

Crescimento, Estoque de Carbono e Agregação de Valor em Árvores de Eucalipto em um Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no Cerrado de Minas Gerais



ISSN 1679-0154
Dezembro 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 157

Crescimento, Estoque de Carbono e Agregação de Valor em Árvores de Eucalipto em um Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no Cerrado de Minas Gerais

Mônica Matoso Campanha
Thomaz Correa e Castro da Costa
Miguel Marques Gontijo Neto

Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2017

Esta publicação está disponível no endereço:

<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Roberto dos Santos Trindade, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro, Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: Sérgio Teixeira Guimarães

1ª edição

Formato digital (2017)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Campanha, Mônica Matoso.

Crescimento, estoque de carbono e agregação de valor em árvores de eucalipto em um sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no cerrado de Minas Gerais / Mônica Matoso Campanha, Thomaz Correa e Castro da Costa, Miguel Marques Gontijo Neto – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2017.

24 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 157).

1. Sistema de cultivo. 2. Madeira. 3. Agricultura sustentável. I. Costa, Thomaz Correa e Castro da Costa. II. Gontijo Neto, Miguel Marques. III. Título. IV. Série.

CDD 631.58 (21. ed.)

© Embrapa 2017

Sumário

Resumo	4
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	12
Conclusão	19
Referências	19

Crescimento, Estoque de Carbono e Agregação de Valor em Árvores de Eucalipto em um Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no Cerrado de Minas Gerais

Mônica Matoso Campanha¹

Thomaz Correa e Castro da Costa²

Miguel Marques Gontijo Neto³

Resumo

Sistemas de produção mais eficientes na exploração dos recursos naturais, como o Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), são alternativas para uma produção agropecuária sustentável. Neste sistema, as árvores desempenham importante papel, como produção de serviços ambientais, geração de renda e potencial de mitigação dos gases de efeito estufa. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, o rendimento e o estoque de carbono em árvores de eucalipto de um sistema ILPF no Cerrado de Minas Gerais. Para isto, foi calculado o volume anual das árvores consorciadas com milho e capim, na densidade de 333 plantas ha⁻¹, por 5 anos,

¹Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitotecnia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 km 45, Cx P. 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, monica.matoso@embrapa.br

²Eng.-Florestal, D.Sc. em Ciência Florestal, Pesquisador em Geoprocessamento da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 km 45, Cx P. 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, thomaz.costa@embrapa.br

³Eng.-Agrôn., D.Sc. em Forragicultura e Pastagens, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 45, Cx P. 151, CEP 37701-970, Sete Lagoas, MG, miguel.gontijo@embrapa.br

e estimada a idade técnica de corte pelos parâmetros ICA e IMA. Verificou-se, aos 60 meses, o volume médio de 82,75 m³ por hectare, mostrando um rendimento de 2.169 peças de madeira roliça. O carbono sequestrado foi de 54,63 Mg ha⁻¹ de CO₂ eq. A idade técnica de corte foi estabelecida aos 5 anos de idade. Neste sistema ILPF, as árvores de eucalipto produziram quantidade significativa de madeira e, conseqüentemente, de carbono sequestrado, contribuindo na mitigação de gases de efeito estufa e tornando-se mais uma alternativa na geração de renda da propriedade, mostrando-se uma estratégia para sistema de produção mais sustentáveis.

Palavras-chave: *Eucalyptus* sp., rendimento de madeira, sequestro de carbono

Evaluation of Growth and Carbon Stock in Eucalyptus in the Crop- Livestock- Forest System (CLFS) in the Cerrado of the State of Minas Gerais

*Mônica Matoso Campanha*¹

*Thomaz Correa e Castro da Costa*²

*Miguel Marques Gontijo Neto*³

Abstract

Agricultural systems more efficient in the use of natural resources, such as Crop-Livestock-Forest Integration (CLFI), are alternatives for sustainable production. In this system, trees play an important role, such as the production of environmental services, income generation and the potential for mitigation of greenhouse gases. The objective of this experiment was to evaluate growth, yield and carbon stock in eucalyptus trees cultivated at CFLI in the Cerrado of Minas Gerais, Brazil. The annual volume of trees intercropped with corn and grass, at density of 333 plants ha⁻¹, was estimated for 5 years, and the technical age of cut was estimated using ICA and IMA parameters. At 60 months, the average volume of 82.75 m³ per hectare was observed, showing a yield of 2,169 pieces of wood. The sequestered carbon was 54.63 Mg ha⁻¹ CO₂ eq. The age of technical cut was 5 years. In this ILPF system, eucalyptus trees produced a significant amount of wood and, consequently, of sequestered carbon, contributing to the mitigation of greenhouse gases and becoming another alternative in the

income generation of the property, showing a strategy for sustainable production.

