,0%	0,3%
1.020 DAT (nov. 2015)	<i>E. cloeziana</i>	0,0%	0,0%	1,7%
	<i>urograndis</i>	0,3%	0,0%	1,0%
1.320 DAT (set. 2016)	<i>E. cloeziana</i>	0,0%	0,7%	0,0%
	<i>urograndis</i>	0,7%	0,0%	0,0%

* DAT = dias após o transplante.