Key Words: *Eucalyptus* sp., yield wood, carbon sequestration

Introdução

No mundo atual, onde a preocupação com a conservação ambiental tem voltado a atenção para uma exploração sustentável dos recursos naturais, a abertura de novas áreas para produção agropecuária é uma prática bastante questionada. Nesse sentido, os sistemas integrados são apontados como alternativa para produção agropecuária sustentável (SALTON et al., 2014; LEMAIRE et al., 2014), pois são mais eficientes no uso dos recursos naturais (GIL et al., 2015) e ainda produzem inúmeros serviços ecossistêmicos (FRANCHINI et al., 2015). O governo brasileiro, em sintonia com as questões ambientais contemporâneas, criou programas que buscam a sustentabilidade na agropecuária e fazem frente à mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Um dos programas se refere à intensificação produtiva pelo incentivo à adoção de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), que promovem a prevenção dos desmatamentos pela recuperação de áreas de pastagens degradadas e a adoção de tecnologias de produção sustentáveis (BRASIL, 2017).

A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é uma “estratégia que visa a produção sustentável por meio da integração de atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a

valorização do homem e a viabilidade econômica” (BARCELLOS et al., 2011), sendo reconhecida como alternativa para intensificação do uso da terra como importante estratégia de aumento da produção agropecuária de forma sustentável. Neste sentido, os sistemas ILPF vêm sendo adotados em diversas regiões do Brasil em diferentes formatos, em função, principalmente, de características climáticas e econômicas de cada região (GONTIJO NETO et al., 2011; GIL et al., 2015; ALVES et al., 2015; FRANCHINI et al., 2015; SILVA et al., 2017).

Inúmeros são os benefícios esperados com a utilização da ILPF (BARCELLOS et al., 2011; PACHECO et al., 2013; KICHEL et al., 2014), como a ciclagem de nutrientes favorecendo a manutenção da fertilidade do solo, a melhoria da qualidade química e física do solo (SALTON et al., 2014), além do alto potencial do sistema em sequestrar C, tanto nos solos quanto nas árvores (KICHEL et al., 2014; FRANCHINI et al., 2015), um serviço ambiental valorizado na atualidade pela diminuição da emissão de CO₂ para a atmosfera com potencial de mitigação dos gases de efeito estufa. Para esses serviços ambientais, a participação do componente florestal do ILPF é essencial, que ainda agrega a produção de madeira, como oportunidade de aumento da renda na propriedade.

Diversas experiências mostram o potencial do gênero *Eucalyptus* em compor sistemas ILPF. É uma espécie de crescimento rápido e adaptada a diferentes condições climáticas, sendo utilizada em diferentes regiões e arranjos (MACEDO et al., 2006; OLIVEIRA NETO et al., 2013; ALVES et al., 2015; FRANCHINI et al., 2015; TORRES et al., 2016; SILVA et al., 2017). A madeira produzida por essas árvores pode ser aproveitada na propriedade, por exemplo, como mourão

para cercas, ou disponibilizada para venda. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento do eucalipto em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), consorciado com milho e capim, bem como estimar seu rendimento em peças de madeira roliça e o sequestro de carbono por esse povoamento, na região do Cerrado, em Sete Lagoas-MG.

Material e Métodos

Foi acompanhado por cinco anos o crescimento de árvores de eucalipto (híbridos de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S.T Blake linhagens GG100) lantados em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), em 2011, na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, latitude de 19°29'6" S e longitude de 44°10'46" W, altitude de 708 m. O clima da região é do tipo Cwa com estação seca no inverno (maio a outubro) e quente no verão (KÖPPEN, 1936 citado por ALVARES et al., 2013). A precipitação média anual é de 1.335 mm, em que cerca de 70% desta ocorre entre outubro e fevereiro. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), textura argilosa de acordo com o Sistema brasileiro de classificação de solos, com relevo suave ondulado e cerrado subcaducifólio. O solo da área experimental apresenta teores de 111 g kg⁻¹ de areia, 84 g kg⁻¹ de silte e 805 g kg⁻¹ de argila, e os atributos químicos (0-20 cm) especificados na Tabela 1. Foram aplicadas, em setembro de 2011, 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico a lanço na área experimental. Também foi acompanhada a precipitação no período pelos dados coletados na estação meteorológica localizada nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo.

Tabela 1. Característica químicas do solo do sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta estudado. Sete Lagoas-MG.

Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	M.O ¹ . (dag kg ⁻¹)	P ² (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca	Mg	H+Al (cmol _c cm ⁻³)	Al (cmol _c cm ⁻³)	SB	CTC ³	V (%)	m
0-20	5,5	3,42	18,1	68	3,16	0,35	6,94	0,39	3,68	10,62	35	9,57

¹MO = matéria orgânica, ²P: Mehlich 1, ³CTC: a pH 7.0.

Em 24 de outubro de 2011, foram implantados seis renques de eucaliptos (*Eucalyptus urophylla* cv GG100) com 100 m de comprimento no espaçamento 15 x 2 m, resultando em 333 árvores ha⁻¹. Foram utilizadas mudas clonais com adubação no sulco de 200 kg ha⁻¹ de superfosfato simples. Na semana seguinte ao plantio, aplicaram-se mais 120 g planta⁻¹ da formulação NPK 06-30-06 com 0,5% B e 1,5% Zn, metade a cada lado da cova, distanciado de 15 a 20 cm da muda. Aos 60 dias após o plantio, fez-se adubação de cobertura na projeção da copa utilizando 120 g planta⁻¹ de NPK 20-00-20. Em novembro de 2012, foram aplicados 200 g ha⁻¹ de 20-00-20 e, em fevereiro de 2013, aplicaram-se 15 g ha⁻¹ de ácido bórico na projeção da copa de cada árvore. Em setembro de 2013, as árvores foram desramadas a até 1/3 da altura da árvore.

Na primeira semana de novembro de 2011, de 2012 e de 2013, nas faixas entre os renques de eucalipto, foi realizada a semeadura de milho (*Zea mays*) consorciado com capim braquiária (*Brachiaria sp.*). A adubação de plantio do milho semeado nas faixas entre os renques de eucalipto consistiu de 400 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 08-28-16, e, quando o milho atingiu o estágio fenológico V6-V7, foi realizada a adubação de cobertura com 250 kg ha⁻¹ de ureia. O milho em cada safra foi colhido em maio, ficando a pastagem até início de outubro, quando o capim era dessecado para o plantio da nova safra,

com detalhes metodológicos e resultados analisados em Moreira et al. (no prelo). O consórcio milho/capim/eucalipto foi adotado nos três primeiros anos, sendo após esse período, mantido apenas o capim, na entrelinha do eucalipto, que era pastejado por bovinos.

O crescimento do eucalipto foi avaliado anualmente. Em dezembro de 2013, novembro de 2014, setembro de 2015 e outubro de 2016, foram coletados no plantio de eucalipto o diâmetro à altura do peito (DAP), medido com suta, e a altura total (H), com hipsômetro eletrônico, com intensidade amostral de 10%. Para o cálculo do volume por planta ($\text{m}^3 \text{árvore}^{-1}$) e por hectare ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), foi ajustada a equação do modelo de Schumacher e Hall (1933), em razão da sua boa performance em clones de eucalipto (SILVA et al., 2009). Para o ajuste dos dados ao período de um ano, foi utilizada a curva de crescimento logística (OTERO; BELTRAMINO, 1976). Desta forma, foram utilizados os dados do povoamento ajustados para 24, 36, 48 e 60 meses após o plantio. Com esta informação, foram determinados a idade de rotação técnica, o rendimento do povoamento e a quantidade de carbono sequestrada no fuste das árvores.

Para determinar a idade de rotação técnica, ou seja, a idade na qual povoamentos são planejados para serem colhidos, foi estimado o incremento médio anual (IMA) e o incremento corrente anual (ICA) do povoamento, em função da idade. O ICA é o incremento em volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) das árvores em um período de um ano. IMA é o incremento médio anual em volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) desde o plantio até uma idade específica. A rotação técnica adotada aqui é a de máxima produtividade, indicada

onde a curva do Incremento Médio Anual (IMA) cruza com a curva do Incremento Corrente Anual (ICA).

Para estimar o rendimento do eucalipto em peças de madeira roliça, ao final do monitoramento, utilizou-se a metodologia descrita por Costa et al. (2016).

Para estimar o carbono estocado na biomassa (fuste) do eucalipto, considerou-se uma densidade média da madeira de $0,45 \text{ Mg m}^{-3}$ e um teor médio de 40% de carbono (FRANCHINI et al., 2015). As estimativas da biomassa do fuste foram obtidas pela multiplicação do volume pela respectiva densidade adotada, e este resultado foi multiplicado pelo teor de carbono.

Resultados e Discussão

As árvores de eucalipto apresentaram rápido crescimento, alcançando o DAP médio de 10,3 cm e a altura média de 10,5 m em 24 meses, dobrando de altura em 5 anos, com estimativa do volume médio por hectare (333 plantas ha^{-1}) de $82,75 \text{ m}^3$ aos 60 meses (Figura 1). Em outros sistemas ILPF, como em Paracatu-MG, o eucalipto (*E. urophylla*) consorciado com culturas agrícolas (250 árvores ha^{-1} , no espaçamento 10 x 4 m) alcançou 11,82 m de altura, 14,19 cm de diâmetro e $19,94 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de volume, aos 28 meses de idade (MACEDO et al., 2006). Em Oliveira et al. (2015), valores semelhantes aos obtidos neste estudo também foram encontrados nos primeiros anos de crescimento do povoamento. Resultados inferiores de outros plantios de eucalipto em ILPF com densidade semelhante aos deste estudo também foram encontrados na literatura (FRANCHINI et al., 2015; TORRES et al., 2016) (Tabela 2). De acordo com Franchini et al. (2014), o crescimento de espécies

florestais é geralmente maior em áreas agrícolas com boa fertilidade de solo do que em áreas marginais normalmente utilizadas para plantios florestais. O componente arbóreo se beneficia da adubação residual das culturas agrícolas e pastagem, além de ser capaz de buscar nutrientes a maiores distâncias.

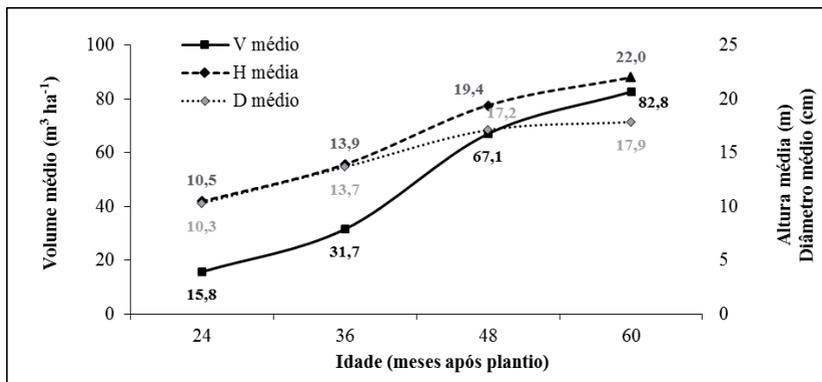


Figura 1. Volume (V), altura (H) e diâmetro (D) médios, por idade (meses após plantio) e por hectare, das árvores de eucalipto em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Sete Lagoas-MG.

Próximo aos cinco anos de crescimento, outros autores encontraram valores maiores que os obtidos neste estudo, como Paula et al. (2013), avaliando *E. camaldulensis* plantados no espaçamento 9 x 3 m, aos 54 meses de idade, e Oliveira et al. (2009), estudando árvores de eucalipto (híbrido de *E. camaldulensis* com *E. urophylla*) plantadas no espaçamento 10 x 3 m (333 árvores ha⁻¹), em consórcio com culturas agrícolas e forrageiras na região do Cerrado, que alcançaram 22,44 m de altura, 20,20 cm de diâmetro e 95,76 m³ ha⁻¹ de volume, aos 51 meses de idade (OLIVEIRA et al., 2009).

Tabela 2. Parâmetros dendrométricos médios em sistemas ILPF com eucalipto.

Arranjo	Meses	Espaçamento	Stand (n° pls)	DAP	Altura	Volume (m ³ pl ⁻¹)	Volume (m ³ ha ⁻¹)	Autor
ILPF	28	10 x 4	247	14,193	11,82	0,0797	19,94	Macedo et al. (2016)
ILPF	28	10 x 4	245	14,285	11,07	0,0782	19,57	Macedo et al. (2016)
ILPF	25	10 x 2	500	9,8 ¹	10,2 ¹	0,0378	19,78	Oliveira et al. (2015)
ILPF	50	14 x 2,5	272	-	-	-	46,00	Franchini et al. (2015)
IPF	32	12 x 3	277	12,84	12,49	0,13	31,27	Torres et al. (2016)
IPF	54	9 x 3	-	20	23	0,29	102,00	Paula et al. (2013)
ILPF	38	10 x 3	333	16,19	15,14	0,125	41,61	Oliveira et al. (2009)
ILPF	38	10 x 4	250	17,18	14,34	0,1333	33,34	Oliveira et al. (2009)
ILPF	51	10 x 3	333	20,20	22,44	0,2878	95,76	Oliveira et al. (2009)
ILPF	51	10 x 4	250	20,74	21,45	0,2913	72,84	Oliveira et al. (2009)
ILPF ²	48	10 x 4	250	20,29	22		71,6	Oliveira Neto et al. (2013) ³
ILPF ²	60	10 x 4	250	21,89	22		96,57	Oliveira Neto et al. (2013) ³
ILPF ²	72	10 x 4	250	23,02	22		114,03	Oliveira Neto et al. (2013) ³

¹Valores aproximados, capturados de gráficos.

²Sítios de média capacidade produtiva (S22).

³Conversões de área basal.ha⁻¹ para diâmetro médio/árvore desconsiderando mortalidade (não informada no artigo).

O incremento corrente anual alcançou seu maior valor em quatro anos, sendo acompanhado pelo incremento médio anual (Figura 2). Considerando que a idade de rotação técnica (idade de corte) ocorre quando a curva de IMA toca a curva do ICA, a idade técnica de corte para este povoamento foi estimada em 5 anos. Paula et al. (2013) encontraram a idade técnica de corte para 48 meses, em *E. camaldulensis*, plantados no espaçamento 9 x 3 m. Já para Oliveira et al. (2009), eucalipto em consórcio

com culturas agrícolas e forragem, na densidade de 333 árvores ha^{-1} (10 x 3 m), não alcançou a idade de máxima produtividade até os 51 meses de monitoramento do povoamento. Em plantio de eucalipto em sistema agroflorestal com densidade de 250 árvores por hectare, Oliveira Neto et al. (2013) encontraram idade técnica de corte de 60 e 63 meses para sítios com alta e média capacidade produtiva, respectivamente.

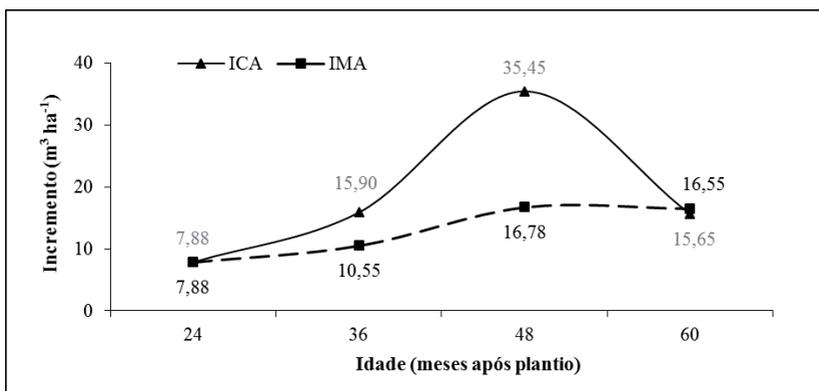


Figura 2. Incremento corrente anual (ICA) e Incremento médio anual (IMA), em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, idade (meses após plantio), por hectare, das árvores de eucalipto em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Sete Lagoas-MG.

No quinto ano (48-60 meses) verificou-se um baixo incremento corrente em volume ($15,65 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$). Avaliando-se a quantidade de chuvas durante o período de monitoramento das árvores, verificou-se que o déficit de água foi maior que o excedente neste período (Figura 3), contribuindo para uma redução do crescimento do povoamento, antecipando a idade técnica de corte. Seria necessário o acompanhamento por mais tempo, nos anos seguintes, para verificar a tendência das curvas, uma

vez que o crescimento pode ser retomado com disponibilidade hídrica suficiente.

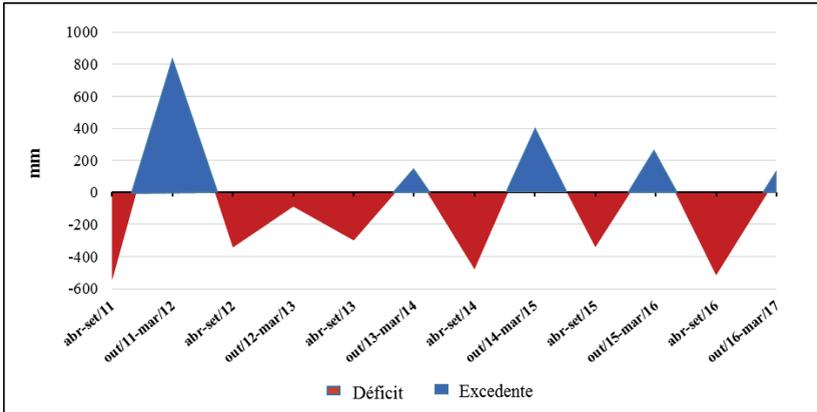


Figura 3. Balanço hídrico (déficit e excedente) acumulado no período entre outubro de 2011 (plantio) e outubro de 2016 (60 meses após plantio), em Sete Lagoas-MG.

Utilizando a estimativa de Costa et al. (2016) para o rendimento do eucalipto em peças de madeira roliça, verificou-se que o volume de madeira encontrado aos 60 meses de idade seria suficiente para a confecção de 520 mourões para cerca, 552 escoramentos para fruticultura, entre outros (Tabela 3), alcançando 2.169 peças de eucalipto no total, para cada hectare deste ILPF. Ao estimar quantas peças de madeira podem ser beneficiadas de seu povoamento, o produtor consegue visualizar e planejar uma oferta de madeira com maior valor agregado, comparando com a madeira geralmente avaliada em volume (metros cúbicos ou estéreo) pelos compradores. Isso demonstra o potencial de aporte de renda para o proprietário.

Tabela 3. Rendimento de madeira roliça de um hectare de eucalipto em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Sete Lagoas-MG.

Diâmetro (cm)	Altura (m)	Utilização	Peças por utilização (quantidade)	Volume utilizado (m ³)
6 - 8	2,2	Mourão para cercas	520	4
8 - 10	2,2	Escoramento para fruticultura	552	8
10 - 12	3,2	Esticador para fruticultura/instalação de telas	333	10
12 - 14	3,2	Esticador intermediário	560	24
14 - 16	3,2	Esticador para cerca	162	9
16 - 18	3,2	Esticador para cerca/ curral intermediário	32	2
18 - 20	3,2	Esticador para cerca, curral canto, cancela	8	1
20 - 30	7	Postes	0	0
Quantidade de peças no povoamento			2169	59
Quantidade de árvores no povoamento			333	

Para o cálculo, foram utilizados 59 m³ de madeira roliça (Tabela 3), resultando em sobra de 23 m³ de madeira, que poderia ser utilizada para lenha, carvão ou cavaco.

A produção final de madeira é um importante fator a ser analisado em sistemas ILPF. A idade de corte pode ser estendida em função da necessidade de renda do produtor e da produtividade do pasto. Eucaliptos maiores, em altura e em diâmetro, alcançam formato de produtos mais nobres, de maior valor agregado (SOUZA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009), entretanto, dependendo do espaçamento do sistema, o tamanho do eucalipto compromete a produção das culturas intercalares (GONTIJO NETO et al., 2014; FRANCHINI et al., 2015; ALVES et al., 2015).

Após 60 meses do plantio, o eucalipto plantado neste sistema ILPF foi responsável por sequestrar da atmosfera 14,90 Mg de C ha⁻¹ (Tabela 4). Considerando que 1,0 tonelada de C equivale

a 3,6667 toneladas de CO_2_{eq} , estima-se que 54,63 Mg ha^{-1} de CO_2_{eq} são sequestrados. Para determinar a capacidade do componente florestal em neutralizar os gases de efeito estufa (GEEs) emitidos por bovinos, considerou-se que uma unidade animal (1UA = 450 kg PV para um bovino adulto) emite, em média, 1,88 Mg de CO_2_{eq} ano^{-1} (EGGLESTON et al., 2006). Assim, após 60 meses de plantio, um sistema ILPF com 333 árvores de eucalipto por hectare, no arranjo 15 x 2 m, tem potencial para neutralizar a emissão de metano de 5,81 UA ha ano^{-1} , um total de 29 bovinos adultos por hectare (29 UA) em cinco anos. Segundo Alves et al. (2015), a taxa de lotação média das pastagens brasileiras chega próxima a 1,0 UA ha ano^{-1} , verificando-se, desta forma, a enorme capacidade dos sistemas pecuários que contêm o componente arbóreo (ILPF) em mitigar as emissões de GEEs oriundas da produção animal.

De acordo com Alves et al. (2015), “no Brasil, o potencial de mitigação de GEEs em sistemas de IPF/ILPF com árvores de rápido crescimento, como o eucalipto, em densidades de 250 a 350 árvores ha^{-1} , planejados para corte das árvores a partir dos oito anos de idade, são capazes de produzir 25 m^3 ha^{-1} ano^{-1} de madeira, o que corresponde a um sequestro anual de cerca de 5 t ha^{-1} de C, o que equivale à neutralização da emissão de GEEs de cerca de 12 bovinos adultos”.

Tabela 4. Estoque de carbono e CO₂ equivalente no tronco de árvores de eucalipto e a taxa de lotação potencialmente neutralizada para um sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta com 333 árvores de eucalipto por hectare. Sete Lagoas-MG.

	Meses após o plantio			
	24	36	48	60
Estoque de carbono (Mg de C ha ⁻¹)	2,84	5,70	12,08	14,90
Estoque de CO ₂ eq (Mg de CO ₂ eq)	10,41	20,90	44,29	54,63
Taxa de lotação animal neutralizável (UA ha ano ⁻¹)	2,77	3,70	5,89	5,81

Conclusão

A introdução de árvores de eucalipto em sistemas de produção agropecuário é uma alternativa interessante para diversificação e aumento de renda, tornando positivo o balanço de gases de efeito estufa (GEE) oriundos da produção pecuária e possibilitando a agregação de valor à produção.

Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A. **Carne carbono neutro**: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. Brasília, DF: Embrapa Gado de Corte, 2015. 32 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 210).

BARCELLOS, A. O.; MEDRADO, M. J. S.; GRISE, M. M.; SKORUPA, L. A.; ROCHA, W. S. Base conceitual, sistemas e benefícios da ILPF. In: BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (Ed.). **Marco referencial Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. p. 23-40.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Integração Lavoura-pecuária-floresta – ILPF**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/integracao-lavoura-pecuaria-e-floresta-ilpf>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

COSTA, T. C. e C. da; CAMPANHA, M. M.; GONTIJO NETO, M. M. **Quantificação de madeira roliça de eucalipto comparada a valoração em metro cúbico e lenha: opções de renda em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 12 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 224).

EGGLESTON, S.; BUENDIA, K. M.; NGARA, T.; TANABE, K. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Kanagawa: iGES, 2006. v. 4.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; SICHIERI, F. R.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Yield of soybean, pasture and wood in integrated crop-livestock-forest system in Northwestern Paraná state, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 1006-1013, 2014.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; SICHIERI, F. Integração lavoura-pecuária-floresta como estratégia para aumentar a produtividade e prover serviços ambientais no noroeste do Paraná. In: PARRON, L. M.; GARCIA,

J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 266-270.

GIL, J.; SIEBOLD, M.; BERGER, T. Adoption and development of integrated crop-livestock-forestry systems in Mato Grosso, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 199, p. 394-406, 2015.

GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, E. A. dos; SIMÃO, E. de P.; CAMPANHA, M. M. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 71, n. 2, p. 183-191, 2014.

GONTIJO NETO, M. M.; ZIMMER, A. H.; SOUZA SOBRINHO, F. de; OLIVEIRA, M. F. de; SANTOS, C. E. S.; OLIVEIRA, T. K. de. Estado da arte da ILPF nos biomas brasileiros. In: BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. p. 67-88.

KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. T. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF): experiências no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 71, n. 1, p. 94-105, 2014.

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P. C. F.; DEDIEU, B. Integrated crop-livestock systems: strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 190, p. 4-8, 2014.

MACEDO, R. L. G.; BEZERRA, R. G.; VENTURIN, N.; VALE, R. S.; OLIVEIRA, T. K. Desempenho silvicultural de clores de eucalipto e características agronômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 701-709, 2006.

MOREIRA, E. D. S.; GONTIJO NETO, M. M.; LANA, A. M. O.; BORGHI, E.; SANTOS, C. A. dos; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M. Productive efficiency and agronomic attributes of maize in integrated crop-livestock-forestry system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, no prelo.

OLIVEIRA, F. L. R.; CABACINHA, C. D.; SANTOS, L. D. T.; BARROSO, D. G.; SANTOS JÚNIOR, A.; BRANT, M. C.; SAMPAIO, R. A. Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 227-233, 2015.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 1-9, 2009.

OLIVEIRA NETO, S. N.; SALLES, T. T.; LEITE, H. G.; FERREIRA, G. B.; MELIDO, R. C. N. Tree modeling and economic evaluation of agroforestry systems. **Silva Lusitana**, v. 21, n. 1, p. 43-60, 2013.

OTERO, J.; BELTRAMINO, F. Análise, resolução e aplicação da curva logística na descrição dos processos de crescimento. **Centro Ciências Rurais**, v. 6, n. 1, p. 43-54, 1976.

PACHECO, A. R.; CHAVES, R. de Q.; NICOLI, C. M. L. Integration of crops, livestock, and forestry: a system of production for the Brazilian Cerrados. In: HERSHEY, C. H.; NEATE, P. (Ed.). **Eco-efficiency: from vision to reality**. Cali: CIAT, 2013. cap. 4, p. 51-61. (Issues on Tropical Agriculture).

PAULA, R. R.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; OLIVEIRA NETO, S. N.; LEITE, H. G.; MELIDO, R. C. N.; LOPES, H. N. S.; SOUZA, F. C. Eucalypt growth in monoculture and silvopastoral systems with varied tree initial densities and spatial arrangements. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 87, p. 1295-1307, 2013.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENCO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 190, p. 70-79, June 2014.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933.

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. Desenvolvimento inicial do eucalipto em monocultivo e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: ALFARO, A. T. S.; TROJAN, D. G. (Org.). **Ciências ambientais e o desenvolvimento sustentável na Amazônia**. Curitiba: Atena, 2017. cap. 14, p. 138-146. (Ciências Ambientais e o Desenvolvimento Sustentável na Amazônia, v. 1).

SILVA, M. L. M. da; BINOTI, D. H. B.; GLERIANI, J. M.; LEITE, H. G. Ajuste do modelo de Schumacher e Hall e aplicação de redes

neurais artificiais para estimar volume de árvores de eucalipto.

Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 1133-1139, 2009.

SOUZA, A. N.; OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S.; REZENDE, J. L. P.; MELLO, J. M. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **Cerne**, Lavras, v. 13, p. 96-106, 2007.

TORRES, C. M. M. E.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C.; JACOVINE, L. A. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; CARNEIRO, A. C. O.; TORRES, C. M. M. E. Estimativas da produção e propriedades da madeira de eucalipto em sistemas agroflorestais. **Scientia Forestales**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 137-148, mar. 2016.

Embrapa

Milho e Sorgo

CGPE - 14308



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

